

Minhocas na América Latina: Biodiversidade e Ecologia

Editores Técnicos:
George G. Brown
Carlos Fragoso

Embrapa

Minhocas na América Latina: Biodiversidade e Ecologia

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Soja
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Minhocas na América Latina: Biodiversidade e Ecologia

Editores:
George G. Brown e Carlos Fragoso

Londrina, PR
2007

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Soja

Rodovia Carlos João Strass - Acesso Orlando Amaral

Caixa Postal 231

86001-970 - Londrina, PR

Fone: (43) 3371-6000 - Fax: 3371-6100

www.cnpso.embrapa.br

sac@cnpso.embrapa.br

Ministério do Meio Ambiente - MMA

Centro de Informação e Documentação Luiz Eduardo Magalhães / CID Ambiental

Esplanada dos Ministérios - Bloco B - térreo

70068-900 - Brasília, DF

Fone: (61) 4009-1235 – Fax (61) 4009-1980

www.mma.gov.br

cid@mma.gov.br

Coordenação editorial:

George G. Brown / Carlos Fragoso

Capa:

Neide Makiko Furukawa / George G. Brown

Revisão de texto:

George G. Brown / Carlos Fragoso

Editoração eletrônica:

Neide Makiko Furukawa

Normalização bibliográfica:

Ademir Benedito Alves de Lima

Fotos da capa:

George G. Brown / András Zicsi

Projeto gráfico:

Neide Makiko Furukawa

1ª Edição

1ª impressão (2007): 2050 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Soja

Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia / editores técnicos: George G. Brown, Carlos Fragoso. Londrina: Embrapa Soja, 2007.

545 p. : il. ; 29,7 cm.

ISBN 978-85-7033-019-2

1.Minhoca-biodiversidade. 2.Minhoca-ecologia. I.Brown, G.G. II.Fragoso, C. III.Título.

CDD 592.64098

© Embrapa 2007

Autores

Adolpho Jose Melfi

Geólogo, Ph.D. em Geociências
Professor titular da Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”
Caixa Postal 09, Piracicaba, SP, 13418-900, Brasil
E-mail: ajmelfi@usp.br

Alexander Feijoo Martínez

Zootecnista, Ph.D. Ciências Agrárias (Solos)
Professor e pesquisador da Universidad Tecnológica de Pereira
Vereda La Julita, A.A. 097, Pereira, Colombia
E-mail: afeijoo@utp.edu.co

Alexandre Costa Leão

Agrônomo, M.Sc. em Manejo de Solo e Água
Professor da Escola Agrícola Assis Chateaubriand
Sítio Imbaúba, Lagoa Seca, PB, 58117-000, Brasil
E-mail: acostaleão@hotmail.com

Álvaro Luiz Mafra

Engenheiro Agrônomo, D.Sc. em Solos e Nutrição de Plantas
Professor da Universidade do Estado de Santa Catarina
Centro de Ciências Agroveterinárias, Departamento de Solos
Caixa Postal 281, Lages, SC, 88520-000, Brasil
E-mail: a2alm@cav.udesc.br

Adriano J.B.V. Azevedo-Filho

Engenheiro Agrônomo, Ph.D. em Engineering-Economic Systems and Operations Research
Professor da Universidade de São Paulo
Departamento de Economia, Administração e Sociologia
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”
Caixa Postal 09, Piracicaba, SP, 13418-900, Brasil
E-mail: azevedofilho@usp.br

Amarildo Pasini

Agrônomo, Ph.D. em Ciências Biológicas (Entomologia)
Professor associado da Universidade Estadual de Londrina
Departamento de Agronomia, CCA
Caixa Postal 6001, Londrina, PR, 86051-990, Brasil
E-mail: pasini@uel.br

Ana Cláudia Rodrigues de Lima

Engenheira Agrícola, M.Sc. em Solos
Aluna de doutorado da Universidade de Wageningen
Department of Soil Quality and Farm Technology group
P.O. Box 47, 6700 AA and P.O. Box 17, 6700 AA, Wageningen, Holanda
E-mail: Ana.Lima@wur.nl

András Zicsi

Biólogo, Ph.D. em Biologia
Professor da ELTE University e conselheiro científico da Hungarian Academy of Sciences
Department of Systematic Zoology and Ecology
Pázmány Péter sétány 1/C, H-1117, Budapest, Hungria
E-mail: zicsi@elte.hu

Andreas Attila de Wolinsk Miklós

Engenheiro Agrônomo, Ph.D. em Pedologia
Professor da Universidade de São Paulo
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas
Av. Lineu Prestes 338, Cidade Universitária
São Paulo, SP, 05508-900, Brasil
E-mail: awmiklos@usp.br

Benedito Olinto da Silva

Aluno do Curso Técnico em Agropecuária
Escola Agrícola Assis Chateaubriand
Sítio Imbaúba, Lagoa Seca, PB, 58117-000, Brasil

Beto Pashanasi

Engenheiro Agrônomo
Professor da Universidade Nacional da Amazônia Peruana
Facultad de Zootecnia
Mariscal Caceres 414, Yurimaguas, Loreto, Peru
E-mail: bpashanasi@viabcp.com

Bikram K. Senapati

Biólogo, Ph.D. em Ecologia
Professor da Sambalpur University
Section Ecology & Environmental Biotechnology, School of Life Sciences
Jyoti Vihar, 768 019, Orissa, India
E-mail: bikramsenapati@rediffmail.com

Boris Volkoff

Pesquisador aposentado do Institut de Recherche pour le Développement (IRD)
Ensam, 2 place Viala, Bâtiment 12, 34060, Montpellier, França
E-mail: volkoff@ns.ird.fr

Carlos Fragoso González

Biólogo, Ph.D. em Ecologia
Pesquisador do Instituto de Ecología, A.C.
Departamento de Biología de Suelos
A.P. 63, Km 2.5 Antigua Carretera a Coatepec No. 351
Congregación El Haya, Xalapa, Ver., 91070, México
e-mail: carlos.fragoso@inecol.edu.mx

Carlos Rodríguez Aragonés

Biólogo, Ph.D. em Ciências Biológicas
Professor da Universidade de La Habana
Calle 25 # 455, E/: J e I Vedado, Ciudad de La Habana, 10400, Cuba
E-mail: crodri@fbio.uh.cu

Catalina C. Mischis

Bióloga, Ph.D. em Ciências Biológicas
Professora e pesquisadora da Universidade Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Avda. Vélez Sársfield 299, XJJC5000, Córdoba, Argentina
E-mail: misch@com.uncor.edu

Cécile Villenave

Bióloga, Ph.D. em Ecologia
Pesquisadora do Institut de Recherche pour le Développement (IRD)
R 179 Seq-Bio, SupAgro, 2 place Viala, Bâtiment 12
Montpellier, 34060, França
E-mail: cecile.villenave@mpl.ird.fr

Claudio Teixeira Freire de Barros

Aluno do Curso Técnico em Agropecuária
Escola Agrícola Assis Chateaubriand
Sítio Imbaúba, Lagoa Seca, PB, 58117-000, Brasil

Csaba Csuzdi

Zoólogo, D.Sc. em Biologia
Professor pesquisador da Hungarian Academy of Sciences
Hungarian Natural History Museum, Department of Zoology
Baross str. 13, Budapest, 1088, Hungria
E-mail: csuzdi@nhmus.hu

Daiane Heloísa Nunes

Engenheira Agrônoma, M.Sc. em Entomologia
Aluna de doutorado da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"
Caixa Postal 09, Piracicaba, SP, 13418-900, Brasil
E-mail: nunesdaiane@gmail.com

Dennis del Castillo Torres

Engenheiro Agrônomo, Ph.D. em Manejo de Recursos Naturais
Pesquisador do Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana
Av. Abellardo Quiñones km 2.5, Iquitos, Peru
E-mail: dennis@iiap.org.pe

Eduardo Darley Prates

Engenheiro Agrônomo
Rua Santa Cruz 2339, Pelotas, RS, 96015-710, Brasil
E-mail: eduardodp@vetorial.net

Eduardo D.M. Queiroz

Aluno do Curso Técnico em Agropecuária
Escola Agrícola Assis Chateaubriand
Sítio Imbaúba, Lagoa Seca, PB, 58117-000, Brasil

Elizabeth V.P. Porto

Aluna do Curso Técnico em Agropecuária
Escola Agrícola Assis Chateaubriand
Sítio Imbaúba, Lagoa Seca, PB, 58117-000, Brasil

Élio Paulo Zonta

Agrônomo, M.Sc. em Estatística e experimentação agronômica
Professor da Universidade Federal de Pelotas
Caixa Postal 354, Pelotas, RS, 96001-970, Brasil
E-mail: epzonta@ufpel.edu.br

Enzo G. Grosso

Biólogo
Professor da Universidade da República
Sección Ecología Terrestre, Facultad de Ciencias
Iguá 4225 Esq. Mataojo, 11400, Montevideo, Uruguay
E-mail: egrosso@fcien.edu.uy

Esperanza Huerta Lwanga

Bióloga, Ph.D. em Ecologia
Pesquisadora do Colégio da Frontera Sur, Unidad Villahermosa
km. 15.5 Carr. Villahermosa-Reforma, Villahermosa, Tabasco, 86280, México
E-mail: ehuerta@vhs.ecosur.mx

Eracilda Fontanela

Engenheira Agrícola
Aluna de mestrado da Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais, Av. Roraima 1000, prédio 44, Santa Maria, RS, 97105-900, Brasil
E-mail: efontanela@hotmail.com

Fábio Agra de M. Nápoles

Aluno do Curso Técnico em Agropecuária
Escola Agrícola Assis Chateaubriand
Sítio Imbaúba, Lagoa Seca, PB, 58117-000, Brasil

Fernando Roberto Momo

Biólogo, Ph.D. em Biología
Professor da Universidade Nacional de General Sarmiento - Instituto de Ciencias
J.M. Gutiérrez 1150, 1613 Los Polvorines, Argentina
E-mail: fmomo@ungs.edu.ar

Flávio Jesus Luizão

Biólogo, Ph.D. em Ecología de Florestas Tropicais
Pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia
Caixa Postal 478, Manaus, AM, 69011-970, Brasil
E-mail: fluizao@inpa.gov.br

Gabriel Laufer

Biólogo
Professor da Universidad de la República
Sección Vertebrados, Facultad de Ciencias
Iguá 4225 Esq. Mataojo, 11400, Montevideo, Uruguay
E-mail: laufer@fcien.edu.uy

George Gardner Brown

Agrônomo, Ph.D. em Ecología
Pesquisador da Embrapa Florestas
Caixa Postal 319, Estrada da Ribeira km. 111, Colombo, PR, 83411-000, Brasil
E-mail: browng@cnpf.embrapa.br

Grizelle González

Bióloga, Ph.D. em Ecologia e Biologia de Solos
Pesquisadora do USDA Forest Service - International Institute of Tropical Forestry
Jardin Botanico Sur, 1201 Calle Ceiba, San Juan, PR, 00926-1119, USA
E-mail: ggonzalez@fs.fed.us

Isabelle Barois

Bióloga, Ph.D. em Ecologia
Pesquisadora do Instituto de Ecología, A.C.
Departamento de Biología de Suelos
A.P. 63, Km 2.5 Antigua Carretera a Coatepec No. 351
Congregación El Haya, Xalapa, Ver., 91070, México
E-mail: isabelle.barois@ecologia.edu.mx

Janaina Ribeiro Costa

Agrônoma, Ph.D. em Métodos Quantitativos e Estatística Experimental
Pesquisadora da Embrapa Agrobiologia
Rodovia BR 465, km 7, Seropédica, RJ, 23890-000, Brasil
E-mail: janaina@cnpab.embrapa.br

Jörg Römbke

Biólogo, Ph.D. em Zoologia
Diretor da ECT Oekotoxikologie GmbH
Boettgerstr. 2-14, Flörsheim, D-65439, Alemanha
E-mail: j-roembke@ect.de

José Cinco Patrón Ibarra

Engenheiro Agrônomo, M.Sc. em Solos
Professor da Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
Centro Universitario de Vinculación. Prol. de la 24 Sur y Ave. San Claudio, Ciudad Universitaria, Col.
San Manuel, Puebla, Pue. 72570, México
E-mail: patron5@siu.buap.mx

Juan José Jiménez

Biólogo, Ph.D. em Biologia de Invertebrados
Plant Production and Protection Division
Organização Mundial das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação (FAO)
Viale delle Terme di Caracalla, 00100, Roma, Itália
E-mail: JuanJose.Jimenez@fao.org

Júlio José Centeno da Silva

Engenheiro Agrônomo, Ph.D. em Agroecologia
Pesquisador da Embrapa Clima Temperado
E.T.B., Caixa Postal 403, Pelotas, RS, 96001-970, Brasil
E-mail: centeno@cpact.embrapa.br

Julio Alfredo Daniel Herrera

Biólogo, Ph.D. em Ciências Biológicas
Professor da Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas, Física y Naturales
Avda. Vélez Sarsfield 299, Córdoba, 5000, Argentina
E-mail: jherrera@com.uncor.edu

Klaus Dieter Sautter

Engenheiro Agrônomo, Ph.D. em Engenharia Florestal
Professor do Centro Universitário Positivo (UnicenP)
Rua Prof. Pedro Viriato Parigot de Souza, 5300, 81280-330, Curitiba-PR, Brasil
E-mail: ksautter@unicenp.edu.br

Liliana Beatriz Falco

Engenheira Agrônoma, Ph.D. em Ecologia
Professora da Universidad Nacional de Luján
Laboratorio de Ecología
Rua 5 y 7, CC221, Luján, B6700ZAB, Argentina
E-mail: ecologia@mail.unlu.edu.ar

Lucero Mariani

Bióloga, Ph.D. em Ecologia
Pesquisadora da Universidade de Rouen
Laboratoire d'Ecologie, UPRES-EA 1293, Mont Saint Aignan, F-76821, França
E-mail: lucero.mariani@univ-rouen.fr

Marcelo Ferreira Ely

Engenheiro Agrônomo
Estagiário da Embrapa Clima Temperado
Caixa Postal 403, Pelotas, RS, 96001-970, Brasil

Marcos Vinícios Bastos Garcia

Agrônomo, Ph.D. em Ecotoxicologia do Solo
Pesquisador da Embrapa Amazônia Ocidental
Rod. AM-10, Km. 28, Manaus, AM, 69011-970, Brasil
E-mail: mgarcia@cpaa.embrapa.br

Maria Alice Garcia

Bióloga, Ph.D. em Ecologia
Professora da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)
Instituto de Biologia
Rua Monteiro Lobato 255, Cidade Universitária, Campinas, SP, 13083-970, Brasil
E-mail: alika@unicamp.br

Maria de los Ángeles Martínez

Bióloga, Ph.D. em Ciências Biológicas
Pesquisadora do Instituto de Ecología y Sistemática
Boyerros, La Habana, Cuba
E-mail: mangesml2003@yahoo.es

Maria Eleusa de Oliveira Barros

Bióloga, Ph.D. em Ecologia
Pesquisadora do Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia
Caixa Postal 478, Manaus, AM, 69011-970, Brasil
E-mail: ebarros@inpa.gov.br

María Stella Zerbino

Engenheira Agrônoma, M.Sc. em Ciências Ambientais
Pesquisadora do INIA La Estanzuela
CC 39173, Ruta 50, km 11, Colonia, 70006, Uruguay
E-mail: stella@inia.org.uy

Mariella Camardelli Uzêda

Agrônoma, Ph.D. em Solos
Pesquisadora da Embrapa Agrobiologia
Rodovia BR 465, km 7, Seropédica, RJ, 23890-000, Brasil
E-mail: mariella@cnpab.embrapa.br

Mário Sérgio de Araújo

Agrônomo, M.Sc. em Irrigação e Drenagem
Professor da Escola Agrícola Assis Chateaubriand
Sítio Imbaúba, Lagoa Seca, PB, 58117-000, Brasil
E-mail: mariodoido@hotmail.com

Matías Arim

Biólogo, Ph.D. em Ecologia
Professor da Universidade de la República
Departamento de Biología Animal, Sección Zoología Vertebrados
Iguá 4225 Esq. Mataojo, 11400, Montevideo, Uruguay
E-mail: arim@fcien.edu.uy

Messias Firmino de Queiroz

Agrônomo, M.Sc. em Produção Vegetal
Professor da Escola Agrícola Assis Chateaubriand
Sítio Imbaúba, Lagoa Seca, PB, 58117-000, Brasil
E-mail: messiasfq@terra.com.br

Norton Polo Benito

Agrônomo, Ph.D. em Entomologia
Universidade Estadual de Londrina, Laboratório de Entomologia
Caixa Postal 6001, Londrina, PR, 86051-990, Brasil
E-mail: npolob@uol.com.br

Patrick Lavelle

Biólogo, Ph.D. em Ecologia
Professor da Université Pierre et Marie Curie (Paris 6) e Pesquisador do Institut de Recherche pour le Développement (IRD)
Laboratoire d'Ecologie des Sols Tropicaux, 32 Av. Henri Varagnat, Bondy, 93143, França
E-mail: patrick.lavelle@bondy.ird.fr

Ronaldo Alberto Duenhas Cabrera

Engenheiro Agrônomo, M.Sc. em Ecologia
Estudante de pós-graduação da Universidade de São Paulo-Centro de Energia Nuclear na Agricultura
Av. Centenário, 303, Caixa Postal 96, Piracicaba, SP, 13400-970, Brasil
E-mail: radcabrera@yahoo.com.br

Robert John Blakemore

Ecologista, Ph.D. em Zoologia/Agroecologia
Pesquisador da Yokohama National University
Soil Ecology Research Group, Graduate School of Environment and Information Sciences, Tokiwadai,
Yokohama, 240-8501, Japão
E-mail: robblakemore@bigpond.com

Rui Melo de Souza

Pesquisador aposentado da Embrapa Clima Temperado
Rua José Maria Fontoura 649, Laranjal, Caixa Postal 403, Pelotas, RS, 96090-370, Brasil
E-mail: ruimel@ufpel.edu.br

Samuel Wooster James

Biólogo, Ph.D. em Ecologia

Pesquisador associado do Natural History Museum and Biodiversity Research Center
University of Kansas, Dyche Hall, 1345 Jayhawk Blvd., Lawrence, KS, 66045-7561, USA

E-mail: sjames@ku.edu

Sandra Celia Tapia-Coral

Bióloga, Ph.D. em Ecologia

Pesquisadora do Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia

Caixa Postal 478, Manaus, AM, 69011-970, Brasil

E-mail: sandra@inpa.gov.br

Sibério Domingos Costa

Aluno do Curso Técnico em Agropecuária

Escola Agrícola Assis Chateaubriand

Sítio Imbaúba, Lagoa Seca, PB, 58117-000, Brasil

Siu Mui Tsai

Engenheira Agrônoma, M.Sc., D.Sc., Livre-Docência em Ecologia Microbiana

Professora Titular da Universidade de São Paulo (USP)

Laboratório de Biologia Celular e Molecular, Centro de Energia Nuclear na Agricultura

Av. Centenário 303, Piracicaba, SP, 13416-000, Brasil

E-mail: tsai@cena.usp.br

Sonia Borges

Zoóloga, Ph.D. em Zoologia de Invertebrados

Professora da Universidade de Porto Rico

Departamento de Biología, Mayagüez, PR, 00681-9012, USA

E-mail: sborges@uprm.edu

Stephan Jänsch

Engenheiro ambiental

Pesquisador do ECT Oekotoxikologie

Boettgerstr. 2-14, Floersheim, D-65439, Alemanha

E-mail: S-Jaensch@ect.de

Suenildo Josémo Costa Oliveira

Agrônomo, M.Sc. em Produção Vegetal

Professor da Escola Agrícola Assis Chateaubriand

Sítio Imbaúba, Lagoa Seca, PB, 58117-000, Brasil

E-mail: suenildo@terra.com.br

Thibaud Decaëns

Biólogo, Ph.D. em Ecologia

Professor da Universidade de Rouen

Laboratoire d'Ecologie, UPRES-EA 1293, Mont Saint Aignan, F-76821, França

E-mail: Thibaud.Decaens@univ-rouen.fr

Vincent Eschenbrenner

Pedólogo, Ph.D. em Ciências

Pesquisador do Institut de Recherche pour le Développement (IRD)

SeqBio-IRD, Ensam, 2 place Viala, Bâtiment 12, Montpellier, 34060, França

E-mail: eschenbr@mpl.ird.fr

Xiaoming Zou

Biólogo, Ph.D. em Ciências Florestais
Professor da Universidade de Porto Rico
P.O. Box 23360, San Juan, PR, 00931-3360, USA
E-mail: xzou@ites.upr.edu

Yiqing Li

Silviculturista, Ph.D. em Ecologia
Professor da Universidade do Havai
CAFNRM, 200 W. Kawili St., Hilo, HI, 96720-4091, USA
E-mail: yiqing@hawaii.edu

Dedicatória



Dedicamos este livro à memória do ilustre taxônomo Dr. Gilberto Righi (01/01/1937-26/02/1999), professor do Departamento de Zoologia da Universidade de São Paulo, por sua vasta contribuição e importante legado ao estudo da biodiversidade e ecologia das minhocas na América Latina.*

Apresentação

O presente livro é uma edição dos trabalhos apresentados no 1º Encontro Latino-Americano de Ecologia e Taxonomia de Oligoquetas, realizado em Londrina, Paraná, em Dezembro de 2003, por dois ecólogos engajados, o pesquisador George Brown, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Florestas) em Colombo, Brasil, e Carlos Fragoso, pesquisador do Instituto de Ecologia de Xalapa, México. O livro aqui editado reúne nada menos que 70 contribuintes.

O sucesso desta obra advirá do planejamento prévio cuidadoso deste evento e do esmero editorial neste volume. Seu principal objetivo consiste em sintetizar o estado do conhecimento da ecologia, taxonomia e biodiversidade de minhocas na América Latina.

A primeira seção, contendo 24 contribuições, fornece informações atuais sobre a biodiversidade e distribuição de espécies em cada país ou estado, uma síntese do conhecimento ecológico em diferentes ecossistemas e agrossistemas destes países, listas de espécies ameaçadas de extinção e subsídios para a sua preservação, e um capítulo sobre o efeito de minhocas em solos arenosos da Amazônia.

A segunda seção, com cinco capítulos, avalia o potencial de minhocas como recursos naturais, sua utilidade como bioindicadores de ecossistemas naturais e alterados pelo homem, e sua função como indicadores da qualidade do solo.

Finalmente, a terceira seção, com quatro capítulos, promove o uso sustentável de minhocas como recursos naturais para a agropecuária e a pesca, incluindo a minhocultura e produção de húmus.

Esta publicação ambiciosa, portanto, apresenta um compêndio do estado da arte da ecologia, biodiversidade e distribuição de minhocas em toda a América Latina, com um complemento de trabalhos aplicados em ecologia e biotecnologia.

Mesmo depois que Charles Darwin conscientizou a sociedade do século XIX sobre a importância das minhocas para a economia da natureza e demonstrou o fascínio que o estudo destas criaturas menores podem exercer sobre o homem, especialistas em minhocas permaneceram escassos, principalmente fora da Europa e dos Estados Unidos da América. No que se refere à ecologia, apenas a partir de 1998 começaram a aumentar o número de trabalhos da América Latina nos simpósios internacionais de ecologia de minhocas. Mesmo assim, estes nunca ultrapassaram 15% do total de trabalhos apresentados.

Para este tratado, foram reunidos taxônomos de sete países para organizar o inventário da fauna de minhocas da América Latina. Hoje, existem pouco mais de uma dezena de pesquisadores na América Latina em condições de identificar minhocas. A morte de Gilberto Righi em 1999 foi uma grande perda para a taxonomia de minhocas da região Neotropical.

O uso potencial de minhocas como bioindicadores de ambientes continua limitado na América Latina, devido ao pequeno número de especialistas no grupo. Diante do acelerado ritmo de degradação ambiental, principalmente das áreas de florestas naturais da América do Sul, o potencial das minhocas para estudos de impacto ambiental, entretanto, só aumenta, dado o alto índice de endemismo das minhocas em ambientes naturais (93% neste estudo), e dado que as espécies exóticas apenas se instalam nos ambientes perturbados pelo homem.

Antes deste trabalho, listas de espécies só existiam para a Argentina, Brasil, Chile, Colômbia e México, e as regiões do Caribe e da América Central.

O livro restringe-se aos megadriles, isto é, às minhocas primariamente terrestres, que geralmente atingem mais de 2 cm de comprimento. Foram excluídos do conceito de minhocas tanto os microdriles terrestres da família Enchytraeidae, como os grupos de microdriles primariamente aquáticos (marinhos e de água doce).

Mesmo assim, a compilação em si impressiona pela diversidade assinalada. Foram registradas nada menos que 960 espécies de minhocas para a América Latina, o maior número para o Brasil (305 espécies). Alguns destes registros correspondem a espécies novas ainda não descritas ou a coletas recentes não publicadas previamente. Apenas 38% desta fauna, ou 25% das espécies endêmicas, foi registrada para a parte norte da região estudada (América Central Continental, Ilhas do Caribe e México). O México inclui a porção norte da Região Neotropical e a porção sul da Região Neártica.

Embora exista uma correlação positiva entre o maior país (Brasil) com a maior biodiversidade, esta correlação direta entre área e biodiversidade não foi verificada para os demais países. Isto coloca em questão se o número significativamente maior de espécies brasileiras não poderia ser um mero produto do maior esforço taxonômico do grande especialista Gilberto Righi, que, em mais de 30 anos de carreira como drilólogo, descreveu mais de 220 espécies (cerca de 6,4 espécies por ano, em média).

O fato é que muitas espécies ainda são conhecidas apenas pelas suas descrições originais. Ilhas ou países inteiros da América Central, e vastas áreas na América do Sul ou do México, ainda não tem registros de minhocas. Por exemplo, conhecem-se apenas três espécies de *Rhinodrilus* em toda a formação Caatinga do Nordeste brasileiro, enquanto áreas ainda mais extensas do sul do Pará e norte do Mato Grosso nunca foram amostradas, e estados inteiros, como o Piauí e o Rio Grande do Norte, ainda não possuem registros de minhocas. Portanto, a diversidade real de minhocas é muito maior que a atualmente conhecida e todos os padrões de distribuição evidenciados até o momento são bastante preliminares e apenas sugestivos da realidade.

Mesmo assim, padrões biogeográficos bem definidos foram revelados neste compêndio, como a predominância absoluta dos Glossoscolecidae no sul da Gondwana, representando mais de 50% da diversidade total de minhocas. Benhamiinae é característica da região Norte, enquanto Acanthodrilinae predomina nos extremos Norte e Sul do Neotrópico.

Este livro tem o mérito de apresentar, pela primeira vez, o estado do conhecimento atual das pesquisas com minhocas em toda a América Latina. Um ponto essencial desta obra, pouco usual entre ecólogos, mas fundamental na medida em que os ecólogos tendem cada vez mais a predominar numericamente sobre os taxonomistas, foi a iniciativa de balizar todos os estudos biológicos e ecológicos aqui apresentados numa revisão sólida da taxonomia atual do grupo, ao nível de espécies e subespécies. Por si só, isto garante que este trabalho servirá como referência obrigatória para todos os estudos futuros de taxonomia, diversidade, ecologia e distribuição geográfica de minhocas na América Latina.

O trabalho de síntese de conhecimentos aqui publicado inclui um histórico dos táxons e dos estudos já realizados em cada país ou estado, fornece uma amostra representativa da literatura pertinente, apresenta mapas das áreas geográficas mais carentes de estudos prévios e permite planejar os tópicos mais prementes a serem desenvolvidos no nascente programa de pesquisas com minhocas na América Latina.

Minhocas, como tantos outros grupos de animais pouco estudados na Região Neotropical, e mesmo no mundo, são seres fascinantes para todos aqueles que se propõe a desvendar a sua diversidade e o seu papel preponderante e imprescindível no meio ambiente. Entretanto, estudos de biodiversidade não podem ser feitos apenas por estimativas, ou prescindir de levantamentos taxonômicos exaustivos, cuja finalidade prática consiste em filtrar os nomes de espécies previamente submergidas em sinonímias ou não mais correntes, dos nomes atualmente válidos ou, pelo menos, disponíveis na literatura. Sem esta base taxonômica sólida, discussões sobre o conhecimento da biodiversidade neotropical tornam-se cada vez mais fúteis e imprecisas.

Por tudo isto, esta louvável iniciativa conjunta de um grupo diverso de especialistas, para publicar um compêndio sobre a fauna de minhocas da América Latina, representa um evento memorável, e um raro presente para aqueles interessados num tratamento aprofundado e competente da biota mais rica e menos conhecida do mundo.

Se este livro estimular pesquisas integradas de taxonomia e ecologia, num campo historicamente negligenciado da zoologia, e promover novas linhas de investigações básicas ou aplicadas a minhocas na América Latina, seus objetivos terão sido plenamente alcançados.

Martin Lindsey Christoffersen

Sistemata de Invertebrados, Ph.D. em Ciências
Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa

Foreword

It is a pleasure and an honor to be invited to introduce this new book on Latin American earthworms, edited by George Brown and Carlos Fragoso. There have not been many comprehensive books on earthworms, since Charles Darwin's classic book "The Breakdown of Vegetable Mould by Earthworms" was published in 1881. Moreover, few books on earthworms have focused mainly on taxonomy and biodiversity, due to the limited number of systematists in this important group and some lack of taxonomic abilities among many earthworm ecologists. Hence, this book, which covers earthworm biodiversity and geographic distribution in Latin America, including a complete list of species recorded from Latin America, is a very welcome addition to the earthworm literature.

This book owes its origin to a Latin American Meeting of Earthworm Ecology and Taxonomy, that was held in Londrina, Brazil in December 2003 organized by George Brown and Klaus Sautter. The success of this Meeting has resulted in it already being followed by a second meeting that was held in San Juan, Puerto Rico in November 2005. The latter meeting focused on "Earthworms as Invasive Species in Latin America". One important outcome of the two meetings of earthworm scientists from the Americas, was the preparation of a Memorandum of Understanding (MOU), signed by fifteen participants from eleven countries, agreeing to: "work actively towards setting important research directions for earthworm ecology and taxonomy in the Americas." This Memorandum and papers presented at the Second Meeting were published in the *Caribbean Journal of Science*, vol. 42 (3), pp. 281-427, 2006.

Although the present book focuses on Latin American earthworm biodiversity as a main theme, it also addresses various other aspects: earthworm ecology and biology, bioindication, methods of sampling earthworm populations and some discussion of vermiculture. Although only eight Chapters are written in English, the others being in Spanish or Portuguese, all of the Chapters have Abstracts in English. If it proves to be as popular as I anticipate, the whole book may eventually be translated into English.

All the families, genera and species of native and exotic earthworms are listed from each Latin American country: Argentina, Belize, Bolivia, Brazil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, French Guyana, Guatemala, Guyana, Honduras, Mexico, Nicaragua, Panama, Paraguay, Peru, Puerto Rico, Surinam, Uruguay, Venezuela and the many nations and provinces in the Caribbean Islands. Most of the earthworm species and generic descriptions owe much to earlier classical earthworm systematists who worked in Latin America. However, the Latin America group has already organized several taxonomy training courses, attended by more than 30 participants. This should help stimulate taxonomic research and improve knowledge on Latin American earthworm biodiversity, extending the list of the 970 currently known species from 125 genera and 11 families, towards the predicted more than 2500 species in the Neotropics.

Earthworms are extremely important globally as key macro invertebrates, which play essential roles in soil formation, structure, fertility, turnover and organic matter breakdown, and nutrient cycling, as was first recognized by Charles Darwin more than 120 years ago. The activities of the earthworm scientists who attended the two Meetings has increased our knowledge of Latin American earthworm taxonomy, diversity and ecology, providing a valuable pattern for further development of our knowledge of earthworms on other continents across the biosphere. We need the activities of earthworm systematists internationally, to review the past works of the classical earthworm taxonomists, in terms of earthworm distribution and biogeography, and update them using the newer molecular and DNA genetic sequencing techniques. These tools, as they become increasingly available and developed, may enable earthworm phylogenetic trees, global dispersal, and international migrations to be more clearly defined and understood.

Clive A. Edwards

Professor of Entomology and Environmental Sciences
Soil Ecology Laboratory
The Ohio State University, Columbus, Ohio. USA

Prólogo

Al encontrarme con la obra colectiva producida en ocasión del 1^{er} Encuentro Latino-Americano de Ecología y Taxonomía de Oligochaeta, publicada bajo la dirección de G.G. Brown y C. Frago, constaté que representa un paso esencial en el progreso del conocimiento de estos organismos, al unir la información básica sobre diversidad de especies en América Latina con aspectos sobre taxonomía y biogeografía. La obra aporta también conocimientos ecológicos y datos sobre la utilización de las lombrices de tierra.

Su contenido es tan importante que propongo colocarlo como base para el futuro avance de los temas abordados. Mi análisis crítico de la obra se centrará en este objetivo y hará referencia, en tanto sea posible, a los números de los capítulos indicados en el índice.

En el futuro, el estudio académico de las lombrices de tierra (taxonomía, biogeografía, ecología) no se desarrollará mientras su importancia social no sea reconocida por la agronomía, por los estudios y evaluaciones medioambientales, por el sector forestal y por las lombritecnologías. La necesidad de los estudios fundamentales es siempre mejor percibida cuando sus aplicaciones sociales, limitadas precisamente por la carencia de estos estudios, exigen su desarrollo.

De este punto de vista es interesante observar que cuando los colegas latino-americanos se expresan en sus propias lenguas, el mensaje llega a los técnicos practicantes, aquellos que son precisamente los responsables del desarrollo económico. La tercera lengua latino-americana, el francés, estuvo ausente en el libro, aunque esto no es tan importante.

Para construir el futuro es necesario ir más allá del objetivo señalado en la introducción del libro, o sea, el solamente utilizar a las lombrices de tierra como recurso natural. En el futuro deberemos considerarlas también como una herramienta tecnológica. En este sentido, esta obra colectiva incluye algunas tecnologías, pero sin distinguirlas claramente. Para el desarrollo futuro, es preciso reconocer estos objetivos y asentar las bases económicas y técnico-científicas de su utilización.

Como recurso natural las lombrices de tierra tienen dos usos principales. Por un lado están sus funciones en los ecosistemas (algo que es necesario proteger y ampliar) y por el otro su utilidad como alimento para otros animales y el hombre (tribus indígenas, etc.), o su uso como carnada y como ingrediente farmacéutico.

Como tecnologías aplicadas en el ecosistema las lombrices de tierra permiten directamente: i) bioindicaciones ambientales de difícil aplicación (caps. 25, 26, 27, 28, 32); ii) la bioestimulación del suelo por introducciones directas (cap. 30)¹ o después de ser cultivadas (cap. 31); y iii) evaluaciones de biocontaminación real a través de la observación directa en ecosistemas de los contenidos corporales (= body loads) de metales pesados, microcontaminantes, HPAs, PCBs, pesticidas y genotóxicos cancerígenos, todos factibles de una medición fácil y precisa.^{2,3}

Como tecnologías en tecnosistemas controlados las lombrices son útiles para una serie de importantes aplicaciones:

¹ NIELSON, R.L. *Earthworms and soil fertility. Proceedings of the 13th Conference of the New Zealand Grassland Association, New Plymouth, p. 158-167, 1951.*

² WALSH, P.; EL ADOUNI, C.; MUKHOPADHYAY, M.J.; VIEL, G.; NADEAU, D.; POIRIER, G.G. ³²P post-labeling determination of DNA adducts in the earthworm *Lumbricus terrestris* exposed to PAH - contaminated soils. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 54, p. 654-661, 1995.

³ BOUCHÉ, M.B. - *An integrated bioindication system applied to soil pollution assessments: from earthworms to ecosystems.* In: VAN STRAALLEN, N.M.; KRIVOLUTSKY, D.A. (Ed.). **Bioindication systems for soil pollution.** Dordrecht: Kluwer, p. 141-153, 1996.

1. La lombricultura para producir cebos para la pesca;
2. La lombricultura para producir alimentos (harina de lombriz) para animales (poster 1)⁴;
3. El lombricompostaje de desechos orgánicos simples (estiércoles, pulpa de café, lodos, etc.) (cap. 34);
4. La lombritecnia de desechos complejos parcialmente orgánicos (basura) desarrollados usando diversos medios físicos, el compostaje y el lombricompostaje⁵;
5. La lombrifiltración, iniciada por una cooperación franco-chilena (José Tohá, Patricio Soto y Marcel Bouché), actualmente validada y aplicada en Europa para aguas servidas y la eliminación de excretas de cerdo⁶;
6. La lombricultura para producir lombrices utilizadas en evaluaciones toxicológicas de laboratorio.

La lombrifiltración es la única tecnología validada a escala industrial. Las otras requieren aún de un desarrollo concreto, incluyendo tanto su validación socio-económica como su fundamentación técnico-científica. Una definición seria de los organismos utilizados también debe ser generada, como por ejemplo para las exageradamente usadas *Pontoscolex corethrurus*⁷ y la “roja de California” (*Eisenia fetida* y *E. andrei*): la “suelución”⁸, exige rigor científico⁹. Para pasar de ensayos locales a verdaderas tecnologías utilizables, las prácticas deben estar claramente definidas según su objetivo económico (uno solo a la vez), las exigencias prácticas y los límites de su aplicación. Todo eso no será posible sin el uso de la inteligencia artificial aplicada a los sistemas complejos (ecosistemas, desechos complejos), lo que permitirá la integración y el acceso al conocimiento académico y a las prácticas concretas de forma políglota. Todo esto es factible y el porvenir está delante de nosotros.

Marcel B. Bouché

Docteur ès sciences d'état
Montpellier, France

⁴ VIELMA-RONDÓN, R.; OVALLES-DURÁN, J.F.; LEÓN-LEAL, A.; MEDINA, A.L. Valor nutritivo de la harina de lombriz (*Eisenia fetida*) como fuente de aminoácidos y su estimación mediante cromatografía en fase reversa (HPLC) y derivación pre-columna con o-ftalaldehído (OPA). *Ars Pharmaceutica*, v. 44, p. 43-58, 2003.

⁵ BOUCHÉ, M.B.; NOUGARET, M. Use of earthworms for reintroducing organic matter from towns: a restoration of natural cycles by a new ecotechnology. Features and efficiency of the first industrial unit. In: ROUSSOS, S.; LONSANE, B.K.; RAIMBAULT, M.; VINÍEGRA-GONZÁLES, G. (Eds.). **Advances in solid state fermentation**. Dordrecht: Kluwer, p. 541-555, 1997.

⁶ BOUCHÉ, M.B.; CALLAREC, J.; CLUZEAU, D.; XINGUO, H.; YUNSHENG, L.; OUHARANI, G.; JIANG-PING, Q.; ROBIN, J.; SOTO, P.; YINQUN, I.; SHENGUAN, Y. Lombrifiltration: évaluation et élimination des lisiers à la source. In: CORPUS 2002, Colloque Franco-Chinois sur la protection et utilisation durable de la ressource en eau, Shanghai & Suzhou, p. 320-322, 2002.

⁷ MORENO, A.G. ¿Quién es *Pontoscolex (Pontoscolex) corethrurus* (Müller, 1857) (Annelida, Glossoscolecidae)? In: MORENO, A.G.; BORGES, S. (Eds.). **Avances en taxonomía de lombrices de tierra**. Madrid: Editorial Comptulense, p. 361-391, 2004.

⁸ BARRET, T.J. *Harnessing the earthworm*. London: Faber & Faber, 1949.

⁹ BOUCHÉ, M.B.; HAIMI, J.; HUHTA, V. Two earthworm taxa (*Oligochaeta*, *Lumbricidae*) new to Finland. **Memoranda Societatis Pro Fauna et Flora Fennica**, v. 64, p. 65-67, 1988.

Prefácio

As minhocas são invertebrados essencialmente edáficos e podem ser encontradas em quase todos os ambientes, concentrando-se onde há maior umidade e matéria orgânica. Podem ser usadas como bioindicadoras da qualidade ambiental e têm comprovados efeitos positivos sobre a estrutura física do solo, a disponibilidade de nutrientes para as raízes, o crescimento das plantas e a produtividade agrícola. Porém, as inerentes dificuldades taxonômicas e técnicas de trabalho com animais edáficos como as minhocas têm gerado pouco interesse de cientistas comparado com outros invertebrados. Na América Latina (AL), por exemplo, existem relativamente poucos trabalhos sobre a biologia, ecologia e distribuição das espécies nativas e exóticas, e o conhecimento das suas interações ecológicas e importância em diferentes ecossistemas (especialmente em ambientes primários) é reduzido. Conseqüentemente, o potencial das minhocas como recurso natural continua sendo pouco aproveitado na AL.

Em dezembro de 2003, realizou-se o 1º Encontro Latino-Americano de Ecologia e Taxonomia de Oligoquetas (ELAETAO1) em Londrina, Brasil. Participaram do encontro 40 pessoas de 12 países, incluindo pesquisadores, professores e alunos de graduação e pós-graduação, que discutiram diversos aspectos da biodiversidade e ecologia das minhocas na AL. Este livro é o resultado das apresentações realizadas no encontro e, além disso, incluíram-se diversos outros trabalhos de pesquisadores que não participaram do encontro, mas aceitaram contribuir para o livro. Apesar do livro conter capítulos em três diferentes línguas (fruto do caráter internacional dos mais de 60 contribuintes), todos eles possuem resumos em inglês e espanhol ou português.

“Minhocas na América Latina” é uma síntese do conhecimento atual sobre a diversidade desses animais na AL e inclui uma lista de todas as espécies conhecidas e sua distribuição em cada país latino-americano. O livro também contempla a ecologia das minhocas em diversos ambientes, seu uso como bioindicadoras ambientais e os benefícios da minhocultura e do “húmus” de minhoca (vermicomposto). Esperamos que essa primeira síntese da ecologia e taxonomia de oligoquetas na AL contribua para estimular a pesquisa sobre esse animal relativamente pouco estudado.

Esse livro não poderia ter sido escrito sem a colaboração dos pesquisadores que participaram do ELAETAO1, aos quais agradecemos a confiança e disposição em todo momento. A publicação desse livro não teria sido possível sem o apoio da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), do Instituto de Ecología, A.C. (Xalapa, México), do Ministério do Meio Ambiente (MMA), da Agrisus e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Para a realização do ELAETAO1, contamos com o apoio dessas e outras instituições estrangeiras: CYTED, CONACYT (México) e FAO (Nações Unidas).

Agradecemos também ao Ademir B.A. de Lima pela paciente correção bibliográfica em cada capítulo e à Neide M. Furukawa pelo esmero e dedicação na diagramação do livro. Finalmente agradecemos as nossas esposas, Nohemí Ibáñez e Patrícia Rojas, por apoiar-nos incondicionalmente ao longo de vários anos, e em particular durante a realização deste livro.

George Gardner Brown
Embrapa Florestas (Brasil)

Carlos Fragoso
Instituto de Ecología, A.C. (México)

Sumário

Introdução	31
01 Ecología y taxonomía de las lombrices de tierra en Latinoamérica: El primer Encuentro Latino-Americano de Ecología y Taxonomía de Oligoquetos (ELAETAO1) Carlos Fragoso; George G. Brown.....	33
Biodiversidade, taxonomia e ecologia de minhocas nos países latino-americanos	77
02 Biodiversidad y ecología de las lombrices de tierra en las islas caribeñas Carlos Rodríguez; Sonia Borges; Maria de los Ángeles Martínez; Carlos Fragoso; Samuel W. James; Grizelle González.....	79
03 Effects of post-hurricane fertilization and debris removal on earthworm abundance and biomass in subtropical forests in Puerto Rico Grizelle González; Yiqing Li; Xiaoming Zou	99
04 Diversidad y patrones biogeográficos de las lombrices de tierra de México (Oligochaeta, Annelida) Carlos Fragoso.....	109
05 Las lombrices de tierra de Tabasco: Perspectivas de manejo Esperanza Huerta Lwanga.....	125
06 Registros históricos y listado de las lombrices de tierra de Colombia Alexander Feijoo Martínez	141
07 Biología y ecología de las lombrices de tierra de las sabanas neotropicales de Colombia Juan J. Jiménez; Thibaud Decaëns; Lucero Mariani; Patrick Lavelle	155
08 An annotated checklist of the earthworms of Ecuador (Oligochaeta). Earthworms from South America 42 András Zicsi.....	175
09 Taxonomy and biogeography of Peruvian earthworms Jörg Römcke	201
10 Las lombrices de tierra en diferentes ecosistemas de la Amazonia Peruana Beto Pashanasi	207
11 Populações de minhocas em diferentes tipos de vegetação de terra firme na Amazônia Peruana Sandra C. Tapia-Coral; Beto Pashanasi; Flávio Luizão; Eleusa Barros; Dennis del Castillo	215
12 Present state of knowledge of earthworm ecology and taxonomy in Bolivia. Earthworms from South America 41 Jörg Römcke; András Zicsi	223
13 An annotated checklist of the earthworms of Chile (Oligochaeta).Earthworms from South America 43 András Zicsi; Csaba Csuzdi	235
14 Catálogo de las lombrices de tierra de tierra de la Argentina (Annelida, Oligochaeta) Catalina C. Mischis.....	247
15 Ecología y biogeografía de las lombrices de tierra en la Argentina Liliana Beatriz Falco; Fernando Roberto Momo; Catalina C. Mischis.....	253

16	Lombrices de tierra de las Yungas: Taxonomía, biogeografía y ecología en áreas de selva subtropical (Provincia de Jujuy, Argentina) Julio Alfredo Daniel Herrera; Catalina C. Mischis.....	261
17	Diversidad, abundancia y distribución de la oligoquetofauna (Annelida) en áreas protegidas de Selva Subtropical de Montaña: La Reserva Fiscal Parque la Florida (Tucumán, Argentina) Julio Alfredo Daniel Herrera; Catalina C. Mischis.....	271
18	Biodiversidad y ecología de las lombrices de tierra en el Uruguay Enzo G. Grosso; George G. Brown.....	281
19	Evaluación de la biomasa de lombrices de tierra en diferentes sistemas de producción del Uruguay María Stella Zerbino	287
20	Ecologia, biodiversidade e biogeografia das minhocas no Brasil George G. Brown; Samuel W. James	297
21	Ecologia e biodiversidade das minhocas no Estado do Paraná, Brasil Klaus D. Sautter; George G. Brown; Amarildo Pasini; Norton P. Benito; Daiane H. Nunes; Samuel W. James	383
22	Biodiversidade e biogeografia das minhocas no Estado de São Paulo, Brasil George G. Brown; Samuel W. James	397
23	Ação das minhocas na estrutura e composição química de um solo arenoso hidromórfico do Amazonas Álvaro Luiz Mafra; Andreas Attila de Wolinsk Miklós; Adolpho Jose Melfi; Vincent Eschenbrenner; Boris Volkoff	407
24	Listado de las especies de lombrices de tierra de América Central (Guatemala, Belice, Honduras, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica, Panamá), las "Guyanas" (Surinam, Guyanne Française, Guyana), Venezuela y Paraguay George G. Brown; Carlos Fragozo.....	421
	Potencial das minhocas como bioindicadoras	453
25	Earthworms as bioindicators (in particular for the influence of land use) Jörg Römbke; Stephan Jänsch; Marcos Garcia.....	455
26	Minhocas como bioindicadoras da qualidade ambiental. Um estudo de caso na região de Jaguapitã, PR, Brasil Daiane H. Nunes; Amarildo Pasini; Norton P. Benito; George G. Brown	467
27	Monitoramento da qualidade de solos hidromórficos através de indicadores biológicos: desenvolvimento metodológico e de protocolo Júlio José Centeno da Silva; Rui Melo de Souza; Élio Paulo Zonta; Eracilda Fontanela; Eduardo Darley Prates; Marcelo Ferreira Ely; Ana Cláudia Rodrigues de Lima	481
28	Análise das relações entre populações de enchytraeidae e minhocas e seu uso como bioindicador da qualidade do solo Mariella Camardelli Uzêda; Maria Alice Garcia; Janaina Ribeiro Costa.....	489
29	Searching for a standardization of quantitative terrestrial oligochaete sampling methods: The ISO methodology Jörg Römbke	497
	Minhocultura e importância das minhocas na agricultura.....	507

30	Earthworms stimulate plant production George G. Brown; Bikram K. Senapati; Beto Pashanasi; Cécile Villenave; José C. Patrón; Patrick Lavelle; Isabelle Barois; Robert J. Blakemore	509
31	Producción masiva de lombrices de tierra (<i>Pontoscolex corethrurus</i>) en la Amazonia Peruana Beto Pashanasi	519
32	Perspectiva no manejo alternativo dos citros: Do viveiro ao campo Ronaldo Alberto Duenhas Cabrera; Adriano J.B.V. Azevedo-Filho; Siu Mui Tsai	525
33	Minhoca vermelha da Califórnia (<i>Eisenia fetida</i>): Um estudo da preferência alimentar Suenildo Josémo Costa Oliveira; Sibério Domingos dos Santos; Alexandre Costa Leão; Mário Sérgio de Araújo	533
34	Influência do esterco bovino peneirado e não peneirado na criação e produção de húmus da minhoca vermelha da Califórnia (<i>Eisenia fetida</i>) Suenildo Josémo Costa Oliveira; Claudiano Teixeira Freire de Barros; Alexandre Costa Leão; Mário Sérgio de Araújo	537
Resumos de pôsteres		541
	• Vermicomposto de contenido ruminal y harina de lombriz (<i>Eisenia fetida</i>) como aditivos en dieta de pollos de ñandú (<i>Rhea americana</i>) Enzo G. Grosso; Gabriel Laufer; Matías Arim	543
	• Preparo de substrato para multiplicação da minhoca vermelha da califórnia (<i>Eisenia fetida</i>) e produção de húmus Suenildo Josémo Costa Oliveira; Eduardo D.M. Queiroz; Elizabeth V.P. Porto; Alexandre Costa Leão; Fábio Agra de M. Nápoles	544
	• Contribuição da palma forrageira (<i>Opuntia ficus</i>) na criação da minhoca vermelha da Califórnia (<i>Eisenia fetida</i>) e na produção de húmus Suenildo Josémo Costa Oliveira; Benedito Olinto da Silva; Alexandre Costa Leão; Messias Firmino de Queiroz; Mario Sergio de Araújo	545

Introdução



Ecología y taxonomía de las lombrices de tierra en Latinoamérica: El primer Encuentro Latino-Americano de Ecología y Taxonomía de Oligoquetos (ELAETAO1)

Carlos Fragoso; George G. Brown

Abstract

In Latin America (LA), there are relatively few studies on the biology, distribution of native and exotic species and ecological importance in various ecosystems (especially native vegetation). Consequently, the potential use of earthworms as a natural resource continues to be limited in LA.

Presently, 960 earthworm species are known from LA, distributed in 125 genera and 12 families. Of the total known species, 93% are native, and at least two families and many genera are endemic to the region. Brazil has the highest diversity (305 spp.), followed by Ecuador and Colombia (139 spp.), Mexico (135 spp.), the Caribbean Islands (128 spp.), Chile, Argentina and Venezuela (80, 79 and 74 spp., respectively). The Glossoscolecidae family is the best represented, with 56% of the total diversity, followed by Acanthodrilidae (28% of the total) and Ocnerodrilidae (9%), all with an important proportion (> 95%) of native species. Various exotics (66 spp.), mainly from the Megascolecidae, Acanthodrilidae (Benhamiinae) and Lumbricidae families, have invaded principally agricultural areas in LA, but there is still little information on the effects of these species on the soil and populations of native species. Some species are even found in natural (native) habitats. Large areas of the continent continue unknown, and various countries still have few collection sites and require greater efforts (urgent) to find and describe the native oligochaetes. There are also several native species that are, or could be endangered of extinction mainly due to habitat loss or alteration and predatory harvesting (mainly for bait).

Most known earthworms in LA were described by Gilberto Righi (> 220 spp.), Michaelsen and Zicsi, although other taxonomists (Cernosvitov, Cognetti, Rosa, Eisen, Beddard, Benham, Cordero, Gates, Sims, Graff, Csuzdi, Fragoso, James, Rodríguez, Borges, Moreno, Jamieson) also contributed greatly to the knowledge of the region's earthworm diversity. However, because few taxonomists remain active in LA, further efforts are needed to train taxonomists able to identify earthworms and facilitate the study of earthworms (biology, ecology, biogeography, distribution) in the various habitats, ecosystems and biomes of the continent and to generate data on the potential use of these animals as environmental bioindicators.

This book is the result of the 1st Latin American Meeting on Oligochaete Ecology and Taxonomy (ELAETAO1), held in Londrina, Brazil, in December of 2003. It is a synthesis of the present knowledge on earthworm diversity in LA, and includes a list of all the known species and their distribution in each country. The book also includes several chapters on the use of earthworms as bioindicators and the benefits of their use in vermicomposting and organic fertilizer production. We hope that this book will help stimulate research in this much neglected field of zoology.

Resumen

En América Latina (AL), existen relativamente pocos trabajos sobre la biología, ecología y distribución de lombrices de tierra, siendo el conocimiento de sus interacciones ecológicas y de su importancia en diferentes ecosistemas (especialmente en vegetación nativa) muy



reducido. Consecuentemente, el potencial en AL de estos organismos como recurso natural no ha sido totalmente explotado.

Actualmente se conocen para AL 960 especies de lombrices, pertenecientes a 125 géneros repartidos en 12 familias. De estas especies, 93% son nativas, y al menos dos familias y muchos géneros son endémicos para alguna zona de esta región. Brasil tiene la mayor diversidad (305 spp.), seguido de Ecuador y Colombia (139 spp.), México (135 spp.), las islas del Caribe (128 spp.), Chile, Argentina y Venezuela (80, 79 y 74 spp., respectivamente). Glossoscolecidae es la familia mejor representada (56% del total de especies), seguida de Acanthodrilidae (28%) y Ocnerodrilidae (9%), todas ellas con proporción importante (>95%) de especies nativas. Varias especies exóticas (66 spp.), especialmente de las familias Megascolecidae, Acanthodrilidae (Benhamiinae) y Lumbricidae, han invadido áreas agrícolas (principalmente) y ambientes naturales; sin embargo hay poca información de sus efectos en el suelo y sobre las poblaciones de nativas. La oligoquetofauna de extensas áreas del continente continúa todavía desconocida, incluyendo algunos países con pocos registros de especies. Hay también varias especies nativas que están o pueden estar en riesgo de extinción debido principalmente a la pérdida del hábitat natural y a su colecta excesiva (v.g. para pesca).

La mayor parte de las especies fueron descritas por Righi (>220 spp.), Michaelsen y Zicsi, aunque otros taxónomos (Cernosvitov, Cognetti, Rosa, Eisen, Beddard, Benham, Cordero, Gates, Sims, Graff, Csuzdi, Fragoso, James, Rodríguez, Borges, Moreno, Jamieson) también realizaron contribuciones importantes. Sin embargo, es necesario formar más taxónomos que contribuyan y continúen con la determinación de especies, que será de gran ayuda para otros estudios (sobre ecología, taxonomía, biogeografía, distribución) que se lleven a cabo en los diferentes ecosistemas y biomas del continente, incluyendo su uso potencial como bioindicadoras ambientales.

Este libro es el resultado de las presentaciones realizadas en el 1er Encuentro Latino-Americano de Ecología y Taxonomía de Oligoquetos (ELAETAO1) celebrado en diciembre de 2003 en Londrina, Brasil. Se trata de una síntesis del conocimiento de la diversidad de las lombrices de tierra de AL e incluye una lista de todas las especies conocidas y su distribución en cada país latino-americano. También contiene diversos trabajos sobre el uso de las lombrices como bioindicadoras ambientales y como productoras de humus (lombricompostaje). Se espera que esta síntesis contribuya a estimular la investigación en esta área poco estudiada de la zoología.

...“In collections received from generous friends and donors it has often been a great disappointment to find the large majority of the specimens to be worms imported from Europe, instead of native species, which are the only ones of real interest to us.”

...“Native Oligochaeta are to be found in the virgin soil of the country, far from gardens and manure heaps; in the moist soil of gulches and mountain meadows; under native trees and shrubbery; in the mud of streams; under rotten and decaying stumps and leaves in the forest; under moss and the rotting seaweeds on the coast. It is in such localities that we must search for our native Oligochaeta.”

...“The large worms are generally the best known; the smallest have been neglected, and it is primarily among these latter that we may hope to find new and interesting species.”

*...“The European worms seem to have grown up in the vicinity of man and have accommodated themselves to his cultivation of the soil, which cultivation drives the native worms away. While this refers especially to the worms in our temperate regions, it is also the case in the highlands of Mexico and to some extent in the tropics. **The encroachment of the European terricolae is such that in time there will be few if any native species left.**”*

Gustav Eisen (1900; p. 249-250)

Introducción

En 1900, mientras colectaba en los subtrópicos de América Central, Gustav Eisen se dio cuenta de la relación entre perturbación e invasión de lombrices exóticas. Más de 100 años han transcurrido desde entonces y la situación es básicamente la misma: la mayoría de las especies nativas se limitan a los ambientes en donde se mantiene la vegetación original, mientras que las lombrices exóticas predominan en sitios perturbados o manejados en donde ha sido modificada la vegetación.

¿Es esta situación común a toda América Latina? ¿Es más grave en islas? ¿Acaso el patrón se modifica en función de la altitud? El primer Encuentro Latinoamericano de Ecología y taxonomía de Oligoquetos (ELAETAO1), celebrado en Londrina en diciembre del 2003, fue una excelente oportunidad para reflexionar sobre estos temas y otros relacionados con los patrones y funciones ecológicas de las lombrices nativas y su uso actual y potencial.

Benhamiinae-Exxidae (ver Jamieson et al., 2002; Csuzdi, 1996; Blakemore 2005a,b) lo cierto es que, como se ilustra en varios de los capítulos de este libro, existen patrones de distribución asociados con familias o con grupos de géneros (Figuras 13.1 y 13.2, Zicsi & Csuzdi, 2007; ver cap. 13). Por ejemplo la familia Ocnerodrilidae se distribuye continuamente desde la región norteña neotropical hasta la cuenca del Río de la Plata en Argentina; el género *Dichogaster* (Benhamiidae de Csuzdi, 1996, 2000; o Benhamiinae de Blakemore, 2005b) ocurre en prácticamente toda la región norte (México, el Caribe y Centroamérica) y por el sur hasta la porción nororiental de Brasil (los "Cerrados"). Otros géneros con meronefridios pero sin glándulas calcíferas del tipo *Dichogaster* tienen distribuciones particulares. Por ejemplo los géneros *Neotrigaster* y *Zapatadrilus* (Exxidae?, Blakemore, 2005a) solo se encuentran en Cuba y México, mientras que *Ramiellona* (Octochaetidae, Blakemore, 2005b) se presenta en el sur de México y América Central.

Origen de la fauna latinoamericana: principales patrones geográficos

Latinoamérica (AL) constituye una vasta porción del Continente americano, que se extiende desde el río Bravo (en la frontera entre México y USA) hasta la Patagonia. Desde el punto de vista biogeográfico AL incluye la región Neotropical y parte de la región Neártica, resultado del gran evento vicariante que ocurrió hace 200 millones cuando Pangea se dividió en dos grandes masas: Laurasia al norte y Gondwana al sur. Durante cerca de 195 millones los dos continentes permanecieron casi siempre separados, propiciando la evolución independiente de linajes biológicos. Si bien se unieron varias veces durante el pasado, a través de cadenas de islas, la última unión actualmente vigente ocurrió hace cerca de 3 millones de años.

En el caso específico de las lombrices de tierra, la ausencia de contacto produjo diferencias a nivel del predominio de familias en la región Neotropical: Glossoscolecidae en la subregión del sur (ver Fragoso et al., 1995) y Acanthodrilidae, Acanthodrilinae (sensu Blakemore, 2005b) en la región del norte y en la parte austral de Sudamérica. Aún cuando todavía no se alcanza un consenso en la clasificación de las familias de lombrices de tierra, y en particular de Dichogastrini-Octochaetidae-

Los estudios taxonómicos previos

Fue con el auge de los viajes de naturalistas al nuevo mundo, como los emprendidos por Charles Darwin (viaje del barco Beagle, 1837), Alfred Russell Wallace (en la Amazonía Brasileña, 1848-1852) y Henry Walter Bates (en la Amazonía Brasileña, 1848-1859), cuando se describieron las primeras especies de lombrices de la América tropical (Leuckart, 1835, 1836). La segunda parte del siglo XIX y el primer tercio del siglo XX se caracterizaron por la colecta y descripción de varias especies, llevada a cabo por los mentores de la oligoquetofauna latinoamericana: J. Wilhelm Michaelsen, Daniele Rosa, Gustav Eisen, Luigi Cognetti di Martiis, Leo Černosvitov, Frank Evers Beddard y William Blaxland Benham. A partir del segundo tercio del siglo XX se distinguieron por sus contribuciones Ergasto Cordero en Sudamérica y Gordon Gates en Norteamérica. Para la segunda mitad del siglo XX debemos mencionar los trabajos de Andras Zicsi, Csaba Csuzdi y Gilberto Righi en América del Sur, Per-Olof Ljungström en Argentina, Samuel W. James en México, Brasil y el Caribe, Carlos Fragoso en México, Carlos Rodríguez y Sonia Borges en el Caribe, Catalina C. de Mischis en Argentina, Ana Moreno en el Caribe y Centromérica y Alexander Feijoo en Colombia.

Sin embargo para la mayoría de los países de toda esta región latinoamericana no existen "checklists" o listados de lombrices, y cuando los hay estos son incompletos o antiguos (Gates, 1942, 1982). Solo recientemente se han publicado listados para unos cuantos países como Argentina (Mischis, 2000, 2003), México (Fragoso, 2001), Colombia (Feijoo et al., 2004), Chile (Zicsi, 2004) y Brasil (James & Brown, 2006), o regiones como el Caribe, América Central y México (Fragoso et al., 1995).

La biodiversidad actual de lombrices de tierra en LA

A lo largo de los capítulos de este libro, se puede constatar el esfuerzo de taxónomos provenientes de cerca de 7 países para poner al día los inventarios faunísticos de las lombrices de tierra de Latinoamérica. Los capítulos 2-22, se refieren a estos resultados. Con base en esta información, a continuación presentamos un resumen de la biodiversidad por país y por familias; el Apéndice 1.1 muestra la lista y la distribución por países de todas las lombrices nativas y exóticas de LA (incluyendo las especies nuevas, sin describir).

En total para LA se han registrado 960 especies pertenecientes a 125 géneros repartidos en 12 familias (Cuadro 1.1). En el listado del apéndice 1.1 se consideraron como lombrices de tierra solamente a los megadrilos (lombrices

grandes, generalmente > 2 cm de largo), aunque existe cierta controversia de cuales familias pertenecen a esta categoría, en cierto modo artificial. Por ejemplo, aún cuando Gates (1972) incluye a Alluroididae y Haplotaxidae (ambos con apenas algunas especies presentes en LA) dentro de los megadrilos, en el presente listado no se han considerado, debido a su pequeño tamaño y por ser familias generalmente acuáticas o de hábitos límnicos. Aunque Sparganophilidae y Almididae también suelen tener hábitos límnicos o acuáticos, son lombrices de mucho mayor tamaño.

Glossoscolecidae es la familia mejor representada (56% del total de especies); le siguen en orden de importancia Acanthodrilidae (que incluye las subfamilias Acanthodrilinae, Benhamiinae y Octochaetinae) (28%), Ocnerodrilidae (9%), Lumbricidae (3%) y Megascolecidae (2%). Las restantes familias (Almididae+Criodrilidae, Sparganophilidae, Exxidae, Eudrilidae, Tumakidae y Moniligastridae) contribuyen tan solo con 2% al total de especies (Cuadro 1.1).

Cuando se consideran solamente las especies nativas, el patrón se mantiene relativamente igual, salvo por una mayor representatividad de Glossoscolecidae. El porcentaje de nativas para toda la región latinoamericana es relativamente alto (93%) y se deberá incrementar en función de los nuevos hallazgos. En cuanto a las exóticas, en toda AL existen 66 especies, principalmente de Lumbricidae y Megascolecidae. Es de esperarse que en el futuro este número no aumente significativamente.

Cuadro 1.1. Número de géneros y especies de lombrices de tierra de las principales familias latinoamericanas, incluyendo el porcentaje de especies nativas en cada familia y su contribución al total de especies de la región.

Familia	Géneros	especies	% de spp.	% nativas
Glossoscolecidae	45	534	55.6	100
Acanthodrilidae	26	265	27.6	97.4
- Acanthodrilinae	14	120	12.5	99.2
- Benhamiinae	7	95	9.9	93.7
- Octochaetinae	5	50	5.2	100
Ocnerodrilidae	23	90	9.4	95.6
Lumbricidae	11	32	3.3	0
Megascolecidae	8	19	2.0	0
Almididae+Criodrilidae	5	12	1.3	91.7
Sparganophilidae	2	2	0.2	50
Eudrilidae	2	2	0.2	0
Exxidae	1	2	0.2	100
Tumakidae	1	1	0.1	100
Moniligastridae	1	1	0.1	0
Total	125	960	100	93.1

En cuanto a la distribución de estas especies por países/región, Brasil tiene la mayor cantidad (305 spp.), seguido de Ecuador y Colombia (139), México (135), las islas del Caribe (128), Chile, Argentina y Venezuela (80, 79 y 74, respectivamente) (Figura 1.1).

El porcentaje de exóticas por país presenta valores entre 15% (Brasil) y 58% (Uruguay), con una media de 31% (Figura 1.2). Si bien en los capítulos de este libro se abordan con detalle muchos de estos países/regiones (incluyendo las listas de especies y su distribución), para algunos el tratamiento fue más superficial. Tal es el caso de toda América Central continental, Venezuela, Paraguay, las Guyanas y Surinam, cuyas listas actualizadas son presentadas por Brown & Frago (2007) en el capítulo 24.

Se podría pensar a priori que la cantidad de especies nativas por país está en función de la superficie del país. Una relación positiva significaría que el muestreo ha sido equitativo en las diferentes regiones/países; una relación negativa indicaría que los países/regiones pequeños han sido mejor estudiados; finalmente la falta de relación indicaría que otros factores han estado afectando el inventario de lombrices. La correlación entre la superficie y la cantidad de especies totales y las nativas se muestra en la Figura 1.3. Si se considera a Brasil la correlación es positiva y relativamente

alta ($r = 0.79$ tanto para el total, como para las especies nativas); sin embargo cuando se excluye a este país la correlación deja de existir ($r = 0.12$ para total de especies y <0.01 para las especies nativas). Podemos decir entonces que el muestreo de lombrices de tierra ha estado influido, más que por la extensión del territorio, por otros factores entre los cuales la presencia de taxónomos es importante (i.e. G. Righi en Brasil). Las diferencias entre países/regiones continentales e insulares podría ser otro factor de peso (vg. las islas del Caribe).

Ecología de lombrices de tierra en Latino-América

Los trabajos sobre ecología de lombrices en AL siempre han sido pequeños con relación a los desarrollados en el resto del mundo, principalmente Europa y Estados Unidos. La revisión de las presentaciones en los congresos europeos sobre oligoquetos, los Internacionales Symposia on Oligochaeta, realizados desde el final de los años 60 hasta 1980 (ver por ejemplo, las ediciones especiales de la revista *Pedobiologia*, Vols. 9, 20 y 23), pone de manifiesto la casi nula contribución de los científicos latinoamericanos. A partir de 1981, y

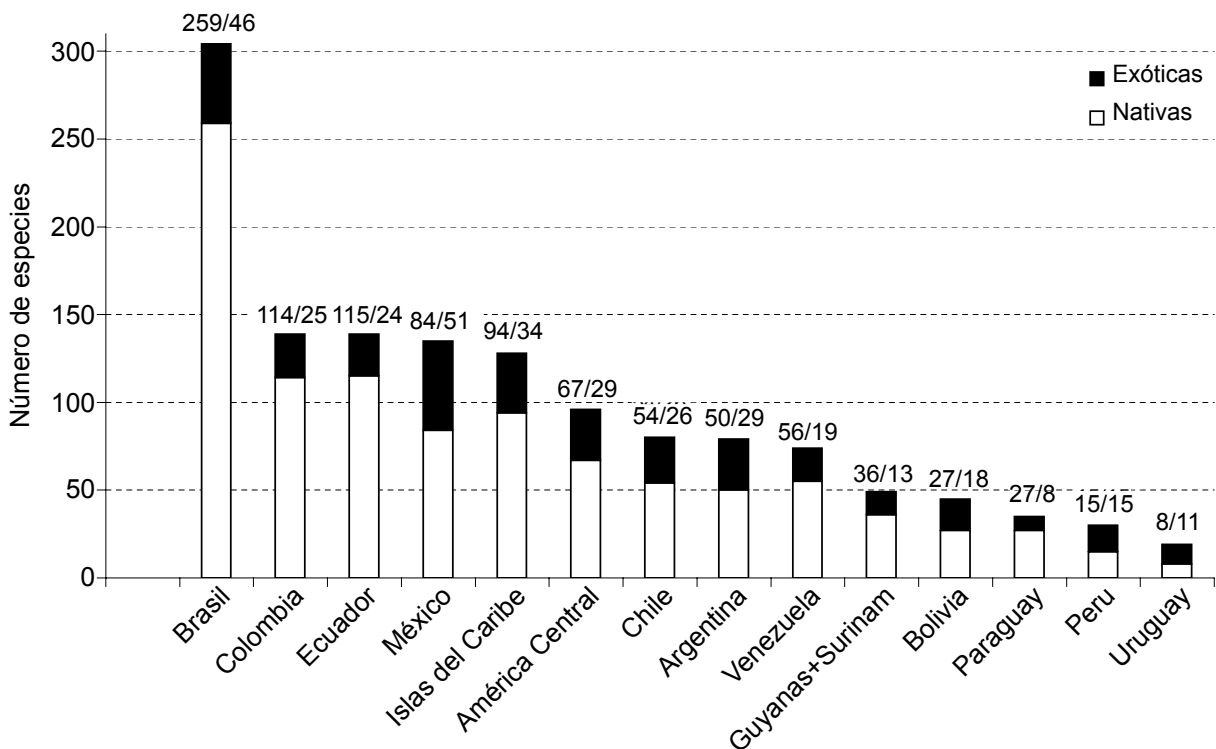


Figura 1.1. Número de especies nativas y exóticas de lombrices de tierra en los países/regiones de América Latina.

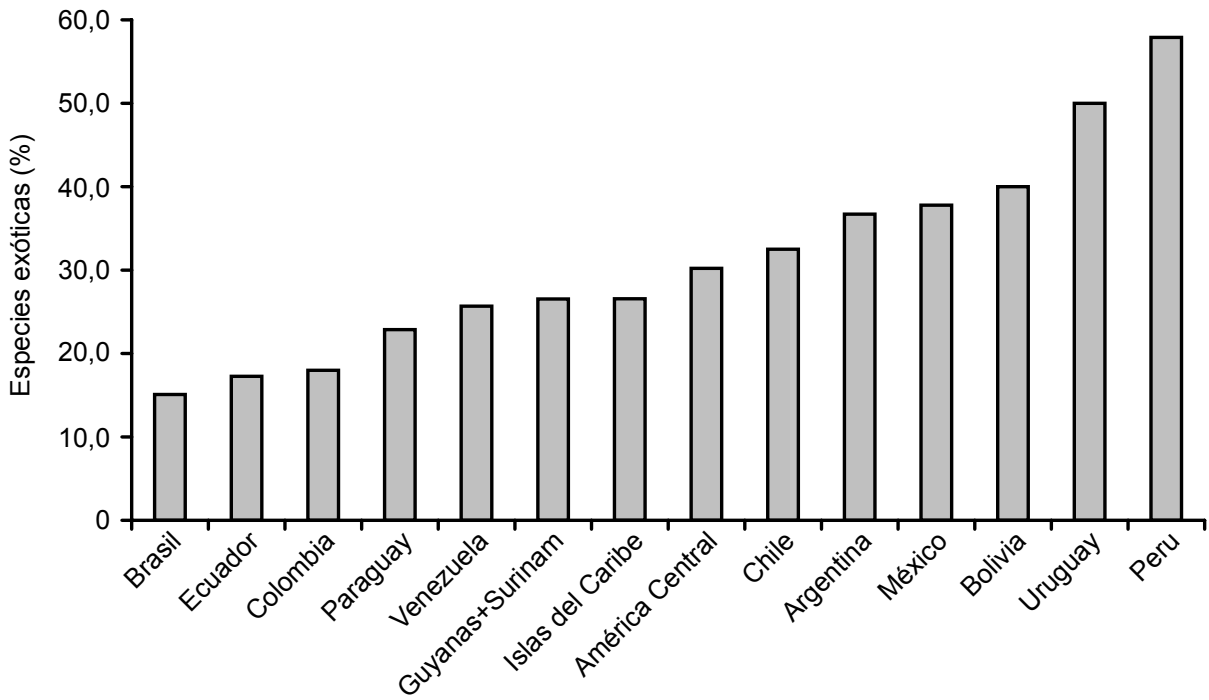


Figura 1.2. Porcentaje de especies exóticas de lombrices de tierra en los países/regiones de América Central.

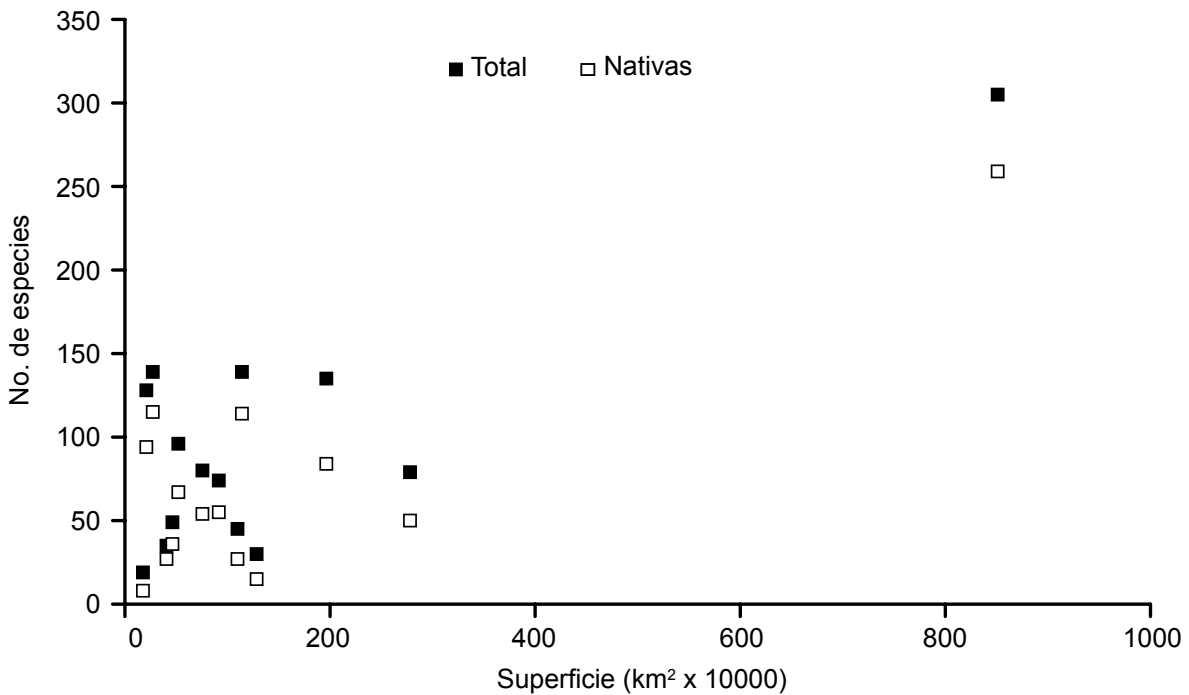


Figura 1.3. Relación entre la superficie de cada país/región y la cantidad de especies de lombrices de tierra. El punto con el mayor valor corresponde a Brasil.

tomando como base las presentaciones realizadas en los International Symposium on Earthworm Ecology (ISEE), se puede constatar una baja pero creciente contribución de los investigadores latinoamericanos (Figura 1.4). En los primeros cinco simposios hubo menos de seis presentaciones para toda LA, pero a partir del ISEE6 se observó un aumento significativo del número de trabajos presentados ($n = 26 - 29$), que se ha mantenido constante en los últimos tres simposios. Sin embargo, la contribución ha sido siempre menor del 15% del total de las presentaciones.

Los Encuentros Latino-Americanos de Ecología y Taxonomía de Oligoquetos (ELAETAO)

Con base en lo expuesto y con objeto de disminuir la carencia de trabajos sobre la biología de las especies de lombrices latinoamericanas y aumentar el conocimiento de su diversidad,

relaciones ecológicas e importancia en los ecosistemas, se organizó el 1^{er} Encuentro Latino-Americano de Ecología y Taxonomía de Oligoquetos (ELAETAO1), en la ciudad de Londrina-PR, Brasil del 1 al 3 de diciembre de 2003. Al encuentro asistieron 40 personas de 12 países, incluyendo investigadores, profesores, alumnos de licenciatura y postgrado (Foto 1.1).

El objetivo general del ELAETAO1 fue sintetizar el estado actual del conocimiento de la ecología, taxonomía y biodiversidad de las lombrices de tierra en AL y de su utilidad en diversos ecosistemas naturales y agrícolas.

Otros objetivos del encuentro fueron:

- Evaluar el estado del conocimiento de la biodiversidad y distribución de lombrices de tierra (Annelida: Oligochaeta) en la región neotropical, y las prioridades de investigación;
- Evaluar el potencial de las lombrices como bioindicadoras de la fertilidad del suelo en diversos ecosistemas (incluyendo sistemas de siembra directa);
- Proveer subsidios para apoyar la preservación de especies amenazadas y promover el uso

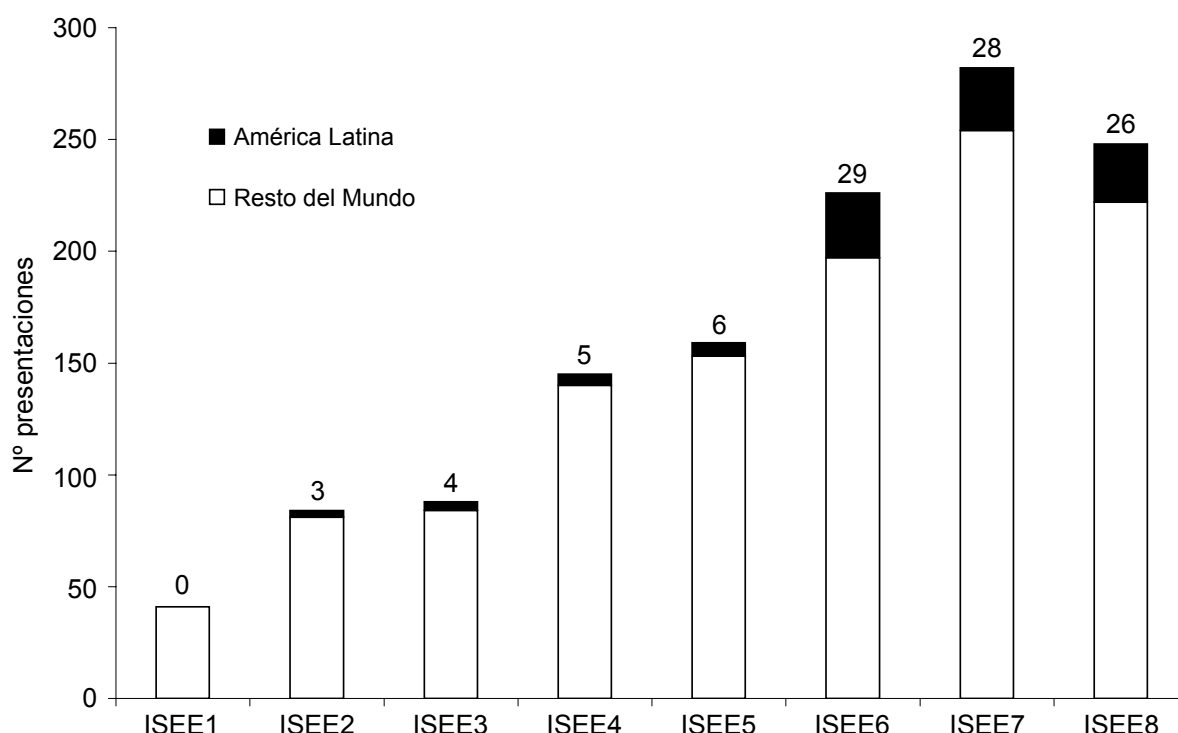


Figura 1.4. Participación de América Latina en los ocho International Symposium on Earthworm Ecology (ISEE), realizados desde 1981 hasta 2006. El número de presentaciones del ISEE1 se basó en los capítulos publicados en el libro de Satchell (1983); para los demás ISEE, el número se calculó a partir de los resúmenes de cada simposio. El número arriba de cada columna indica la contribución de AL al total. ISEE1 = Grange-over-Sands, Reino Unido, 1981; ISEE2 = Bologna, Italia, 1985; ISEE3 = Hamburgo, Alemania, 1987; ISEE4 = Avignon, Francia, 1990; ISEE5 = Columbus, USA, 1994; ISEE6 = Vigo, España, 1998; ISEE7 = Cardiff, Reino Unido, 2002; ISEE8 = Cracovia, Polonia, 2006.



Foto 1.1. Participantes del 1^{er} Encuentro Latinoamericano de Ecología y Taxonomía de Oligoquetos (ELAETAO1), realizado en Londrina, 1-3 de diciembre del 2003. (Foto G.G. Brown)

sostenible de las lombrices como recursos naturales para actividades agropecuarias y la pesca;

- Publicar un compendio del estado del arte del conocimiento de la ecología, biodiversidad y distribución de las lombrices de tierra en AL.

Durante el ELAETAO1 se presentaron 25 ponencias y 10 carteles; los resúmenes de tres de estos carteles se pueden consultar al final de este libro. Como parte del encuentro se realizaron dos talleres: uno sobre las prioridades de investigación en taxonomía y biogeografía de lombrices en la región neotropical y otro sobre las estrategias para aumentar el uso de las lombrices para diversos fines en AL (como recurso natural, bioindicadoras, etc.). En el primer taller, y con el objetivo de diagnosticar la capacidad institucional y personal actual en AL, los participantes de cada grupo enumeraron los investigadores e instituciones que trabajan en la taxonomía de lombrices de tierra, así como las colecciones y claves taxonómicas disponibles. En el segundo taller, los temas evaluados por los grupos fueron: a) lombricultura y sus usos potenciales; b) ecología y funciones de las lombrices en los ecosistemas naturales y agrícolas; c) el uso potencial

de las lombrices en la agricultura y d) el uso potencial de las lombrices como bioindicadoras ambientales. Cada grupo sintetizó la información disponible, enlistó las prioridades de investigación en el tema y señaló las principales limitaciones para realizar estos estudios y como superarlas¹.

En resumen, durante el encuentro se reunió información dispersa, mucha de ella no publicada y se elaboró un compendio sobre el conocimiento actual de la ecología, taxonomía, biodiversidad y usos de las lombrices de tierra en diversos ecosistemas naturales y agrícolas de AL, señalándose las prioridades de investigación respectivas. El presente libro es el resultado de este encuentro enriquecido definitivamente por la entusiasta participación de los participantes y de algunos otros investigadores invitados

con temas específicos.

Al terminar el ELAETAO1 se realizó, del 4 al 12 de diciembre de 2003, un Curso Internacional de Ecología y Taxonomía de Oligoquetos (Foto 1.2). Las actividades incluyeron una visita al Museo de Zoología de São Paulo, donde está depositada la colección de Gilberto Righi, una salida de campo en los alrededores de Peruíbe y Sete Barras (Parque Estadual Carlos Botelho), y el curso sobre



Foto 1.2. Participantes del Curso Internacional de Ecología y Taxonomía de Oligoquetos, realizado del 4-12 de diciembre, 2003, en São Paulo, Peruíbe y Curitiba. (Foto G.G. Brown)

¹ Para más información, los resultados de estos talleres y las tablas producidas están disponibles con los autores.

taxonomía en el campus del UNICENP (Centro Universitario Positivo) en Curitiba.

Afortunadamente, el entusiasmo derivado del encuentro anterior contribuyó a la realización, del ELAETAO2 en la ciudad de San Juan, Puerto Rico (EUA) (14-18 de noviembre del 2005), organizado por Grizelle González del USDA-FS y con apoyo del Puerto Rico Conservation Foundation. El tema de la reunión versó sobre las lombrices de tierra como especies invasoras en AL. Los anales del encuentro están publicados en un volumen especial de la revista *Caribbean Journal of Science* (González, 2006). Esperamos que el ánimo se mantenga y que los investigadores latinoamericanos continúen esta iniciativa, realizando periódicamente los ELAETAO (cada dos a tres años).

El libro “Lombrices de tierra en América Latina: Biodiversidad y Ecología”

No quisiéramos terminar este capítulo introductorio sin dar una breve semblanza del libro *Lombrices de tierra en América Latina: Biodiversidad y Ecología*, el cual está organizado en tres secciones principales.

La primera, que incluye la mayoría de las contribuciones, se refiere a la Biodiversidad, Taxonomía y Ecología de las Lombrices de Tierra en los Países Latinoamericanos. En lo referente a biodiversidad y taxonomía, el lector podrá encontrar la información actual sobre la diversidad y distribución de especies de lombrices de tierra de cada país latinoamericano y ciertos estados/regiones en los capítulos 2 (Rodríguez et al., islas caribeñas), 4 (Fragoso, México), 5 (Huerta, estado de Tabasco, México), 6 (Feijoo, Colombia), 8 (Zicsi, Ecuador), 9 (Römbke, Peru), 10 (Pashanasi, Amazonía peruana), 12 (Römbke & Zicsi, Bolivia), 13 (Zicsi & Csuzdi, Chile), 14 (Mischis, Argentina), 16 y 17 (Herrera & Mischis, selvas subtropicales de Argentina), 18 (Grosso & Brown, Uruguay), 20 (Brown & James, Brasil), 21 (Sautter et al., estado de Paraná, Brasil), 22 (Brown & James, estado de São Paulo, Brasil) y 24 (Brown & Fragoso, Guatemala, Belice, Honduras, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica, Panamá, Guyana Francesa, Guyana, Surinam, Venezuela y Paraguay).

Los temas de ecología incluyen varios capítulos que sintetizan el conocimiento ecológico en diferentes países como Bolivia (Römbke & Zicsi, capítulo 12), Argentina (Falco et al., capítulo

15) y Brasil (Brown & James, capítulo 20); en diversos estados como Tabasco, México (Huerta, capítulo 5) y Paraná, Brasil (Sautter et al., capítulo 21); y en diferentes ecosistemas como selvas subtropicales afectadas por huracanes en Puerto Rico (González et al., capítulo 3), las sabanas de Colombia (Jiménez et al., capítulo 7), diferentes tipos de vegetación y ecosistemas de tierra firme en la Amazonía peruana (Pashanasi, capítulo 10 y Tapia-Coral et al., capítulo 11), dos sitios con selva subtropical de montaña en el Norte de Argentina (Herrera & Mischis, capítulos 16 y 17) y diversos agroecosistemas en Uruguay (Zerbino, capítulo 19). Finalmente en el capítulo 23, Mafra et al. discuten en detalle los efectos de algunas especies de lombrices sobre el suelo arenoso e hidromórfico de un área en la Amazonía brasileña, cerca de la frontera con Venezuela, resaltando su importancia en la pedogénesis y en el funcionamiento de los ecosistemas naturales terrestres.

La segunda sección del libro se refiere al Potencial de las Lombrices de Tierra como Biondicadoras, e incluye cinco capítulos sobre el potencial de las lombrices de tierra como bioindicadoras ambientales y de la calidad del suelo. En los capítulos 25 (Römbke et al.), 27 (Silva et al.) y 29 (Römbke), se discuten diversos aspectos prácticos de la metodología del uso de las lombrices como bioindicadoras, principalmente los mejores métodos de colecta en el campo. Datos sobre la importancia local como indicadores se presentan en los capítulos 26 (Nunes et al., alrededores de Jaguapitã, Brasil) y 28 (São Roque, Brasil, Uzêda et al.).

La tercera sección, que abarca los capítulos 30 a 34, trata sobre la Lombricultura y la Importancia de las Lombrices de Tierra en la Agricultura. El capítulo 30 (Brown et al.) presenta una síntesis del conocimiento de los efectos de las lombrices de tierra sobre el crecimiento de las plantas en los trópicos, mientras que el capítulo siguiente (Pashanasi) presenta un método para reproducir a *Pontoscolex corethrurus*, una de las lombrices más comunes en los trópicos, para utilizarla en experimentos de pequeña y media escala como bioestimuladora de la producción vegetal. Los capítulos 32 a 34 son propiamente sobre lombricultura y presentan diversos aspectos del uso de *Eisenia fetida* como agente de transformación de sustratos/desechos orgánicos en abono útil para las plantas.

Al final del libro se encuentra una breve sección con los resúmenes de tres carteles sobre lombricultura presentados en el ELATAO1.

Aún cuando este libro cubre una amplia gama de temas relacionados con la ecología y biodiversidad de lombrices en AL, nos queda claro que es todavía mucho lo que ignoramos sobre estos aspectos en la mayor parte de nuestro continente. Sin embargo esperamos que esta síntesis sirva de estímulo para que se realicen cada vez más investigaciones. Estamos convencidos que las lombrices son un recurso natural que se puede (y se debe) manejar y aprovechar para nuestro beneficio (Lavelle et al., 1998). La conservación y el conocimiento de la biología básica es un requisito fundamental previo para saber donde mantenerlas y cómo usarlas en nuestro beneficio. Pero sobre todo esperamos que este libro llame la atención sobre la apremiante necesidad de estudiar nuestra oligoquetofauna nativa, cada vez más amenazada por la conversión de bosques, selvas y sabanas en agroecosistemas. En este sentido, y dada la extensión geográfica de AL, resulta obvio que debemos incrementar la cantidad de especialistas. Sirva también este libro como un estímulo a las futuras generaciones de científicos y técnicos que habrán de continuar con este reto.

Agradecimientos

Agradecemos el apoyo del Embrapa/Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Instituto de Ecología, A.C. (Xalapa, México), CONACYT (México), CYTED, Agrisus (Fealq) y el Ministério do Meio Ambiente (Brasil) para la realización del ELAETAO1 y este trabajo. Varios colegas y el Museo de Zoología de la Universidad de São Paulo contribuyeron para la generación de la lista de especies de AL. Agradecemos también a A. Feijoo y C. Mischis por sus atinadas sugerencias para mejorar este trabajo. Finalmente agradecemos la ayuda de Sam James, András Zicsi, Csaba Csuzdi, Martin Christoffersen y Rob Blakemore para completar la lista de especies de AL.

Referencias

ALVARADO, L. Nueva especie del género *Yagansia* (Oligochaeta; Megascolecidae) en la Argentina. In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE ZOOLOGÍA, 5., 1971, Montevideo. **Resúmenes...** p. 13.

ARAÚJO, Y.; LÓPEZ-HERNÁNDEZ, D. Earthworm populations in a savanna-agroforestry system of Venezuelan Amazonia. **Biology and Fertility of Soils**, v. 29, p. 413-418, 1999.

BLAKEMORE, R. J. A series of searchable texts on earthworm biodiversity, ecology and systematics from various regions of the world. KANEKO, N.; ITO, M. T. (Ed.). **COE Soil ecology research group**. Yokohama:Yokohama National University, 2005a. 1 CD-ROM

BLAKEMORE, R. J. Wither Octochaetidae? – A review of its family status (Annelida: Oligochaeta). In: POP, V. V.; POP, A. A. (Ed.). **Advances in earthworm taxonomy II (Anelida: Oligochaeta)**. Cluj-Napoca: Cluj University Press, 2005b. p. 63-84. Proceedings of the 2nd International Oligochaeta Taxonomy Meeting.

BORGES, S. Taxonomic key and annotated bibliography to the earthworms of Puerto Rico. In: COLÓN, J. C. F. (Ed.). **The scientific survey of Puerto Rico and the Virgin Islands: an eighty-year reassessment of the islands' natural history**. New York: New York Academy of Sciences, 1996. v. 776, p. 249-256.

BORGES, S.; MORENO, A. G. Nuevas especies y un nuevo subgénero del género *Pontoscolex* Schmarda, 1861 (Oligochaeta: Glossoscolecidae) para Puerto Rico. **Bolletino del Museo Regionale de Scienze Naturali**, Torino, v. 8, p. 143-157, 1990.

BROWN G. G. **Comment les vers de terre influencent la croissance des plantes: études en serre sur les interactions avec le système racinaire**. 1999. 399 f. Tesis (Doctorado) – Université Paris VI, Paris.

BROWN, G. G. FRAGOSO, C. Listado de las especies de lombrices de tierra de la América Central Continental (Guatemala, Belice, Honduras, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica, Panamá), las "Guyanas" (Surinam, Guyane Française, Guyana), Venezuela y Paraguay. In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. (Ed.). **Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia**. Londrina: Embrapa Soja. 2007. Capítulo 24.

ČERNOSVITOV, L. Revision of friend's types and descriptions of British Oligochaeta. **Proceedings of the Zoological Society**, Series B, v. 111, p. 237-280, 1942.

CORDERO, E. H. Notas sobre los oligoquetos del Uruguay. **Anales del Museo Nacional de Historia Natural Bernardino Rivadavia**, v. 36, p. 343-357, 1931.

CORDERO, E. H. Oligoquetos sudamericanos de la familia Glossoscolecidae, I. El género *Glossoscolex* en el Uruguay, con una sinopsis de las especies del

- grupo *truncatus*. **Comunicaciones Zoológicas del Museo de Historia Natural de Montevideo**, v. 1, n. 2, p. 1-9, 1943.
- COLES, J. W. Bibliography of the contributions to the study of the Anelida by Frank Evers Beddard with details of the material reported. **Archives of Natural History**, v. 10, n. 2, p. 273-315, 1981.
- CSUZDI, C. A catalogue of Benhamiinae species. **Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien**, v. 97, p. 99-123, 1995.
- CSUZDI, C. Revision der unterfamilie Benhamiinae Michaelson, 1897 (Oligochaeta: Acanthodrilidae). **Mitteilungen aus dem Zoologischen Museum in Berlin**, v. 72, n. 2, p. 347-367, 1996.
- CSUZDI, C. A review of the Benhamiinae collection of the Natural History Museum, London (Oligochaeta: Acanthodrilidae). **Opuscula Zoologica Budapest**, v. 32, p. 51-80, 2000.
- CSUZDI, C.; ZICSI, A. Über die verbreitung neuer und bekannter *Dichogaster* und *Eutrigaster* Arten aus mittel-und Sudamerika (Oligochaeta, Octochaetidae). **Regenwurm aus Sudamerika** 15. **Acta Zoologica Hungarica**, v. 37, n. 3-4, p. 177-192, 1991.
- CSUZDI, C.; ZICSI, A. **Earthworms of Hungary (Annelida: Oligochaeta Lumbricidae)**. Budapest: Hungarian Natural History Museum, 2003. 271 p.
- EISEN, G. Researches in American Oligochaeta, with especial reference to those of the Pacific Coast and adjacent islands. **Proceedings of the California Academy of Sciences**. Third Series, v. 2, p. 85-276, 1900.
- FEIJOO, A.; QUINTERO, H.; FRAGOSO, C.; MORENO, A. G. Patrón de distribución y listado de las especies de lombrices de tierra (Annelida: Oligochaeta) en Colombia, **Acta Zoologica Mexicana** (nueva serie), v. 20, n. 2, p. 197-220, 2004.
- FEIJOO, A. Lombrices de tierra (Annelida, Oligochaeta) del Parque Nacional Sumapáz, Colombia. In: VAN DER HAMMEN, T.; SANTOS, A. G. dos (Ed.), **Studies on Tropical Andean Ecosystems**. Berlin: J. Cramer, 2007. No prelo.
- FRAGOSO, C. Las lombrices de tierra de México (Oligochaeta; Annelida): Diversidad, ecología y manejo. **Acta Zoologica Mexicana** (nueva serie), n. 1, p. 131-171, 2001. Numero especial.
- FRAGOSO, C.; JAMES, S. W.; BORGES, S. Native earthworms of the North neotropical region: current status and controversies. In: HENDRIX, P. F. (Ed.). **Earthworm ecology and biogeography in North America**. Boca Raton: Lewis Publishers, 1995. p. 67-115.
- GATES, G. E. Check list and bibliography of North American earthworms. **American Midland Naturalist**, v. 27, p. 86-108, 1942.
- GATES, G. E. On a taxonomic puzzle and the classification of the earthworms. **Bulletin of the Museum of Comparative Zoology**, Harvard, v.121, n. 6, p. 229-261, 1959.
- GATES, G. E. Contributions to a revision of the earthworm family Ocnerodrilidae IV-V. **Revue de Zoologie et de Botanique Africaines**, v. 66, n. 3-4, p. 344-358, 1962.
- GATES, G. E. On a Glossoscolecid earthworm from Panama and its genus. **Megadrilologica**, v. 1, n. 1, p. 1-6, 1968.
- GATES, G. E. On new species in a new earthworm genus from Puerto Rico. **Breviora**, v. 356, p. 1-11, 1970.
- GATES, G. E. Burmese earthworms. An introduction to the systematics and biology of Megadrile oligochaetes with special reference to South-East Asia. **Transactions of the American Philosophical Society**, v. 62, p. 1-326, 1972.
- GATES, G. E. Contributions to a revision of the earthworm family Ocnerodrilidae. IX. What is *Ocnerodrilus occidentalis*? **Bulletin of the Tall Timbers Research Station**, v. 14, p. 13-28, 1973.
- GATES, G. E. La faune terrestre de l'île de Sainte Hélène. Quatrième partie. **Annales Musée Royal de l'Afrique Centrale**, Tervuren, n. 220, p. 469-491, 1977. Serie IN-8, Sciences Zoologiques.
- GATES, G. E. Farewell to North American megadriles. **Megadrilologica**, v. 4, n. 1-2, p. 12-77, 1982.
- GAVRILOV, K. Oligochaeta. In: HURLBERT, S. H.; RODRÍGUEZ, G.; SANTOS, N. D. (Ed.). **Aquatic biota of tropical South America, Part 2: Anarthropoda**. San Diego: San Diego State University, 1981. p. 170-190.
- GONZÁLEZ, G. Earthworms as invasive species in Latin America - the 2nd Latin American Meeting on Oligochaeta (Earthworm) Ecology and Taxonomy. **Caribbean Journal of Science**, v. 42, n. 3, 2006.
- JAMES, S. W. *Diploctrema murchiei* and *D. papillata* new earthworms (Oligochaeta: Megascolecidae) from Mexico. **Acta Zoologica Mexicana** (nueva serie), v. 38, p. 18-27, 1990.
- JAMES, S. W.; BROWN, G. G. Earthworm ecology and diversity in Brazil. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. (Ed.). **Soil biodiversity in Amazonian and other Brazilian ecosystems**. Wallingford: CABI, 2006. p. 56-116.
- JAMIESON, B. G. M. A taxonomic revision of the oligochaete genus *Eukerria* Michaelson, 1935

- (Ocnerodrilinae, Megascolecidae). **Bulletin of the British Museum (Natural History), Zoology**, v. 20, n. 5, p. 133-172, 1970.
- JAMIESON, B. G. M. A review of the Megascolecid earthworm genera (Oligochaeta) of Australia. Part II – The subfamilies Ocnerodrilinae and Acanthodrilinae. **Proceedings of the Royal Society of Queensland**, v. 82, n. 8, p. 95-108, 1971.
- JAMIESON, B. G. M.; TILLIER, S.; TILLIER, A.; JUSTIN, J. L.; LING, E.; JAMES, S.; MCDONALD, K.; HUGALL, A. F. Phylogeny of the Megascolecidae and Crassiclitellata (Annelida, Oligochaeta): combined versus partitioned analysis using nuclear (28S) and mitochondrial (12S, 16S) rDNA. **Zoosystema**, v. 24, n. 4, p. 707-734, 2002.
- JIMÉNEZ, J. **Estructura de las comunidades y dinámica de las poblaciones de lombrices en las sabanas naturales y perturbadas de Carimagua (Colombia)**. 1999. 311 f. Tesis (Doctorado) - Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
- LAPIED, E.; LAVELLE, P. The peregrine earthworm *Pontoscolex corethrurus* in the east coast of Costa Rica. **Pedobiologia**, v. 47, p. 471-474, 2003.
- LAVELLE, P.; LAPIED, E. Endangered earthworms of Amazonia: an homage to Gilberto Righi. **Pedobiologia**, v. 47, p. 419-427, 2003.
- LAVELLE, P.; BAROIS, I.; BLANCHART, E.; BROWN, G. G.; BRUSSAARD, L.; DECAËNS, T.; FRAGOSO, C.; JIMÉNEZ, J. J.; KAKAJONDO, K.; MARTÍNEZ, M. A.; MORENO, A. G.; PASHANASI, B.; SENAPATI, B. K.; VILLENAVE, C. Earthworms as a resource in tropical agroecosystems. **Nature and Resources**, v. 34, p. 26-41, 1998.
- LENKO, K. Minhocas e sanguessugas (Annelida: Oligochaeta & Hirudinea) em ninhos de *Camponotus rufipes* (Insecta, Hymenoptera: Formicidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 16, p. 7-12, 1972.
- LEUCKART, F. S. Abbildung einer neuer gattung ringelwurm. **Notizen Frieriep**, v. 46, p. 88, 1835.
- LEUCKART, F. S. Abbildung neuer gattung ringelwurm. **Isis, Oken**, p.764, 1836.
- LJUNGSTRÖM, P.-O. Uma nova espécie de Glossoscolecidae do gênero *Alexidrilus* (Oligochaeta) para o RS-Brasil. **Ciência e Cultura**, v. 24, p. 357, 1972.
- MARCUZZI, G. Problemi inerenti al popolamento animale della selva pluviale in Venezuela. **Archivo Zoologici Italiani**, (Napoli) v. 35, p. 297-324, 1950.
- MICHAELSEN, W. Organisation einiger neuer oder wenig bekannter regenwürmer von Westindien und Südamerika. **Zoologische Jahrbücher Abteilung für Anatomie**, v. 10, p. 359-388, 1897.
- MICHAELSEN, W. **Das Tierreich, Oligochaeta**. Berlin: Friedländer & Sohn, 1900. v. 10.
- MICHAELSEN, W. Die Lumbriciden, mit besonderer Berücksichtigung der bisher als familie Glossoscolecidae zusammenge fabter Unterfamilien. **Zoologische Jahrbücher Abteilung für Systematik, Geographie und Biologie der Tiere**, v. 41, 1-398, 1918.
- MISCHIS, C. C. Las lombrices de tierra (Annelida, Oligochaeta) de la República Argentina. **Natura Neotropicalis**, v. 31, n. 1-2, p. 17-27, 2000.
- MISCHIS, C. C. Antecedentes sobre el conocimiento de las lombrices de tierra de la Republica Argentina. In: WORKSHOP O USO DA MACROFAUNA EDÁFICA NA AGRICULTURA DO SÉCULO XXI: A IMPORTÂNCIA DOS ENGENHEIROS DO SOLO, 2003, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja: Instituto de Ecologia, A.C., 2003. p. 20-28. (Embrapa Soja. Documentos, 224). Organizado por George Gardner Brown, Carlos Fragoso, Lenita Jacob Oliveira.
- MORENO, A. G.; PAOLETTI, M. G. *Andiorrhinus* (*Andiorrhinus*) *kuru* sp. nov. (Oligochaeta: Glossoscolecidae), a giant earthworm as food resource for Makiritare Indians of the Alto Rio Padamo, Amazonas, Venezuela. **Canadian Journal of Zoology**, v. 82, n. 6, p. 1000-1004, 2004.
- MORENO, A.G.; TEISAIRE, E.S.; ROLDÁN, I.A. Genus *Enantiodrilus* Cognetti, 1902 (Annelida, Oligochaeta: Glossoscolecidae). In: POP, V.; POP, A. (Ed.). **Advances in earthworm taxonomy II (Annelida Oligochaeta)**. Cluj-Napoca: Cluj University Press, p. 41-52, 2005.
- MUÑOZ-PEDREROS, A.; POBLETE, C.; RUIZ, E.; GIL, C. Ecología poblacional de lumbrícidos silvestres (Lumbricidae Oligochaeta) en dos tipos de sustratos en el sur de Chile. **Gestión Ambiental**, v. 7, p. 27-37, 2001.
- PAOLETTI, M. G.; BUSCARDO, E.; VANDERJAGT, D. J.; PASTUSZYN, A.; PIZZOFRERATO, L.; HUANG, Y.-S.; CHUANG, L.-T.; MILLSON, M.; CERDA, H.; TORRES, F.; GLEW, R. H. Nutrient content of earthworms consumed by Ye'Kuana Amerindians of the Alto Orinoco of Venezuela. **Proceedings of the Royal Society**, Serie B, London, p. 1-9, 2003.
- REYNOLDS, J. W. The earthworm family Sparganophilidae (Annelida, Oligochaeta) in North America. **Megadrilologica**. v. 3, n. 12, p. 189-204, 1980.
- REYNOLDS, J. W.; REYNOLDS, D. W. Nuevos datos de lombrices de tierra (Oligochaeta) de la República Dominicana. **Megadrilologica**, v. 8, n. 5, p. 17-19, 2004.

- REYNOLDS, J. W.; REYNOLDS, D. W. Primeros registros de lombrices de tierra (Oligochaeta) para la Provincia de Espaillat, República Dominicana. **Megadrilogica**, v. 11, n. 2, p. 19-20, 2007.
- RIGHI, G. Sobre a família Glossoscolecidae (Oligochaeta) no Brasil. **Arquivos de Zoologia**, São Paulo, v. 20, p. 1-96, 1971.
- RIGHI, G. Notas sobre as Oligochaeta Glossoscolecidae do Brasil. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 34, p. 551-564, 1974.
- RIGHI, G. Alguns Oligochaeta megadriles da Argentina. **Fave**, v. 1, n. 3, p. 167-178, 1978.
- RIGHI, G. On a collection of Neotropical Megadrili Oligochaeta. I. Ocnodrilidae, Acanthodrilidae, Octochaetidae, Megascolecidae. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 19, n. 1, p. 9-31, 1984a.
- RIGHI, G. On a collection of Neotropical Megadrili Oligochaeta. II. Glossoscolecidae, Lumbricidae. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 19, n. 2, p. 99-120, 1984b.
- RIGHI, G. *Pontoscolex* (Oligochaeta, Glossoscolecidae), a new evaluation. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 19, p. 159-177, 1984c.
- RIGHI, G. Oligochaeta Megadrili da região Centro-Oeste de Mato Grosso, Brasil. **Boletim de Zoologia**, v. 8, p. 189-213, 1984d.
- RIGHI, G. Sobre *Rhinodrilus* e *Urobenus* (Oligochaeta, Glossoscolecidae). **Boletim de Zoologia**, v. 9, p. 231-257, 1985.
- RIGHI, G. Sobre o gênero *Andiorrhinus* (Oligochaeta, Glossoscolecidae). **Boletim de Zoologia**, v. 10, p. 123-151, 1986.
- RIGHI, G. Venezuelan earthworms and consideration on the genus *Andiorrhinus* Cognetti 1908 (Oligochaeta Glossoscolecidae). **Tropical Zoology**, n. 1, p. 125-139, 1993a.
- RIGHI, G. Some megadrili oligochaeta of the Caribbean region. **Revue Suisse de Zoologie**, v. 100, p. 137-142, 1993b.
- RIGHI, G. On new and old-known Oligochaeta genera from Paraiba State, Brazil. **Revue Suisse de Zoologie**, v. 101, 89-106, 1994.
- RIGHI, G. Colombian earthworms. In: VAN DER HAMMEN, T.; SANTOS, A. G. (Ed.). **Studies on tropical Andean ecosystems**. Berlin: Cramer, 1995a. v. 4, p. 485-607.
- RIGHI, G. Some megadrili Oligochaeta from the Caribbean. **Studies on the Natural History of the Caribbean Region**, v. 72, p. 47-53, 1995b.
- RIGHI, G. A new earthworm (Ocnodrilidae, Oligochaeta) from a Brazilian cave and considerations about *Belladrilus*. **Revue Suisse de Zoologie**, v. 102, p. 361-365, 1995c.
- RIGHI, G. Oligochaeta. In: BRANDÃO, C. R.; CANCELLO, E. M. (Ed.). **Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil: síntese do conhecimento ao final do século XX. 5. Invertebrados terrestres**. São Paulo: FAPESP, 1999. p. 13-21.
- RIGHI, G.; LOBO, D. A. Nova contribuição ao gênero *Glossoscolex* com sinopse do grupo *giganteus* (Oligochaeta, Glossoscolecidae). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 39, p. 947-959, 1979.
- RIGHI, G.; MERINO, J. F. Alguns Oligochaeta de Costa Rica. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 47, n. 4, p. 535-548, 1987.
- RIGHI, G.; MOLINO, S. Terricolous Oligochaeta (Glossoscolecidae) of the Venezuelan Llanos. **Revue Suisse de Zoologie**, v. 101, n. 2, p. 299-313, 1994.
- RIGHI, G.; AYRES, I.; BITTENCOURT, E. C. R. Oligochaeta (Annelida) do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. **Acta Amazonica**, v. 8, p. 1-49, 1978. Suplemento 1
- SIEFELD, W. **Clase Oligochaeta: guías de identificación y biodiversidad de la fauna chilena**. Iquique: Universidad Arturo Prat, 2002. 11 p. Apuntes de Zoología.
- STACEY, D. F.; COATES, K. A. Oligochaetes (Naididae, Tubificidae, Opisthocystidae, Enchytraeidae, Sparganophilidae and Alluroideidae) of Guyana. In: COATES, K. A.; REYNOLDS, T. B.; REYNOLDS, T. B. (Ed.). **Aquatic Oligochaete biology VI. Hydrobiologia**, v. 334, p. 17-29, 1996.
- SIMS, R.W. New species and records of earthworms from Jamaica with notes on the genus *Eutrigaster* Cognetti, 1904 (Octochaetidae: Oligochaeta). **Journal of Natural History**, v. 21, p. 429-441, 1987.
- ZICSI, A. Verzeichnis der bis 1971 beschriebenen und revidierten Taxa der Familie Lumbricidae. **Acta Zoologica, Academy of Sciences**, Budapest, v. 28, p. 421-454, 1982.
- ZICSI, A. Revision der gattung *Yagansia* Michaelsen, 1899 (Oligochaeta, Acanthodrilidae). Regenwürmer aus Südamerika 11. **Acta Zoologica Hungarica**, v. 35, p. 3-4, p. 413-430, 1989.
- ZICSI, A. Über weitere neue und bekannte arten der gattung *Periscolex* (Oligochaeta: Glossoscolecidae). Regenwürmer aus Südamerika, 16. **Revue Suisse de Zoologie**, v. 99: 211-217, 1992.
- ZICSI, A. Revision der Gattung *Andiodrilus* Michaelsen, 1900 (Oligochaeta: Glossoscolecidae). Regenwürmer aus Südamerika 17. **Acta Zoologica Hungarica**, v. 39: p. 311-342, 1993a.

- ZICSI, A. Revision der Gattung *Chilota* Michaelsen sowie weitere neue Angaben zur Regenwurmfauna Chiles (Oligochaeta: Acanthodrilidae, Ocnodrilidae) Regenwürmer aus Südamerika 20. **Mitteilungen aus dem Hamburgischen Zoologischen Museum und Institut**, v. 90, p. 151-173, 1993b.
- ZICSI, A. Revision der Gattung *Glossodrilus* Cognetti, 1905 auf Grund der Arten aus dem Andengebiet (Oligochaeta: Glossoscolecidae). Regenwürmer aus Südamerika, 25. **Opuscula Zoologica Budapest**, v. 27/28, p. 79-116, 1995a.
- ZICSI, A. Ein weiterer Beitrag zur Regenwurmfau-
na der Karibischen Region (Oligochaeta) Regenwürmer aus Südamerika 24. **Mitteilungen aus dem Hamburgischen Zoologischen Museum und Institut**, v. 92, p. 53-64, 1995b.
- ZICSI, A. Revision der gattung *Aptodrilus* Cognetti, 1904. Regenwürmer aus Südamerika 27. **Opuscula Zoologica Budapest**, v. 29/90, p. 155-170, 1997.
- ZICSI, A. Revision der Untergattung *Martiodrilus* (*Maipure* Righi, 1995) (Oligochaeta: Glossoscolecidae). Regenwürmer aus Südamerika 33. **Opuscula Zoologica Budapest**, v. 33, p. 113-131, 2001.
- ZICSI, A. Die regenwurmfauna Chiles mit bestimmungsschlüsseln der *Chilota*-, *Yagansia*- und *Eodrilus*- arten (Oligochaeta: Acanthodrilidae). Regenwürmer aus Südamerika 40. **Berichte des Naturwissenschaftlich-Medizinischen Vereins in Innsbruck**, v. 91, p. 111-128, 2004.
- ZICSI, A.; CSUZDI, C. S. Neue und Bekannte Glossoscoleciden-Arten aus Südamerika 2. (Oligochaeta: Glossoscolecidae). **Acta Zoologica Hungarica**, v. 33: p. 269-275, 1987.
- ZICSI, A.; CSUZDI, C. S. Über einige *Thamnodrilus*-Arten und andere Regenwürmer aus Ekuador (Oligochaeta: Glossoscolecidae, Lumbricidae, Megascolecidae). Regenwürmer aus Südamerika 3. **Opuscula Zoologica Budapest**, v. 23, p. 209-218, 1988.
- ZICSI, A.; CSUZDI, C. S. An annotated checklist of the earthworms of Chile (Oligochaeta). In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. (Ed.). **Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. Capítulo 13.
- ZICSI, A.; CSUZDI, C. S.; FEIJOO, A. Neue und bekannte Riesenregenwürmer aus Kolumbien, Ekuador und Peru (Oligochaeta: Glossoscolecidae) Regenwürmer aus Südamerika 35. **Revue Suisse de Zoologie**, v. 109, n. 4, p. 785-796, 2002.

Anexo 1.1. Listado de las especies de lombrices de tierra nativas y exóticas de América Latina¹.

Familia Género y especie	Países de AL ²	Origen
Glossoscolecidae ³		
Alexidrilus Righi, 1971	BRA	
<i>Alexidrilus lourdesae</i> Righi, 1971	BRA	Nativa
<i>Alexidrilus</i> sp.nov.1 ⁴	BRA	Nativa
Andiodrilus Michaelsen, 1900⁵	COL, COR, VEN, BRA, ECU	
<i>Andiodrilus affinis</i> Michaelsen, 1900	COL	Nativa
<i>Andiodrilus argous</i> Righi, 1984	COL	Nativa
<i>Andiodrilus barbakoia</i> Righi, 1995	COL	Nativa
<i>Andiodrilus biolleyi</i> Cognetti, 1904 ⁶	COR	Nativa
<i>Andiodrilus bogotaensis</i> Michaelsen, 1900	COL	Nativa
<i>Andiodrilus boruka</i> Righi, 1995	COL	Nativa
<i>Andiodrilus cabalensis</i> Righi, 1995	COL	Nativa
<i>Andiodrilus graffi</i> Zicsi, 1993	COL	Nativa
<i>Andiodrilus icomi</i> Righi, 1971	BRA	Nativa
<i>Andiodrilus katio</i> Righi, 1995	COL	Nativa
<i>Andiodrilus kiri</i> Righi, 1995	COL	Nativa
<i>Andiodrilus lacteus</i> Zicsi, 1989	ECU	Nativa
<i>Andiodrilus major</i> Michaelsen, 1900	COL	Nativa
<i>Andiodrilus michaelseni</i> Zicsi, 1993	COL	Nativa
<i>Andiodrilus mokoia</i> Righi, 1995	COL	Nativa
<i>Andiodrilus orosiensis</i> Michaelsen, 1912	COR	Nativa
<i>Andiodrilus pachoenis</i> Michaelsen, 1900 ⁷	COL	Nativa
<i>Andiodrilus patoko</i> Righi, 1995	COL	Nativa
<i>Andiodrilus pixao</i> Righi, 1995	COL	Nativa
<i>Andiodrilus reventadorensis</i> Zicsi, 1989	ECU	Nativa
<i>Andiodrilus ruizanus</i> Michaelsen, 1913	COL	Nativa
<i>Andiodrilus sambu</i> Righi, 1995	COL	Nativa
<i>Andiodrilus schuetti</i> (Michaelsen, 1895)	COL	Nativa
<i>Andiodrilus sturmi</i> Zicsi, 1988	COL	Nativa
<i>Andiodrilus szekelyi</i> Zicsi, 1989	ECU	Nativa
<i>Andiodrilus talamank</i> Righi, 1995	COL	Nativa
<i>Andiodrilus terraba</i> Righi, 1995	COL	Nativa
<i>Andiodrilus vaucheri</i> Zicsi, 1988	COL	Nativa
<i>Andiodrilus venezuelanus</i> Righi, 198	VEN	Nativa
<i>Andiodrilus xaropi</i> Righi, 1995	COL	Nativa
<i>Andiodrilus</i> sp.nov.1 ⁸	COL	Nativa
<i>Andiodrilus</i> sp.nov.2 ⁸	COL	Nativa
<i>Andiodrilus</i> sp.nov.3 ⁸	COL	Nativa
<i>Andiodrilus</i> sp.nov.4 ⁸	COL	Nativa
<i>Andiodrilus</i> sp.nov.5 ⁸	COL	Nativa
<i>Andiodrilus</i> sp.nov.6 ⁸	COL	Nativa
<i>Andiodrilus</i> sp.nov.7 ⁸	COL	Nativa
<i>Andiodrilus</i> sp.1 ⁹	COL	Nativa
<i>Andiodrilus</i> sp.nov.1	BRA	Nativa
Andiorrhinus Cognetti, 1908¹⁰	BOL, BRA, VEN, COL, PAR, GUY	
<i>Andiorrhinus (Amazonidrilus) aberratus</i> Zicsi & Csuzdi, 1999	BOL	Nativa

Continuación...

Anexo 1.1. Continuación...

Familia Género y especie	Países de AL ²	Origen
<i>Andiorrhinus (Amazonidrilus) amazonius</i> Michaelsen, 1918	BRA, VEN	Nativa
<i>Andiorrhinus (Amazonidrilus) bolivianus</i> Zicsi, 1995	BOL	Nativa
<i>Andiorrhinus (Amazonidrilus) bucki</i> Righi, 1986	BRA	Nativa
<i>Andiorrhinus (Amazonidrilus) duidanus</i> Michaelsen, 1936	VEN	Nativa
<i>Andiorrhinus (Amazonidrilus) evelinae</i> Righi, 1986	BRA	Nativa
<i>Andiorrhinus (Amazonidrilus) gavi</i> Righi & Araujo, 2000	VEN	Nativa
<i>Andiorrhinus (Amazonidrilus) holmgreni</i> Michaelsen, 1918	BOL, BRA	Nativa
<i>Andiorrhinus (Amazonidrilus) mandauaka</i> Righi & Németh, 1982	VEN	Nativa
<i>Andiorrhinus (Amazonidrilus) motto</i> Righi & Araujo, 1999 ¹¹	VEN	Nativa
<i>Andiorrhinus (Amazonidrilus) paraguayensis</i> (Rosa, 1895)	BRA, PAR	Nativa
<i>Andiorrhinus (Amazonidrilus) pauate</i> Righi, 1986	BRA	Nativa
<i>Andiorrhinus (Amazonidrilus) planaria</i> Michaelsen, 1934	BRA	Nativa
<i>Andiorrhinus (Amazonidrilus) rondoniensis</i> Righi, 1986	BRA	Nativa
<i>Andiorrhinus (Amazonidrilus) tarumanis</i> Righi et al., 1976	BRA, VEN	Nativa
<i>Andiorrhinus (Amazonidrilus) torquemadai</i> (Righi, 1984)	BRA	Nativa
<i>Andiorrhinus (Amazonidrilus) tukuko</i> Righi, 1995	COL	Nativa
<i>Andiorrhinus (Amazonidrilus) sp.nov.4</i>	BRA	Nativa
<i>Andiorrhinus (Andiorrhinus) kuru</i> Moreno & Paoletti, 2004 ¹¹	VEN	Nativa
<i>Andiorrhinus (Andiorrhinus) montanus</i> Zicsi, 1995	BOL	Nativa
<i>Andiorrhinus (Andiorrhinus) muku</i> Righi, 1989	VEN	Nativa
<i>Andiorrhinus (Andiorrhinus) pictus</i> Michaelsen, 1926	BRA	Nativa
<i>Andiorrhinus (Andiorrhinus) proboscideus</i> Černosvitov, 1939	BRA	Nativa
<i>Andiorrhinus (Andiorrhinus) rubescens</i> Michaelsen, 1926	BRA	Nativa
<i>Andiorrhinus (Andiorrhinus) salvadorii</i> Cognetti, 1908	VEN	Nativa
<i>Andiorrhinus (Andiorrhinus) venezuelanus</i> (Cognetti, 1908)	VEN	Nativa
<i>Andiorrhinus (Meridrilus) boconius</i> Righi, 1989	VEN	Nativa
<i>Andiorrhinus (Meridrilus) guamo</i> Righi, 1989	VEN	Nativa
<i>Andiorrhinus (Meridrilus) kuika</i> Righi, 1993	VEN	Nativa
<i>Andiorrhinus (Meridrilus) mukuci</i> Righi, 1993	VEN	Nativa
<i>Andiorrhinus (Meridrilus) rimeda</i> Righi & Araujo, 2000	VEN	Nativa
<i>Andiorrhinus (Turedrilus) amaparis</i> Righi, 1971	BRA	Nativa
<i>Andiorrhinus (Turedrilus) baniwa</i> Righi & Németh, 1982	VEN	Nativa
<i>Andiorrhinus (Turedrilus) bare</i> Righi & Németh, 1982	VEN	Nativa
<i>Andiorrhinus (Turedrilus) brunneus</i> (Michaelsen, 1892)	VEN	Nativa
<i>Andiorrhinus (Turedrilus) caudatus</i> Righi et al., 1976	BRA	Nativa
<i>Andiorrhinus (Turedrilus) marcuzzii</i> Omodeo, 1955	VEN	Nativa
<i>Andiorrhinus (Turedrilus) samuelensis</i> Righi, 1986	BRA	Nativa
<i>Andiorrhinus (Turedrilus) royeri</i> Drachenberg, 1991	VEN	Nativa
<i>Andiorrhinus (Turedrilus) sp.nov.1</i>	COL	Nativa
<i>Andiorrhinus sp.nov.1</i>	GUY	Nativa
<i>Andiorrhinus sp.nov.1</i>	BRA	Nativa
<i>Andiorrhinus sp.nov.2</i>	BRA	Nativa
<i>Andiorrhinus sp.nov.3</i>	BRA	Nativa
<i>Andiorrhinus sp.1</i>	COL	Nativa
<i>Andiorrhinus sp.2</i>	COL	Nativa

Continuación...

Anexo 1.1. Continuación...

Familia Género y especie	Países de AL ²	Origen
Anteoides Cognetti, 1902¹²	ARG, BOL, PAR, BRA, PAN, VEN	
<i>Anteoides desartsii</i> Cognetti, 1907	PAR	Nativa
<i>Anteoides kino</i> Righi & Molina, 1994	VEN	Nativa
<i>Anteoides pigy</i> Righi, 1982	BRA	Nativa
<i>Anteoides rosae</i> Cognetti, 1902	ARG, BOL, PAR	Nativa
<i>Anteoides</i> sp.nov.1	PAN	Nativa
Aptodrilus Cognetti, 1904¹³	COL, ECU	
<i>Aptodrilus baloghi</i> Zicsi & Csuzdi, 1988	ECU	Nativa
<i>Aptodrilus botari</i> Zicsi & Csuzdi, 1988	ECU	Nativa
<i>Aptodrilus chilesensis</i> Zicsi, 1997	ECU	Nativa
<i>Aptodrilus excelsus</i> Cognetti, 1904	ECU	Nativa
<i>Aptodrilus fuhrmanni</i> Michaelsen, 1918	COL, ECU	Nativa
<i>Aptodrilus griseus</i> Zicsi, 1997	ECU	Nativa
<i>Aptodrilus lacteus</i> Zicsi, 1997	ECU	Nativa
<i>Aptodrilus loksai</i> Zicsi, 1997	ECU	Nativa
<i>Aptodrilus ruvidus</i> Cognetti, 1904	ECU	Nativa
<i>Aptodrilus tandajapaensis</i> Zicsi, 1997	ECU	Nativa
<i>Aptodrilus uncinatus</i> Michaelsen, 1910	COL, ECU	Nativa
Atatina Righi, 1971	BRA	
<i>Atatina gatesi</i> Righi et al., 1978	BRA	Nativa
<i>Atatina puba</i> Righi, 1971	BRA	Nativa
Aymara Michaelsen, 1935	PER, COL	
<i>Aymara voogdi</i> Michaelsen, 1935	PER	Nativa
<i>Aymara</i> sp.nov.1 ⁹	COL	Nativa
Botarodrilus Zicsi, 1990	ECU	
<i>Botarodrilus andinus</i> Zicsi, 1990	ECU	Nativa
Bribri Righi, 1984	COL	
<i>Bribri pipi</i> Righi, 1984	COL	Nativa
<i>Bribri yari</i> Righi, 1995	COL	Nativa
Chibui Righi & Guerra, 1985	BRA	
<i>Chibui bari</i> Righi & Guerra, 1985	BRA	Nativa
Cirodrilus Righi, 1975¹⁴	BRA, VEN	
<i>Cirodrilus aidaae</i> Righi, 1994	BRA	Nativa
<i>Cirodrilus angeloi</i> Righi, 1975	BRA	Nativa
<i>Cirodrilus righii</i> Zicsi et al., 2001	BRA	Nativa
<i>Cirodrilus venezuelanus</i> Righi & Molina, 1994	VEN	Nativa
Diachaeta Benham, 1886¹⁵	BRA, BAR, COL, BEL, PAN, STT, ISV, JAM, ARU, CUR, SAB, BON, ARG, PAR, TRI, VEN, CUB, PER, GRC, DOM, BOL	
<i>Diachaeta (Amazo) aceoca</i> Righi, 1982	BRA	Nativa
<i>Diachaeta (Amazo) arawak</i> Righi, 1986	BRA	Nativa
<i>Diachaeta (Amazo) atroaris</i> (Righi et al., 1978)	BRA	Nativa
<i>Diachaeta (Amazo) exul</i> Stephenson, 1931	ARG, PAR	Nativa
<i>Diachaeta (Amazo) juli</i> Righi et al., 1978	BRA	Nativa
<i>Diachaeta (Amazo) kannerae</i> Righi, 1984	BRA	Nativa
<i>Diachaeta (Amazo) mingua</i> Righi & Németh, 1982	VEN	Nativa

Continuación...

Anexo 1.1. Continuación...

Familia Género y especie	Países de AL ²	Origen
<i>Diachaeta (Amazo) nia</i> (Righi et al., 1976)	BRA	Nativa
<i>Diachaeta (Amazo) uaimiri</i> Righi & Németh, 1982	VEN	Nativa
<i>Diachaeta (Amazo) xecatu</i> (Righi et al., 1978)	BRA	Nativa
<i>Diachaeta (Diachaeta) adisi</i> Righi, 1989	BRA	Nativa
<i>Diachaeta (Diachaeta) adnae</i> Righi, 1986	BRA	Nativa
<i>Diachaeta (Diachaeta) barbadensis</i> (Beddard, 1892)	BAR	Nativa
<i>Diachaeta (Diachaeta) bonairensis</i> Righi, 1993 ¹⁶	BON	Nativa
<i>Diachaeta (Diachaeta) hesperidum</i> (Beddard, 1893) ¹⁶	TRI	Nativa
<i>Diachaeta (Diachaeta) mura</i> Righi, 1989	BRA	Nativa
<i>Diachaeta (Diachaeta) thomasi</i> Benham, 1886	COL, BEL, PAN, STT, ISV, JAM, ARU, CUR, SAB, BON, DOM, GRC, DOM	Nativa
<i>Diachaeta (Diachaeta) xepe</i> Righi, 1992	PER	Nativa
<i>Diachaeta? carsevenica</i> Černosvitov, 1934 ¹⁷	BRA	Nativa
<i>Diachaeta</i> sp.nov.	CUB	Nativa
<i>Diachaeta</i> sp. ¹⁸	BOL	Nativa
Enantiodrillus Cognetti, 1902 ¹⁹	ARG, BOL, BRA, SUR, VEN	
<i>Enantiodrillus borellii</i> Cognetti, 1902	BRA, ARG, BOL, VEN	Nativa
<i>Enantiodrillus cognettii</i> Michaelsen, 1933	SUR	Nativa
Estherella Gates, 1970 ²⁰	PRI	
<i>Estherella aguayoi</i> Borges & Moreno, 1989	PRI	Nativa
<i>Estherella caudoferruginea</i> Borges & Moreno, 1989	PRI	Nativa
<i>Estherella gatesi</i> Borges & Moreno, 1989	PRI	Nativa
<i>Estherella montana</i> Gates, 1970	PRI	Nativa
<i>Estherella nemoralis</i> Gates, 1970	PRI	Nativa
<i>Estherella stuarti</i> Borges & Moreno, 1989	PRI	Nativa
<i>Estherella toronegrensis</i> Borges & Moreno, 1989	PRI	Nativa
Eudevosclex Cordero, 1944	VEN	
<i>Eudevosclex vogelsangi</i> Cordero, 1944	VEN	Nativa
Fimoscolex Michaelsen, 1900	BRA, PAR	
<i>Fimoscolex angai</i> Righi, 1971	BRA	Nativa
<i>Fimoscolex angai minor</i> Zicsi & Csuzdi, 1987	PAR	Nativa
<i>Fimoscolex inurus</i> Cognetti, 1913	BRA	Nativa
<i>Fimoscolex ohausi</i> Michaelsen, 1900	BRA	Nativa
<i>Fimoscolex sacii</i> (Righi, 1971)	BRA	Nativa
<i>Fimoscolex sporadochaetus</i> Michaelsen, 1918	BRA	Nativa
<i>Fimoscolex tairim</i> Righi, 1974	BRA	Nativa
<i>Fimoscolex thayeri</i> (Černosvitov, 1934)	BRA	Nativa
<i>Fimoscolex</i> sp.nov.1	BRA	Nativa
<i>Fimoscolex</i> sp.nov.2	BRA	Nativa
<i>Fimoscolex</i> sp.nov.3	BRA	Nativa
Glossodrilus Cognetti, 1905 ²¹	ECU, BRA, COL, COR, VEN, PAN, PER, ARG	
<i>Glossodrilus artisanae</i> Zicsi, 1989	ECU	Nativa
<i>Glossodrilus antunesi</i> (Righi, 1971) ²²	BRA	Nativa
<i>Glossodrilus baloghi</i> Zicsi, 1988	ECU	Nativa
<i>Glossodrilus benavidesi</i> Zicsi, 1989	ECU	Nativa
<i>Glossodrilus bresslaui</i> (Michaelsen, 1918)	BRA	Nativa

Continuación...

Anexo 1.1. Continuación...

Familia Género y especie	Países de AL ²	Origen
<i>Glossodrilus chami</i> Righi, 1995	COL	Nativa
<i>Glossodrilus chimborazo</i> Zicsi, 1989	ECU	Nativa
<i>Glossodrilus cibca</i> Righi & Merino 1987	COR	Nativa
<i>Glossodrilus cornutus</i> Righi & Molina, 1994	VEN	Nativa
<i>Glossodrilus crassicauda</i> Cognetti, 1905	PAN	Nativa
<i>Glossodrilus crucifer</i> Righi & Römbke, 1987	PER, ECU	Nativa
<i>Glossodrilus dorasque</i> Righi & Merino 1987	COR	Nativa
<i>Glossodrilus dudichi</i> Zicsi, 1995	ECU	Nativa
<i>Glossodrilus excelsus</i> (Cognetti, 1904)	ECU	Nativa
<i>Glossodrilus fragilis</i> Zicsi, 1989	ECU	Nativa
<i>Glossodrilus geayi</i> (Černosvitov, 1935)	BRA	Nativa
<i>Glossodrilus griseus</i> Zicsi & Feijoo, 1994	COL	Nativa
<i>Glossodrilus hondaensis</i> (Michaelsen, 1900)	COL	Nativa
<i>Glossodrilus kalmari</i> Zicsi, 1995	ECU	Nativa
<i>Glossodrilus kaszabi</i> Zicsi, 1988	ECU	Nativa
<i>Glossodrilus kuna</i> Righi, 1995	COL	Nativa
<i>Glossodrilus lacteus</i> Zicsi & Feijoo, 1994	COL	Nativa
<i>Glossodrilus landeszi</i> Zicsi, 1988	ECU	Nativa
<i>Glossodrilus lojanus</i> (Michaelsen, 1918)	ECU	Nativa
<i>Glossodrilus loksai</i> Zicsi, 1989	ECU	Nativa
<i>Glossodrilus lopezae</i> Zicsi, 1995	ECU	Nativa
<i>Glossodrilus mahnerti</i> Zicsi, 1989	ECU	Nativa
<i>Glossodrilus marabora</i> Righi, 1984	VEN	Nativa
<i>Glossodrilus meridionalis</i> (Cognetti, 1904)	ECU	Nativa
<i>Glossodrilus motu</i> Righi, 199	BRA	Nativa
<i>Glossodrilus nemoralis</i> (Cognetti, 1905)	ECU, COR, PAN	Nativa
<i>Glossodrilus orosi</i> Righi & Merino, 1987	COR	Nativa
<i>Glossodrilus paez</i> Righi, 1995	COL	Nativa
<i>Glossodrilus palenke</i> Righi, 1995	COL	Nativa
<i>Glossodrilus pan</i> Righi, 1984	COL	Nativa
<i>Glossodrilus panikita</i> Righi, 1995	COL	Nativa
<i>Glossodrilus papillatus</i> Zicsi, 1989	ECU	Nativa
<i>Glossodrilus paralojanus</i> Zicsi, 1995	ECU	Nativa
<i>Glossodrilus paraloksai</i> Zicsi, 1995	ECU	Nativa
<i>Glossodrilus parecis</i> Righi & Ayres, 1975	BRA, ARG	Nativa
<i>Glossodrilus parvus</i> Cognetti, 1905	PAN	Nativa
<i>Glossodrilus peregrinoides</i> Zicsi, 1995	ECU	Nativa
<i>Glossodrilus peregrinus</i> (Michaelsen, 1897) ²³	BOL	Nativa
<i>Glossodrilus perrieri</i> (Cognetti, 1904)	ECU	Nativa
<i>Glossodrilus pixao</i> Righi & García, 1989	COL	Nativa
<i>Glossodrilus saija</i> Righi, 1995	COL	Nativa
<i>Glossodrilus schuetti</i> (Michaelsen, 1918)	COL	Nativa
<i>Glossodrilus seidlai</i> Zicsi, 1989	ECU	Nativa
<i>Glossodrilus smithi</i> (Cognetti, 1905)	PAN	Nativa
<i>Glossodrilus terranae</i> Zicsi, 1989	ECU	Nativa
<i>Glossodrilus totaritoensis</i> Righi, 1995	COL	Nativa
<i>Glossodrilus tuberculatus</i> Zicsi, 1989	ECU	Nativa
<i>Glossodrilus tulcanus</i> Zicsi, 1995	ECU	Nativa

Continuación...

Anexo 1.1. Continuación...

Familia Género y especie	Países de AL ²	Origen
<i>Glossodrilus unguis</i> Righi, 1995	COL	Nativa
<i>Glossodrilus yuko</i> Righi, 1995	COL	Nativa
<i>Glossodrilus</i> sp.nov.1	BRA	Nativa
<i>Glossodrilus</i> sp.nov.1 ⁸	COL	Nativa
<i>Glossodrilus</i> sp.1 ⁹	COL	Nativa
<i>Glossodrilus</i> sp.1 ²⁴	PAR	Nativa
<i>Glossoscolex</i> Leuckart, 1835²⁵	BRA, ARG, PAR, URU	
<i>Glossoscolex (Assudrilus) jimi</i> Righi, 1972	BRA	Nativa
<i>Glossoscolex (Glossoscolex) amomee</i> Righi, 1971	BRA	Nativa
<i>Glossoscolex (Glossoscolex) bergi</i> (Rosa, 1900)	BRA, ARG, PAR	Nativa
<i>Glossoscolex (Glossoscolex) bonariensis</i> Cordero, 1942	ARG, URU	Nativa
<i>Glossoscolex (Glossoscolex) bondari</i> Michaelsen, 1926	BRA	Nativa
<i>Glossoscolex (Glossoscolex) catharinensis</i> Michaelsen, 1918	BRA	Nativa
<i>Glossoscolex (Glossoscolex) colonorum</i> Michaelsen, 1918	BRA, URU	Nativa
<i>Glossoscolex (Glossoscolex) corrientus</i> Righi, 1984	ARG	Nativa
<i>Glossoscolex (Glossoscolex) fachinii</i> Righi, 1971	BRA	Nativa
<i>Glossoscolex (Glossoscolex) fasold</i> Michaelsen, 1918	BRA	Nativa
<i>Glossoscolex (Glossoscolex) forguesi</i> (Perrier, 1881)	ARG	Nativa
<i>Glossoscolex (Glossoscolex) giganteus australis</i> Righi & Lobo, 1979	BRA	Nativa
<i>Glossoscolex (Glossoscolex) giganteus giganteus</i> Leuckart, 1836 ²⁶	BRA	Nativa
<i>Glossoscolex (Glossoscolex) gordurensis</i> Michaelsen, 1918	BRA	Nativa
<i>Glossoscolex (Glossoscolex) grandis grandis</i> (Michaelsen, 1892)	BRA	Nativa
<i>Glossoscolex (Glossoscolex) grandis ibirai</i> Righi, 1971	BRA	Nativa
<i>Glossoscolex (Glossoscolex) grecoi</i> Righi & Lobo, 1979	BRA	Nativa
<i>Glossoscolex (Glossoscolex) klossae</i> Righi, 1972	BRA	Nativa
<i>Glossoscolex (Glossoscolex) lacteus</i> Zicsi & Csuzdi, 1999	PAR	Nativa
<i>Glossoscolex (Glossoscolex) matogrossensis</i> Righi, 1984	BRA	Nativa
<i>Glossoscolex (Glossoscolex) minor</i> Zicsi & Csuzdi, 1999	PAR	Nativa
<i>Glossoscolex (Glossoscolex) montagneri</i> Righi, 1972	BRA	Nativa
<i>Glossoscolex (Glossoscolex) mrazi</i> Černosvitov, 1934	BRA	Nativa
<i>Glossoscolex (Glossoscolex) paulistus</i> Michaelsen, 1926	BRA	Nativa
<i>Glossoscolex (Glossoscolex) rione</i> Cordero, 1943	URU	Nativa
<i>Glossoscolex (Glossoscolex) robustus</i> Černosvitov, 1938	BRA	Nativa
<i>Glossoscolex (Glossoscolex) sazimai</i> Righi & Lobo, 1979	BRA	Nativa
<i>Glossoscolex (Glossoscolex?) taunayi</i> Michaelsen, 1926 ²⁷	BRA	Nativa
<i>Glossoscolex (Glossoscolex) tocape</i> Righi, 1980	BRA	Nativa
<i>Glossoscolex (Glossoscolex) truncatus</i> (Rosa, 1895) ²⁸	BRA, PAR	Nativa
<i>Glossoscolex (Glossoscolex) umijiae</i> Righi & Lobo, 1979	BRA	Nativa
<i>Glossoscolex (Glossoscolex) (uruguayensis) corderoi</i> Righi, 1968 ²⁹	BRA	Nativa
<i>Glossoscolex (Glossoscolex) uruguayensis ljungstromi</i> Righi, 1978	ARG	Nativa
<i>Glossoscolex (Glossoscolex) uruguayensis uruguayensis</i> Cordero, 1943	BRA, ARG, URU	Nativa
<i>Glossoscolex (Glossoscolex) vizottoi</i> Righi, 1971	BRA	Nativa

Continuación...

Anexo 1.1. Continuación...

Familia Género y especie	Países de AL ²	Origen
<i>Glossoscolex (Glossoscolex) wiengreeni</i> (Michaelsen, 1897)	BRA	Nativa
<i>Glossoscolex (Praedrillus) tupii</i> Righi, 1971	BRA	Nativa
<i>Glossoscolex</i> sp.nov.	BRA	Nativa
<i>Glossoscolex</i> sp.nov.1	BRA	Nativa
<i>Glossoscolex</i> sp.nov.2	BRA	Nativa
<i>Glossoscolex</i> sp.nov.3	BRA	Nativa
<i>Glossoscolex</i> sp.nov.4	BRA	Nativa
<i>Glossoscolex</i> sp.nov.5	BRA	Nativa
<i>Glossoscolex</i> sp.nov.6	BRA	Nativa
<i>Glossoscolex</i> sp.nov.7	BRA	Nativa
<i>Glossoscolex</i> sp.nov.8	BRA	Nativa
<i>Glossoscolex</i> sp.nov.9	BRA	Nativa
<i>Glossoscolex</i> sp.nov.10	BRA	Nativa
<i>Glossoscolex</i> sp.nov.11	BRA	Nativa
<i>Glossoscolex</i> sp.nov.12	BRA	Nativa
<i>Glossoscolex</i> sp.nov.13	BRA	Nativa
<i>Glossoscolex</i> sp.nov.14	BRA	Nativa
<i>Glossoscolex</i> sp.nov.15	BRA	Nativa
<i>Glossoscolex</i> sp.nov.16	BRA	Nativa
<i>Glossoscolex</i> sp.nov.17	BRA	Nativa
<i>Glossoscolex</i> sp.nov.18	BRA	Nativa
<i>Glossoscolex</i> sp.nov.19	BRA	Nativa
<i>Glossoscolex</i> sp.nov.20	BRA	Nativa
<i>Glossoscolex</i> sp.nov.21	BRA	Nativa
<i>Glossoscolex</i> sp.nov.22	BRA	Nativa
<i>Glossoscolex</i> sp.nov.23	BRA	Nativa
Goiascolex Righi, 1971	BRA, BOL, VEN	
<i>Goiascolex cabrelli</i> Righi, 1971	BRA	Nativa
<i>Goiascolex edgardi</i> Righi, 1986	BRA	Nativa
<i>Goiascolex pepus</i> Righi, 1972	BRA	Nativa
<i>Goiascolex vanzolinii</i> Righi, 1984	BRA, BOL	Nativa
<i>Goiascolex</i> sp.nov.1	BRA	Nativa
<i>Goiascolex</i> sp. ³⁰	VEN	Nativa
Hexachyloscolex Zicsi & Csuzdi, 1999	ECU	
<i>Hexachyloscolex interandinus</i> Zicsi & Csuzdi, 1999	ECU	Nativa
Holoscolex Cognetti, 1904	BRA, ECU, PAR	
<i>Holoscolex caramuru</i> Righi, 1975	BRA	Nativa
<i>Holoscolex mahunkai</i> Zicsi & Csuzdi, 1987	PAR	Nativa
<i>Holoscolex nemorosus</i> Cognetti, 1904	ECU	Nativa
<i>Holoscolex nemorosus tacao</i> Righi et al., 1978	BRA	Nativa
Inkadrilus Michaelsen, 1918	BOL, PER	
<i>Inkadrilus aberratus</i> (Michaelsen, 1900)	PER	Nativa
<i>Inkadrilus hanagarthi</i> Zicsi, 1995	BOL	Nativa
<i>Inkadrilus octocystis</i> (Michaelsen, 1900)	PER	Nativa
Langioscolex Zicsi, 1990	ECU	
<i>Langioscolex lantiosorum</i> Zicsi, 1990	ECU	Nativa
Martiodrilus Michaelsen, 1936³¹	ECU, COL, GFR, PER, MEX, SUR, GUY, PAN	

Continuación...

Anexo 1.1. Continuación...

Familia Género y especie	Países de AL ²	Origen
<i>Martiodrilus (Botaria) andiorrhinoides</i> (Michaelsen, 1918)	ECU	Nativa
<i>Martiodrilus (Botaria) benhami</i> (Cognetti, 1904)	ECU	Nativa
<i>Martiodrilus (Botaria) bicolor</i> (Michaelsen, 1913)	COL, ECU	Nativa
<i>Martiodrilus (Botaria) colomai</i> Zicsi, 1988	ECU	Nativa
<i>Martiodrilus (Botaria) euzonus euzonus</i> (Cognetti, 1904)	COL, ECU	Nativa
<i>Martiodrilus (Botaria) euzonus filiformis</i> Zicsi, 1998	ECU	Nativa
<i>Martiodrilus (Botaria) feijooi</i> Zicsi, 1998	COL	Nativa
<i>Martiodrilus (Botaria) gara</i> Righi, 1995	COL	Nativa
<i>Martiodrilus (Botaria) gravis</i> (Cognetti, 1904)	ECU	Nativa
<i>Martiodrilus (Botaria) helleri</i> (Michaelsen, 1918)	SUR	Nativa
<i>Martiodrilus (Botaria) minor</i> Zicsi, 1998	ECU, PER	Nativa
<i>Martiodrilus (Botaria) minoriformis</i> Zicsi, 1998	ECU	Nativa
<i>Martiodrilus (Botaria) murindo</i> Righi, 1995	COL	Nativa
<i>Martiodrilus (Botaria) onorei</i> Zicsi, 1988	ECU	Nativa
<i>Martiodrilus (Botaria) pano</i> Righi, 1992	PER	Nativa
<i>Martiodrilus (Botaria) parvus</i> Zicsi, 1998	ECU	Nativa
<i>Martiodrilus (Botaria) poncei</i> Zicsi, 1988	ECU	Nativa
<i>Martiodrilus (Botaria) tutus</i> (Cognetti, 1904)	ECU	Nativa
<i>Martiodrilus (Botaria) vassae</i> Zicsi & Csuzdi, 1999	ECU	Nativa
<i>Martiodrilus (Botaria) sp.nov.1⁸</i>	COL	Nativa
<i>Martiodrilus (Cordilleroscolex) alarconi</i> Zicsi et al., 2002	COL	Nativa
<i>Martiodrilus (Cordilleroscolex) beddardi</i> (Cognetti, 1904)	ECU	Nativa
<i>Martiodrilus (Cordilleroscolex) bolivarensis</i> Zicsi & Csuzdi, 1999	ECU	Nativa
<i>Martiodrilus (Cordilleroscolex) cognettii</i> (Beddard, 1921) ³²	?	Nativa
<i>Martiodrilus (Cordilleroscolex) columbianus</i> (Michaelsen, 1900)	ECU, COL	Nativa
<i>Martiodrilus (Cordilleroscolex) crassus</i> (Rosa, 1895)	COL, ECU	Nativa
<i>Martiodrilus (Cordilleroscolex) darienianus</i> (Cognetti, 1904)	PAN	Nativa
<i>Martiodrilus (Cordilleroscolex) gonsanamanensis</i> Zicsi & Csuzdi, 1997	ECU	Nativa
<i>Martiodrilus (Cordilleroscolex) hamifer</i> (Michaelsen, 1900)	COL	Nativa
<i>Martiodrilus (Cordilleroscolex) ischurus</i> Zicsi, 1990	ECU	Nativa
<i>Martiodrilus (Cordilleroscolex) iserni</i> (Rosa, 1895)	ECU	Nativa
<i>Martiodrilus (Cordilleroscolex) iserniformis</i> Zicsi & Csuzdi, 1997	ECU	Nativa
<i>Martiodrilus (Cordilleroscolex) magnus</i> (Cognetti, 1904)	COL, ECU	Nativa
<i>Martiodrilus (Cordilleroscolex) olivaceous</i> James, 1990	COL	Nativa
<i>Martiodrilus (Cordilleroscolex) panamaensis</i> James, 1990	PAN	Nativa
<i>Martiodrilus (Cordilleroscolex) pebasiensis</i> (Cognetti, 1914)	PER	Nativa
<i>Martiodrilus (Cordilleroscolex) preciadoi</i> Zicsi et al., 2002	COL	Nativa
<i>Martiodrilus (Cordilleroscolex) riveti</i> (Michaelsen, 1900)	ECU	Nativa
<i>Martiodrilus (Cordilleroscolex) tigrinus</i> Zicsi & Csuzdi, 1997	ECU	Nativa
<i>Martiodrilus (Cordilleroscolex) validus</i> (Cognetti, 1904)	ECU	Nativa
<i>Martiodrilus (Maipure) agricola</i> (Cognetti, 1904)	COL, ECU	Nativa
<i>Martiodrilus (Maipure) ecuadoriensis</i> (Benham, 1892)	COL, ECU, PER	Nativa

Continuación...

Anexo 1.1. Continuación...

Familia Género y especie	Países de AL ²	Origen
<i>Martiodrilus (Maipure) friderici</i> (Michaelsen, 1918)	PER, ECU	Nativa
<i>Martiodrilus (Maipure) geayi</i> (Černosvitov, 1934) ³³	GFR	Nativa
<i>Martiodrilus (Maipure) grandis</i> Zicsi, 2001	ECU	Nativa
<i>Martiodrilus (Maipure) micrurus</i> (Cognetti, 1904)	ECU, PER	Nativa
<i>Martiodrilus (Maipure) ophioides</i> (Cognetti, 1904)	ECU	Nativa
<i>Martiodrilus (Maipure) palmirus</i> Zicsi & Feijoo, 1991	COL	Nativa
<i>Martiodrilus (Maipure) potarensis</i> (Rosa, 1895)	GUY	Nativa
<i>Martiodrilus (Maipure) rigeophilus</i> (Cognetti, 1904)	ECU	Nativa
<i>Martiodrilus (Maipure) savanicola</i> (Michaelsen, 1900)	ECU	Nativa
<i>Martiodrilus (Maipure) tenkatei</i> (Horst, 1887)	GFR, SUR	Nativa
<i>Martiodrilus (Maipure) sp.nov.1</i> ⁸	COL	Nativa
<i>Martiodrilus (Martiodrilus) acanthinurus acanthinurus</i> (Cognetti, 1904)	ECU	Nativa
<i>Martiodrilus (Martiodrilus) acanthinurus heterophyma</i> (Cognetti, 1904)	ECU	Nativa
<i>Martiodrilus (Martiodrilus) agilis</i> (Cognetti, 1904)	COL, ECU	Nativa
<i>Martiodrilus (Martiodrilus) cayambensis</i> Zicsi, 2000	ECU	Nativa
<i>Martiodrilus (Martiodrilus) cosanganensis</i> Zicsi, 2000	ECU	Nativa
<i>Martiodrilus (Martiodrilus) devriesi</i> Zicsi, 1990	ECU	Nativa
<i>Martiodrilus (Martiodrilus) heterostichon colphochaeta</i> (Cognetti, 1906)	ECU	Nativa
<i>Martiodrilus (Martiodrilus) heterostichon heterostichon</i> (Schmarda, 1861)	ECU, COL	Nativa
<i>Martiodrilus (Martiodrilus) interandinus</i> Zicsi, 2000	ECU	Nativa
<i>Martiodrilus (Martiodrilus) kuehnelti</i> Zicsi, 1990	ECU	Nativa
<i>Martiodrilus (Martiodrilus) lojaensis</i> (Michaelsen, 1918)	ECU	Nativa
<i>Martiodrilus (Martiodrilus) loksai</i> Zicsi, 2000	ECU	Nativa
<i>Martiodrilus (Martiodrilus) menai</i> Zicsi & Csuzdi, 1999	ECU	Nativa
<i>Martiodrilus (Martiodrilus) michaelseni</i> Zicsi, 1990	ECU	Nativa
<i>Martiodrilus (Martiodrilus) monticola</i> (Michaelsen, 1900)	COL	Nativa
<i>Martiodrilus (Martiodrilus) nemoralis</i> (Cognetti, 1904)	ECU	Nativa
<i>Martiodrilus (Martiodrilus) nemoraloides</i> Zicsi, 2000	ECU	Nativa
<i>Martiodrilus (Martiodrilus) nonniorum</i> Zicsi, 2000	ECU	Nativa
<i>Martiodrilus (Martiodrilus) papillatus</i> Zicsi, 2000	ECU	Nativa
<i>Martiodrilus (Martiodrilus) pseudotuberculatus</i> Zicsi, 2000	ECU	Nativa
<i>Martiodrilus (Martiodrilus) psikakao</i> Righi, 1995	COL	Nativa
<i>Martiodrilus (Martiodrilus) purnio</i> (Michaelsen, 1900)	COL	Nativa
<i>Martiodrilus (Martiodrilus) robustus chilesensis</i> Zicsi, 2000	ECU	Nativa
<i>Martiodrilus (Martiodrilus) robustus robustus</i> Zicsi, 2000	ECU	Nativa
<i>Martiodrilus (Martiodrilus) szekelyi</i> Zicsi, 2000	ECU	Nativa
<i>Martiodrilus (Martiodrilus) tuberculatus</i> (Cognetti, 1904)	ECU	Nativa
<i>Martiodrilus (?) rehbergi</i> (Michaelsen, 1903)	PER	Nativa
<i>Martiodrilus (?) yunkerii</i> (Gates, 1968) ³⁴	PAN	Nativa
<i>Martiodrilus sp.1</i>	COL	Nativa
<i>Martiodrilus sp.2</i>	COL	Nativa
<i>Martiodrilus sp.3</i>	COL	Nativa
<i>Martiodrilus sp.nov.1</i>	GFR	Nativa
<i>Martiodrilus sp.nov.2</i>	GFR	Nativa

Continuación...

Anexo 1.1. Continuación...

Familia Género y especie	Países de AL ²	Origen
<i>Martiodrilus</i> sp.nov.3	GFR	Nativa
<i>Martiodrilus</i> sp.nov.4	GFR	Nativa
<i>Martiodrilus</i> sp.nov.5	GFR	Nativa
<i>Martiodrilus</i> sp.nov.6	GFR	Nativa
<i>Martiodrilus</i> sp.2 ³⁵	MEX	Nativa
<i>Onoreodrilus</i> Zicsi, 1988	COL, ECU	
<i>Onoreodrilus benavidesi</i> Zicsi, 1988	COL, ECU	Nativa
<i>Onoreodrilus botariorum</i> Zicsi, 1988	ECU	Nativa
<i>Onoreodrilus devriesiorum</i> Zicsi, 1990	ECU	Nativa
<i>Onoreodrilus festae</i> (Cognetti, 1904)	ECU	Nativa
<i>Onoreodrilus loksai</i> Zicsi, 1988	COL, ECU	Nativa
<i>Onychochaeta</i> Beddard, 1891³⁶	VEN, SUR, HAI, ISV, CUB, MEX, COL, PAN, BRA, PRI	
<i>Onychochaeta borincana</i> Borges, 1994	PRI	Nativa
<i>Onychochaeta elegans cubana</i> Michaelsen, 1924 ³⁷	CUB	Nativa
<i>Onychochaeta elegans elegans</i> (Cognetti, 1905)	COL, MEX, PAN	Nativa
<i>Onychochaeta serieia</i> Righi, 1971	BRA	Nativa
<i>Onychochaeta sibateensis</i> (Michaelsen, 1900) ³⁸	COL	Nativa
<i>Onychochaeta windlei</i> Beddard, 1890	VEN, SUR, HAI, ISV, CUB, MEX, DOM	Nativa
<i>Opisthodrilus</i> Rosa, 1985	ARG, PAR, BRA	
<i>Opisthodrilus adneae</i> Righi, 1984	BRA	Nativa
<i>Opisthodrilus borellii borellii</i> Rosa, 1895	ARG, PAR, BRA	Nativa
<i>Opisthodrilus borellii tuberculiferus</i> Righi, 1984	BRA	Nativa
<i>Opisthodrilus rhopalopera</i> Cognetti, 1906	BRA	Nativa
<i>Periscolex</i> Cognetti, 1905³⁹	COL, ECU, BOL, PAN, PER, MEX, CUB	
<i>Periscolex brachycystis</i> (Cognetti, 1905)	MEX, PAN, CUB	Nativa
<i>Periscolex columbianus</i> (Michaelsen, 1900)	COL	Nativa
<i>Periscolex ecuadoriensis</i> Zicsi, 1992	ECU	Nativa
<i>Periscolex fuhrmanni</i> Michaelsen, 1913	COL	Nativa
<i>Periscolex guayaramerinensis</i> Zicsi & Csuzdi, 1999	BOL	Nativa
<i>Periscolex longituberculatus</i> Zicsi, 1989	COL	Nativa
<i>Periscolex mirus</i> Cognetti, 1905	PAN	Nativa
<i>Periscolex profugus</i> (Cognetti, 1904)	ECU	Nativa
<i>Periscolex vialis</i> Michaelsen, 1913	COL	Nativa
<i>Periscolex yuya</i> Righi & Römbke, 1987	BOL, PER	Nativa
<i>Periscolex</i> sp.nov.1 ⁸	COL	Nativa
<i>Periscolex</i> sp.nov.2 ⁸	COL	Nativa
<i>Periscolex</i> sp.nov.3 ⁸	COL	Nativa
<i>Perolofius</i> Righi & Németh, 1983	VEN	
<i>Perolofius ljungstromi</i> Righi & Németh, 1983	VEN	Nativa
<i>Pontoscolex</i> Schmarida, 1861⁴⁰	MEX, COL, BRA, ARG, BOL, PER, CHI, ECU, BEL, GUA, HON, ELS, COR, PAN, PAR, VEN, GUY, GFR, SUR, JAM, HAI, PRI, STM, MAR, STT, DMC, CUR, GRA, CUB, DOM, TRI, NIC	

Continuación...

Anexo 1.1. Continuación...

Familia Género y especie	Países de AL ²	Origen
<i>Pontoscolex (Meroscolex) guianicus</i> (Černosvitov, 1934)	GFR	Nativa
<i>Pontoscolex (Meroscolex) hoogmoedi</i> (Righi, 1969)	SUR	Nativa
<i>Pontoscolex (Meroscolex) longissimus</i> (Černosvitov, 1934)	GFR	Nativa
<i>Pontoscolex (Meroscolex) roraimensis</i> Righi, 1984	BRA, VEN	Nativa
<i>Pontoscolex (Mesoscolex) cynthiae</i> Borges & Moreno, 1990	MEX, PRI, CUB	Nativa
<i>Pontoscolex (Pontoscolex) corethrurus</i> (Müller, 1857)	MEX, COL, BRA, ARG, BOL, PER, CHI, ECU, BEL, GUA, HON, ELS, COR, PAN, PAR, VEN, GUY, GFR, SUR, JAM, HAI, PRI, STM, MAR, STT, DMC, CUR, GRA, CUB, DOM, TRI, NIC, STB	Nativa
<i>Pontoscolex (Pontoscolex) cuasi</i> Righi, 1984	BRA, VEN	Nativa
<i>Pontoscolex (Pontoscolex) eudoxiae</i> (Righi et al., 1978)	BRA	Nativa
<i>Pontoscolex (Pontoscolex) franzi</i> Zicsi & Csuzdi, 1999	BRA	Nativa
<i>Pontoscolex (Pontoscolex) hingstoni</i> Stephenson, 1931	GUY	Nativa
<i>Pontoscolex (Pontoscolex) kuneguara</i> Righi, 1989	VEN	Nativa
<i>Pontoscolex (Pontoscolex) lilljeborgi</i> Eisen, 1896	GUA, PAN	Nativa
<i>Pontoscolex (Pontoscolex) maracaensis</i> Righi, 1984	BRA	Nativa
<i>Pontoscolex (Pontoscolex) marcusii</i> Righi & Ayres, 1976	BRA	Nativa
<i>Pontoscolex (Pontoscolex) melissae</i> Borges & Moreno, 1990	PRI	Nativa
<i>Pontoscolex (Pontoscolex) nogueirai</i> Righi, 1984	BRA	Nativa
<i>Pontoscolex (Pontoscolex) pydanieli</i> Righi, 1988	BRA	Nativa
<i>Pontoscolex (Pontoscolex) spiralis</i> Borges & Moreno, 1990	PRI, GFR	Nativa
<i>Pontoscolex (Pontoscolex) uairemensis</i> Righi, 1985	VEN	Nativa
<i>Pontoscolex (Pontoscolex) vandersleeni</i> Michaelsen, 1933	BRA, SUR	Nativa
<i>Pontoscolex</i> sp.nov.1	GFR	Nativa
<i>Pseudochibui</i> Drachenberg, 1991	VEN	
<i>Pseudochibui mavaca</i> Drachenberg, 1991	VEN	Nativa
<i>Quimbaya</i> Michaelsen, 1935⁴¹	COL, COR	
<i>Quimbaya calimae</i> Zicsi & Feijoo, 2002	COL	Nativa
<i>Quimbaya cameliae</i> (Michaelsen, 1913)	COL	Nativa
<i>Quimbaya gutierrezii</i> Zicsi & Feijoo, 2002	COL	Nativa
<i>Quimbaya karrapa</i> Righi, 1995	COL	Nativa
<i>Quimbaya michaelsoni</i> Righi, 1995	COL	Nativa
<i>Quimbaya pakura</i> Righi, 1995	COL	Nativa
<i>Quimbaya papare</i> Righi, 1995	COL	Nativa
<i>Quimbaya yumbo</i> Righi, 1995	COL	Nativa
<i>Quimbaya</i> sp.	COR	Nativa
<i>Randdrilus</i> Moreno & Pérez-Santos, 1997	PAN	
<i>Randdrilus simonoi</i> Moreno & Pérez-Santos, 1997	PAN	Nativa
<i>Randdrilus soriaoi</i> Moreno & Pérez-Santos, 1997	PAN	Nativa
<i>Rhinodrilus</i> Perrier, 1872⁴²	BRA, VEN, BOL, ARG, PER, TRI, GFR	
<i>Rhinodrilus adela</i> Cordero, 1943	BRA	Nativa
<i>Rhinodrilus alatus</i> Righi, 1971	BRA	Nativa
<i>Rhinodrilus annulatus</i> Černosvitov, 1934 ³³	BRA	Nativa

Continuación...

Anexo 1.1. Continuación...

Familia Género y especie	Países de AL ²	Origen
<i>Rhinodrilus appuni appuni</i> (Michaelsen, 1892)	VEN	Nativa
<i>Rhinodrilus appuni pavoni</i> Righi & Araujo, 1999	VEN	Nativa
<i>Rhinodrilus ayacu</i> Righi, 1996	VEN	Nativa
<i>Rhinodrilus bursiferus</i> Righi, 1971	BRA	Nativa
<i>Rhinodrilus contortus</i> Černosvitov, 1938	BRA	Nativa
<i>Rhinodrilus corderoi</i> Righi, 1985	VEN	Nativa
<i>Rhinodrilus cucho</i> Righi, 1996	VEN	Nativa
<i>Rhinodrilus curiosus</i> Righi et al., 1976	BRA	Nativa
<i>Rhinodrilus curtus</i> Stephenson, 1931	TRI	Nativa
<i>Rhinodrilus duseni</i> Michaelsen, 1918	BRA	Nativa
<i>Rhinodrilus elisiana</i> e Righi et al., 1976	BRA, VEN	Nativa
<i>Rhinodrilus evandroi</i> Righi, 1971	BRA	Nativa
<i>Rhinodrilus fafner</i> Michaelsen, 1918	BRA	Nativa
<i>Rhinodrilus fransisci</i> Cordero, 1944	BRA	Nativa
<i>Rhinodrilus fuenzalidae</i> Cordero, 1944	VEN	Nativa
<i>Rhinodrilus garbei</i> Michaelsen, 1926	BRA	Nativa
<i>Rhinodrilus hoeflingae</i> Righi, 1980	BRA	Nativa
<i>Rhinodrilus horsti</i> (Beddard, 1892)	BRA	Nativa
<i>Rhinodrilus jucundus</i> Righi, 1985	BRA	Nativa
<i>Rhinodrilus lakei</i> Michaelsen, 1934	BRA	Nativa
<i>Rhinodrilus lavellei</i> Righi, 1992	PER	Nativa
<i>Rhinodrilus longus</i> Černosvitov, 1934	BRA, GFR	Nativa
<i>Rhinodrilus lourdesae</i> Righi, 1986	BRA	Nativa
<i>Rhinodrilus lucilleae</i> Righi et al., 1976	BRA	Nativa
<i>Rhinodrilus mamita</i> Cordero, 1943	BRA	Nativa
<i>Rhinodrilus marcusae</i> Righi, 1985	BRA	Nativa
<i>Rhinodrilus mortis</i> Righi, 1972	BRA	Nativa
<i>Rhinodrilus motucu</i> Righi, 1971	BRA	Nativa
<i>Rhinodrilus mucuba</i> Righi & Araujo, 2000	VEN	Nativa
<i>Rhinodrilus panxin</i> Righi, 1971	BRA	Nativa
<i>Rhinodrilus paradoxus</i> Perrier, 1872	VEN	Nativa
<i>Rhinodrilus parvus</i> (Rosa, 1895)	ARG, BOL	Nativa
<i>Rhinodrilus pashanasii</i> Righi, 1992	PER	Nativa
<i>Rhinodrilus pitun</i> Righi, 1989	BRA	Nativa
<i>Rhinodrilus priollii</i> Righi, 1967	BRA	Nativa
<i>Rhinodrilus proboscideus</i> (Schneider, 1892) ⁴³	TRI	Nativa
<i>Rhinodrilus romani</i> Michaelsen, 1928	BRA	Nativa
<i>Rhinodrilus senckenbergi</i> Michaelsen, 1931	BRA	Nativa
<i>Rhinodrilus senex</i> Righi, 1984	VEN	Nativa
<i>Rhinodrilus sieversi</i> (Michaelsen, 1895)	VEN, TRI	Nativa
<i>Rhinodrilus timote</i> Righi, 1989	VEN	Nativa
<i>Rhinodrilus xeabaibus</i> Righi, 1969	BRA	Nativa
<i>Rhinodrilus</i> sp.nov.1	GFR	Nativa
<i>Rhinodrilus</i> sp.nov.1	BRA	Nativa
<i>Rhinodrilus</i> sp.nov.2	BRA	Nativa
<i>Rhinodrilus?</i> <i>gigas</i> (Perrier, 1872) ⁴⁴	GFR	Nativa
<i>Righiodrilus Zicsi</i>, 1995⁴⁵	BRA, ECU, VEN, GUY, GFR, ARG	

Continuación...

Anexo 1.1. Continuación...

Familia Género y especie	Países de AL ²	Origen
<i>Righiodrilus aioca</i> (Righi, 1975)	BRA	Nativa
<i>Righiodrilus amazonius</i> Zicsi & Csuzdi, 1999	BRA	Nativa
<i>Righiodrilus arapaco</i> (Righi, 1982)	BRA	Nativa
<i>Righiodrilus cigges</i> (Righi, 1970)	BRA	Nativa
<i>Righiodrilus dithecae</i> (Righi, 1988)	BRA	Nativa
<i>Righiodrilus fontebonensis</i> (Righi, 1988)	BRA	Nativa
<i>Righiodrilus freitasi</i> (Righi, 1971)	BRA	Nativa
<i>Righiodrilus guahibo</i> (Righi & Molina, 1994)	VEN	Nativa
<i>Righiodrilus itajo</i> (Righi, 1971)	BRA	Nativa
<i>Righiodrilus mairaro</i> (Righi, 1982)	BRA	Nativa
<i>Righiodrilus marcusae</i> (Righi, 1969)	BRA	Nativa
<i>Righiodrilus mucupois</i> (Righi, 1970)	BRA	Nativa
<i>Righiodrilus oliveirae</i> (Righi, 1982)	BRA, GUY	Nativa
<i>Righiodrilus ortonae</i> (Righi, 1988)	BRA	Nativa
<i>Righiodrilus paolletti</i> (Righi, 1984)	VEN	Nativa
<i>Righiodrilus schubarti</i> (Righi et al., 1978)	BRA, VEN	Nativa
<i>Righiodrilus sucunduris</i> (Righi et al., 1976)	BRA	Nativa
<i>Righiodrilus tico</i> (Righi, 1982)	BRA, ECU, VEN	Nativa
<i>Righiodrilus tingus</i> (Righi, 1971)	BRA, ARG	Nativa
<i>Righiodrilus tocaninensis pola</i> (Righi, 1984)	BRA	Nativa
<i>Righiodrilus tocaninensis tocaninensis</i> (Righi, 1972)	BRA	Nativa
<i>Righiodrilus uete</i> (Righi, 1988)	BRA	Nativa
<i>Righiodrilus venancioi</i> (Righi, 1982)	BRA	Nativa
<i>Righiodrilus</i> sp.nov.1	GFR	Nativa
<i>Righiodrilus</i> sp.nov.2	GFR	Nativa
<i>Righiodrilus</i> sp.nov.3	GFR	Nativa
Tairona Righi, 1984	COL	
<i>Tairona adrianae</i> Righi, 1984	COL	Nativa
Tamayodrilus Zicsi, 1995	BOL	
<i>Tamayodrilus roembkei</i> Zicsi, 1995	BOL	Nativa
Thamnodrilus Beddard, 1887⁴⁶	BRA, COL, GFR, GUY, PAR, SUR	
<i>Thamnodrilus distinctus</i> (Ude, 1893) ⁴⁷	COL	Nativa
<i>Thamnodrilus duodenarius</i> Michaelsen, 1918	BRA, GFR, SUR	Nativa
<i>Thamnodrilus gonggrijpi</i> Michaelsen, 1933	SUR	Nativa
<i>Thamnodrilus gulielmi</i> Beddard, 1887	GUY	Nativa
<i>Thamnodrilus jordani</i> (Rosa, 1895)	PAR	Nativa
<i>Thamnodrilus matapi</i> Righi, 1969	BRA	Nativa
<i>Thamnodrilus ohausi</i> (Michaelsen, 1918) ⁴⁸	BRA	Nativa
<i>Thamnodrilus salatheii</i> (Michaelsen, 1934) ⁴⁸	BRA	Nativa
Tuiba Righi et al., 1976	BRA	
<i>Tuiba diana</i> Righi et al., 1976	BRA	Nativa
Tupinaki Righi, 1995	BRA	
<i>Tupinaki bokermanni</i> (Righi, 1971)	BRA	Nativa
<i>Tupinaki parini</i> (Righi, 1969)	BRA	Nativa
Urobenus Benham, 1886⁴⁹	BRA, PAR, VEN	
<i>Urobenus brasiliensis</i> Benham, 1886	BRA, PAR	Nativa
<i>Urobenus brevis</i> (Omodeo, 1955)	VEN	Nativa

Continuación...

Anexo 1.1. Continuación...

Familia Género y especie	Países de AL ²	Origen
<i>Urobenus buritis</i> (Righi et al., 1976)	BRA	Nativa
<i>Urobenus gitus</i> (Righi, 1971)	BRA	Nativa
<i>Urobenus igpigpuera</i> (Righi, 1982)	BRA	Nativa
<i>Urobenus petrerei</i> Righi, 1985	BRA	Nativa
<i>Urobenus</i> sp.	BRA	Nativa
Zongodrilus Righi, 1995	ECU, BOL	
<i>Zongodrilus bolivianus</i> (Righi & Römbke, 1987)	BOL	Nativa
<i>Zongodrilus multipapillatus</i> Zicsi, 2002	ECU	Nativa
<i>Zongodrilus silvestris</i> (Zicsi, 1995)	BOL	Nativa
Gen.nov.1 sp.nov.1 ⁵⁰	VEN	Nativa
Gen.nov.2 sp.nov.1 ⁵¹	BRA	Nativa
Gen.nov.3 sp.nov.1 ⁵²	MEX	Nativa
Acanthodrilidae		
Acanthodrilinae		
Balanteodrilus Pickford, 1938	BEL, MEX	
<i>Balanteodrilus pearsei</i> Pickford, 1938	BEL, MEX	Nativa
<i>Balanteodrilus</i> sp.nov.2	MEX	Nativa
<i>Balanteodrilus</i> sp.nov.3	MEX	Nativa
Chilota Michaelsen, 1899 ⁵³	CHI, ARG, BRA	
<i>Chilota bicincta</i> (Beddard, 1895)	CHI, ARG	Nativa
<i>Chilota biverticulata</i> Zicsi, 1993	CHI	Nativa
<i>Chilota carnea</i> (Beddard, 1895)	CHI	Nativa
<i>Chilota chilensis</i> (Beddard, 1895)	CHI	Nativa
<i>Chilota cingulata</i> (Beddard, 1895)	CHI	Nativa
<i>Chilota corralensis</i> (Beddard, 1895)	CHI	Nativa
<i>Chilota dalei</i> (Beddard, 1890)	CHI, ARG	Nativa
<i>Chilota decipiens</i> (Beddard, 1895)	CHI	Nativa
<i>Chilota farellonensis</i> Zicsi, 1993	CHI	Nativa
<i>Chilota fehlandti</i> Michaelsen, 1899	CHI	Nativa
<i>Chilota hilgeri</i> (Michaelsen, 1899)	CHI	Nativa
<i>Chilota lossbergi</i> Michaelsen, 1899	CHI	Nativa
<i>Chilota mahunkai</i> Zicsi, 1993	CHI	Nativa
<i>Chilota minuta</i> (Beddard, 1895)	CHI	Nativa
<i>Chilota osornoi</i> Zicsi & Csuzdi, 2001	CHI	Nativa
<i>Chilota paessleri</i> Michaelsen, 1904	CHI	Nativa
<i>Chilota patagonica</i> (Kinberg, 1867)	CHI, ARG	Nativa
<i>Chilota picta</i> (Michaelsen, 1889)	CHI	Nativa
<i>Chilota platei</i> (Michaelsen, 1898)	CHI	Nativa
<i>Chilota platura</i> (Michaelsen, 1892)	CHI	Nativa
<i>Chilota porteri</i> Michaelsen, 1904	CHI	Nativa
<i>Chilota putablensis</i> (Beddard, 1895)	CHI	Nativa
<i>Chilota simulans</i> (Beddard, 1895)	CHI	Nativa
<i>Chilota strandi</i> Michaelsen, 1936	CHI	Nativa
<i>Chilota valdiviensis</i> (Beddard, 1895)	CHI	Nativa
<i>Chilota</i> sp. ⁵⁴	BRA	Exótica?
Diplocardia Garman, 1888	MEX, COL	
<i>Diplocardia alba</i> Gates, 1943	MEX	Nativa
<i>Diplocardia invecta</i> Gates, 1955	MEX	Nativa

Continuación...

Anexo 1.1. Continuación...

Familia Género y especie	Países de AL ²	Origen
<i>Diplocardia keyesi</i> (Eisen, 1896)	MEX	Nativa
<i>Diplocardia singularis</i> (Ude, 1893)	COL	Exótica?
<i>Diplocardia</i> sp.nov.4	MEX	Nativa
<i>Diplocardia</i> sp.nov.5	MEX	Nativa
<i>Diplocardia</i> sp.3	MEX	Nativa
<i>Diplocardia</i> sp.4	MEX	Nativa
Diplotrema Spencer, 1900 ⁵⁵	MEX, ELS, CUB, GUA	
<i>Diplotrema albidus</i> (Gates, 1970)	MEX	Nativa
<i>Diplotrema haffneri</i> (Graff, 1957)	ELS	Nativa
<i>Diplotrema mexicana</i> (Gates, 1967)	MEX	Nativa
<i>Diplotrema murchiei</i> James, 1990	MEX	Nativa
<i>Diplotrema oxcutzcabensis</i> (Pickford, 1938)	MEX	Nativa
<i>Diplotrema papillata</i> James, 1990	MEX	Nativa
<i>Diplotrema ulrici</i> (Michaelsen, 1923)	CUB	Nativa
<i>Diplotrema vasiliti</i> (Eisen, 1896)	MEX	Nativa
<i>Diplotrema whitmani</i> (Eisen, 1900)	GUA	Nativa
<i>Diplotrema zilchi</i> (Graff, 1957)	MEX, ELS	Nativa
<i>Diplotrema</i> sp.nov.1	CUB	Nativa
<i>Diplotrema</i> sp.nov.2	CUB	Nativa
<i>Diplotrema</i> sp.nov.6	MEX	Nativa
<i>Diplotrema</i> sp.nov.7	MEX	Nativa
<i>Diplotrema</i> sp.nov.8	MEX	Nativa
Eodrilus Michaelsen, 1907 ⁵⁶	ARG, CHI, BEL, BRA	
<i>Eodrilus albus</i> (Beddard, 1895)	CHI	Nativa
<i>Eodrilus andrassyi</i> Zicsi, 1993	CHI	Nativa
<i>Eodrilus irregularis</i> Zicsi, 1993	CHI	Nativa
<i>Eodrilus jenniferae</i> Righi, 1994	BEL	Nativa
<i>Eodrilus loksai</i> Zicsi, 1993	CHI	Nativa
<i>Eodrilus magellanicus</i> (Beddard, 1895) ⁵⁷	CHI, ARG, BRA	Nativa
<i>Eodrilus occidentalis</i> (Beddard, 1895)	CHI	Nativa
<i>Eodrilus philippii</i> (Michaelsen, 1899)	CHI	Nativa
<i>Eodrilus silvestrii</i> (Rosa, 1901)	ARG	Nativa
Kaxdrilus Fragoso & Rojas, 1994	ELS, GUA, MEX	
<i>Kaxdrilus cristalifer</i> (Eisen, 1900)	GUA	Nativa
<i>Kaxdrilus hamiger</i> (Michaelsen, 1911)	GUA	Nativa
<i>Kaxdrilus parvus</i> Fragoso & Rojas, 1994	MEX	Nativa
<i>Kaxdrilus proboscithecus</i> Fragoso & Rojas, 1994	MEX	Nativa
<i>Kaxdrilus salvadorensis</i> (Graff, 1957)	ELS	Nativa
<i>Kaxdrilus sylvicola</i> Fragoso & Rojas, 1994	MEX	Nativa
<i>Kaxdrilus tamajusi</i> (Eisen, 1896)	GUA	Nativa
Larsonidrilus James, 1993	MEX	
<i>Larsonidrilus microscolecinus</i> James, 1993	MEX	Nativa
<i>Larsonidrilus orbiculatus</i> James, 1993	MEX	Nativa
Lavellodrilus Fragoso, 1988	MEX	
<i>Lavellodrilus bonampakensis</i> Fragoso, 1991	MEX	Nativa
<i>Lavellodrilus ilkus</i> Fragoso, 1991	MEX	Nativa
<i>Lavellodrilus maya</i> Fragoso, 1988	MEX	Nativa
<i>Lavellodrilus parvus</i> Fragoso, 1988	MEX	Nativa

Continuación...

Anexo 1.1. Continuación...

Familia Género y especie	Países de AL ²	Origen
<i>Lavellodrilus riparius</i> Fragoso, 1988	MEX	Nativa
<i>Lavellodrilus</i> sp.nov.9	MEX	Nativa
Mayadrilus Fragoso & Rojas, 1994	MEX	
<i>Mayadrilus calakmulensis</i> Fragoso & Rojas, 1994	MEX	Nativa
<i>Mayadrilus rombki</i> Fragoso & Rojas, 1994	MEX	Nativa
Microscolex Rosa, 1887	ECU, CHI, BOL, ARG, BRA, MEX, COL, ELS, PAR, URU	
<i>Microscolex anderssoni</i> Michaelsen, 1905	ARG	Nativa
<i>Microscolex beddardi</i> (Rosa, 1895)	ARG	Nativa
<i>Microscolex bovei</i> (Rosa, 1889)	CHI, ARG	Nativa
<i>Microscolex collislupi</i> Michaelsen, 1910	ARG	Nativa
<i>Microscolex dubius</i> (Fletcher, 1887)	CHI, BOL, ARG, BRA, MEX, PAR, URU	Nativa
<i>Microscolex falclandicus</i> (Beddard, 1893)	ARG	Nativa
<i>Microscolex georgianus</i> (Michaelsen, 1888)	ARG	Nativa
<i>Microscolex michaelseni</i> Beddard, 1895	CHI, ARG, BRA	Nativa
<i>Microscolex modestus</i> Rosa, 1887	PAR	Nativa
<i>Microscolex phosphoreus</i> (Dugés, 1837)	ECU, CHI, BOL, ARG, BRA, MEX, COL, ELS, PAR	Nativa
Parachilota Pickford, 1937	CHI	
<i>Parachilota coquimboensis</i> (Michaelsen, 1904)	CHI	Nativa
<i>Parachilota papillata</i> Zicsi, 1993	CHI	Nativa
Protozapotecia James, 1993	MEX, CUB	
<i>Protozapotecia aquilonalis</i> James, 1993	MEX	Nativa
<i>Protozapotecia australis</i> James, 1993	MEX	Nativa
<i>Protozapotecia koebelei</i> (Eisen, 1900)	MEX	Nativa
<i>Protozapotecia</i> sp.nov.1	CUB	Nativa
<i>Protozapotecia</i> sp.nov.2	CUB	Nativa
<i>Protozapotecia</i> sp.nov.3	CUB	Nativa
<i>Protozapotecia</i> sp.nov.10	MEX	Nativa
Yagansia Michaelsen, 1899⁵⁸	CHI, BOL, ARG, URU, PER	
<i>Yagansia chiloensis</i> Michaelsen, 1921	CHI	Nativa
<i>Yagansia corralensis</i> (Beddard, 1895)	CHI	Nativa
<i>Yagansia covarrubiasi</i> Zicsi, 1989	CHI	Nativa
<i>Yagansia delfini</i> Michaelsen, 1899	CHI	Nativa
<i>Yagansia dicastrii</i> Zicsi, 1989	CHI	Nativa
<i>Yagansia diversicolor</i> (Beddard, 1895)	CHI	Nativa
<i>Yagansia epiphonica</i> Cordero, 1942	URU	Nativa
<i>Yagansia gracilis</i> (Beddard, 1895)	CHI, ARG	Nativa
<i>Yagansia grandis</i> Zicsi, 1993	CHI	Nativa
<i>Yagansia grisea</i> (Beddard, 1895)	CHI	Nativa
<i>Yagansia hajeki</i> Zicsi, 1989	CHI	Nativa
<i>Yagansia lajaensis</i> Zicsi & Csuzdi, 2001	CHI	Nativa
<i>Yagansia longiseta</i> (Beddard, 1895)	CHI, ARG	Nativa
<i>Yagansia pallida</i> (Michaelsen, 1898)	CHI	Nativa
<i>Yagansia parinacotana</i> Zicsi, 1989	CHI, BOL	Nativa
<i>Yagansia peruana</i> Černosvitov, 1939	BOL, PER	Nativa
<i>Yagansia rahmi</i> Michaelsen, 1936	CHI	Nativa

Continuación...

Anexo 1.1. Continuación...

Familia Género y especie	Países de AL ²	Origen
<i>Yagansia robusta</i> (Beddard, 1895)	CHI	Nativa
<i>Yagansia spatulifera</i> (Michaelsen, 1889)	CHI	Nativa
<i>Yagansia villarricae</i> Zicsi & Csuzdi, 2001	CHI	Nativa
<i>Yagansia</i> sp.nov. ⁵⁹	ARG	Nativa
Zapotecia Eisen, 1900	MEX, CUB, HAI	
<i>Zapotecia amecamecae</i> Eisen, 1900	MEX	Nativa
<i>Zapotecia keiteli</i> Michaelsen, 1903	HAI, CUB	Nativa
<i>Zapotecia nova</i> James, 1993	MEX	Nativa
<i>Zapotecia</i> sp.	MEX	Nativa
Octochaetinae		
Borgesía James, 1991	PRI	
<i>Borgesía montana</i> James, 1991	PRI	Nativa
<i>Borgesía sedecimsetae</i> Borges & Moreno, 1991	PRI	Nativa
<i>Borgesía wegei</i> James, 1991	PRI	Nativa
Cubadrilus Rodríguez & Fragoso, 2002⁶⁰	CUB	
<i>Cubadrilus barroí</i> Rodríguez & Fragoso, 2002	CUB	Nativa
<i>Cubadrilus cavernicolus</i> (Gates, 1962)	CUB	Nativa
<i>Cubadrilus cubitasensis</i> Rodríguez & Fragoso, 2002	CUB	Nativa
<i>Cubadrilus morenoae</i> (Rodríguez & Fragoso, 1995)	CUB	Nativa
<i>Cubadrilus righii</i> Rodríguez & Fragoso, 2002	CUB	Nativa
<i>Cubadrilus siboney</i> (Rodríguez & Fragoso, 1995)	CUB	Nativa
<i>Cubadrilus taina</i> (Rodríguez & Fragoso, 1995)	CUB	Nativa
Ramiellona Michaelsen, 1935	MEX, GUA, ELS, HON	
<i>Ramiellona americana</i> (Gates, 1957)	GUA	Nativa
<i>Ramiellona balantina</i> Gates, 1962	GUA	Nativa
<i>Ramiellona eiseni</i> (Michaelsen, 1911)	GUA	Nativa
<i>Ramiellona guatemalana</i> Gates, 1962	GUA	Nativa
<i>Ramiellona irpex</i> (Michaelsen, 1911)	MEX, GUA	Nativa
<i>Ramiellona lasiura</i> Graff, 1957	ELS	Nativa
<i>Ramiellona lavellei</i> Gates, 1978	MEX	Nativa
<i>Ramiellona mexicana</i> Gates, 1962	MEX	Nativa
<i>Ramiellona sauerlandti</i> Graff, 1957	ELS	Nativa
<i>Ramiellona stadelmanni</i> Michaelsen, 1935	HON	Nativa
<i>Ramiellona strigosa</i> Gates, 1962	MEX, GUA	Nativa
<i>Ramiellona tecumumami</i> (Michaelsen, 1911)	GUA	Nativa
<i>Ramiellona vulcanica</i> Graff, 1957	ELS	Nativa
<i>Ramiellona wilsoni</i> Righi, 1972	MEX	Nativa
<i>Ramiellona</i> sp.nov.12	MEX	Nativa
<i>Ramiellona</i> sp.nov.13	MEX	Nativa
<i>Ramiellona</i> sp.nov.14	MEX	Nativa
<i>Ramiellona</i> sp.nov.15	MEX	Nativa
<i>Ramiellona</i> sp.nov.16	MEX	Nativa
<i>Ramiellona</i> sp.nov.17	MEX	Nativa
<i>Ramiellona</i> sp.nov.18	MEX	Nativa
<i>Ramiellona</i> sp.nov.19	MEX	Nativa
<i>Ramiellona</i> sp.nov.21	MEX	Nativa
<i>Ramiellona</i> sp.nov.22	MEX	Nativa
<i>Ramiellona</i> sp.nov.23	MEX	Nativa

Continuación...

Anexo 1.1. Continuación...

Familia Género y especie	Países de AL ²	Origen
<i>Ramiellona</i> sp.nov.24	MEX	Nativa
<i>Trigaster</i> Benham, 1886⁶¹	ISV, PRI, CUB	
<i>Trigaster calwoodi</i> Michaelsen, 1899	ISV	Nativa
<i>Trigaster intermedia</i> Michaelsen, 1899	ISV	Nativa
<i>Trigaster lankesteri</i> Benham, 1886	ISV	Nativa
<i>Trigaster longissimus</i> Borges & Moreno, 1991	PRI	Nativa
<i>Trigaster yukiyui</i> Borges & Moreno, 1991	PRI	Nativa
<i>Trigaster</i> sp.nov.1	CUB	Nativa
<i>Zapatadrilus</i> James, 1991⁶²	MEX	
<i>Zapatadrilus albidus</i> (Gates, 1973)	MEX	Nativa
<i>Zapatadrilus reddelli</i> (Gates, 1971)	MEX	Nativa
<i>Zapatadrilus ticus</i> (Righi, 1972)	MEX	Nativa
<i>Zapatadrilus toltecus</i> (Eisen, 1900)	MEX	Nativa
<i>Zapatadrilus vallesensis</i> (Gates, 1971)	MEX	Nativa
<i>Zapatadrilus</i> sp.nov.26	MEX	Nativa
<i>Zapatadrilus</i> sp.nov.27	MEX	Nativa
<i>Zapatadrilus</i> sp.nov.28	MEX	Nativa
Benhamiinae		
<i>Dichogaster</i> Beddard, 1888⁶³	ECU, BOL, ARG, BRA, MEX, COL, BEL, COR, PAN, PAR, VEN, GFR, HAI, BAR, STT, STC, ARU, CUR, BON, MRG, BAB, CUB, DOM, PRI, DMC, TRI, JAM, GUA, MAR, CHI, PER, BOL, ELS, GFR, LAD, SAB, STE, NIC, GRC, STV	
<i>Dichogaster (Dichogaster) eiseni</i> (Csuzdi & Zicsi, 1991) ⁶⁴	MEX	Nativa
<i>Dichogaster (Dichogaster) guatemalae</i> Eisen, 1900 ⁶⁵	GUA	Nativa
<i>Dichogaster (Dichogaster) jaliscensis</i> Fragoso, 1997	MEX	Nativa
<i>Dichogaster (Dichogaster) michoacana</i> Fragoso, 1997	MEX	Nativa
<i>Dichogaster (Dichogaster) ribaucourti</i> Eisen, 1900 ⁶⁵	MEX, COR	Nativa
<i>Dichogaster (Dichogaster) viridis</i> (Eisen, 1900) ⁶⁵	MEX	Nativa
<i>Dichogaster (Dichogaster)</i> sp.nov.11	MEX	Nativa
<i>Dichogaster (Dichogaster)</i> sp.nov.32	MEX	Nativa
<i>Dichogaster (Dichogaster)</i> sp.1	MEX	Nativa
<i>Dichogaster (Dichogaster)</i> sp.2	MEX	Nativa
<i>Dichogaster (Diplotheodrilus) affinis</i> (Michaelsen, 1890)	ECU, CHI, PER, BOL, BRA, MEX, COL, ELS, PAN, PAR, HAI, ARU, CUR, CUB, STT, GFR	Exótica
<i>Dichogaster (Diplotheodrilus) andina</i> Cognetti, 1904	ECU, BRA	Nativa
<i>Dichogaster (Diplotheodrilus) annae</i> (Horst, 1893)	ECU, BRA, MEX, COL, GUA, COR, VEN, CUB, MAR	Exótica
<i>Dichogaster (Diplotheodrilus) badajos</i> Righi et al., 1978	BRA	Nativa
<i>Dichogaster (Diplotheodrilus) bolau</i> (Michaelsen, 1891)	ECU, BOL, ARG, BRA, MEX, COL, BEL, COR, PAN, PAR, VEN, GFR, HAI, BAR, STT, STC, ARU, CUR, BON, MRG, BAB, CUB, DOM, PRI, DMC, TRI, JAM, CHI	Exótica
<i>Dichogaster (Diplotheodrilus) gracilis</i> (Michaelsen, 1892)	ECU, BRA, SUR, MON, STB	Exótica

Continuación...

Anexo 1.1. Continuación...

Familia Género y especie	Países de AL ²	Origen
<i>Dichogaster (Diplotheodrilus) guildingi</i> (Baird, 1871)	STV	Nativa
<i>Dichogaster (Diplotheodrilus) ibaia</i> Righi et al., 1978	ECU, BRA	Nativa
<i>Dichogaster (Diplotheodrilus) jamaicae</i> (Eisen, 1900)	JAM	Nativa
<i>Dichogaster (Diplotheodrilus) medellina</i> Michaelsen, 1914	COL	Nativa
<i>Dichogaster (Diplotheodrilus) modiglianii</i> (Rosa, 1896)	MEX, COR, PAN, GFR, ECU, PER, BOL, BRA, VEN, BAR, LAD, CUR, SAB, CUB, COL	Exótica
<i>Dichogaster (Diplotheodrilus) saliens</i> (Beddard, 1893)	ECU, PER, BOL, ARG, BRA, MEX, ELS, COR, PAN, PAR, VEN, STE, CUB, GRC	Exótica
<i>Dichogaster (Diplotheodrilus) tristani</i> Cognetti, 1907	COR	Nativa
<i>Dichogaster</i> sp.nov.1	COR	Nativa
<i>Dichogaster</i> sp.nov.2	COR	Nativa
<i>Dichogaster</i> sp.nov.3	COR	Nativa
<i>Dichogaster</i> sp.nov.4	COR	Nativa
<i>Eutrigaster Cognetti, 1904</i> ⁶⁶	ECU, ELS, COR, PAN, MEX, JAM, HAI, GUA, CUB, GDP, DOM, COR, HON	
<i>Eutrigaster (Eutrigaster) altissima</i> (James, 2004)	JAM	Nativa
<i>Eutrigaster (Eutrigaster) bromeliocola</i> (James, 2004)	JAM	Nativa
<i>Eutrigaster (Eutrigaster) crossleyi</i> (James, 2004)	JAM	Nativa
<i>Eutrigaster (Eutrigaster) davidi</i> (James, 2004)	JAM	Nativa
<i>Eutrigaster (Eutrigaster) farri</i> (James, 2004)	JAM	Nativa
<i>Eutrigaster (Eutrigaster) garciai</i> (James, 2004)	JAM	Nativa
<i>Eutrigaster (Eutrigaster) garrawayi</i> (James, 2004)	JAM	Nativa
<i>Eutrigaster (Eutrigaster) grandis</i> Sims, 1987	JAM	Nativa
<i>Eutrigaster (Eutrigaster) guetare</i> (Righi & Merino, 1987)	COR	Nativa
<i>Eutrigaster (Eutrigaster) harperi</i> (James, 2004)	JAM	Nativa
<i>Eutrigaster (Eutrigaster) hendrxi</i> (James, 2004)	JAM	Nativa
<i>Eutrigaster (Eutrigaster) hilaris</i> (Cognetti, 1904)	COR	Nativa
<i>Eutrigaster (Eutrigaster) kepo</i> (Righi & Merino, 1987)	COR	Nativa
<i>Eutrigaster (Eutrigaster) lineri</i> (Righi, 1972)	MEX	Nativa
<i>Eutrigaster (Eutrigaster) marleyi</i> (James, 2004)	JAM	Nativa
<i>Eutrigaster (Eutrigaster) maya</i> Csuzdi, 2000	MEX	Nativa
<i>Eutrigaster (Eutrigaster) montecyanensis</i> Sims, 1987	JAM	Nativa
<i>Eutrigaster (Eutrigaster) oraedivitis</i> Cognetti, 1904	COR	Nativa
<i>Eutrigaster (Eutrigaster) orobia</i> (Graff, 1957) ⁶⁷	ELS	Nativa
<i>Eutrigaster (Eutrigaster) pobozsnyae</i> Csuzdi, 1994	CUB	Nativa
<i>Eutrigaster (Eutrigaster) townsendi</i> (Eisen, 1900)	JAM	Nativa
<i>Eutrigaster (Eutrigaster) vialis</i> (Michaelsen, 1912)	GUA, ELS	Nativa
<i>Eutrigaster (Graffia) arborea</i> (James, 1996)	GDP	Nativa
<i>Eutrigaster (Graffia) athena</i> (James, 1996) ⁶⁸	GDP	Nativa
<i>Eutrigaster (Graffia) bassetterrensis</i> (James, 1996)	GDP	Nativa
<i>Eutrigaster (Graffia) caesitifusca</i> (James, 1996)	GDP	Nativa
<i>Eutrigaster (Graffia) callaina</i> (James, 1996)	GDP	Nativa
<i>Eutrigaster (Graffia) gagzoi</i> (Michaelsen, 1908)	HAI	Nativa
<i>Eutrigaster (Graffia) girija</i> (James, 1996)	GDP	Nativa
<i>Eutrigaster (Graffia) godeffroyi</i> (Michaelsen, 1890)	HAI, DOM	Nativa

Continuación...

Anexo 1.1. Continuación...

Familia Género y especie	Países de AL ²	Origen
<i>Eutrigaster (Graffia) guadeloupensis</i> (James, 1996)	GDP	Nativa
<i>Eutrigaster (Graffia) hartmeyeri</i> (Michaelsen, 1908)	JAM	Nativa
<i>Eutrigaster (Graffia) haruvi</i> (James, 2004)	JAM	Nativa
<i>Eutrigaster (Graffia) johnsoni</i> (James, 2004)	JAM	Nativa
<i>Eutrigaster (Graffia) keiteli</i> (Michaelsen, 1898)	HAI	Nativa
<i>Eutrigaster (Graffia) manleyi</i> (James, 2004)	JAM	Nativa
<i>Eutrigaster (Graffia) manni</i> (Michaelsen, 1935)	HAI	Nativa
<i>Eutrigaster (Graffia) matoubensis</i> (James, 1996)	GDP	Nativa
<i>Eutrigaster (Graffia) michaelseniana</i> Csuzdi & Zicsi, 1991	COR	Nativa
<i>Eutrigaster (Graffia) montana</i> Csuzdi & Zicsi, 1991	JAM	Nativa
<i>Eutrigaster (Graffia) muscipila</i> (James, 1996)	GDP	Nativa
<i>Eutrigaster (Graffia) picadoi</i> (Michaelsen, 1912)	COR	Nativa
<i>Eutrigaster (Graffia) reichardt</i> (Michaelsen, 1908)	JAM, HAI	Nativa
<i>Eutrigaster (Graffia) rodriguez</i> Csuzdi, 1994	CUB	Nativa
<i>Eutrigaster (Graffia) sporadonephra disa</i> (Righi, 1972)	HON	Nativa
<i>Eutrigaster (Graffia) sporadonephra sporadonephra</i> (Cognetti, 1905)	ECU, ELS, COR, PAN, MEX	Nativa
<i>Eutrigaster (Graffia) sydneyi</i> (James, 2004)	JAM	Nativa
<i>Eutrigaster (Graffia) uhleri</i> (Michaelsen, 1935)	HAI	Nativa
<i>Eutrigaster (Graffia) verens</i> (Cognetti, 1905)	PAN	Nativa
<i>Eutrigaster (Graffia) sp.nov.</i>	CUB	Nativa
<i>Eutrigaster (Graffia) sp.1</i>	CUB	Nativa
<i>Eutrigaster (Graffia) sp.2</i>	CUB	Nativa
<i>Eutrigaster (Graffia) sp.3</i>	CUB	Nativa
<i>Eutrigaster (Graffia) sp.4</i>	CUB	Nativa
Neogaster Černosvitov, 1934	BRA	
<i>Neogaster aida</i> Righi, 1975	BRA	Nativa
<i>Neogaster americana</i> Černosvitov, 1934	BRA	Nativa
<i>Neogaster angeloi</i> Righi, 1988	BRA	Nativa
<i>Neogaster gavrilo</i> Righi & Caballero, 1970	BRA	Nativa
Pickfordia Omodeo, 1958⁶⁹	BRA, ECU, PAN	
<i>Pickfordia (Omodeoscolex) divergens</i> (Cognetti, 1905)	PAN, ECU, BRA	Nativa
<i>Pickfordia (Omodeoscolex) tocaya</i> (Righi et al., 1978)	BRA	Nativa
Wegeneriona Černosvitov, 1939	BRA, ECU, SUR	
<i>Wegeneriona beauforti</i> (Michaelsen, 1933)	SUR	Nativa
<i>Wegeneriona belenensis</i> Righi, 1988	BRA	Nativa
<i>Wegeneriona brasiliana</i> Černosvitov, 1939	BRA	Nativa
<i>Wegeneriona cernosvitovi</i> Righi & Caballero, 1970	ECU, BRA	Nativa
<i>Wegeneriona michaelsen</i> (Černosvitov, 1934)	BRA	Nativa
Gen.nov.1(?) sp.nov.1⁹	COL	Nativa
Gen.nov.1(?) sp.nov.2⁹	COL	Nativa
Ocnerodrilidae ⁷⁰		
Bauba Righi, 1980	BRA	
<i>Bauba santosi</i> Righi, 1980	BRA	Nativa
Belladrilus Righi, 1984⁷¹	BRA, ARG, BOL	
<i>Belladrilus (Belladrilus) arua</i> Righi, 1984	BRA	Nativa
<i>Belladrilus (Belladrilus) jimi</i> Righi, 1984	ARG	Nativa
<i>Belladrilus (Belladrilus) otarion</i> Righi, 1995	BRA	Nativa

Continuación...

Anexo 1.1. Continuación...

Familia Género y especie	Países de AL ²	Origen
<i>Belladrilus (Belladrilus) pocaju</i> Righi, 1984	BRA	Nativa
<i>Belladrilus (Belladrilus) vaucheri</i> Zicsi, 1995	BOL	Nativa
<i>Belladrilus (Santomesia) auka</i> Righi & Mischis, 1999	ARG	Nativa
<i>Belladrilus (Santomesia) emilianii</i> Righi, 1984	ARG	Nativa
<i>Belladrilus</i> sp.nov.1	BRA	Nativa
Brunodrilus Righi, 1971	BRA	
<i>Brunodrilus angeloi</i> Righi, 1971	BRA	Nativa
Dariodrilus Righi et al., 1978	BRA	
<i>Dariodrilus ferrarius</i> Righi et al., 1978	BRA	Nativa
Eukerria Michaelsen, 1935⁷²	CHI, BOL, ARG, BRA, CUB, MEX, PAR, URU, COL, BEL, PRI, STT	
<i>Eukerria asilis</i> Righi, 1967 ⁷³	BRA	Nativa
<i>Eukerria asuncionis</i> (Rosa, 1895)	BOL, ARG, PAR	Nativa
<i>Eukerria cuca</i> Righi, 1984	BRA	Nativa
<i>Eukerria eiseniana</i> (Rosa, 1895)	BOL, ARG, BRA, PAR	Nativa
<i>Eukerria emete</i> Righi & Guerra, 1985	BRA	Nativa
<i>Eukerria garmani argentinae</i> Jamieson, 1970	ARG, BRA	Nativa
<i>Eukerria garmani garmani</i> (Rosa, 1895)	BOL, PAR	Nativa
<i>Eukerria guamaís</i> Righi, 1971	BRA	Nativa
<i>Eukerria halophila</i> (Beddard, 1892)	BOL, ARG	Nativa
<i>Eukerria kuekenthali</i> (Michaelsen, 1908)	BRA, BEL, PRI, STT	Exótica?
<i>Eukerria limosa</i> (Stephenson, 1931)	PAR	Nativa
<i>Eukerria mcdonaldi</i> (Eisen, 1893)	ARG, MEX	Nativa
<i>Eukerria mucu</i> Righi, 1988	BRA	Nativa
<i>Eukerria papillifera</i> (Rosa, 1895)	PAR	Nativa
<i>Eukerria pascuorum</i> (Stephenson, 1931)	PAR	Nativa
<i>Eukerria rosae</i> (Beddard, 1895)	ARG	Nativa
<i>Eukerria saltensis</i> (Beddard, 1895)	CHI, BOL, ARG, BRA, CUB, MEX	Nativa
<i>Eukerria santafesina</i> Ljungström, 1971	ARG	Nativa
<i>Eukerria stagnalis</i> (Kinberg, 1867)	ARG, BRA, PAR, URU	Nativa
<i>Eukerria subandina</i> (Rosa, 1895)	BOL, ARG, BRA	Nativa
<i>Eukerria taisa</i> Righi, 1983	BRA	Nativa
<i>Eukerria tucumana</i> Cordero, 1942	ARG	Nativa
<i>Eukerria urna</i> Righi, 1967	BRA	Nativa
<i>Eukerria weyenberghi</i> Cordero, 1942	ARG	Nativa
<i>Eukerria</i> sp.nov.	ARG	Nativa
<i>Eukerria</i> sp.1	COL	Nativa
Exisdrilus Righi et al., 1978	BRA	
<i>Exisdrilus rarus</i> Righi et al., 1978	BRA	Nativa
Gordiodrilus Beddard, 1892	BRA, PRI, DMC, DOM, HON	
<i>Gordiodrilus dominicensis</i> Beddard, 1892	DOM	Nativa
<i>Gordiodrilus elegans</i> Beddard, 1892	DMC, PRI, HON	Nativa
<i>Gordiodrilus habessinus</i> Michaelsen, 1913	BRA	Exótica
<i>Gordiodrilus marcusii</i> Righi, 1968	BRA	Nativa
<i>Gordiodrilus paski</i> Stephenson, 1928 ⁷⁴	BRA, PRI	Exótica
Haplodrilus Eisen, 1900⁷⁵	BRA, PAR	

Continuación...

Anexo 1.1. Continuación...

Familia Género y especie	Países de AL ²	Origen
<i>Haplodrilus (Gatesia) unica</i> Jamieson, 1962 ⁷⁶	ARG	Nativa
<i>Haplodrilus (Haplodrilus) amazonicus</i> Righi, 1983	BRA	Nativa
<i>Haplodrilus (Haplodrilus) borellii</i> (Rosa, 1895)	PAR	Nativa
<i>Haplodrilus (Haplodrilus) iheringi</i> Michaelsen, 1926	BRA	Nativa
<i>Haplodrilus (Haplodrilus) michaelseni</i> (Cognetti, 1900)	BRA, PAR	Nativa
<i>Haplodrilus (Haplodrilus) tagua</i> Righi et al., 1978	BRA	Nativa
<i>Haplodrilus</i> sp.nov.1	BRA	Nativa
Ilyogenia Beddard, 1893	ARG, BOL, PAR, GUA	
<i>Ilyogenia comondui</i> (Eisen, 1900) ⁷⁷	ARG	Nativa
<i>Ilyogenia paraguayensis</i> (Rosa, 1895)	BOL, ARG, PAR	Nativa
<i>Ilyogenia tuberculatus</i> (Eisen, 1900) ⁷⁸	BOL, GUA	Nativa
Kerriona Michaelsen, 1926	BRA	
<i>Kerriona garbei</i> Michaelsen, 1924	BRA	Nativa
<i>Kerriona limae</i> Righi, 1980	BRA	Nativa
<i>Kerriona luederwaldti</i> Michaelsen, 1924	BRA	Nativa
<i>Kerriona</i> sp.1	BRA	Nativa
<i>Kerriona</i> sp.2	BRA	Nativa
Liodrilus Eisen, 1900⁷⁹	BRA, GUY	
<i>Liodrilus eiseni</i> (Beddard, 1891)	GUY	Nativa
<i>Liodrilus ipu</i> (Righi, 1975)	BRA	Nativa
<i>Liodrilus mendesi</i> Righi, 1994	BRA	Nativa
Lourdesia Righi, 1994	BRA	
<i>Lourdesia paraibaensis</i> Righi, 1994	BRA	Nativa
Nematogenia Eisen, 1900	BRA, COR, PAN, VEN, JAM, BAR, BAH	
<i>Nematogenia lacuum</i> Beddard, 1893 ⁸⁰	BRA	Exótica?
<i>Nematogenia panamaensis</i> Eisen, 1900 ⁸¹	BRA, COR, PAN, VEN, JAM, BAR, BAH	Nativa?
Ocnerodrilus Eisen, 1878⁸²	BOL, ARG, BRA, MEX, COL, GUA, PRI, STM, STT, ARU, CUR, BON, CUB, PAN, ECU, COR, DOM, SAB	
<i>Ocnerodrilus alox</i> Righi & Merino, 1987	COR	Nativa
<i>Ocnerodrilus andinus</i> Righi, 1981	ECU	Nativa
<i>Ocnerodrilus ibemi</i> Righi, 1968 ⁸³	BRA	Nativa
<i>Ocnerodrilus occidentalis</i> Eisen, 1878 ⁸⁴	BOL, ARG, BRA, MEX, COL, GUA, PRI, STM, STT, ARU, CUR, BON, CUB, PAN, HON, DOM	Nativa
<i>Ocnerodrilus potyuara</i> Righi, 1994	BRA	Nativa
<i>Ocnerodrilus sabanae</i> Cognetti, 1905 ⁸⁵	PAN	Nativa
<i>Ocnerodrilus simplex</i> Cognetti, 1904 ⁸⁵	COR, BON, SAB, CUR	Nativa
<i>Ocnerodrilus</i> sp. ⁸⁶	VEN	?
Paulistus Michaelsen, 1926	BRA	
<i>Paulistus taunayi</i> Michaelsen, 1926	BRA	Nativa
Phoenicodrilus Eisen, 1895⁸⁷	MEX, STT, CUB, COL, CHI	
<i>Phoenicodrilus calwoodi</i> (Michaelsen, 1899)	CUB, STT, COL	Nativa
<i>Phoenicodrilus taste</i> Eisen, 1895	MEX, CHI	Nativa
<i>Phoenicodrilus</i> sp.nov.31	MEX	Nativa

Continuación...

Anexo 1.1. Continuación...

Familia Género y especie	Países de AL ²	Origen
Pygmaeodrilus Michaelsen, 1890	BRA	
<i>Pygmaeodrilus amapaensis</i>	BRA	Nativa
Quechuona Gates, 1941	ARG, ECU, PER	
<i>Quechuona kixo</i> Righi, 1981	ECU	Nativa
<i>Quechuona michaelseni</i> Jamieson, 1962	ARG	Nativa
<i>Quechuona roseni</i> (Michaelsen, 1923)	PER	Nativa
<i>Quechuona</i> sp.	PER	Nativa
Temanonegia Gates, 1979	DOM, CUB	
<i>Temanonegia alba</i> (Gates, 1957)	DOM, CUB	Nativa
<i>Temanonegia dominicana</i> (Gates, 1957)	DOM	Nativa
<i>Temanonegia magna</i> (Gates, 1957)	DOM	Nativa
<i>Temanonegia montana</i> (Gates, 1957)	DOM	Nativa
Xibaro Righi, 1981	ECU	
<i>Xibaro ashmolei</i> Righi, 1981	ECU	Nativa
<i>Xibaro medioporus</i> Zicsi & Csuzdi, 2002	ECU	Nativa
Gen.nov.1 sp.nov.1⁹	COL	Nativa
Gen.nov.2 sp.nov.29	MEX	Nativa
Gen.nov.3 sp.nov.30	MEX	Nativa
Tumakidae		
Tumak Righi, 1995	COL	
<i>Tumak hammeni</i> Righi, 1995	COL	Nativa
Exxidae ⁸⁸		
Neotrigaster James, 1991	PRI	
<i>Neotrigaster complutensis</i> (Borges & Moreno, 1991)	PRI	Nativa
<i>Neotrigaster rufa</i> (Gates, 1962)	PRI	Nativa
Criodrilidae ⁸⁹		
Criodrilus Hoffmeister, 1845	BRA	
<i>Criodrilus lacuum</i> Hoffmeister, 1845	BRA	Exótica
Guarani Rodríguez & Lima, 2007		
<i>Guarani camaqua</i> Rodríguez & Lima, 2007 ⁹⁰	BRA	Nativa
Gen.nov.? sp.nov.1⁹¹	BRA	Nativa
Almidae		
Drilocrius Michaelsen, 1917	BRA, COR, COL, ARG, PAR, GFR, ARU	
<i>Drilocrius alfari</i> (Cognetti, 1904)	COR	Nativa
<i>Drilocrius breymanni</i> (Michaelsen, 1897)	COL	Nativa
<i>Drilocrius buergeri</i> (Michaelsen, 1900)	COL, ARG	Nativa
<i>Drilocrius dreheri</i> Michaelsen, 1926	BRA	Nativa
<i>Drilocrius iheringi</i> (Michaelsen, 1895)	BRA, PAR	Nativa
<i>Drilocrius hummelincki</i> Michaelsen, 1933	ARU	Nativa
<i>Drilocrius</i> sp.nov.1	BRA	Nativa
<i>Drilocrius</i> sp.nov.2	BRA	Nativa
<i>Drilocrius</i> sp.	COL, PAR, BRA, GFR	Nativa
Glyphidrilocrius Jamieson, 1972	BRA	
<i>Glyphidrilocrius ehrhardti</i> (Michaelsen, 1926)	BRA	Nativa
Sparganophilidae		
Areco Righi et al., 1978⁹²	BRA	

Continuación...

Anexo 1.1. Continuación...

Familia Género y especie	Países de AL ²	Origen
<i>Areco reco</i> Righi et al., 1978	BRA	Nativa
<i>Sparganophilus</i> Benham, 1892	MEX, GUA, GUY	
<i>Sparganophilus eiseni</i> Smith, 1895 ⁹³	MEX, GUA	Exótica?
<i>Sparganophilus</i> sp. ⁹⁴	GUY	Exótica?
Lumbricidae		
<i>Allolobophora</i> Eisen, 1873	CHI, MEX, GUA, URU, PER, BOL	
<i>Allolobophora chlorotica</i> (Savigny, 1826)	CHI, MEX, GUA, URU, PER, BOL	Exótica
<i>Aporrectodea</i> Örley, 1885	ECU, CHI, PER, BRA, COL, COR, PAR, URU, BOL, ARG, MEX, GUA	
<i>Aporrectodea caliginosa</i> (Savigny, 1826) ⁹⁵	ECU, CHI, BRA, COL, COR, PAR, URU, MEX, ARG	Exótica
<i>Aporrectodea georgii georgii</i> (Michaelsen, 1890)	ARG	Exótica
<i>Aporrectodea longa</i> (Ude, 1895)	MEX	Exótica
<i>Aporrectodea rosea</i> (Savigny, 1826)	MEX, BRA, ARG, BOL, PER, CHI, ECU, COL, URU	Exótica
<i>Aporrectodea trapezoides</i> (Dugès, 1828) ⁹⁶	BOL, ARG, BRA, MEX, GUA, COR, URU, PAR, PER	Exótica
<i>Aporrectodea tuberculata</i> (Eisen, 1874) ⁹⁷	MEX	Exótica
<i>Bimastos</i> Moore, 1893	ARG, VEN, BRA, MEX, GUA, COR	
<i>Bimastos beddardi sophiae</i> Mercadal de Barrio & Barrio 1988 ⁹⁸	ARG	Exótica?
<i>Bimastos parvus</i> (Eisen, 1874)	ARG, VEN, BRA, MEX, GUA, COR	Exótica
<i>Bimastos tumidus</i> (Eisen, 1874)	MEX	Exótica
<i>Dendrobaena</i> Eisen, 1874	ECU, CHI, BOL, MEX, COL, ARG, BRA	
<i>Dendrobaena cognettii</i> (Michaelsen, 1903) ⁹⁹	CHI	Exótica
<i>Dendrobaena hortensis</i> (Michaelsen, 1890)	CHI, ARG	Exótica
<i>Dendrobaena octaedra</i> (Savigny, 1826)	ECU, CHI, BOL, MEX, COL, ARG	Exótica
<i>Dendrobaena veneta</i> (Rosa, 1886)	BRA, CHI	Exótica
<i>Dendrodrilus</i> Omodeo, 1956	BOL, ARG, BRA, MEX, COL, GUA, VEN, URU, ECU, CHI, PER, GFR	
<i>Dendrodrilus rubidus rubidus</i> (Savigny, 1826) ¹⁰⁰	BOL, ARG, BRA, MEX, COL, GUA, VEN, URU, ECU, CHI, PER, GFR	Exótica
<i>Dendrodrilus rubidus subrubicundus</i> (Eisen, 1874)	ECU, CHI, ARG	Exótica
<i>Eisenia</i> Malm, 1877	ECU, CHI, PER, ARG, BRA, MEX, COL, GUA, PAR, URU, GFR, BOL, CUB, VEN	
<i>Eisenia andrei</i> Bouché, 1972	BRA, MEX, PAR, BOL, CUB, CHI, ARG	Exótica
<i>Eisenia fetida</i> (Savigny, 1826)	ECU, CHI, PER, ARG, BRA, MEX, COL, GUA, PAR, URU, GFR, VEN	Exótica

Continuación...

Anexo 1.1. Continuación...

Familia Género y especie	Países de AL ²	Origen
<i>Eisenia lucens</i> (Waga, 1857)	BRA	Exótica
<i>Eiseniella</i> Michaelsen, 1900	PER, BOL, ARG, BRA, MEX, COL, VEN, ECU, CHI	
<i>Eiseniella tetraeda pupa</i> (Eisen, 1874)	BRA	Exótica
<i>Eiseniella tetraeda tetraeda</i> (Savigny, 1826)	PER, BOL, ARG, BRA, MEX, COL, VEN, ECU, CHI	Exótica
<i>Eiseniella tetraeda cerni</i> Blakemore, 2004	CHI	Exótica
<i>Eophila</i> Rosa, 1893	MEX	
<i>Eophila moebii</i> (Michaelsen, 1895)	MEX	Exótica
<i>Eophila molleri</i> (Rosa, 1889)	MEX	Exótica
<i>Lumbricus</i> Linnaeus, 1758	CHI, BOL, MEX, COL, URU, ARG	
<i>Lumbricus castaneus</i> (Savigny, 1826)	MEX	Exótica
<i>Lumbricus friendi</i> Cognetti, 1904	URU	Exótica
<i>Lumbricus rubellus</i> Hoffmeister, 1843	CHI, BOL, MEX, COL, ARG	Exótica
<i>Lumbricus terrestris</i> Linnaeus, 1758	CHI, MEX, URU	Exótica
<i>Octodrilus</i> Omodeo, 1956	ARG	
<i>Octodrilus complanatus</i> (Dugès, 1828)	ARG	Exótica
<i>Octodrilus transpadanus</i> (Rosa, 1884)	ARG	Exótica
<i>Octolasion</i> Örley, 1885	ECU, CHI, PER, BOL, ARG, MEX, COL, PAN, URU, BRA	
<i>Octolasion cyaneum</i> (Savigny, 1826)	ECU, CHI, ARG, BRA, MEX, URU	Exótica
<i>Octolasion lacteum</i> (Örley, 1881) ¹⁰¹	BRA, ECU, CHI, PER, BOL, ARG, MEX, COL, PAN, URU	Exótica
Megascolecidae		
<i>Amyntas</i> Kinberg, 1867	ECU, BOL, ARG, BRA, COL, GUA, ELS, COR, PAN, MEX, JAM, PRI, CUB, VEN, TRI, DOM, PER, CHI, URU, GFR, GUY, BAR, MAR, MAG, SAB, GRA, DMC, SUR, GRC	
<i>Amyntas aeruginosus</i> Kinberg, 1867	BRA	Exótica
<i>Amyntas aspergillum</i> (Perrier, 1872) ¹⁰²	BRA	Exótica
<i>Amyntas corticis</i> (Kinberg, 1867)	ECU, BOL, ARG, BRA, COL, GUA, ELS, COR, PAN, MEX, JAM, PRI, CUB, VEN, TRI, DOM, PER	Exótica
<i>Amyntas gracilis</i> (Kinberg, 1867)	ECU, CHI, ARG, BRA, COL, GUA, ELS, URU, GFR, MEX, CUB, PRI, PAN, BAR, VEN	Exótica
<i>Amyntas hupeiensis</i> (Michaelsen, 1895)	MEX	Exótica
<i>Amyntas morrisi</i> (Beddard, 1892)	ECU, CHI, ARG, BRA, GUA, MEX, BAR, PER	Exótica
<i>Amyntas rodericensis</i> (Grube, 1879)	VEN, GUY, GFR, JAM, PRI, BAR, MAR, MAG, SAB, TRI, GRA, DMC, SUR, GRC, DOM	Exótica
<i>Argilophilus</i> Eisen, 1893	GUA	
<i>Argilophilus hyalinus</i> Eisen, 1900 ¹⁰³	GUA	Nativa?
<i>Metaphire</i> Sims & Easton, 1972	PER, ARG, BRA, COR, PAN, MEX, BAR, BEL, ELS, GFR, CUB, BAH, CHI	

Continuación...

Anexo 1.1. Continuación...

Familia Género y especie	Países de AL ²	Origen
<i>Metaphire californica</i> (Kinberg, 1867)	PER, ARG, BRA, COR, PAN, MEX, BAR, CHI	Exótica
<i>Metaphire houlleti</i> (Perrier, 1872)	BEL, ELS, GFR, MEX, CUB, BAH	Exótica
<i>Metaphire posthuma</i> (Vaillant, 1868)	ARG, MEX, BAH	Exótica
<i>Metaphire schmardae schmardae</i> (Horst, 1883)	BRA, BAH, BAR	Exótica
Perionyx Perrier, 1872	MEX, DMC, CUB	
<i>Perionyx excavatus</i> Perrier, 1872	MEX, DMC, CUB	Exótica
Pheretima Kinberg, 1867	BRA	
<i>Pheretima darnleiensis</i> (Fletcher, 1886)	BRA	Exótica
Pithemera Sims & Easton, 1972	MEX, VEN, CUB, STT, GRA, TRI, GRC, ARG, DMC	
<i>Pithemera bicincta</i> (Perrier, 1875)	ARG, MEX, VEN, CUB, STT, GRA, TRI, GRC, DMC	Exótica
<i>Pithemera violacea</i> (Beddard, 1895)	STT	Exótica
Polypheretima Michaelsen, 1934	PER, BRA, COL, BEL, GUA, COR, PAN, VEN, GUY, SUR, MEX, JAM, HAI, PRI, MAR, BON, CUB, DOM, GFR, ARG	
<i>Polypheretima elongata</i> (Perrier, 1872)	PER, BRA, COL, BEL, GUA, COR, PAN, VEN, GUY, SUR, MEX, JAM, HAI, PRI, MAR, BON, CUB, DOM, GFR	Exótica
<i>Polypheretima taprobanae</i> (Beddard, 1892)	ARG, BRA, MEX	Exótica
Pontodrilus Perrier, 1874	BRA, VEN, JAM, CUB, PRI, ISV, SAM, ARU, BON, GDP, BAR, MAR, LAD, STB, CUR, SAB, GRC, DOM, BAH, HAI, COL, MEX	
<i>Pontodrilus litoralis</i> (Grube, 1855)	BRA, VEN, JAM, CUB, PRI, ISV, SAM, ARU, BON, GDP, BAR, MAR, LAD, STB, CUR, SAB, GRC, DOM, BAH, HAI, COL, MEX	Exótica
Moniligastridae		
Drawida Michaelsen, 1900	MEX, NIC, PRI, JAM, CUB, BAH	Exótica
<i>Drawida barwelli</i> (Beddard, 1886)	MEX, NIC, PRI, JAM, CUB, BAH	
Eudrilidae		
Eudrilus Perrier, 1871	BRA, MEX, COL, BEL, PAN, VEN, GUY, SUR, GFR, CUB, HAI, PRI, GDP, MAR, BAR, STT, STM, STC, SAB, TRI, GRA, MAG, DOM, BAH, HON, ISV	
<i>Eudrilus eugeniae</i> (Kinberg, 1867)	BRA, MEX, COL, BEL, PAN, VEN, GUY, SUR, GFR, CUB, HAI, PRI, GDP, MAR, BAR, STT, STM, STC, SAB, TRI, GRA, MAG, DOM, BAH, HON, ISV	Exótica
Hyperiodrilus Beddard, 1890	BRA	
<i>Hyperiodrilus africanus</i> Beddard, 1891	BRA	Exótica

Continuación...

Anexo 1.1. Continuación...

- ¹ El listado fue elaborado con base en los datos de distribución de especies presentados en los capítulos de este libro, y con datos adicionales obtenidos de la bibliografía (por ejemplo, Blakemore, 2005a; Cordero, 1931; Coles, 1981; Csuzdi, 2000; Decaëns et al., 2001; Muñoz-Pedrerros et al., 2001; Siefeld, 2002; Gates, 1972, 1982; Reynolds & Reynolds, 2004, 2007).
- ² Abreviaciones de los países: Argentina (ARG), Belice (BEL), Bolivia (BOL), Brasil (BRA), Chile (CHI), Colombia (COL), Costa Rica (COR), Ecuador (ECU), El Salvador (ELS), Honduras (HON), Guatemala (GUA), Guiana Francesa (GFR), Guyana (GUY), México (MEX), Nicaragua (NIC), Panamá (PAN), Paraguay (PAR), Perú (PER), Surinam (SUR), Uruguay (URU), Venezuela (VEN). Islas del Caribe: Aruba (ARU), Bahamas (BAH), Barbados (BAR), Barbuda (BAB), Bonaire (BON), Cuba (CUB), Curazao (CUR), Dominica (DMC), Grenada (GRA), Gran Caimán (GRC), Guadalupe (GDP), Haití (HAI), Islas Vírgenes (ISV), Jamaica (JAM), La Desirade (LAD), Ma. Galante (MAG), Margarita (MRG), Martinica (MAR), Monserrat (MON), Puerto Rico (PRI), República Dominicana (DOM), Saba (SAB), San Martín (STM), St. Barts (STB), St. Croix (STC), St. Thomas (STT), St. Eustatius (STE), St. Vincent (STV), Trinidad (TRI).
- ³ Una clave de todos los géneros y sub-géneros de Glossoscolecidae se encuentra en Righi (1995a).
- ⁴ La especie *A. littoralis* Ljungström, 1972 solo se menciona en el resumen del artículo. Debido a que la descripción está incompleta, debe considerarse *nomen nudum* hasta que sea formalmente descrita.
- ⁵ Claves para las especies más conocidas de *Andiodrilus* se encuentran en Zicsi (1993a) y Righi (1995a).
- ⁶ La separación entre esta especie y *A. orosiensis* es precaria, aunque Righi (1995a) mantuvo ambas especies en espera de obtener más ejemplares.
- ⁷ Syn. *A. paramensis* Zicsi, 1988.
- ⁸ Descrita en Feijoo (2007).
- ⁹ Encontrada en Carimagua por Jiménez (1999).
- ¹⁰ Righi (1993a) separó *Andiorrhinus* en cuatro subgéneros: *Amazonidrilus*, *Andiorrhinus s.s.*, *Meridrilus* y *Turedrilus*, con base en el número, tipo y ubicación de los corazones. Una clave para las especies registradas hasta 1986 se encuentra en Righi (1986).
- ¹¹ Usada como alimento por indios amazónicos nativos.
- ¹² Righi & Molina (1994) revisaron al género *Anteoides* incluyendo una tabla para diferenciar a las especies conocidas.
- ¹³ Zicsi (1997) revisó el género, pero incluyó una clave para las especies conocidas.
- ¹⁴ Righi & Molina (1994) proporcionan una tabla para diferenciar las tres especies conocidas hasta 1994.
- ¹⁵ Righi (1984b) separó a *Diachaeta* en tres subgéneros: *Diachaeta s.s.*, *Opishtocordis* Righi, 1984 y *Amazo* Righi et al., 1976. Más tarde, sin embargo, el mismo autor combinó los dos últimos subgéneros (Righi, 1995a).
- ¹⁶ Zicsi (1995b) considera esta especie sinónimo de *D. thomasi*, aunque Righi (1995b) las considera distintas.
- ¹⁷ Considerada *species inquirenda* por Righi et al. (1978), pues las dos glándulas calcíferas en los segmentos 7 y 8, la deberían ubicar en otro género. Si la revisión de los ejemplares tipo confirma la presencia de las glándulas calcíferas en los segmentos 8 y 9, entonces deberá pertenecer a *Cirodrilus* Righi, 1975.
- ¹⁸ Hasta el momento solamente se han encontrado juveniles.
- ¹⁹ El género *Diaguita* Cordero, 1942 y las dos especies conocidas del género (*D. michaelsoni* Cordero, 1942 y *D. vivianae* Righi, 1984) fueron considerados sinónimos de *Enantiodrilus borellii* Cognetti, 1902 por Moreno et al. (2005).
- ²⁰ Righi (1995a) considera a *Estherella* como sinónimo de *Pontoscolex*, probablemente debido a que Gates (1970) no tomó en cuenta la invaginación de los primeros segmentos. De hecho todos los ejemplares descritos por Gates (1970) fueron inmaduros. Borges (1996) presenta una clave para todas las especies de Puerto Rico, incluyendo todas las especies de *Estherella*.
- ²¹ Zicsi (1995a) y Righi (1995a) proporcionan una clave para todas las especies conocidas de *Glossodrilus*.
- ²² Sinónimo de *G. baiuca* Hamoui & Donatelli, 1983.
- ²³ Originalmente descrita por Michaelson (1897) de ejemplares provenientes de las Islas del Caribe.
- ²⁴ Identificada como *Andioscolex perrieri perrieri* (Cognetti, 1904) por Zicsi & Csuzdi (1987), aunque Righi (1995a) considera que se trata de una especie distinta.
- ²⁵ Righi (1971) dividió *Glossoscolex* en tres subgéneros: *Praedrilus*, *Glossoscolex s.s.* y *Assudrilus*, todos ellos con un par de cámaras copulatorias intracelómicas asociadas con poros masculinos pareados (*Glossoscolex*, *Praedrilus*) o sencillos. Aún cuando Righi (1995a) considera que *Praedrilus* no debería mantenerse como un taxon válido debido a que se describió con ejemplares no maduros de *G. tupii*, James & Brown (2006) proponen mantenerlo pues encontraron varias especies nuevas que se ajustan a la diagnosis de este subgénero.
- ²⁶ Syn. *Titanus brasiliensis* Perrier, 1872 y *Geoscolex maximus* Leuckart, 1841. Righi & Lobo (1979) proporcionan la sinopsis para el grupo *giganteus*, que incluía en ese tiempo 14 especies.
- ²⁷ Descrita a partir de ejemplares juveniles.
- ²⁸ Cordero (1943) y Righi (1978) proporcionan la sinopsis para el grupo *truncatus* el cual incluía 10 especies hasta 1978.
- ²⁹ Originalmente descrita como *G. corderoi* (Righi, 1968) fue considerada más tarde como subespecie (*G. uruguayensis corderoi*) por Righi (1974). Sin embargo, 25 años más tarde el mismo autor la volvió a tratar como especie (Righi, 1999). La revisión de ejemplares de *G. uruguayensis* y *G. corderoi* deberán confirmar si las diferencias son de rango específico o subespecífico.
- ³⁰ No identificada a nivel específico (Araujo & López-Hernández, 1999).
- ³¹ Se han propuesto cuatro subgéneros de *Martiodrilus*: *Botaria* Zicsi, 1998; *Cordilleroscolex* Zicsi & Csuzdi, 1997; *Martiodrilus s.s.* Michaelson, 1936; *Maipure* Righi, 1995 este último de acuerdo con Zicsi (2001). Las claves para la mayoría de las especies conocidas de *Martiodrilus* de cada uno de los cuatro subgéneros se encuentran en Zicsi (2001) y Zicsi et al. (2002).
- ³² Localidad no determinada.
- ³³ Localidad de colecta desconocida en el país. Originalmente en *Thamnodrilus*. Zicsi (2001) la pasó a *Martiodrilus* (*Maipure*).
- ³⁴ Righi (1995a) cambió esta especie de *Thamnodriloides* (su género original) a *Martiodrilus*, debido a la posibilidad de que Gates no hubiera considerado la reducción y/o invaginación de los primeros segmentos, que ocurre normalmente en Glossoscolecidae cuando las lombrices se matan y fijan sin anestesia previa. La validez de este cambio deberá sustentarse en la revisión cuidadosa del tipo y de otros ejemplares a colectarse en el futuro.

Continuación...

Anexo 1.1. Continuación...

- ³⁵ Juvenil.
- ³⁶ La clave para varias especies de *Onychochaeta* e información adicional de este género se puede consultar en Righi (1995a).
- ³⁷ Elevada al rango de especie (*O. cubana*) por Zicsi (1995b).
- ³⁸ Especie previamente ubicada en *Rhinodrilus*. Csuzdi (comunicación personal) propone el nuevo cambio de género.
- ³⁹ La clave para varias especies de *Periscolex* se puede consultar en Zicsi (1992).
- ⁴⁰ Righi (1984c) propuso dos subgéneros para *Pontoscolex*: *Pontoscolex* s.s. y *Meroscolex*. Borges y Moreno (1990) añadieron el subgénero *Mesoscolex*, para incluir la especie *P. (M.) cynthiae*. Esta pendiente una nueva revisión de este género.
- ⁴¹ Righi (1995a) elaboró una clave actualizada para las especies de *Quimbaya*.
- ⁴² La única clave (desactualizada) de las especies de *Rhinodrilus* es la de Righi (1985).
- ⁴³ Considered por Michaelsen (1900) como *species dubiae* Glossoscolecidarum. No se conoce la estructura de las glándulas calcíferas de esta especie. Su ubicación en el el género *Rhinodrilus* es tentativa.
- ⁴⁴ No se conoce la estructura de las glándulas calcíferas de esta especie. Su ubicación en el el género *Rhinodrilus* es tentativa.
- ⁴⁵ La mayoría de las especies de este género se encontraban previamente en *Glossodrilus* Cognetti, 1905. Zicsi (1995a) creó este género para acomodar aquellas especies con membranas alrededor de los dos pares de glándulas calcíferas de los segmentos 11 y 12. La clave con las especies conocidas hasta 1995 se encuentra en Zicsi (1995a).
- ⁴⁶ A pesar de los esfuerzos de Zicsi & Csuzdi (1988) y Zicsi (1997), se requiere aún una revisión de las especies de este género.
- ⁴⁷ No se conoce la estructura de las glándulas calcíferas de esta especie. Su ubicación en el el género *Thamnodrilus* es tentativa.
- ⁴⁸ Originalmente en el género *Aptodrilus*, fue cambiada a *Thamnodrilus* por Zicsi (1997).
- ⁴⁹ La clave de las especies de *Urobenus* se puede consultar en Righi (1985).
- ⁵⁰ Drachenberg (datos no publicados)
- ⁵¹ Especie encontrada en Belo Horizonte por James & Brown (2006, datos no publicados) con 4 glándulas calcíferas que no corresponde a ninguno de los géneros conocidos de Glossoscolecidae; por lo demás es muy parecida a *Tupinaki* Righi, 1995.
- ⁵² Especie para la cual Brown (1999) obtuvo, como parte de su investigación doctoral, abundantes datos sobre su ecología e historia natural.
- ⁵³ La revisión del género fue realizada por Zicsi (1993b); el mismo autor publicó una clave para todas las especies conocidas de Chile (Zicsi, 2004).
- ⁵⁴ Encontrada en nidos de hormigas (*Camponotus* sp.). Identificada a nivel genérico por Righi y depositada en la colección del MZUSP.
- ⁵⁵ Las especies latinoamericanas actualmente colocadas en *Diploptrema* requieren, de acuerdo con Blakemore (2005a), una reevaluación. El género, originalmente restringido para las especies del norte de Australia, fue utilizado por James (1990) para dos especies mexicanas que ya no podían ser colocadas en el género no válido *Eodrilus*. Es probable que todas las especies latinoamericanas actualmente colocadas en este género deban ser cambiadas a otro (nuevo) género propio. Ver la nota abajo sobre *Eodrilus*.
- ⁵⁶ El género *Eodrilus* fue sinonimizado con *Diploptrema* por Jamieson (1971), aunque algunos autores todavía consideran válido a *Eodrilus*. Al igual que en el caso de las especies de *Diploptrema* de México y Centroamérica, es probable que sea necesario designar un nuevo género para estas especies. Blakemore (2005a) propone colocar temporalmente estas especies en *Microscolex*. Tomando en cuenta el desacuerdo existente, hemos optado por mantener a las especies en su género original hasta que se lleve a cabo la revisión taxonómica de *Diploptrema* (ver antes), *Eodrilus* y *Microscolex*. La clave de las especies conocidas de Chile se encuentra en Zicsi (2004).
- ⁵⁷ Syn. *E. doellojuradoi* Cordero, 1942.
- ⁵⁸ Zicsi (1989) presenta la revisión del género y una clave para todas las especies del género. La clave para las especies chilenas se encuentra en Zicsi (2004).
- ⁵⁹ La descripción de *Y. neuquina* Alvarado, 1971 está incompleta (presentada en un resumen de congreso) y esta especie debe ser considerada *nomen nudum* (Blakemore, 2005a). Para validarla como especie se deberá re-examinar el tipo y/o coleccionar ejemplares adicionales.
- ⁶⁰ Según Blakemore (2005b), varias especies de *Cubadrilus* pertenecen al género *Exxus* Gates, 1959, y por lo tanto a la familia Exxidae Blakemore, 2000.
- ⁶¹ La especie *Trigaster minima* Friend, 1911, encontrada en suelo importado de Perú a los jardines de Kew (U.K.), fue considerada por Černosvitov (1941) como especie *incerti generis*. La especie fue descrita a partir de un ejemplar inmaduro y podría ser que, si se llega a constatar la presencia de solo dos mollejas, pertenezca al género *Dichogaster* que es común en Perú.
- ⁶² Todas las especies descritas fueron originalmente colocadas en el género *Trigaster* hasta que James (1991) propuso su cambio a *Zapatadrilus*. Es posible que algunas especies se pudieran reubicar en *Exxus* (ver antes).
- ⁶³ El género *Dichogaster* fue redefinido por Csuzdi (1996) para incluir solamente las especies con meronefridios, glándulas calcíferas pareadas en 15, 16 y 17 y con dos mollejas en los segmentos 5 y 6. En el mismo trabajo este autor propuso dos subgéneros para *Dichogaster*: *Dichogaster* (primer poro dorsal en el "ámbito" del clitelo) y *Diplothecodrilus* (primer poro dorsal en 5/6). La mayoría de las especies de *Dichogaster* de LA (y ciertamente todas las exóticas) pertenecen a este último subgénero. Sin embargo algunas de las especies colocadas en *Eutrigaster* por Csuzdi (1995, 1996) las hemos reubicado en *Dichogaster* debido a que presentan las mollejas en 5 y 6.
- ⁶⁴ Csuzdi (1995, 1996) describe esta especie en *Eutrigaster* (*Graffia*). Fragoso & Reynolds (1987) la registran con mollejas en 5 y 6 y la ubican en *Dichogaster*.
- ⁶⁵ Csuzdi (1995, 1996) coloca esta especie en *Eutrigaster* (*Graffia*), pero sin revisión del material tipo.

Continuación...

Anexo 1.1. Continuación...

- ⁶⁶ El género *Eutrigaster*, originalmente descrito por Cognetti (1904), fue revisitado por Sims (1987) y posteriormente redefinido por Csuzdi & Zicsi (1991) para incluir solamente las especies con meronefridios, glándulas calcíferas pareadas en 15, 16 y 17 y con dos mollejas en los segmentos 6 y 7 precedidos por un proventrículo en 5. Estos últimos autores separaron a *Eutrigaster* en dos subgéneros, en función de la presencia (*Graffia*) o ausencia (*Eutrigaster*) de quetas peneales.
- ⁶⁷ El registro de *E. orobia* de Jamaica (Sims, 1987) probablemente es de *Dichogaster (Diplotheocodrilus) jamaicae* (Csuzdi, 2000).
- ⁶⁸ Aunque no tiene quetas peneales, perdió toda la genitalia masculina, por lo que la reducción es secundaria.
- ⁶⁹ Csuzdi (1995, 1996) dividió a *Pickfordia* en dos subgéneros con base en la presencia (*Pickfordia* s.s.) o ausencia (*Omodeoscolex*) de divertículos en la espermateca. Todas las especies de LA pertenecen al subgénero *Omodeoscolex*.
- ⁷⁰ Anotaciones importantes de varios géneros de Ocnerodrilidae de LA se encuentran en Righi (1994) y Gavrillov (1981). Varias especies nuevas sin identificar se encuentran en la colección del segundo autor.
- ⁷¹ Righi (1984a) dividió a *Belladrilus* en dos subgéneros (*Belladrilus* s.s. y *Santomesia*) en función de la estructura de las glándulas calcíferas. Véase Righi (1995c) para consultar la clave para la mayoría de las especies conocidas.
- ⁷² Jamieson (1970) presenta una clave (desactualizada debido a las nuevas especies que se han descrito desde entonces) para el género *Eukerria*.
- ⁷³ Syn. *E. kukenthalii*, de acuerdo con Jamieson (1970). Sin embargo el especialista de *Eukerria*, Gavrillov (1981), considera que esta especie debe mantenerse separada hasta que se examinen en detalle más ejemplares.
- ⁷⁴ Gates (1962, 1972) consideró a *G. paski* como sinónima de *G. elegans*.
- ⁷⁵ Righi et al. (1978) dividieron *Haplodrilus* en dos subgéneros (*Haplodrilus* s.s. y *Gatesia*), con objeto de acomodar el género *Gatesia* Jamieson, 1962.
- ⁷⁶ Originalmente descrita como *Gatesia unica*. Righi et al. (1978) consideraron a *Gatesia* como un subgénero de *Haplodrilus*, debido a que las diferencias entre *Gatesia* y *Haplodrilus* no ameritaban una separación genérica.
- ⁷⁷ Righi (1984a) consideró a esta especie similar a *Phoenicodrilus tepicensis* Eisen, 1896 (sinónimo de *P. taste* Eisen, 1895 de acuerdo con Gates, 1977).
- ⁷⁸ Esta especie había sido sinonimizada con *O. occidentalis* por Gates (1973, 1982).
- ⁷⁹ Michaelsen (1900) cambió el nombre de *Leiodrilus* Eisen, 1900 a *Liodrilus*.
- ⁸⁰ Righi (1984d), al encontrar ejemplares en Mato Grosso (Brazil) con varias características intermedias entre *N. laccum* y *N. panamaensis*, decidió sinonimizar las dos especies. Las hemos mantenido como especies distintas esperando que la revisión futura confirme la sinonimia.
- ⁸¹ Gates (1982) considera que la especie probablemente es nativa de LA.
- ⁸² Consultar Righi (1994) por la clave de las especies conocidas de *Ocnerodrilus*.
- ⁸³ No se conoce la estructura interna de la glándula calcífera para esta especie.
- ⁸⁴ Varias especies de *Ocnerodrilus* fueron sinonimizadas con esta especie por Gates (1973). Sin embargo el descubrimiento por Righi (1984a) de una población de *O. occidentalis* con y sin espermatecas y el hallazgo de *Ilyogenia comondui* Righi, 1984 y *O. alox* Righi & Merino, 1987, llevaron a Righi & Merino (1987) y Righi (1994) a considerar algunos de los sinónimos de Gates (1973) como especies válidas. Es obvio que es urgente el estudio de los ocnerodrilidos nativos de Centroamérica, donde supuestamente se encuentra la población anfimítica original de esta especie.
- ⁸⁵ No se conoce la estructura de las glándulas calcíferas de esta especie. Su ubicación en el el género *Ocnerodrilus* es tentativa.
- ⁸⁶ Identificada por Marcuzzi (1950) solo a nivel genérico (Gavrillov, 1981).
- ⁸⁷ Gates (1977), con base en ejemplares colectados en la isla Sta. Helena e interceptados de México, rescató a este género de la sinonimia con *Ocnerodrilus*.
- ⁸⁸ Blakemore (2005b) considera que al menos 9 especies pertenecen a esta familia (debido a la inclusión de *Cubadrilus* Rodríguez & Fragoso, 2002). *Exxus wyensis* Gates, 1959, la especie tipo del género *Exxidae* fue colectada en una localidad desconocida, que se supone debe de estar en el Caribe.
- ⁸⁹ El hallazgo en Brasil de dos nuevas especies en al menos un nuevo género de Criodrilidae, señala la necesidad de llevar a cabo más estudios sobre los Criodrilidae y Almidae de Sudamérica.
- ⁹⁰ Lombrices de tierra verdosas de gran tamaño encontradas en campos inundados (irrigados) de arroz a lo largo de la zona costera del sureste de Rio Grande do Sul, Brasil.
- ⁹¹ Lombrices de tierra verdes de gran tamaño, consideradas una plaga en campos de arroz irrigados e inundados, cerca de Miranda, Mato Grosso do Sul, Brasil.
- ⁹² Tanto los autores originales (Righi et al., 1978) como Gavrillov (1981), consideran que la colocación de este género en Sparganophilidae es dudosa y esta pendiente de futuras investigaciones.
- ⁹³ Algunos autores (e.g., Blakemore, 2005a) colocan esta especie en sinonimia con *S. tamesis* Benham, 1892, mientras que otros (Gates, 1982; Reynolds, 1980) la mantienen separada. Inclusive Gates (1982) considera que la sinonimia de las lombrices guatemaltecas requiere confirmación.
- ⁹⁴ Especie aún no identificada (Stacey & Coates, 1996).
- ⁹⁵ Especie sinónima de *A. turgida* (Eisen, 1873) y *A. trapezoides* (Dugés, 1828) conforme Csuzdi & Zicsi (2003).
- ⁹⁶ En algunos casos (países), la especie *A. caliginosa* fue originalmente identificada como *A. trapezoides*. Para mayores informaciones sobre la controversia taxonómica de estas especies, ver Zicsi (1982), Gates (1982) y Csuzdi & Zicsi (2003).
- ⁹⁷ Considerada como sinónima de *A. caliginosa* (Csuzdi & Zicsi, 2003).
- ⁹⁸ Especie probablemente sinónimo de *B. parvus*, al igual que *B. beddardi* (Blakemore, 2005a).
- ⁹⁹ Syn. *D. pygmaea* (Savigny, 1826) de acuerdo con Blakemore (2005a).
- ¹⁰⁰ Syn. *D. rubidus tenuis* Eisen, 1874 (Csuzdi & Zicsi, 2003)
- ¹⁰¹ Syn. *O. tyrtaeum* (Csuzdi & Zicsi, 2003).
- ¹⁰² De acuerdo con Blakemore (comunicación personal, 2006), esta especie podría en realidad corresponder a *A. robustus* (Perrier, 1872).
- ¹⁰³ La colocación de esta especie en *Argilophilus* (antes *Plutellus*) fue puesto en duda por Gates (1972), debido a la distribución restringida de este género en el oeste de Norteamérica. La especie fue descrita a partir de un ejemplar macerado y debido a que el tipo está perdido, futuras colectas en la localidad tipo deberán confirmar su actual género.

Biodiversidade, taxonomia e ecologia de minhocas nos países latino-americanos



Biodiversidad y ecología de las lombrices de tierra en las islas caribeñas

Carlos Rodríguez; Sonia Borges; Maria de los Ángeles Martínez; Carlos Fragoso; Samuel W. James; Grizelle González

Abstract

This chapter presents a synthesis of the ecological and taxonomic studies performed on earthworms in the Caribbean, highlighting the limitations, challenges and perspectives of earthworm research in the region. The records included are from research performed by the authors and from the bibliography. The region has 10 families, 33 genera and 125 earthworm species. The best represented family is Acanthodrilidae, with nearly 9% of the total and 70% of the native species. Around 75% of the species and 42% of the genera are native, and the endemism for the region is high (69%). Among the exotics, the Megascolecidae family predominates. The annual production of publications on ecology and taxonomy is very low (less than one article per year), and most of the ecological studies (almost 90%) are from Puerto Rico and Cuba. The main limitation in the knowledge of earthworms in the region is the low number or complete lack of samples in many islands, which has led to an incomplete understanding of their diversity and ecology. Only Puerto Rico can be considered reasonably well inventoried. Greater efforts by taxonomists and ecologists through local or regional projects that contemplate the lesser-known sites and complete the inventories of the better known islands will contribute significantly to the basic and practical/applied knowledge on earthworms of the Caribbean.

Resumen

Este capítulo presenta una síntesis de los estudios realizados sobre la ecología y taxonomía de las lombrices de tierra en el Caribe, destacándose las limitaciones, retos y perspectivas de investigación del grupo en la región. Los registros incluidos en los listados provienen de colectas realizadas por los autores en el área y de citas bibliográficas. En la región se encuentran 10 familias, 33 géneros y 125 especies de lombrices de tierra. La familia mejor representada y con el mayor número de especies nativas es Acanthodrilidae con aproximadamente 9% del total de especies y 70% de las nativas. El 75% del total de las especies y el 42% de los géneros son nativos y el endemismo para la región es alto (69%). Entre las exóticas predomina la familia Megascolecidae. Las tasas anuales de artículos publicados sobre taxonomía y ecología son muy bajas (menos de un artículo/año) y la mayor parte (casi 90%) de los resultados publicados sobre ecología se concentran en Cuba y Puerto Rico. El problema fundamental en el conocimiento del grupo y la principal limitación radica en la insuficiencia de muestreos en muchas islas o la carencia de éstos en otras, lo que resulta en una determinación parcial o nula de su diversidad y un conocimiento limitado sobre su ecología. Sólo Puerto Rico se considera moderadamente bien inventariada. Juntar los esfuerzos de los especialistas en taxonomía y ecología en proyectos locales o regionales que abarquen las islas menos estudiadas y completen las investigaciones en aquellas cuya fauna es más conocida, contribuiría notablemente al conocimiento básico y práctico/aplicado en este grupo.

Introducción

Una parte importante de la biota terrestre conocida se encuentra en las islas oceánicas, incluyendo las del Caribe, donde muchas especies son endémicas de alguna de sus islas



o incluso de una zona restringida de una isla dada (Hedges, 2001). Sin embargo, hasta la fecha sólo se conoce una pequeña fracción de la diversidad de invertebrados de estas islas.

Por lo tanto, es prioritario realizar inventarios bióticos para conocer mejor la biodiversidad del Caribe y su historia geográfica (Soul, 1990). En este sentido, los insuficientes registros de oligoquetos terrestres de las islas caribeñas justifican investigaciones para aumentar el conocimiento de su diversidad, distribución y ecología en una región caracterizada por una historia geográfica tan compleja como su propia configuración actual. Aunque la falta de un registro fósil en este grupo representa un freno a los estudios taxonómicos, filogenéticos o biogeográficos, la escasa movilidad de las lombrices de tierra y su extrema sensibilidad a la salinidad, las convierten en un buen material para los estudios biogeográficos.

La oligoquetofauna del Caribe ha sido estudiada intermitentemente desde el siglo XIX, pero en la mayoría de las islas los registros son escasos o no existen. Se puede considerar que la fauna del lombrices de tierra de Puerto Rico es la mejor conocida de las Indias Occidentales (Fragoso et al., 1995; Borges, 2004), mientras que por ejemplo, en Cuba, la mayor de las Antillas, sólo se conoce aproximadamente un 25% de su fauna potencial (Fragoso et al., 1999; Rodríguez, 2004). La lista de Jamaica incluye a penas una fracción de su diversidad (James, 2004) y en el resto de las islas sólo se han realizado colectas puntuales y poco frecuentes, aunque uno de los autores (S. James) tiene una colección importante de lombrices aún no estudiada a fondo de Trinidad, Tobago, Barbados, Grenada, St. Vincent, St. Lucia, Martinique, Dominica, Guadeloupe, St. Kitts, Nevis y Montserrat.

Este trabajo tiene como objetivo presentar una síntesis de los estudios realizados sobre los oligoquetos terrestres en la región caribeña, destacándose las limitaciones, retos y perspectivas futuras. Los registros incluidos en los listados provienen de colectas realizadas por los autores en el área y de citas bibliográficas. Además, se han cuantificado las especies nuevas en vías de descripción. Se consideraron especies nativas a las que tienen su origen en el área Norte de la región Neotropical (Fragoso et al., 1995) (subregiones Antillana y Centroamericana, según Wallace, 1876) incluyendo México, América Central e Islas del Caribe. Como endemismos sólo se incluyeron las especies exclusivas de las islas caribeñas y las

exóticas se trataron como las no originarias de esta región.

Características generales de la región del Caribe

El mar Caribe se ubica geográficamente entre Norteamérica y Suramérica, al este está limitado por el océano Atlántico y al oeste por América Central. Incluye islas, islotes y cayos que conforman las llamadas islas del Caribe, Indias Occidentales o Antillas, y ocupan una superficie de 236 000 km².

Las Antillas Mayores que forman el límite norte del Caribe, están constituidas por Cuba, Jamaica, La Española y Puerto Rico; mientras las Antillas Menores forman un arco de pequeñas islas que se extiende de norte a sur y sirve de frontera entre el mar Caribe y el océano Atlántico.

El clima del Caribe no sólo está determinado por la latitud, sino también por la altitud local y por la influencia de las masas de agua cálida sobre las tierras emergidas y sobre el aire, por lo que impera un clima Tropical Marítimo, influido por los vientos alisios que soplan desde el noreste. Estos causan lluvias en los macizos montañosos de las zonas norte de las islas y provocan zonas más secas en las laderas sur. Existe una estación lluviosa que se extiende de mayo a noviembre con una temperatura promedio del aire de 30 a 35°C y otra seca que va de diciembre a abril con temperaturas de 25 a 30°C. Las precipitaciones constituyen el elemento clave en la caracterización y diferenciación climática de la región. El promedio de lluvias es de 800 - 2000 mm, aunque en algunas zonas montañosas puede llegar hasta 5000 mm. Otras particularidades de la región es la influencia de los frentes fríos que llegan del norte durante la estación seca y la de los ciclones tropicales y huracanes durante la lluviosa, que provocan altos niveles temporales y espaciales de lluvias, vientos intensos e inundaciones (Barranco, 1995).

La región se caracteriza por procesos de intemperismo de gran intensidad, elevados valores de denudación cársica con gran número de formas específicas de zonas tropicales como mogotes, valles cársicos, sistemas cavernarios y deposición predominante de sedimentos carbonáticos. Por estar expuestas a regímenes de lluvias contrastantes con alternancia de intensos períodos de lluvias y períodos de sequía, donde las altas temperaturas influyen durante todo el año, los contenidos de hierro y aluminio del suelo son generalmente elevados y se

tornan duros y compactos durante parte del año. Se presentan, entre otros, los Ferralsoles, Leptosoles, Cambisoles, Vertisoles, Acrisoles, Ultisoles, Oxisoles, Lixisoles, Inceptisoles y Gleysoles.

La vegetación del Caribe posee gran riqueza y diversidad, con un endemismo marcado, fundamentalmente en la Antillas Mayores. Los principales tipos de formaciones vegetales que se encuentran son los pluvisilvas de montaña (Foto 2.1), estacionales y de llanura, los bosques semidecíduos, siempre-verdes, arboledas, pinares, matorrales, manglares y vegetación de gramíneas (Areces-Mallea et al., 1999). El común



Foto 2.1. Bosque de montaña de Morne Diablotin, Dominica. Las muchas bromeliáceas de este bosque y de otros similares en las islas caribeñas son el hogar de diversas especies de lombrices de tierra, especializadas en vivir en los microambientes al interior de las bromelias. (Foto S.W. James)

denominador de la vegetación del área es el alto nivel de perturbación de las formaciones primarias (Fernández & Muñiz, 1995). En Cuba, por ejemplo, sólo queda 18.4% de la superficie del país cubiertos por bosques, incluyendo las áreas reforestadas (Risco & Sotomayor, 1997). En Puerto Rico, la cubierta de bosques fue reducida hasta un 7% a principios del siglo XX (Birdsey & Weaver, 1987), mientras que en Haití prácticamente todos sus bosques fueron destruidos.

Biodiversidad de lombrices en el Caribe

En este contexto geográfico, el balance actualizado de la diversidad de las lombrices de tierra (Cuadro 2.1) muestra la presencia de 10 familias, 33 géneros y 125 especies. La familia mejor representada es Acanthodrilidae con 59% del total de especies, seguida de Glossoscolecidae y Ocnerodrilidae. El 75.2% de las especies y el 42.4% de los géneros son nativos, principalmente de la familia Acanthodrilidae (70% de las especies). Entre las exóticas predominaron los miembros de la familia Megascolecidae.

En los Anexos 2.1 y 2.2 se listan las especies nativas y exóticas de las islas del Caribe, respectivamente.

Los registros genéricos y específicos en cada isla o grupos de islas (Cuadro 2.2) muestran que la mayor diversidad se presenta en Cuba¹;

Cuadro 2.1. Número de familias, géneros y especies de lombrices de tierra nativas, exóticas y totales registradas en las islas del Caribe. Los porcentajes se refieren sólo a las especies (% del total de especies exóticas y nativas).

Familia	Exóticas			Nativas			Total		
	Géneros	Especies	(%)	Géneros	Especies	(%)	Géneros	Especies	(%)
Acanthodrilidae	2	8	25.9	7	66	70.2	9	74	59.2
Glossoscolecidae	5	4	12.9	1	19	20.2	6	23	18.4
Ocnerodrilidae	2	5	16.1	5	7	7.4	7	12	9.6
Exxidae	–	–	–	1	2	2.1	1	2	1.6
Megascolecidae	6	10	32.3	–	–	–	6	10	8.0
Moniligastridae	1	1	3.2	–	–	–	1	1	0.8
Almidae	1	1	3.2	–	–	–	1	1	0.8
Eudrilidae	1	1	3.2	–	–	–	1	1	0.8
Lumbricidae	1	1	3.2	–	–	–	1	1	0.8
Total	19	31	24.8	14	94	75.2	33	125	100.0

¹ Se han excluido tres especies del género *Allolobophora* Eisen, 1873 (Lumbricidae) consideradas por Rodríguez (2004) como insertae sedis.

Cuadro 2.2. Distribución de géneros y especies de lombrices de tierra nativas y exóticas y el total por islas o grupos de islas en el Caribe.

Islas	Exóticas				Nativas				Total	
	Géneros	(%)	Especies	(%)	Géneros	(%)	Especies	(%)	Géneros	Especies
Cuba	15	62.5	20	42.6	9	37.5	27	57.4	24	47
Jamaica	6	75.0	7	22.6	2	25.0	24	77.4	8	31
La Española	8	72.7	9	42.9	3	27.3	12	57.1	11	21
Puerto Rico	10	66.7	12	40.0	5	33.3	18	60.0	15	30
Antillas Menores	15	71.4	24	52.2	6	28.6	22	47.8	21	46

sin embargo, por ser este archipiélago el mayor y más heterogéneo desde el punto de vista ecológico en el Caribe, estos valores resultan relativamente bajos. Fragoso et al. (1999) estimaron que la oligoquetofauna nativa cubana debe llegar a unas 200 especies. Dicha estimación se basó en la fauna nativa conocida en regiones moderadamente bien inventariadas como el estado de Veracruz, México² y Puerto Rico³. Por lo tanto, es posible que menos de 14% de la fauna nativa cubana sea conocida. Asimismo, de las 130 especies pronosticadas por Fragoso et al. (1999) para La Española, sólo un 16% ha sido encontrada.

En el Cuadro 2.2 se aprecia además que en todas las islas el número de géneros exóticos es mayor que los nativos; sin embargo, para las especies se observa que el porcentaje de nativas es superior (excepto en las Antillas Menores). Esto coincide con los resultados observados para otros grupos de invertebrados mejor estudiados en el área los cuales tienden a exhibir una reducida diversidad en los niveles taxonómicos superiores, pero presentan una gran radiación adaptativa en algunos táxones con una gran diversidad de especies (Liebherr, 1988; Smith et al., 1994; Pereira et al., 1997; Schubart et al., 1998). El aislamiento

geográfico de las islas caribeñas ocurrido desde el Eoceno medio y las numerosas transgresiones y regresiones ocurridas desde este período (Iturralde-Vinent & MacPhee, 1999) provocó una elevada variabilidad ecológica que facilitó los procesos de especiación, radiaciones adaptativas y en general, determinó un elevado endemismo tanto en las lombrices de tierra (86 especies exclusivas, 69%) como en otros grupos zoológicos (Fernández & Muñiz, 1995).

A nivel del conocimiento actual, estos resultados se ven reflejados también si se comparan con la diversidad de un país megadiverso como México. La riqueza de especies citada por Fragoso (2007) para ese país (135 especies, 84 nativas y 51 exóticas) es similar a la de la fauna caribeña.

En el Cuadro 2.3 se reflejan los endemismos locales. La diferencia entre el porcentaje para la región (69%) y los valores menores para las islas individuales se debe a que algunas de las especies están compartidas entre dos o más islas por lo que no se cuentan como endemismos de ninguna de ellas, pero sí para el área.

La producción científica de la región, indicada por la tasa anual de artículos publicados

Cuadro 2.3. Endemismo de las lombrices de tierra en las islas del Caribe.

Islas	Número total de especies	Número de especies endémicas	% de endemismo
Cuba	47	22	43
Jamaica	31	20	65
La Española	21	8	38
Puerto Rico	30	17	57
Antillas Menores	46	19	41
Total	125	86	69

El porcentaje de endemismo para la región está calculado en base a las 126 especies registradas (Cuadro 2.1).

² Con 33 especies según Fragoso (2001).

³ Con 18 especies de acuerdo con Borges (1996a).

sobre taxonomía de los oligoquetos terrestres, es extremadamente baja, aunque muestra un incremento a partir de la segunda mitad del siglo XX y principios del XXI (reflejado también por el aumento del número de especies nuevas descritas; Cuadro 2.4). Comparando las aproximadamente 64 especies nuevas descritas de las islas caribeñas desde 1950 a la fecha ($\approx 1 \text{ año}^{-1}$) con el promedio de 68 especies nuevas que se publican a nivel mundial cada año (Reynolds, 1994), se tiene un índice del escaso interés que ha recibido la taxonomía de estos anélidos en la región.

Aunque con un número un poco mayor de artículos publicados (83), las investigaciones sobre ecología, no han tenido mejor suerte que las de carácter taxonómico. El Cuadro 2.5 muestra que la mayor parte de los resultados publicados de ecología se han realizado en Cuba y Puerto Rico (89.9 %); mientras que pocos artículos (10.1%) provienen de las Antillas Menores.

Las temáticas más abordadas se refieren a caracterizaciones de comunidades en ecosistemas particulares o a comparaciones entre ambientes con diferentes grado de perturbación o manejos (Moore & Burns, 1970; Martínez & Rodríguez, 1991; Alfaro & Borges, 1996; González et al., 1996; Borges & Alfaro, 1997; Zou & González, 1997; González & Zou, 1999; González et al., 1999; Rodríguez, 2000; Fernández, 2001; Alfonso, 2002; Martínez, 2002; Hubers et al., 2003; Sánchez de León et

al., 2003). Además, las investigaciones llevadas a cabo en Cuba relacionadas con la introducción y el desarrollo del vermicompostaje a partir de los años 80, generaron numerosos artículos, manuales de instrucción y libros (Rodríguez, 1991, 1996; Rodríguez et al., 1986, 1988, 1998) que contribuyeron a que este sea el segundo tema más tratado.

Resulta curioso que la mayoría de los resultados reflejados en estas publicaciones se refieren a especies exóticas para el área del Caribe; así, los estudios sobre vermicompostaje, parasitología, biología y microbiología se fundamentaron en especies exóticas de interés comercial o productivo como *Eudrilus eugeniae* (Kinberg, 1867), *Eisenia andrei* Bouché, 1972 o *Perionyx excavatus* Perrier, 1872 por las ventajas económicas y medioambientales que representa la producción de humus, biomasa y la evacuación de residuos industriales y agrícolas.

Sólo algunas investigaciones han sido realizadas con especies nativas (por ejemplo, se estudió el ciclo de vida, producción de turrículos, tasa de ingestión y selección de partículas en *Onychochaeta elegans*). Otros estudios evaluaron las especies nativas como parte de investigaciones más integrales en Cuba (Martínez & Rodríguez, 1991; Rodríguez, 2000; Fernández, 2001; Alfonso, 2002; Martínez, 2002) o Puerto Rico (Moore & Burns, 1970; Alfaro & Borges, 1996; González et

Cuadro 2.4. Publicaciones sobre taxonomía de las lombrices de tierra de las islas del Caribe. Se incluye la tasa anual de publicaciones y el número de especies descritas correspondiente a cada período de estudio.

Período	Artículos		Tasa	No. especies	Autores que más contribuyeron
	No.	%	anual	nuevas descritas	
Siglo XIX.....					
50 últimos años	8	14	0.16	9	Beddard (1890, 1892, 1893, 1895), Benham (1886), Michaelsen (1890, 1898, 1899)
Siglo XX y XXI.....					
1900-1949	10	17	0.20	8	Michaelsen (1900, 1902, 1903, 1908, 1910, 1923, 1935, 1936), Eisen (1900), Gates (1937)
1950-2004	43	70	1.19	64	Gates (1954, 1957, 1958, 1962a, b, 1970, 1972, 1973, 1979), Sims (1987), Borges & Moreno (1989, 1990a, b, 1991, 1992, 1994), Borges (1992, 1994, 1996a, b, 2004), James (1991, 1996, 2004), Fragoso et al. (1995), Csuzdi & Zicsi (1991), Csuzdi (1994), Zicsi (1995), Righi (1971, 1972, 1984, 1995), Rodríguez (1993, 1999, 2004), Rodríguez & Fragoso (1995, 2002), Rodríguez & Reinés (1986), Rodríguez et al. (1986, 1987, 2003), este estudio
Total	61			81	

Cuadro 2.5. Artículos publicados sobre diversos aspectos ecológicos de las lombrices de tierra de las islas del Caribe.

Islas	Caracterización de comunidades		Manejo y efecto de perturbación	Lombrices-planta-suelo		Lombrices-microorganismos		Parasitología	Biología	Vermicompostaje	Total
	5	9		7	3	6	5				
Puerto Rico			3	7	3					2	20
Cuba			7		6		5	8		20	55
Martinica			2	4							6
Guadalupe			1								1
Dominica			1								1
Otras											1
Total	14	14	14	11	9	5	8	22	83		

al., 1996; Borges & Alfaro, 1997; Zou & González, 1997; Hubers et al., 2003; Sánchez de León et al., 2003; ver Foto 2.2).



Foto 2.2. Las lombrices nativas del género *Estherella* son comunes en las Montañas de Luquillo, en Puerto Rico. (Foto G. González)

Investigaciones integrales con el propósito de estudiar el efecto de las lombrices en las propiedades de suelos y en procesos a nivel de ecosistemas en sitios con diferente historia de usos se han realizado en Puerto Rico. Por ejemplo, González & Zou (1999) estudiaron la influencia de *Pontoscolex corethrurus* sobre la disponibilidad y mineralización de nitrógeno en suelos de pastizales y de bosques maduros. Por otro lado, Zou & González (2001) resumen los efectos del manejo y la relación entre la biomasa de lombrices y el carbono del suelo y la eficiencia del uso de nutrientes en plantaciones tropicales. También en Puerto Rico, Santiago (1995), Alonso et al. (1999) y Méndez et al. (2003) realizaron estudios microbiológicos del tubo digestivo de *O. borincana* Borges, 1994 con el fin de determinar la posible presencia de endosimbiontes, encontrándose un microorganismo adherido a las paredes intestinales, posiblemente un actinomiceto (Méndez et al., 2003).

En el Caribe se realizaron 26 determinaciones de densidad, biomasa y riqueza de especies (Cuadro 2.6) que corresponden a bosques o arboledas (46.1%), pastizales o sabanas (38.5%) y agroecosistemas (15.4%). Este número de estimaciones es insuficiente para establecer un patrón general para el área o por tipo de ecosistema; menos aún, considerando la heterogeneidad florística, de suelos, climas locales, altitudes, épocas del año, etc. de los sitios donde se han realizado los muestreos. Sin embargo, algunas tendencias se pueden observar que se corresponden con los

Cuadro 2.6. Diversidad, densidad (N° individuos m⁻²) y biomasa (g m⁻²) de comunidades de lombrices de tierra en diversos ecosistemas de las islas del Caribe.

Ecosistemas Países	Lugares	Ecosistemas	No. spp.	Densidad (N° ind m ⁻²)	Biomasa (g m ⁻²)	Referencias	
Bosque							
Cuba	Sierra del Rosario, P. del Río	Siempreverde	3	104	6.04	Martínez & Rodríguez (1991)	
	Sierra del Rosario, P. del Río	Siempreverde	5	117	27.4	Martínez & Sánchez (2000)	
	Capdevila, La Habana	Semideciduo secundario	9	87	25.6	Fernández (2001)	
	Capdevila, La Habana	Semideciduo secundario	8	89	42	Martínez (2002)	
	Palmira, Cienfuegos	Semideciduo	7	63	31	Rodríguez (2000)	
	Valle del Yumurí, Matanzas	Semideciduo	10	106	34.8	Alfonso (2002)	
	Baño de Oro, Luquillo	Pluvisilvas	8	19	15.7	Borges & Alfaro (1997)	
	Luquillo	Secundarios	5	189	61.4	González et al. (1996)	
	Luquillo	Subtropical húmedo	1	26	2.04	González & Seastedt (2001)	
	Sierra de Cayey	Secundario joven	1	172	39.3	Sánchez de León et al. (2003)	
Puerto Rico	Sierra de Cayey	Secundario maduro	6	88	45.9	Sánchez de León et al. (2003)	
	Cartagena, Laguna	Seco altamente perturbado	4	455	83.8	Alfaro & Borges (1996)	
	Pastizal						
	Cuba	Sierra del Rosario, P. del Río	Pastizal de montaña	3	118	46.4	Martínez & Rodríguez (1991)
Sierra del Rosario, P. del Río		Pastizal de montaña	6	117	10.5	Martínez & Sánchez (2000)	
Palmira, Cienfuegos		Pastizal semipermanente	3	36	16	Rodríguez (2000)	
Capdevila, La Habana		Pastizal semipermanente	6	56	27	Martínez (2002)	
Indio Hatuey, Matanzas		Con sistema Voisin	3	154	140	Martínez (datos no publicados)	
Caimito, La Habana		Con ganadería, desagüe establos	6	520	385	Rodríguez & Martínez (2001)	
Cangrejeras, La Habana		Con ganadería	3	59	23.7	Cabrera (2003)	
Puerto Rico		Luquillo	Con ganadería	1	831	175	Zou & González (1997)
Sierra de Cayey		Pastizal permanente	2	274	77.7	Sánchez de León et al. (2003)	
Martinica		Santa Ana	Pastizales nativos	3	93	336.4	Barois et al. (1988)
Agroecosistemas							
Cuba	Santiago Vegas, La Habana	Caña de azúcar	3	18	28	Rodríguez et al. (1992)	
	Palmira, Cienfuegos	Caña de azúcar	4	21	3.4	Rodríguez (2000)	
	Capdevila, La Habana	Cultivo de plátano	5	48	15.3	Martínez (2002)	
	Cangrejeras, La Habana	Policultivo	2	29	4.8	Cabrera (2003)	

señalamientos de Fragoso et al. (1995, 1999), González et al. (1996), Rodríguez (2000) y Borges (2004) para México, Cuba, Puerto Rico y zonas tropicales en general:

- Las comunidades de lombrices en los ecosistemas naturales tienen menor abundancia y biomasa que en los perturbados, con excepción de los agroecosistemas con cultivos de ciclos cortos donde estos parámetros pueden ser extremadamente bajos. Los pastizales representan generalmente los valores más altos, al menos en biomasa, mientras que los bosques albergan los mayores valores de diversidad.
- Los ecosistemas naturales y perturbados están compuestos por especies nativas y exóticas. En los naturales, el número de especies nativas es mayor que las exóticas, mientras que estas últimas prevalecen en los sistemas perturbados.
- La supervivencia de las especies nativas en los ecosistemas perturbados depende del tiempo en que ese sistema ha permanecido sin alterar y de la intensidad de las prácticas destructivas originales.

Los grupos funcionales en las lombrices están basados en sus hábitos alimentarios y otros parámetros como el comportamiento, morfología y demografía; de esta manera, cuando se señala la categoría de una especie se está ofreciendo una información importante sobre la función que el organismo desempeña en el hábitat donde vive. Es imprescindible conocer distintos caracteres como el contenido intestinal, pigmentación, desarrollo muscular, forma y dirección de los túneles, vagilidad, ciclo de vida, tipos de capullos, etc. para poder ubicar a una especie en una categoría funcional dada. Gran parte de esta información, o incluso en su totalidad, se desconoce para la mayoría de las especies nativas de la región y aun para varias exóticas.

Es conocido que las lombrices de tierra responden a los cambios ambientales de diferentes maneras. En las regiones tropicales como el área caribeña, uno de los factores limitantes fundamentales para su desarrollo es la disponibilidad de agua en el suelo. Se ha observado que la respuesta de las lombrices a la carencia de humedad edáfica puede ser migrando a niveles más profundos como ocurre en *O. elegans* (Fernández, 2001) o pasando un período de diapausa dentro de una cápsula a manera de un quiste semejante a un cocón como se ha registrado en Cuba y Puerto Rico en *Pontoscolex cynthiae* Borges & Moreno, 1990 (Fernández, 2001; Borges, 2004). También para la mayoría de las especies se desconoce este y

muchos otros tipos de comportamiento y respuestas ante factores climáticos, edáficos o de otra índole. Algunos aspectos de la estructura demográfica de las comunidades o poblaciones como son sus fluctuaciones temporales han sido registrados por Fernández (2001) y Alfonso (2002) para *O. elegans* en bosques secundarios y semidecíduos mesófilos y para *P. cynthiae* en semidecíduos (Alfonso, 2002) en Cuba, pero datos básicos como éstos o sobre la distribución espacial, relaciones con otras especies animales o de microorganismos son sumamente escasos.

Perspectivas futuras

En este artículo sólo se pretende sintetizar y actualizar los datos existentes sobre la diversidad y la ecología de la oligoquetofauna terrestre. El problema fundamental en el conocimiento del grupo y principal limitación radica en la insuficiencia de muestreos en muchas islas o la carencia de éstos en otras, lo que ha implicado una determinación parcial o nula de su diversidad y un conocimiento limitado sobre su ecología, como se ha planteado anteriormente. Sólo Puerto Rico se considera moderadamente bien inventariada y en territorios como Haití, solamente se han registrado catorce especies, mientras que de otras islas de la Antillas Menores (María Galante, La Desirade, Monserrat, St. Barts, St. Eustatius, Gran Caimán, St. Lucía, etc.) se han citado, por lo general, menos de cuatro especies.

Algunas áreas de gran antigüedad geológica y donde aún persisten ecosistemas boscosos naturales bien conservados como en la región oriental de Cuba o algunos picos montañosos de Jamaica o de República Dominicana, caracterizados por altos valores de diversidad y endemismo en invertebrados (Alayo et al., 1989) y lombrices de tierra (James, 2004; ver Fotos 2.3 y 2.4), aún permanecen sin inventariar. Un aumento en el esfuerzo de muestreo en la región debe cambiar notablemente los valores de diversidad, elevar el número de especies nativas y endémicas, y por consiguiente, modificar las interpretaciones filogenéticas y biogeográficas del área.

Otro aspecto de interés que resta por estudiar lo constituye la variabilidad de las especies como señaló Borges (2004) para Puerto Rico y que es aplicable a todo el Caribe. La intensificación de las colectas permitirá ampliar



Foto 2.3. Un individuo grande (25 cm) de *Eutriggeria* del alto del John Crow Range, una región montañosa en el este de Jamaica. Las pequeñas líneas grises en la parte anterior del cuerpo de la lombriz son ejemplares de *Pelmatodrilus* (Enchytraeidae), organismos ectocomensales de diversas especies de lombrices jamaicanas. (Foto S.W. James)



Foto 2.4. Otra especie de *Eutriggeria* (azul) de las faldas del John Crow Range, leste de Jamaica. Este individuo también tiene diversos *Pelmatodrilus* (Enchytraeidae) ectocomensales (ver p.ej., en el clitelo). (Foto S.W. James)

las series de ejemplares de las especies y conocer la variabilidad intraespecífica y profundizar en la taxonomía y las relaciones con su ambiente. Por otra parte, el elevado nivel de especulación al considerar las distribuciones y biogeografía en las Indias Occidentales requiere muchos más datos de las distribuciones actuales de las lombrices. Asimismo, una vez que la región sea suficientemente muestreada, la realización de análisis moleculares y filogenéticos ofrecerá información novedosa sobre las relaciones evolutivas entre linajes y especies, aumento en el conocimiento biogeográfico y herramientas

importantes para mejorar la selección de criterios taxonómicos aplicados a la definición y/o identificación de los taxones.

Otra situación inherente no sólo al área del Caribe, sino a muchas regiones del mundo se refiere a la falta de especialistas en la taxonomía y la sistemática de oligoquetos. Baste citar los estimados de Frago et al. (2003), quienes alertaron que para duplicar el número actual de especies de lombrices descritas (3627, a un ritmo de 68 especies nuevas por año de acuerdo a Reynolds, 1994), se requeriría 10 taxónomos investigando a tiempo completo durante los próximos 45 años o 45 taxónomos trabajando durante los próximos 10 años.

Aunar los esfuerzos de los especialistas en la taxonomía y la ecología de los oligoquetos terrestres en proyectos locales o regionales que abarquen las islas menos estudiadas y completen las investigaciones en aquellas cuya fauna es más conocida, contribuiría notablemente al conocimiento básico y práctico/aplicado en diferentes esferas de la ciencia y la técnica.

Referencias

- ALAYO, R.; ARMAS, L. de CRUZ; J. de la; FONTENLA, J. L.; GARCÍA, M. E.; MUJINOVA, N.; ESPINOSA, J.; GONZÁLEZ, A.; GONZÁLEZ, H.; RODRÍGUEZ, L. Fauna. En: **Atlas nacional de Cuba**. La Habana: Instituto de Geografía e Instituto Cubano de Geografía y Cartografía, 1989. p. XI.
- ALFARO, M.; BORGES, S. Ecological aspects of earthworms from Laguna Cartagena, Puerto Rico. **Caribbean Journal of Science**, v. 32, n. 4, p. 406-412, 1996.
- ALFONSO, F. A. **Comunidades de lombrices de tierra (Annelida: Oligochaeta) de un bosque semidecíduo mesófilo en Valle de Yumurí, Cuba**. 2002. 50 f. Tesis de Diploma, Universidad de La Habana, Cuba.
- ALONSO, A.; BORGES, S.; BETANCOURT, C. Mycotic flora of the intestinal tract and the soil inhabited by *Onychochaeta borincana* (Oligochaeta: Glossoscolecidae). **Pedobiología**, v. 43, p. 901-903, 1999.
- ARECES-MALLEA, A. E.; WEAKLEY, A. S.; LI, X.; SAYRE, R. G.; PARRISH, J. D.; TIPTON, C.V.; BOUCHER, T. **A guide of Caribbean vegetation types: preliminary classifications system and descriptions**. Washington D.C.: The Nature Conservancy International Headquarters, 1999. 166p.

- BAROIS, I.; CADET, P.; ALBRECHT, A.; LAVELLE, P. Systèmes de culture et faune des sols. Quelques données. En: FELLER, C. (Ed.). **Fertilité des sols dans les agricultures paysannes caribeennes**: effets des restitution organiques. Paris : OSTROM-Martinique, 1988. p. 85-91.
- BARRANCO, G. Clima y cambios globales. En: **ATLAS medio ambiental del Caribe**. Madrid: MAP - SIG Consulting, 1995. p. 69-82
- BEDDARD, F. E. Observations upon an American species of *Perichaeta* and upon some other members of the genus. **Proceedings of the Zoological Society**, London, p. 52-69, 1890.
- BEDDARD, F. E. Two new genera and some new species of earthworms. **Quarterly Journal of Microscopical Science**, v. 34, p. 243-278, 1892. New series.
- BEDDARD, F. E. On some new species of earthworms from various parts of the world. **Proceedings of the Zoological Society**, London, p. 666-706, 1893.
- BEDDARD, F. E. **A monograph of the order of Oligochaeta, XII**. Oxford: Clarendon Press, 1895. 769 p.
- BENHAM, W. B. Studies on earthworms. II. **Quarterly Journal of Microscopical Science**, v. 22, p. 1-77, 1886.
- BIRDSEY, R. A.; WEAVER, P. L. **Forest area trend in Puerto Rico**. Washington, D.C.: United States Forest Service, 1987. (Research note SO-331).
- BORGES, S. A tentative phylogenetic analysis of the genus *Pontoscolex* (Oligochaeta: Glossoscolecidae). **Soil Biology and Biochemistry**, v. 24, p. 1207-1211, 1992.
- BORGES, S. A new species of *Onychochaeta* Beddard, 1891 (Oligochaeta: Glossoscolecidae) from Puerto Rico. **Caribbean Journal of Science**, v. 30, n. 3-4, p. 203-205, 1994.
- BORGES, S. The terrestrial oligochaetes of Puerto Rico. The Survey of Puerto Rico and The Virgin Islands. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 776, p. 239-248, 1996a.
- BORGES, S. Taxonomic key and annotated bibliography to the earthworms of Puerto Rico. The Survey of Puerto Rico and The Virgin Islands. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 776, p. 249-256, 1996b.
- BORGES, S. The current status of research on the terrestrial Oligochaetes of Puerto Rico. En: MORENO, A. G.; BORGES, S. (Ed.). **Avances en taxonomía de lombrices de tierra (Annelida: Oligochaeta)**. Madrid: Editorial Complutense, 2004. p. 275-298.
- BORGES, S.; ALFARO, M. The earthworms of Baño de Oro, Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 29, p. 231-234, 1997.
- BORGES, S.; MORENO, A. G. Nuevas especies del género *Estherella* Gates, 1970 (Oligochaeta: Glossoscolecidae) para Puerto Rico. **Bolletino del Museo Regionale de Scienze Naturali**, Torino, v. 7, p. 383-399, 1989.
- BORGES, S.; MORENO, A. G. Nuevas especies y un nuevo subgénero del género *Pontoscolex* Schmarida, 1861 (Oligochaeta: Glossoscolecidae) para Puerto Rico. **Bolletino del Museo Regionale de Scienze Naturali**, Torino, v. 8, p. 143-157, 1990a.
- BORGES, S.; MORENO, A. G. Contribución al conocimiento de los oligoquetos terrestres de Puerto Rico: las "*Pheretimas*". **Caribbean Journal of Science**, v. 26, n. 3-4, p. 141-151, 1990b.
- BORGES, S.; MORENO, A.G. Nuevas especies del género *Trigaster* Benham, 1886 (Oligochaeta: Octochaetidae) para Puerto Rico. **Bolletino del Museo Regionale de Scienze Naturali**, v. 9, p. 39-54, 1991.
- BORGES, S.; MORENO, A. G. Redescrición de *Trigaster rufa* Gates, 1962 (Oligochaeta: Octochaetidae). **Caribbean Journal of Science**, v. 28, p. 1-2, p. 47-50, 1992.
- BORGES, S.; MORENO, A. G. Dos citas nuevas de oligoquetos terrestres para Puerto Rico, y nuevas localidades para otras tres especies. **Caribbean Journal of Science**, v. 30, p. 1-2, p. 150-151, 1994.
- CABRERA, G. **Características de la macrofauna del suelo en áreas con manejo agroecológico en Cangrejas, La Habana, Cuba**. 2003. 86 f. Tesis (Maestría) - Instituto de Ecología y Sistemática.
- COGNETTI, L. Nuovi Oligocheti di Costa Rica. **Bollettino dei Musei di Zoologia ed Anatomia comparata della Reale Università di Torino**, v. 19, n. 478), p. 1-4, 1904.
- CSUZDI, C. Neue *Eutigaster*. Arten aus Kuba und ihre zoogeographischen Beziehungen (Oligochaeta: Octochaetidae). **Mitteilungen aus dem Hamburgischen Zoologischen Museum und Institut**, v. 89, n. 2, p. 63-70, 1994.
- CSUZDI, Cs. Neue und bekannte Regenwürmer aus dem Naturhistorischen Museum, London (Oligochaeta: Acanthodrilidae). **Opuscula Zoologica Budapest**, v. 29-30, p. 35-47, 1997.
- CSUZDI, C.; ZICSI, A. Über die Verbreitung neuer und bekannter Dichogaster und Eutigaster Arten aus Mittel- und Südamerika (Oligochaeta: Octochaetidae). **Mitteilungen aus dem Hamburgischen Zoologischen Museum und Institut**, v. 89, n. 2, p. 71-80, 1994.

15. **Acta Zoologica Hungarica**, v. 37, n. 3-4, p. 147-192, 1991.
- EASTON, E. G. Taxonomy and distribution of the *Metapheretima elongata* species-complex of the Indo-Australasian earthworms (Megascolecidae: Oligochaeta). **Bulletin of the Natural History Museum**, v. 30, p. 31-53, 1976. (Zoology Series).
- EASTON, E. G. A revision of the acaecate earthworms of the *Pheretima* group (Megascolecidae: Oligochaeta): *Archipheretima*, *Metapheretima*, *Planapheretima*, *Pleionogaster* and *Polypheretima*. **Bulletin of the Natural History Museum**, v. 35, n. 1, p. 1-126, 1979. (Zoology Series).
- EISEN, G. Researches in the American Oligochaeta, with special reference to those of the Pacific coast and adjacent islands. **Proceedings of the California Academy of Sciences**, v. 2, n. 3, p. 85-276, 1900.
- FERNÁNDEZ, R. **Lombrices de tierra (Annelida: Oligochaeta) de un bosque secundario: composición taxonómica y evaluación ecológica**. 2001. 48 f. Tesis (Diploma) - Universidad de La Habana, Habana.
- FERNÁNDEZ, M. C.; MUÑIZ, O. Diversidad biológica. In: **ATLAS medio ambiental del Caribe**. Madrid: MAP - SIG Consulting, 1995. p. 83-104.
- FRAGOSO, C. Las lombrices de tierra de México (Annelida: Oligochaeta): diversidad, ecología y manejo. **Acta Zoologica Mexicana**, v. 1, p. 131-171, 2001. Número especial. (Nueva Serie).
- FRAGOSO, C. Diversidad y patrones biogeográficos de las lombrices de tierra de México (Oligochaeta, Annelida). In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. (Ed.). **Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. Capítulo 4.
- FRAGOSO, C.; BROWN, G. G.; FEIJOO, A. The influence of Gilberto Righi on tropical earthworm taxonomy: the value of a full time taxonomist. **Pedobiologia**, v. 47, n. 5-6, p. 400-404, 2003.
- FRAGOSO, C.; JAMES, S. W.; BORGES, S. Native earthworms of the North Neotropical region: current status and controversies. In: HENDRIX, P. F. (Ed.). **Earthworm ecology and biogeography in North America**. Boca Raton: Lewis Pub., 1995. p. 67-115.
- FRAGOSO, C.; KANYONYO, J.; MORENO, A. G.; SENAPATI, B. K.; BLANCHART, E.; RODRIGUEZ, C. A survey of tropical earthworms: taxonomy, biogeography and environmental plasticity. In: LAVELLE, P.; BRUSSAARD, L.; HENDRIX, P. F. (Ed.). **Earthworm management in tropical agroecosystems**. Wallingford: CABI, 1999. p. 1-26.
- GATES, G. E. The genus *Pheretima* in North America. **Bulletin of the Museum of Comparative Zoology, Harvard**, v. 80, n. 8, p. 339-373, 1937.
- GATES, G. E. On some American and Oriental earthworms, part II. Family Megascolecidae. **Ohio Journal of Science**, v. 43, p. 99-116, 1943.
- GATES, G. E. Exotic earthworms of the United States. **Bulletin of the Museum of Comparative Zoology, Harvard**, v. 3, p. 217-258, 1954.
- GATES, G. E. Contribution to a revision of the earthworm family Ocnerodrilidae. The genus *Nematogenia*. **Bulletin of the Museum of Comparative Zoology, Harvard**, v. 117, n. 4, p. 427-445, 1957.
- GATES, G. E. On some species of the oriental earthworm genus *Pheretima* Kinberg, 1867, with key to species reported from the Americas. **American Museum Novitates**, v. 1888, p. 1-30, 1958.
- GATES, G. E. On a new species on an earthworm genus *Trigaster* Benham, 1886 (Octochaetidae). **Breviora**, v. 178, p. 1-4, 1962a.
- GATES, G. E. Contributions to a revision of the earthworm family Ocnerodrilidae. III. On the genus *Nematogenia* Eisen, 1900. **Revue de Zoologie et de Botanique Africaines**, v. 65, n. 3-4, p. 247-264, 1962b.
- GATES, G. E. On Peregrine Species of the Moniligastrid Earthworm Genus *Drawida* Michaelsen, 1900. **Annals of the Museum of Natural History**, v. 13, n. 8, p. 85-95, 1965.
- GATES, G. E. On a new species in a new earthworm genus from Puerto Rico. **Breviora**, v. 356, p. 1-11, 1970.
- GATES, G. E. Burmese earthworms, an introduction to systematics and biology of Megadrile oligochaetes with special reference to South-east Asia. **Transactions of the American Philosophical Society**, v. 62, n. 7, p. 1-326, 1972.
- GATES, G. E. Contributions to the North American Earthworms (Annelida). No. 6. Contributions to a revision of the Earthworm Family Glossoscolecidae. I. *Pontoscolex corethrurus* (Müller, 1857). **Bulletin of the Tall Timbers Research Station**, v. 14, n. 1-12, 1973a.
- GATES, G. E. Contributions to a revision of the earthworm family Ocnerodrilidae. IX. What is *Ocnerodrilus occidentalis*? **Bulletin of the Tall Timbers Research Station**, v. 14, p. 13-38, 1973b.
- GATES, G. E. A new genus of large ocnerodrilid earthworm in the American hemisphere. **Megadrilologica**, v. 3, n. 9, p. 162-164, 1979.
- GATES, G. E. Farewell to North American megadriles. **Megadrilologica**, v. 4, n. 1-2, p. 12-77, 1982.

- GONZÁLEZ, G.; SEASTEDT, T. R. Soil fauna and plant litter decomposition in tropical and subalpine forests. **Ecology**, v. 82, n. 4, p. 955-964, 2001.
- GONZÁLEZ, G.; ZOU, X. Earthworm influence on N availability and the growth of *Cecropia schreberiana* in tropical pasture and forest soils. **Pedobiologia**, v. 43, n. 6, p. 824-829, 1999a.
- GONZÁLEZ, G.; ZOU, X. Plant and litter influences on earthworm abundance and community structure in a tropical wet forest. **Biotropica**, v. 31, n. 3, p. 486-493, 1999b.
- GONZÁLEZ, G.; ZOU, X.; SABAT, A.; FETCHER, N. Earthworm abundance and distribution pattern in relation to plant communities within a subtropical wet forest of Puerto Rico. **Caribbean Journal of Science**, v. 35, n. 1-2, p. 93-100, 1999.
- GONZÁLEZ, G.; ZOU, X.; BORGES, S. Earthworm abundance and species composition in abandoned tropical croplands: comparison of tree plantations and secondary forests. **Pedobiologia**, v. 40, p. 385-391, 1996.
- GRAFF, U. O. Regenwurm aus El Salvador (Oligochaeta). **Senckenbergiana Biologica**, v. 38, n. 1-2, p. 115-143, 1957.
- HEDGES, S. B. Biogeography of the West Indies: an overview. In: WOODS, CH. A.; SERGILE, F.E. (Ed.). **Biogeography of the West Indies: patterns and perspectives**. 2.ed. Boca Raton: CRC Press, 2001. p. 15-33.
- HUBERS, H.; BORGES, S.; ALFARO, M. The oligochaetofauna of the Nipe soils of the Maricao State Forest, Puerto Rico. **Pedobiologia**, v. 47, n. 5-6, p. 475-478, 2003.
- ITURRALDE-VINENT, M. A.; MACPHEE, R. D. E. Paleogeography of the Caribbean region: implications for cenozoic biogeography. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, v. 238, p. 1-95, 1999.
- JAMES, S. W. New species of earthworms from Puerto Rico, with a redefinition of the genus *Trigaster*. **Transactions of the American Microscopical Society**, v. 110, p. 337-353, 1991.
- JAMES, S. W. Nine new species of *Dichogaster* (Oligochaeta: Megascolecidae) from Guadalupe (French West Indies). **Zoologica Scripta**, v. 25, n. 1, p. 21-34, 1996.
- JAMES, S. W. Earthworms from the eastern mountains of Jamaica: fourteen new species of *Dichogaster* (Oligochaeta: Megascolecidae). **Organisms, Diversity and Evolution**, v. 4, p. 277-294, 2004.
- LIEBHERR, L. K. (Ed.). **Zoogeography of Caribbean insects**. Ithaca: Cornell University Press, 1988.
- MARTÍNEZ, M. A. **Comunidades de oligoquetos (Annelida: Oligochaeta) en tres ecosistemas con diferente grado de perturbación en Cuba**. 2002. 97 f. Tesis (Doctorado) - Instituto de Ecología y Sistemática, Cuba.
- MARTÍNEZ, M. A.; RODRÍGUEZ, C. Evaluación ecológica preliminar de las poblaciones de oligoquetos (Annelida: Oligochaeta) en ecosistemas de Sierra del Rosario. **Revista de Biología**, v. 5, n. 1, p. 9-17, 1991.
- MARTÍNEZ, M. A.; SÁNCHEZ, J. A. Comunidades de lombrices de tierra (Annelida: Oligochaeta) de un bosque siempre verde y un pastizal de Sierra del Rosario, Cuba. **Caribbean Journal of Science**, v. 36, n. 1-2, p. 1-10, 2000.
- MÉNDEZ, R.; BORGES, S.; BETANCOURT, C. A microscopical view of the intestine of *Onychochaeta borincana* (Oligochaeta: Glossoscolecidae). **Pedobiologia**, v. 47, n. 5-6, 900-903, 2003.
- MICHAELSEN, W. Oligochaeten des Hamburger Naturhistorischen Museum. III. **Mitteilungen aus dem Naturhistorischen Museum in Hamburg**, v. 7, p. 1-12, 1890.
- MICHAELSEN, W. Ueber eine neue Gattung und vier neue Arten der Unterfamilie Benhamini. **Jahrbuch der Hamburgischen Wissenschaftlichen Anstalten**, v. 15, n. 2, p. 165-178, 1898.
- MICHAELSEN, W. Terricolen von verschiedenen Gebieten der Erde. **Jahrbuch der Hamburgischen Wissenschaftlichen Anstalten**, v. 16, n. 2, p. 1-122, 1899.
- MICHAELSEN, W. **Oligochaeta**. Berlin: R. Friedländer und Sohn, 1900. Das Tierreich, v. 10, 1-575.
- MICHAELSEN, W. Neue Oligochaeten und neue fundorte alt-bekannter. **Mitteilungen aus dem Naturhistorischen Museum in Hamburg**, v. 19, p. 1-54, 1902.
- MICHAELSEN, W. **Die geographische Verbreitung der Oligochaeten**. Berlin, 1903. 183 p.
- MICHAELSEN, W. Die Oligochaeten Westindiens. **Zoologische Jahrbücher Abteilung für Systematik, Ökologie und Geographie der Tiere Supplementum**, v. 11, p. 13-32, 1908.
- MICHAELSEN, W. Oligochaeten von verschiedenen Gebieten. **Mitteilungen aus dem Naturhistorischen Museum in Hamburg**, v. 27, p. 47-169, 1910.
- MICHAELSEN, W. Oligochaeten aus dem Naturhistorischen Reichsmuseum zu Stockholm. **Arkiv för Zoologi**, v. 10, n. 9, p. 1-21, 1916.
- MICHAELSEN, W. Oligochaeten von der wärmeren Amerikas und des Atlantische Ozean. **Mitteilungen aus dem Naturhistorischen Museum in Hamburg**, v. 41, p. 74-76, 1923.

- MICHAELSEN, W. Die Opisthopen Oligochaten Westindiens. **Mitteilungen aus dem Naturhistorischen Museum in Hamburg**, v. 45, p. 51-64, 1935.
- MICHAELSEN, W. African and American Oligochaeta in the American Museum of Natural History. **American Museum Novitates**, v. 843, p. 1-20, 1936.
- MOORE, A.; BURNS, L. Preliminary observations on the earthworm populations of the forest soils of El Verde. In: ODUM, H. T.; PIGEON, R. F. (Ed.). **A tropical rain forest: a study of irradiation and ecology at El Verde, Puerto Rico**. Oak Ridge: United States Atomic Energy Commission National Technical Information Service, 1970. TN. I-283-284.
- PECK, S. B. The invertebrate fauna of Tropical American Caves, Part II: Puerto Rico, an ecological and zoogeographical analysis. **Biotropica**, v. 6, n. 1, p. 14-31, 1974.
- PEREIRA, L. A.; FODDAI, D.; MINELLI, A. Zoogeographical aspects of Neotropical Geophilomorpha. **Entomologica Scandinavica Supplementum**, v. 51, p. 77-86, 1997.
- REEVES, W. K.; REYNOLDS, J. W. Earthworms (Oligochaeta: Glossoscolecidae, Megascolecidae and Octochaetidae) and terrestrial polychaetes (Polychaeta: Nereididae) of Grand Cayman Island, with notes on their natural enemies. **Megadrilologica**, v. 10, n. 6, p. 39-41, 2004.
- REYNOLDS, J. Earthworms of the world. **Global Biodiversity**, v. 4, p. 11-16, 1994.
- REYNOLDS, J.; REYNOLDS, D. W. Nuevos datos de lombrices de tierra (Oligochaeta) de la República Dominicana. **Megadrilologica**, v. 8, 5, p. 17-19, 2001.
- REYNOLDS, J.; REYNOLDS, D. W. Nuevos registros de lombrices de tierra (Oligochaeta: Glossoscolecidae) de la República Dominicana. **Megadrilologica**, v. 10, n. 3, p. 14-16, 2004.
- RIGHI, G. Sobre a familia Glossoscolecidae no Brasil. **Arquivos de Zoologia**, v. 20, n. 1, p. 1-95, 1971.
- RIGHI, G. On some earthworms from Central America (Oligochaeta). **Beitrag zur Neotropischen Fauna**, v. 7, p. 207-228, 1972.
- RIGHI, G. On a collection of neotropical Megadrili Oligochaeta. II. Glossoscolecidae, Lumbricidae. **Studies on the Neotropical Fauna and Environment**, v. 19, n. 2, p. 99-120, 1984.
- RIGHI, G. Some megadrili Oligochaeta from the Caribbean region. **Studies on the Natural History of the Caribbean Region**, v. 72, n. 47-53, 1995.
- RISCO, E.; SOTOMAYOR, A. I. Los recursos boscosos de Cuba. **Flora y Fauna**, v. 1, n. 1, p. 45-47, 1997.
- RODRÍGUEZ, C. Desarrollo del sistema reproductor y oviposición de *Eudrilus eugeniae* (Oligochaeta: Eudrilidae) a dos temperaturas. **Revista de Biología**, v. 5, n. 2-3, p. 159-167, 1991.
- RODRÍGUEZ, C. Listado preliminar de las lombrices de tierra (Annelida: Oligochaeta) de Cuba. **Poeyana**, n. 443, p. 1-9, 1993.
- RODRÍGUEZ, C. Biomasa, estructura y densidad poblacional de *Eudrilus eugeniae* (Oligochaeta: Eudrilidae) en un ciclo de producción con diferentes exposiciones de iluminación solar. **Revista de Biología**, v. 10, p. 51-60, 1996.
- RODRÍGUEZ, C. **Lombrices de tierra (Oligochaeta: Lumbricina) de Cuba**. 1999. 91 f. Tesis (Doctorado) - Universidad de La Habana.
- RODRÍGUEZ, C. Comunidades de lombrices de tierra (Annelida: Oligochaeta) en ecosistemas con diferentes grados de perturbación. **Revista de Biología**, v. 14, n. 2, p. 147-155, 2000.
- RODRÍGUEZ, C. Diversity and biogeographical considerations on the earthworms (Annelida: Oligochaeta) of Cuba. In: MORENO, A. G.; BORGES, S. (Ed.). **Avances en taxonomía de lombrices de tierra (Annelida: Oligochaeta)**. Madrid: Editorial Complutense, 2004. p. 299-313.
- RODRÍGUEZ, C.; ALONSO, M. E.; GONZÁLEZ, A.; GUARDIA, E. de la. Morfología y patrones electroforéticos de proteínas totales y esterasas de cuatro oligoquetos (Annelida: Oligochaeta) de Cuba. **Caribbean Journal of Science**, v. 22, p. 1-2, p. 71-83, 1986.
- RODRÍGUEZ, C.; BRITO, S.; SIERRA, A. Estudio de los estados inmaduros de *Eudrilus eugeniae* (Oligochaeta: Eudrilidae) a dos temperaturas. **Revista de Biología**, v. 2, n. 2, 45-54, 1988.
- RODRÍGUEZ, C.; CANETTI, M. E.; REINÉS, M.; SIERRA, A. Ciclo de vida de *Eudrilus eugeniae* (Oligochaeta: Eudrilidae) a 30 °C. **Poeyana**, v. 326, p. 1-13, 1986.
- RODRÍGUEZ, C.; FRAGOSO, C. Especies nuevas de *Zapatadrilus* James, 1991 (Oligochaeta: Megascolecidae) de Cuba. **Acta Zoologica Mexicana**, v. 64, p. 21-33, 1995. (Nueva Serie).
- RODRÍGUEZ, C.; FRAGOSO, C. Filogenia y biogeografía de *Cubadrilus* (Oligochaeta: Octochaetidae), un género nuevo de lombriz de tierra de Cuba. **Acta Zoologica Mexicana**, v. 87, p. 125-146, 2002. (Nueva Serie).
- RODRÍGUEZ, C.; GARCÍA, P.; SIERRA, A. La macrofauna de invertebrados del suelo en parcelas

- experimentales de caña de azúcar. I. Composición taxonómica e índices ecológicos en el primer ciclo de cultivo. **Ciencias Biológicas**, v. 25, p. 41-51, 1992.
- RODRÍGUEZ, C.; MARTÍNEZ, M. A. Comunidades de lombrices de tierra (Annelida: Oligochaeta) del desagüe de vaquerías en áreas de pastizales en Cuba. **Revista de Biología**, v. 15, n. 1, p. 37-44, 2001.
- RODRÍGUEZ, C.; MORENO, A. G.; CABRERA, G. Consideraciones sobre la identidad de *Onychochaeta elegans* (Cognetti, 1905) (Oligochaeta; Glossoscolecidae). **Animal Biodiversity and Conservation**, v. 26, p. 95-91, 2003.
- RODRÍGUEZ, C.; NORIEGA, G.; REINÉS, M.; SIERRA, A. Estudio morfológico e identificación de un megadrilo (Oligochaeta) presente en Cuba. **Revista de Biología**, v. 1, n. 2, p. 63-76, 1987.
- RODRÍGUEZ, C.; REINÉS, M. Morfología de *Polypheretima elongata* (Oligochaeta: Megascolecidae) en una población cubana. **Poeyana**, v. 325, p. 1-10, 1986.
- RODRÍGUEZ, C.; REINÉS, M.; SIERRA, A.; VÁZQUEZ, M. M. **Lombrices de tierra con valor comercial: biología y técnicas de cultivo**. México: DUCERE de C. V., 1998. 61 p.
- SÁNCHEZ-DE-LEÓN, Y.; ZOU, X.; BORGES, S.; RUAN, H. Recovery of native earthworms in abandoned tropical pastures. **Conservation Biology**, v. 17, p. 999-1006, 2003.
- SANTIAGO, A. **Estudio de la flora bacteriana de *Onychochaeta borincana* (Oligochaeta: Glossoscolecidae) en Puerto Rico**. 1995. 46 f. Tesis (Maestría) - Universidad de Puerto Rico, Mayagüez.
- SCHNEIDER, G. Ueber eine neue Regenwurmart aus Trinidad. **Sitzungsberichte der Naturforschergesellschaft bei der Universität Dorpart (Jurjeff)**, v. 11, p. 42-44, 1892. (citado de Beddard, 1895).
- SCHUBART, C. D.; DIESEL, R.; HEDGES, S. B. Rapid evolution to terrestrial life in Jamaican crabs. **Nature**, v. 393, p. 363-365, 1998.
- SIMS, R. W. New species and records of earthworms from Jamaica with notes on the genus *Eutrigaster* Cognetti, 1904 (Octochaetidae: Oligochaeta). **Journal of Natural History**, v. 21, p. 429-441, 1987.
- SIMS, R. W.; EASTON, E. G. A numerical revision of the earthworm genus *Pheretima* auct. (Megascolecidae: Oligochaeta) with a recognition of new genera and an appendix on the earthworms collected by the Royal Society North Borneo Expedition. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 4, n. 3, p. 169-268, 1972.
- SMITH, D. S.; MILLER, L. D.; MILLER, J. Y. **The butterflies of the West Indies and South Florida**. Oxford: Oxford University Press, 1994. 264 p.
- STEPHENSON, J. Oligochaeta from Burma, Kenya and other parts of the world. **Proceedings of the Zoological Society, London**, v. 92, p. 33-92, 1931.
- SOUL, F. The real work of systematics. In: **Biodiversidad, conservación y uso de recursos naturales**. Bogota: FESCOL, 1990. Colombia en el contexto internacional.
- WALLACE, A. R. **The geographical distribution of animals**. London: Macmillan, 1876. 2 v.
- ZICSI, A. Ein weiterer Beitrag zur Regenwurmfauna der Karibischen Region (Oligochaeta). Regenwürmer aus Südamerika 24. **Mitteilungen aus dem Hamburgischen Zoologischen Museum und Institut**, v. 92, p. 53-64, 1995.
- ZOU, X.; GONZÁLEZ, G. Changes in earthworm density and community structure during secondary succession in abandoned tropical pastures. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 29, p. 627-629, 1997.
- ZOU, X.; GONZÁLEZ, G. Earthworms in tropical tree plantations: effects of management and relations with soil carbon and nutrient use efficiency. In: REDDY, M. V. (Ed.). **Management of tropical plantation forests and their soil litter system**. New Delhi: Oxford University Press, 2001. p. 283-295.

Anexo 2.1. Lombrices de tierra nativas de las islas del Caribe.

Especie	Distribución	Referencias
Glossoscolecidae.....		
<i>Diachaeta barbadensis</i> ¹ (Beddard, 1892)	Barbados	Beddard (1892), Righi (1995)
<i>Diachaeta bonairensis</i> ¹ Righi, 1995	Bonaire	Righi (1995)
<i>Diachaeta hesperidum</i> ¹ (Beddard, 1893)	Trinidad	Beddard (1893)
<i>Diachaeta thomasii</i> Benham ¹ , 1886	St. Thomas, Islas Vírgenes, Jamaica, Aruba, Curazao, Saba, Bonaire, Rep. Dominicana, Gran Cayman	Benham (1886), Michaellesen (1900, 1908), Sims (1987), Righi (1995), Zicsi (1995), Reynolds & Reynolds (2004), Reeves & Reynolds (2004)
<i>Diachaeta</i> sp.nov. ¹	Cuba	Rodríguez & Moreno (datos no publicados)
<i>Estherella aguayo</i> ³ Borges & Moreno, 1989	Puerto Rico	Borges & Moreno (1989)
<i>Estherella caudoferruginea</i> ¹ Borges & Moreno, 1989	Puerto Rico	Borges & Moreno (1989)
<i>Estherella gatesi</i> ¹ Borges & Moreno, 1989	Puerto Rico	Borges & Moreno (1989)
<i>Estherella montana</i> ¹ Gates, 1970	Puerto Rico	Gates (1970)
<i>Estherella nemoralis</i> ¹ Gates, 1970	Puerto Rico	Gates (1970)
<i>Estherella stuarti</i> ¹ Borges y Moreno, 1989	Puerto Rico	Borges & Moreno (1989)
<i>Estherella toronegrensis</i> ¹ Borges & Moreno, 1989	Puerto Rico	Borges & Moreno (1989)
<i>Onychochaeta borincana</i> ¹ Borges, 1994	Puerto Rico	Borges (1994)
<i>Pontoscolex (Merocoscolex) cynthiae</i> Borges & Moreno, 1990	Puerto Rico, Cuba, México	Borges & Moreno (1990 a), Borges (1992), Fragoso et al. (1995), Rodríguez (1999), este estudio
<i>Pontoscolex (Pontoscolex) melissae</i> ¹ Borges & Moreno, 1990	Puerto Rico	Borges & Moreno (1990 a), Borges (1992)
<i>Pontoscolex (Pontoscolex) spiralis</i> ¹ Borges & Moreno, 1990	Puerto Rico	Borges & Moreno (1990 a), Borges (1992)
<i>Rhinodrilus curtus</i> ¹ Stephenson, 1931	Trinidad	Stephenson (1931)
<i>Rhinodrilus proboscideus</i> ¹ Schneider, 1892	Trinidad	Schneider (1892)
<i>Rhinodrilus sieversi</i> ¹ (Michaellesen, 1895)	Trinidad	Michaellesen (1935)
Acanthodrilidae.....		
<i>Diploptrema ulrici</i> ¹ (Michaellesen, 1923)	Cuba	Michaellesen (1923)
<i>Diploptrema</i> sp.nov. ¹	Cuba	Este estudio

Continuación...

Anexo 2.1. Continuación...	Especie	Distribución	Referencias
	<i>Diploptema</i> sp.nov.2 ¹	Cuba	Este estudio
	<i>Protozapotecia</i> sp.nov.1 ^{1,2}	Cuba	Este estudio
	<i>Protozapotecia</i> sp.nov.2 ¹	Cuba	Rodríguez (1999)
	<i>Protozapotecia</i> sp.nov.3 ¹	Cuba	Rodríguez (1999)
	<i>Zapotecia keiteji</i> ^{1,2} Michaelsen, 1903	Haití, Cuba	Michaelsen (1903), Rodríguez (1999), este estudio
	<i>Borgesia montana</i> ^{1,3} James, 1991	Puerto Rico	James (1991)
	<i>Borgesia sedecimsetae</i> ¹ (Borges & Moreno, 1991)	Puerto Rico	Borges & Moreno (1991)
	<i>Borgesia wegeri</i> ¹ James, 1991	Puerto Rico	James (1991)
	<i>Cubadrilus barro</i> ^{1,3} Rodríguez & Fragoso, 2002	Cuba	Rodríguez & Fragoso (2002)
	<i>Cubadrilus cavernicolus</i> ¹ (Gates, 1962)	Cuba	Gates (1962 a)
	<i>Cubadrilus cubitasensis</i> ¹ Rodríguez & Fragoso, 2002	Cuba	Rodríguez & Fragoso (2002)
	<i>Cubadrilus morenoae</i> ¹ (Rodríguez & Fragoso, 1995)	Cuba	Rodríguez & Fragoso (1995)
	<i>Cubadrilus righii</i> ¹ Rodríguez & Fragoso, 2002	Cuba	Rodríguez & Fragoso (2002)
	<i>Cubadrilus siboney</i> ¹ (Rodríguez & Fragoso, 1995)	Cuba	Rodríguez & Fragoso (1995)
	<i>Cubadrilus taina</i> ¹ (Rodríguez & Fragoso, 1995)	Cuba	Rodríguez & Fragoso (1995)
	<i>Eutrigaster arborea</i> ^{1,2} (James, 1996)	Guadalupe	James (1996)
	<i>Eutrigaster athena</i> ¹ (James, 1996)	Guadalupe	James (1996)
	<i>Eutrigaster basseterrensis</i> ¹ (James, 1996)	Guadalupe	James (1996)
	<i>Eutrigaster caesitifusca</i> ¹ (James, 1996)	Guadalupe	James (1996)
	<i>Eutrigaster callaina</i> ¹ (James, 1996)	Guadalupe	James (1996)
	<i>Eutrigaster gagzoi</i> ¹ (Michaelsen, 1908)	Haití	Michaelsen (1908), Csuzdi (1997)
	<i>Eutrigaster girija</i> ¹ (James, 1996)	Guadalupe	James (1996)
	<i>Eutrigaster godeffroyi</i> ¹ (Michaelsen, 1890)	Haití y República Dominicana	Michaelsen (1890,1900,1908), Csuzdi (1997)
	<i>Eutrigaster grandis</i> ¹ Sims, 1987	Jamaica	Sims (1987)
	<i>Eutrigaster guadeloupensis</i> ¹ (James, 1996)	Guadalupe	James (1996)
	<i>Eutrigaster hartmeyer</i> ¹ (Michaelsen, 1908)	Jamaica	Michaelsen (1908)
	<i>Eutrigaster keiteji</i> ¹ (Michaelsen, 1898)	Haití	Michaelsen (1898)
	<i>Eutrigaster manni</i> ¹ (Michaelsen, 1935)	Haití	Michaelsen (1935)
	<i>Eutrigaster matoubensis</i> ¹ (James, 1996)	Guadalupe	James (1996)
	<i>Eutrigaster montana</i> ¹ Csuzdi & Zicsi, 1991	Jamaica	Csuzdi & Zicsi (1991), Csuzdi (1997)
	<i>Eutrigaster montecyanensis</i> ¹ Sims, 1987	Jamaica	Sims (1987)

<i>Eutrigaster muscipihila</i> ¹ (James, 1996)	Guadalupe	James (1996)
<i>Eutrigaster orobia</i> ¹ (Graff, 1957)	El Salvador, Jamaica	Graff (1957), Sims (1987)
<i>Eutrigaster pobozsnyae</i> ¹ Csuzdi, 1994	Cuba	Csuzdi (1994)
<i>Eutrigaster reichardtii</i> ¹ (Michaelsen, 1908)	Jamaica y Haití	Michaelsen (1908, 1936)
<i>Eutrigaster rodriguezii</i> ¹ Csuzdi, 1994	Cuba	Csuzdi (1994)
<i>Eutrigaster townsendii</i> ¹ (Eisen, 1900)	Jamaica	Eisen (1900)
<i>Eutrigaster uhleri</i> ¹ (Michaelsen, 1935)	Haití	Michaelsen (1935)
<i>Eutrigaster</i> sp.nov. ¹	Cuba	Este estudio
<i>Eutrigaster</i> sp.1	Cuba	Este estudio
<i>Eutrigaster</i> sp.2	Cuba	Este estudio
<i>Eutrigaster</i> sp.3	Cuba	Este estudio
<i>Eutrigaster</i> sp.4	Cuba	Este estudio
<i>Eutrigaster altissima</i> ¹	Jamaica	James (2004)
<i>Eutrigaster bromeliocola</i> ¹	Jamaica	James (2004)
<i>Eutrigaster crossleyi</i> ¹	Jamaica	James (2004)
<i>Eutrigaster davidi</i> ¹	Jamaica	James (2004)
<i>Eutrigaster farri</i> ¹	Jamaica	James (2004)
<i>Eutrigaster garciai</i> ¹	Jamaica	James (2004)
<i>Eutrigaster garrawayi</i> ¹	Jamaica	James (2004)
<i>Eutrigaster harperi</i> ¹	Jamaica	James (2004)
<i>Eutrigaster haruvi</i> ¹	Jamaica	James (2004)
<i>Eutrigaster hendrixi</i> ¹	Jamaica	James (2004)
<i>Eutrigaster johnsoni</i> ¹	Jamaica	James (2004)
<i>Eutrigaster manleyi</i> ¹	Jamaica	James (2004)
<i>Eutrigaster marleyi</i> ¹	Jamaica	James (2004)
<i>Eutrigaster sydneyi</i> ¹	Jamaica	James (2004)
<i>Dichogaster jamaicae</i> ¹ (Eisen, 1900)	Jamaica	Eisen (1900)
<i>Trigaster calwoodi</i> ^{1,3} Michaelsen, 1899	Islas Vírgenes	Michaelsen (1899, 1900), James (1991)
<i>Trigaster intermedia</i> ¹ Michaelsen, 1899	Islas Vírgenes	Michaelsen (1899, 1900)
<i>Trigaster lankesteri</i> ¹ Benham, 1886	Islas Vírgenes	Benham (1886), Michaelsen (1900)
<i>Trigaster longissimus</i> ¹ Borges & Moreno, 1991	Puerto Rico	Borges & Moreno (1991)
<i>Trigaster yukiyui</i> ¹ Borges & Moreno, 1991	Puerto Rico	Borges & Moreno (1991)

Anexo 2.1. Continuación...

Especie	Distribución	Referencias
<i>Trigaster</i> sp. nov. ¹	Cuba	Este estudio
Exidae		
<i>Neotrigaster complutensis</i> ^{1,3} (Borges & Moreno, 1991)	Puerto Rico	Borges & Moreno (1991)
<i>Neotrigaster rufa</i> ¹ (Gates, 1962)	Puerto Rico	Gates (1954, 1962 a), James (1991), Borges & Moreno (1992)
Ocnerodrilidae		
<i>Ilyogenia simplex</i> (Cognetti, 1904)	Bonaire, Saba, Curazao, Costa Rica	Cognetti (1904), Zicsi (1995)
<i>Phoenicodrilus calwoodi</i> ² (Michaelson, 1899)	Cuba, St. Thomas, Colombia	Michaelson (1923), Gates (1973)
<i>Temanonegia dominicana</i> ^{1,3} (Gates, 1957)	Rep. Dominicana	Gates (1957)
<i>Temanonegia montana</i> ¹ (Gates, 1957)	Rep. Dominicana	Gates (1957)
<i>Temanonegia alba</i> ¹ (Gates, 1957)	Rep. Dominicana, Cuba	Gates (1957), Este estudio
<i>Temanonegia magna</i> (Gates, 1957)	Rep. Dominicana	Gates (1957)

¹ spp. endémicas;² géneros nativos del área norte de la región Neotropical;³ géneros exclusivos de las islas del Caribe.

Anexo 2.2. Lombrices de tierra exóticas de las islas del Caribe.

Especies	Distribución	Referencias
Moniligastridae		
<i>Drawida barwelli</i> (Beddard, 1886)	Jamaica, Puerto Rico, Cuba	Michaelson (1900), Gates (1954, 1965), Sims (1987), Borges & Moreno (1994), Rodríguez (1993, 1999, 2004)
Lumbricidae		
<i>Eisenia andrei</i> Bouché, 1972	Cuba	Rodríguez (1993, 1999, 2004), este estudio
Almidae		
<i>Drilocrius hummelincki</i> Michaelson, 1933	Aruba	Zicsi (1995)
Glossoscolecidae		
<i>Onychochaeta elegans</i> (Cognetti, 1905)	Cuba	Michaelson (1923), Rodríguez (1993), Rodríguez et al. (2003)
<i>Onychochaeta windlei</i> (Beddard, 1890)	Haití, Islas Vírgenes, Cuba, Rep. Dominicana	Michaelson (1923), Righi (1971, 1972), Zicsi (1995), Rodríguez (1993, 1999, 2004), Reynolds & Reynolds (2004)
<i>Periscolex brachycystis</i> (Cognetti, 1905)	Cuba	Rodríguez (1999, 2004), este estudio
<i>Pontoscolex corethrurus</i> (Müller, 1856)	Jamaica, Haití, Rep. Dominicana, Puerto Rico, San Martín, Martinica, St. Thomas, Dominica, Trinidad, Curazao, Granada, Cuba, St. Barts	Michaelson (1908, 1916), Gates (1942, 1954, 1973), Peck (1974), Sims (1987), Rodríguez (1993, 2004), Borges & Moreno (1994), Zicsi (1995), Righi (1984, 1995), Reynolds & Reynolds (2001, 2004)
Acanthodrilidae		
<i>Dichogaster affinis</i> (Michaelson, 1890)	Haití, Aruba, Curazao, Cuba, St. Thomas	Michaelson (1908), Csuzdi & Zicsi (1991), Zicsi (1995), Rodríguez (1999)
<i>Dichogaster annae</i> (Horst, 1893)	Cuba, Martinica	Csuzdi & Zicsi (1991)
<i>Dichogaster bolau</i> (Michaelson, 1891)	Jamaica, Haití, Rep. Dominicana, Cuba, Puerto Rico, Barbados, St. Thomas, St. Croix, Dominica, Trinidad, Aruba, Curazao, Bonaire, Margarita, Barbuda	Michaelson (1908), Gates (1972), Csuzdi & Zicsi (1991), Rodríguez (1993, 1999), Zicsi (1995), Reynolds & Reynolds (2001)
<i>Dichogaster gracilis</i> (Michaelson, 1892)	Monserrat, St. Barts	Righi (1995), Michaelson (1916)
<i>Dichogaster modiglianii</i> (Rosa, 1896)	Barbados, La Desirade, Curazao, Saba, Cuba	Csuzdi & Zicsi (1991), Zicsi (1995), Rodríguez (1993)
<i>Dichogaster sailens</i> (Beddard, 1893)	St. Eustatius, Cuba, Gran Cayman	Zicsi (1995), Rodríguez (2004), Reeves & Reynolds (2004)
Ocnodrilidae		
<i>Eukerria kukenthalii</i> (Michaelson, 1908)	Puerto Rico, St. Thomas, Martinica	Michaelson (1908), Gates (1954, 1972)
<i>Eukerria sailensis</i> (Beddard, 1895)	Cuba	Rodríguez (1999, 2004)

Continuación...

Species	Distribution	References
<i>Gordiodrilus elegans</i> Beddard, 1892	Puerto Rico, Dominica	Beddard (1892), Gates (1972)
<i>Gordiodrilus paski</i> Stephenson, 1928	Puerto Rico	Gates (1954)
<i>Nematogonia panamensis</i> (Eisen, 1900)	Jamaica, Barbados	Gates (1962 b), Sims (1987), Zicsi (1995)
<i>Ocnerodrilus occidentalis</i> Eisen, 1878	Puerto Rico, San Martín, St. Thomas, Aruba, Rep. Dominicana, Curazao, Bonaire, Cuba	Michaelsen (1908), Gates (1979), Borges & Moreno (1994), Zicsi (1995), Righi (1995), Rodríguez (1993, 1999), Reynolds & Reynolds (2004)
Megascolecidae.....		
<i>Amyntas corticis</i> (Kinberg, 1867)	Jamaica, Rep. Dominicana, Puerto Rico, Cuba, Trinidad	Gates (1972), Sims & Easton (1972), Sims (1987), Borges & Moreno (1990 b), Zicsi (1995)
<i>Amyntas gracilis</i> (Kinberg, 1867)	Cuba, Puerto Rico, Barbados	Gates (1972), Rodríguez (1999, 2004), Borges & Moreno (1990 b)
<i>Amyntas morrissi</i> (Beddard, 1892)	Barbados	Gates (1972)
<i>Amyntas rodericensis</i> (Grube, 1879)	Jamaica, Puerto Rico, Barbados, Martinica, Dominica, Ma. Galante, Saba, Granada, Trinidad, Gran Cayman	Michaelsen (1902, 1908), Gates (1937, 1972), Sims & Easton (1972), Peck (1974), Sims (1987), Borges & Moreno (1990 b), Zicsi (1995), Righi (1995), Reeves & Reynolds (2004)
<i>Metaphire californica</i> (Kinberg, 1867)	Barbados	Gates (1972)
<i>Metaphire houletti</i> (Perrier, 1872)	Cuba	Gates (1958)
<i>Perionyx excavatus</i> Perrier, 1872	Dominica, Cuba	Gates (1982), Rodríguez (1993), Righi (1995)
<i>Pithemera violacea</i> (Beddard, 1895)	St. Thomas	Michaelsen (1908)
<i>Pithemera bicincta</i> (Perrier, 1875)	Cuba, St. Thomas, Dominica, Trinidad, Gran Cayman	Gates (1972), Rodríguez (1993, 1999), Reeves & Reynolds (2004)
<i>Polypheretima elongata</i> (Perrier, 1872)	Jamaica, Haití, Rep. Dominicana, Puerto Rico, Martinica, Bonaire, Cuba	Michaelsen (1902, 1908), Gates (1937, 1972), Sims & Easton (1972), Easton (1976, 1979), Sims (1987), Borges & Moreno (1990 b), Rodríguez (1993, 1999), Righi (1995), Reynolds & Reynolds (2001, 2004)
<i>Pontodrilus litoralis</i> (Grube, 1855)	Jamaica, Haití, Rep. Dominicana, Cuba, Puerto Rico, Islas Vírgenes, San Martín, Aruba, Bonaire, Guadalupe, Barbados, Martinica, La Desirade, St. Barts, Curazao, Saba, Gran Caimán	Beddard (1893, 1895), Michaelsen (1910), Gates (1943, 1972), Righi (1984, 1995), Sims (1987), Rodríguez (1993, 2004), Borges & Moreno (1994), Zicsi (1995), Reynolds & Reynolds (2001)
Eudrilidae.....		
<i>Eudrilus eugeniae</i> (Kinberg, 1867)	Cuba, Haití, Rep. Dominicana, Puerto Rico, Guadalupe, Martinica, Barbados, St. Thomas, San Martín, St. Croix, Ma. Galante, Saba, Trinidad, Granada	Michaelsen (1908, 1935), Gates (1954), Rodríguez (1993, 1999), Borges & Moreno (1994), Zicsi (1995), Righi (1995), Reynolds & Reynolds (2001, 2004)

Effects of post-hurricane fertilization and debris removal on earthworm abundance and biomass in subtropical forests in Puerto Rico

Grizelle González; Yiqing Li; Xiaoming Zou

Abstract

Hurricanes are a common disturbance in the Caribbean, striking the island of Puerto Rico on average every 21 years. Hurricane Hugo (1989) distributed the canopy litter onto the forest floor changing the chemistry and quantity of litter inputs to the soil. In this study, we determined the effect of inorganic fertilization on earthworm abundance, biomass, and species composition in hurricane-damaged subtropical wet (tabonuco) and elfin forests. In addition, the effects of the removal of hurricane-generated litter on earthworm populations were studied in the tabonuco (wet) forest. We found that earthworms were more abundant in tabonuco (El Verde) than in elfin forest (Pico del Este). There was no effect of fertilization on the abundance and biomass of earthworms in the elfin forest. In the tabonuco forest, the density and biomass (fresh and dry) of total and endogeic earthworms was significantly greater in the control than in the fertilization treatments. The removal of hurricane-generated debris significantly increased the density of total and endogeic earthworms in the tabonuco forest. The results from the subtropical wet forest (tabonuco) in this study support the contention that earthworm density and biomass can be decreased by fertilization via changes in soil acidity. Available N, higher soil pH and reduction of the litter fauna might explain differences in abundance in litter removal treatments as compared to fertilized and control plots at this site.

Resumen

Los huracanes son un disturbio común en el Caribe, golpeando la isla de Puerto Rico en promedio cada 21 años. El huracán Hugo (1989) distribuyó la hojarasca del dosel al piso del bosque, cambiando así la química y la cantidad de entrada de hojarasca al suelo. En este estudio, se determinó el efecto de la fertilización inorgánica sobre la abundancia, biomasa y la composición de especies de lombrices de tierra en bosques subtropicales húmedos y elfinos (nubloso) impactados por el huracán. Además, se estudiaron los efectos de la eliminación de la hojarasca generada por el huracán en las poblaciones de las lombrices de tierra en el bosque de tabonuco (bosque húmedo). Las lombrices de tierra fueron más abundantes en el bosque de tabonuco (El Verde) que en el bosque elfino (Pico del Este). No hubo efecto de fertilización sobre la abundancia y la biomasa de las lombrices de tierra en el bosque elfino. En el bosque de tabonuco, la densidad y la biomasa (fresca y seca) total de las lombrices y de las lombrices endogeas fue apreciablemente mayor en los tratamientos control que en aquellos con fertilización inorgánica. La eliminación de la hojarasca generada por el huracán aumentó apreciablemente la densidad total de las lombrices de tierra, así como también de las especies endogeas en el bosque de tabonuco. Los resultados del bosque húmedo subtropical (tabonuco) en este estudio apoyan la tesis de que la densidad y biomasa de lombrices de tierra pueden ser disminuidas por la fertilización inorgánica vía cambios en la acidez del suelo. La disponibilidad de nitrógeno, un pH de suelo más alto y la reducción de la fauna asociada a la hojarasca quizás expliquen las diferencias en la abundancia de lombrices en tratamientos donde se eliminó la hojarasca generada por el huracán, en comparación con los tratamientos control y de fertilización en este sitio (tabonuco).



Introduction

Natural disturbance is an important element of ecosystems influencing plant and animal community structure and function. Caribbean forests are subject to periodic, large-scale disturbance by hurricanes (Reilly, 1991). On average, the island of Puerto Rico is exposed to the direct impact of hurricanes once every 21 years (Salivia, 1972). In September 1989, Hurricane Hugo defoliated extensive areas of the Luquillo Experimental Forest in northeastern Puerto Rico. It distributed the canopy litter and increased the amount of light reaching the forest floor (Photo 3.1). It also changed the chemistry and quantity of litter inputs to the soil. In heavily damaged areas, the amount of fine litterfall and associated nutrients reaching the forest floor during this single storm event was more than a year's normal input (Lodge et al., 1991). Subsequently, there was a reorganization of most terrestrial and aquatic communities largely due to changes in the microclimate and food sources (Waide, 1991). Nevertheless, the controls affecting a biotic response following disturbance can vary depending on the physical characteristics of a site, in addition to the species-specific characteristics (Walker et al., 1996).



Photo 3.1. Hurricanes distribute the canopy litter and increase the amount of light reaching the forest floor. (Photo C. Estrada)

Earthworms are among the most important macro-decomposers in tropical wet forests (Anderson & Swift, 1983), where they are important regulators of soil processes (e.g., Lee 1985; Edwards & Bohlen, 1996; González, 2002). Indeed, faunal effects on litter breakdown can reach up to 66% of the total in the wet tropics, mainly due to earthworms (González & Seastedt, 2001). Previous research in Puerto Rico indicated that the density, biomass and community structure of earthworms is affected

by anthropogenic disturbances (Zou & González, 1997; González et al., 1996). Forest management practices (e.g., site preparation, tree species selection, fertilization, harvesting or allowing natural succession to proceed) can affect the abundance and community structure of earthworms differently via pathways that involve changes in soil properties and plant litter quantity and quality (González et al., 1996; Zou & González, 2001).

Very little information has been gathered on the effects of natural disturbances (in particular, hurricanes) on earthworm populations in tropical regions. Given that: 1) hurricane intensity is predicted to increase due to global climate change (Knutson et al., 1998; Goldenberg et al., 2001); 2) available data indicate that earthworms are important drivers of complex ecological processes in the tropics; and 3) organismal responses can depend on site characteristics (Walker et al., 1996), it is important to understand how nutrients and hurricane associated-debris inputs into the soil can affect earthworm abundance, biomass and community structure. Therefore, in this study we determined the effect of inorganic fertilization on earthworm abundance, biomass and species composition in two hurricane-damaged forests: a subtropical wet and an elfin (cloud or dwarf) forest. In addition, the effects of the removal of hurricane-generated litter on earthworm dynamics was examined in the tabonuco (wet) forest.

Methods

Study sites

This study was part of an extensive long-term project focusing on the recovery of subtropical forests from hurricane damage. It was conducted in a subtropical wet (tabonuco) and a subtropical rain (elfin) forest within the Luquillo Experimental Forest in Northeastern Puerto Rico (18°18'N, 65°50'W). The subtropical wet forest is located near El Verde Field Station at an elevation of 350-500 m. Mean annual air temperature near this site (Luquillo) is 22.3°C (Brown et al., 1983), and mean annual precipitation 3524 mm (García-Martinó et al., 1996), with rainfall distributed more or less evenly throughout the year. The vegetation in the wet forest was dominated by tabonuco trees (*Dacryodes excelsa* Vahl) (Zimmerman et al., 1995). The soils are classified as very fine, kaolinitic, isohyperthermic Typic Kandiudox,

belonging to the Zarzal series (Soil Survey Staff, 1995). The elfin forest study site was located in Pico del Este. The vegetation is closed broadleaf evergreen (FAO, 1998; Ahern et al., 1999), classified as the elfin woodland forest type or alliance (Weaver, 1994) and montane subtropical cloud forest formation (Gould et al., 2006). It is a gnarled, epiphyte laden, and dense forest type characterized by closely spaced, stunted trees with a high percentage of endemics (Gould et al., 2006). Located at an elevation of about 1051 m, the forest receives a mean annual precipitation of 4200 mm. Mean monthly temperatures range between 17 and 20°C (Brown et al., 1983). The soils are silty loams, in the Ultisol order and the Guayabota series, commonly saturated with low permeability (Brown et al., 1983).

Experimental design

The main experimental design of this study follows that already described by Zimmerman et al. (1995), Walker et al. (1996), and Halleck et al. (2004). In general terms, field plots were established within 4 wk after the passage of Hurricane Hugo. In El Verde (tabonuco, wet forest), four randomized blocks were established and each block included three treatments: control, fertilization and litter removal. The blocks were located along ridges < 30° slope, and within blocks the plots were located < 100 m apart. Each of the 12 plots was 20 x 20 m with a central 10 x 10 m-plot where measurements were taken. All organic debris (woody debris, branches and pre- and post-hurricane leaf litter) was removed from the litter removal plots once, at the beginning of the experiment. No woody or litter debris was removed from the fertilization and control plots. Inorganic fertilization treatments were applied to the ground surface of the fertilization plots in October 1989 and subsequently at approximately every three months. Nutrients were added at an annual rate of 300 kg ha⁻¹ N, 100 kg ha⁻¹ P, 100 kg ha⁻¹ K, 19 kg ha⁻¹ Mg, 25 kg ha⁻¹ Mn, 26 kg ha⁻¹ Zn, 15.4 kg ha⁻¹ Cu, 2.2 kg ha⁻¹ Fe, and 8 kg ha⁻¹ B.

The experimental design in Pico del Este (elfin forest) resembled that of El Verde without the litter removal treatment (Figure 3.1). Twelve 9 x 14 m-plots (samples taken on a central 5 x 5 m plot) were located along a slope near a ridge top at least 5 m apart. Adjacent pairs of plots (blocks) were assigned randomly to two treatments: control and fertilization. Nutrients in Pico del Este were added at the same rate as at El Verde and starting in April 1990. The

N added in the fertilization treatments represents three times the normal leaf litter inputs in El Verde and about 15 times that in Pico del Este (Lodge et al., 1991).

Measurements

Earthworms were sampled three times from the El Verde and Pico del Este plots in April and July 1996, and in January 1997. On each sampling date, earthworms were collected from four 25 x 25 cm subplots within each plot, located along a transect across the plots parallel to its slope, with an interval of about 2.5 m in El Verde and 1.5 m in Pico del Este. Although earthworm samples could be auto-correlated if taken within 5-10 m distance (Rossi, 2003), there is a highly clumped spatial pattern of earthworms in these forests (González et al., 1999) showing a high variability in earthworm abundance that includes many zero values. Thus, 48 subplots per forest type (2) were sampled during each of the three collecting dates; for a total of 288 subplots sampled. Earthworms were collected by hand-sorting the soils to a depth of 25 cm and stored in a cooler with ice. After returning to the laboratory, worms were grouped by species, recorded in numbers per subplot, and weighed for fresh biomass determinations after being rinsed with water and dried with paper towel on the same date of collection. All worm specimens were preserved in 10% formaldehyde. Worms were classified according to Bouché (1977) into three categories: epigeic, anecic, and endogeic. Soil water content was determined for each subplot by oven drying 10 g of fresh sample at 105°C for 48 hrs and reported on the oven-dry basis. Soil pH was measured using a paste of 1:1 ratio of fresh soil and deionized water. Litter production was monitored in litter baskets (1.6 m² total surface area; at 1 m height from the ground floor) randomly placed within the inner plots (10 baskets within 10 x 10 m at El Verde and 6 baskets within 5 x 9 m at Pico del Este). Litterfall was collected every two weeks, dried at 60°C to constant mass, sorted into leaves, wood, and miscellaneous and weighed. Litterfall rates were calculated in g m⁻² d⁻¹ for the months when earthworms were sampled.

Statistical analyses

All statistical analyses were performed using the software SPSS® (SPSS 11.5, Windows 2002). The significance level was set at $\alpha = 0.05$. Data were tested for homogeneity of variance by

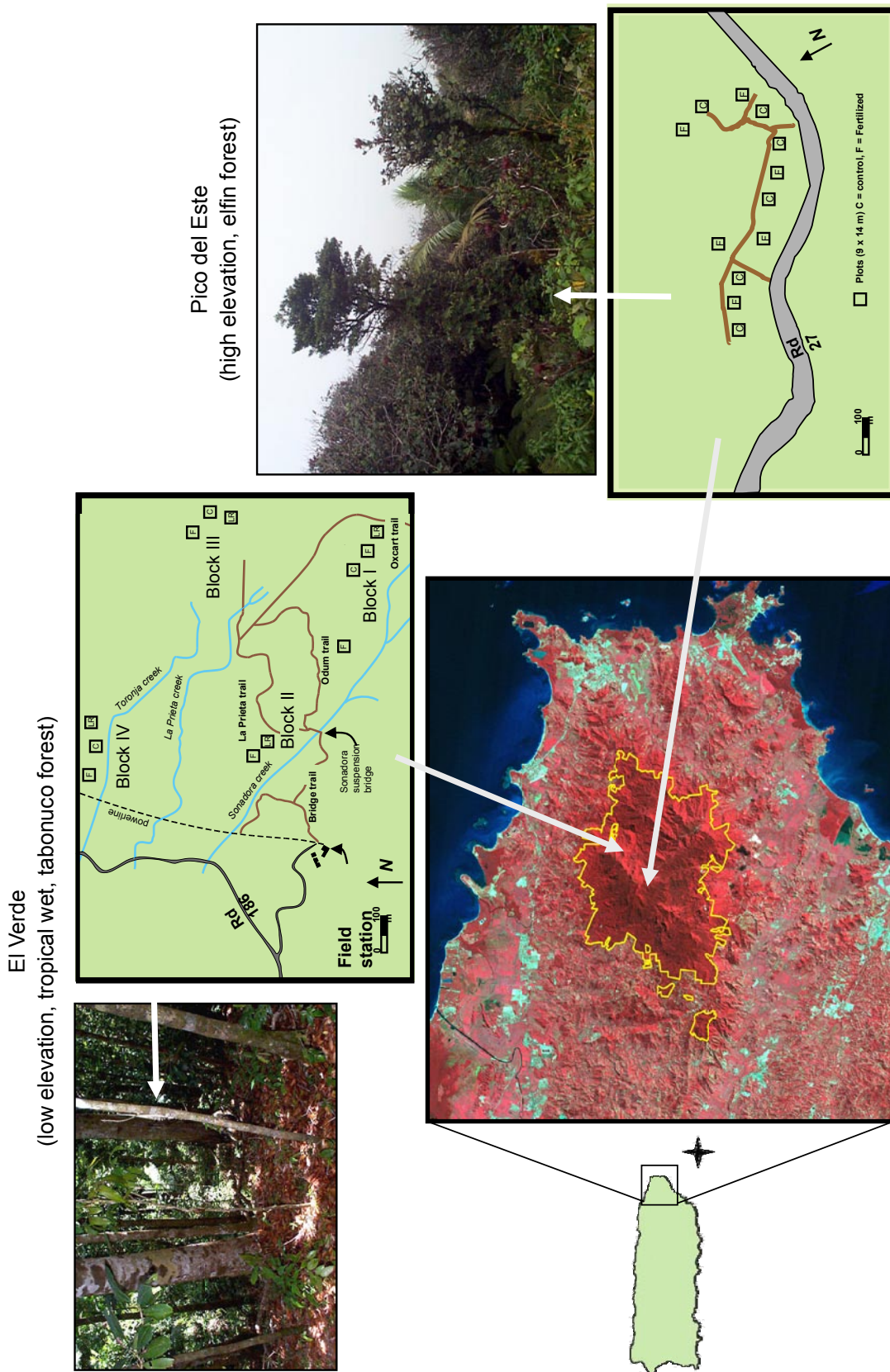


Figure 3.1. Map and plot layout of the study sites, El Verde and Pico del Este located in the Luquillo Mountains, Northeastern Puerto Rico. Scale in meters. (Photos G. González)

using Levene's test of equality of error variances, and skewness. A multivariate analysis of variance (MANOVA) was performed to examine the effects of forest type (El Verde and Pico del Este), treatment (Control vs. Fertilization) and date of collection (independent variables) on the density and biomass (fresh and dry) of total, endogeic, and anecic earthworms (dependent variables). One-way ANOVAs were performed to observe differences in earthworm density and biomass (fresh and dry), mean litterfall, soil pH and water content for treatments within each forest type. A simple linear correlation analysis was performed among the abundance, and biomass (fresh and dry) of total, endogeic, and anecic earthworms and litterfall, soil pH and water content.

Results

Overall, there was a significant effect of forest type, fertilization, and of the interaction of forest and fertilization on the density and biomass of earthworms (Table 3.1). We found earthworms were more abundant in El Verde (tabonuco) than in Pico del Este (elfin forest) (Table 3.2, Figure 3.2A). In El Verde, the density and biomass (fresh and dry) of total and endogeic earthworms was significantly greater in the control than in the fertilization treatments (Figure 3.2). However, there was no treatment effect on the density and biomass of earthworms in Pico del Este. Endogeic earthworms, mainly *Pontoscolex corethrurus*, dominated the density and biomass of total earthworms in El Verde but not in Pico del Este (Figure 3.2). At El Verde

Table 3.1. Effects of forest type (Pico del Este and El Verde), treatment (Control vs. Fertilization) and sampling date (April, July 1996, and January 1997) on the density and biomass (fresh and dry) of total, endogeic, and anecic earthworms in the Luquillo Mountains of Puerto Rico.

Source	df	F	P	Power
Forest (F)	9	11.94	0.000	1.00
Treatment (T)	9	4.81	0.000	0.99
Date (D)	18	3.08	0.000	0.99
F x T	9	3.24	0.001	0.98
F x D	18	2.69	0.000	0.99
T x D	18	1.66	0.045	0.94
F x T x D	18	1.37	0.145	0.87

Statistical values are based on 3-way MANOVA (n = 168) using a Pillai's Trace test.

(tabonuco forest), total and endogeic earthworm abundance was significantly higher in the litter removal plot and lower in the fertilization treatment when compared to the control plots (Figure 3.3A). The fresh and dry biomass of total earthworms was not significantly different in the litter removal and the control treatments but was lowest in the fertilization treatment in El Verde (Figure 3.3B and C); a similar pattern was found for the fresh biomass of anecic and endogeic earthworms.

Overall, there was a significant effect of sampling date on earthworm populations, as well as a significant date x treatment and date x forest interaction (Table 3.1). In general, the abundance of earthworms was lowest in July (23 individuals m⁻² vs. 38 individuals m⁻² in April and 43 individuals m⁻² in January). Yet, when the data on earthworm

Table 3.2. Partial results of test of between-subject effects for forest type (Pico del Este and El Verde) and treatment (Control vs. Fertilization) on the mean density and biomass of total, anecic, and endogeic earthworms (MANOVA, n = 168) for the three sampling dates. Numbers in bold font represent a significant probability value <0.05.

Source	Dependent variables	P	Power
Forest	Density		
	- Total	0.00	1.00
	- Anecic	0.20	0.25
	- Endogeic	0.00	1.00
	Fresh Biomass		
	- Total	0.50	0.10
	- Anecic	0.70	0.07
	- Endogeic	0.00	1.00
	Dry Biomass		
	- Total	0.52	0.10
	- Anecic	0.60	0.08
	- Endogeic	0.00	1.00
Treatment	Density		
	- Total	0.00	0.98
	- Anecic	0.09	0.40
	- Endogeic	0.00	0.82
	Fresh Biomass		
	- Total	0.87	0.05
	- Anecic	0.96	0.05
	- Endogeic	0.04	0.56
	Dry Biomass		
	- Total	0.77	0.06
	- Anecic	0.96	0.05
	- Endogeic	0.02	0.65

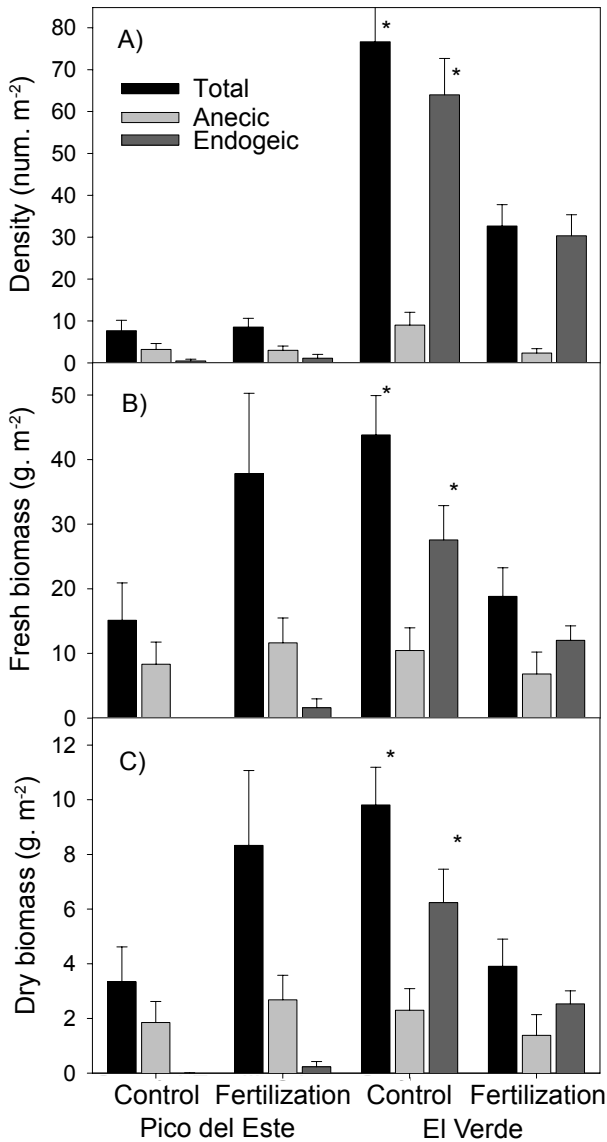


Figure 3.2. Mean A) Density, B) Fresh biomass and, C) Dry biomass of total, anecic and endogeic earthworms in Control and Fertilization treatments over three sampling dates in Pico del Este and El Verde. Asterisks (*) indicate significant differences between treatments within a forest and earthworm category (1-ANOVA's / GLM; $\alpha = 0.05$).

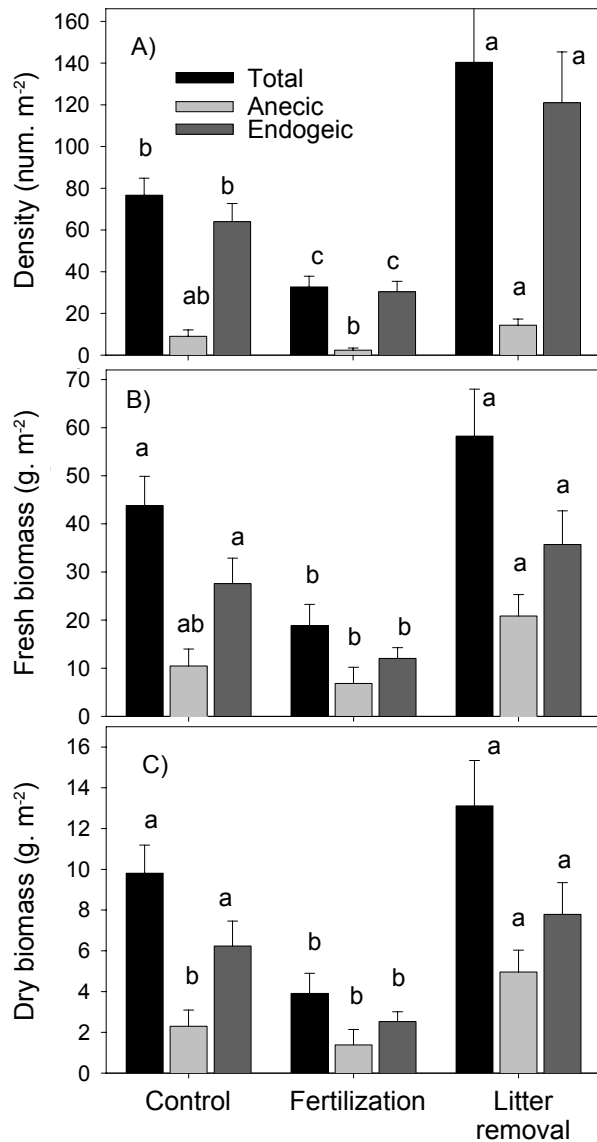


Figure 3.3. Mean A) Density, B) Fresh biomass and, C) Dry biomass of total, anecic and endogeic earthworms in Control, Fertilization and Litter removal treatments over three sampling dates in El Verde. Common letters within an earthworm category indicate no significant differences between treatments (MANOVA / SNK; $\alpha = 0.05$; n = 48).

abundance and biomass were analyzed by forests, there was no effect of date on earthworm populations in Pico del Este (data not shown). In El Verde, earthworm density and biomass was highest in January (Table 3.3). Overall, the density and biomass of endogeic earthworms did not differ among collecting dates. The density (ranging from 1 to 7 earthworms / m²) and biomass (ranging from 2.1 to 13 g / m²) of anecic worms was lowest in April. Litterfall rates were higher in El Verde than in Pico del Este at the time of this study (Table 3.4). Total litterfall, leaf fall and wood fall were

significantly greater in the fertilization than in the control plots in Pico del Este. However, litterfall rates did not differ among the treatments at El Verde. On average, soils at El Verde were more acidic than in Pico del Este (Table 3.4). There was no effect of treatment on soil pH in Pico del Este nor soil water content at either site. In El Verde, soil pH was lower in the fertilization than in the control and litter removal plots (Table 3.4). The density of total and endogeic earthworms and the fresh and dry biomass of endogeic earthworms

Table 3.3. Mean density (individuals.m⁻²), and fresh biomass (g.m⁻²) (± 1 SE in parenthesis) of earthworms in El Verde.

Variable	Treatment	Sampling date			Mean
		April 1996	July 1996	January 1997	
Density	Control	86.0 (11.8) bAB	42.0 (7.7) aA	102.0 (17.4) bB	76.67 (8.2)
	Fertilization	32.0 (8.5) aA	28.0 (8.7) aA	38.0 (9.7) aA	32.7 (5.1)
	Litter removal	160.0 (60.9) aB	121.0 (41.2) aB	140.0 (27.9) aB	140.3 (25.8)
Fresh Biomass	Control	44.2 (8.9) aA	27.9 (8.3) aA	59.4 (12.8) aB	43.8 (6.1)
	Fertilization	11.6 (5.0) aA	29.2 (11.4) aA	15.7 (4.0) aA	18.8 (4.4)
	Litter removal	38.4 (17.6) aA	65.1 (17.6) aA	71.1 (15.4) aB	58.3 (9.8)

Common capital letters within each column, variable and sampling date represent a non significant effect of treatment; common lower case letters within a row (treatment) represent a non significant effect of sampling dates on the density or fresh biomass of earthworms (n = 12, 1-AOVs; $\alpha = 0.05$).

Table 3.4. Mean litterfall (± 1 SE; g.m⁻².d⁻¹), soil pH and water content (WC, % ± 1 SE in parentheses) in Control (C), Fertilization (F) and Litter Removal (LR) treatments in Pico del Este and El Verde forests in April and July 1996, and January of 1997.

Source	Pico del Este			El Verde	
	C	F	LR	C	F
Total litterfall	0.47 (0.07)b	0.64 (0.09)a	2.38 (0.42)	1.93 (0.28)	1.79 (0.20)
- Leaf fall	0.40 (0.06)b	0.53 (0.08)a	2.13 (0.39)	1.62 (0.24)	1.49 (0.19)
- Wood fall	0.03 (0.01)b	0.06 (0.02)a	0.17 (0.03)	0.16 (0.24)	0.19 (0.06)
- Misc. fall	0.04 (0.01)	0.06 (0.01)	0.08 (0.02)	1.15 (0.06)	0.10 (0.02)
pH	5.03 (0.07)	4.96 (0.12)	4.77 (0.03)a	4.92 (0.08)a	4.05 (0.06)b
WC	113.09 (7.58)	100.15 (9.17)	77.34 (4.03)	69.08 (3.45)	74.54 (4.03)

Note: Different letters within a forest indicate significant treatment effect ($\alpha = 0.05$, ANOVA).

were significantly and positively correlated to the mean total litterfall, leaf fall and wood fall. Soil water content was negatively correlated to the density of total and endogeic earthworms (Table 3.5).

Discussion

The present study sought to understand how nutrient inputs affect earthworms in two hurricane-damaged forests. We found that inorganic fertilization significantly reduced earthworms in the tabonuco (subtropical wet) forest but had no effects on earthworms in the elfin forest. Research on the effects of forest fertilization on earthworm communities in tropical regions is lacking though it has been extensively studied in temperate regions, particularly in grasslands and agricultural ecosystems. From those studies, fertilization is thought to have a generally positive effect on earthworm populations indirectly, via an increase in plant production (Edwards & Bohlen, 1996). When organic fertilizers are applied alone

(Marshall, 1977) or in combination with inorganic fertilizers (e.g., Tiwari, 1993), earthworm density and biomass can increase. However, chemical fertilization may either increase or decrease earthworm density and biomass. For instance, nitrogen additions without changes in soil pH can increase earthworm communities via increases in plant production and improvement in litter quality (Zou & González, 2001). Nevertheless, application of acidifying N-fertilizers for long periods in the absence of liming may have deleterious effects on earthworms due to changes in soil acidity (Ma et al., 1990). In the present experiment, soil pH was significantly lowered by fertilization in the tabonuco forest but was not different in both control and fertilized plots in the elfin forest. Soil pH has been shown to be an important factor determining the sensitivity and distribution of earthworm species (Laverack, 1961, 1963; Pearce, 1972; Standen, 1979). Thus, our results from the subtropical wet forest (tabonuco) are consistent with the contention that earthworm density and biomass can be decreased by inorganic fertilization via changes in soil acidity. However, the lack of fertilization

Table 3.5. Pearson correlation coefficients (r ; $n = 72$) for the density and biomass of total, anecic and endogeic earthworms and mean total litterfall, leaf fall, wood fall, and miscellaneous fall ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$), soil pH and water content (WC, %).

Variables	Density			Fresh biomass			Dry biomass		
	Total	Anecic	Endogeic	Total	Anecic	Endogeic	Total	Anecic	Endogeic
Total litterfall	0.58	0.12	0.60	0.16	0.01	0.51	0.16	0.17	0.50
- Leaf fall	0.59	0.11	0.61	0.14	-0.01	0.50	0.14	0.13	0.49
- Wood fall	0.32	0.14	0.33	0.18	0.22	0.38	0.18	0.37	0.38
- Misc. fall	0.09	-0.03	0.09	0.13	-0.05	0.14	0.13	0.08	0.15
pH	-0.21	0.02	-0.28	-0.07	0.11	-0.15	-0.07	0.02	-0.14
WC	-0.35	-0.26	-0.38	-0.09	-0.08	0.13	-0.12	-0.29	-0.31

Numbers in bold font represent correlation coefficients with a significant two-tailed probability value <0.05 .

effect on earthworms in the elfin forest contradicts the general notion that fertilization can increase earthworm populations via increases in plant productivity, since litterfall rates were higher in the fertilization than in the control treatment in the elfin forest. Nonetheless, these results tend to support those of Walker et al. (1996), who found that the nature of the organismal response (earthworms in this case) was dependent on the species and also on site characteristics. Furthermore, we deduce that acidification via fertilization in this subtropical wet forest can deleteriously affect the density and biomass of euryoecic (exotic species best adapted to unsuitable edaphic conditions, Fragoso et al., 1999) endogeic species as *P. corethrurus*, that dominated the density and biomass of total and endogeic earthworms in the tabonuco forest.

Surprisingly, we found that the removal of hurricane-generated debris (mostly coarse woody material) significantly increased the density of total and endogeic earthworms. The possible reasons for the increased earthworm density in the litter removal treatment at El Verde may be due to: 1) increased nitrogen availability in the litter removal soils (Zimmerman et al., 1995); 2) less leaching of organic compounds from coarse wood (Zalamea-Bustillo, 2005), and consequently, increased soil pH; and 3) reduction of the litter fauna (e.g., frogs, ants, lizards) that function as both competitors for resources and predators. Regardless of the mechanisms that might explain the differences in earthworm density in the litter removal treatment as compared to the control or fertilization plots in El Verde, this study indicates that hurricanes can have persistent effect on earthworm communities over the long term (in this case lasting six years after litter manipulation).

Acknowledgments

The authors thank S. Matta, L. Sánchez, A. Meléndez, and Z. Liu for field and laboratory assistance. Christina M. Murphy and Drs. Barbara A. and Michael J. Richardson, Ariel E. Lugo, Jean D. Lodge, George G. Brown, and William A. Gould kindly provided comments on an earlier version of the manuscript. This research was supported by grants #BSR-8811902, DEB-9411973, DEB-008538, DEB-0218039 from the National Science Foundation to the Institute of Tropical Ecosystem Studies (IEET), University of Puerto Rico (UPR), and the International Institute of Tropical Forestry (IITF) as part of the Long-Term Ecological Research Program in the Luquillo Experimental Forest. Additional support was provided by the Forest Service (U.S. Department of Agriculture) and UPR. The study was conducted in cooperation with the University of Puerto Rico.

References

- AHERN, F.; BELWARD, A.; CHURCHILL, P.; DAVIS, R.; JANETOS, A.; JUSTICE, A.; LOVELAND, C. O.; MALINGREAU, T.; MAIDEN, J.-P.; SKOLE, M.; TAYLOR, D. V.; YASUOKA, Y.; ZHU, Z. **Strategy for global observation of forest cover**. Ottawa: Canadian Center for Remote Sensing, 1999. 58 p. (Report number 2).
- ANDERSON, J. M.; SWIFT, M. J. Decomposition in tropical forests. In: SUTTON, S. C.; WHITMORE, T. C.; CHADWICK, A. C. (Ed.). **Tropical rain forest: ecology and management**. Oxford: Blackwell, 1983. p. 287-310.

- BROWN, S.; LUGO, A. E.; SILANDER, S.; LIEGEL, L. **Research history and opportunities in the Luquillo Experimental Forest**. New Orleans: Southern Forest Experiment Station, 1983. 128p. (USDA Forest Service General Technical Report SO-44).
- BOUCHÉ, M. B. Stratégies lombriciennes. In: LOHM, U.; PERSSON, T. (Ed.). Soil organisms as components of ecosystems. **Ecological Bulletins**, v. 25, p. 122-132, 1977.
- EDWARDS, C. A.; BOHLEN, P. J. **Biology and ecology of earthworms**. New York: Chapman and Hall, 1996. 426 p.
- FAO. **Global forest resources assessment 2000: guidelines for assessments in tropical and subtropical countries**. Rome: Food and Agriculture Organization Working, 1998. 45 p. (Paper No. 2).
- FRAGOSO, C.; KANYONYO, J.; MORENO, A.; SENAPATI, B. K.; BLANCHART, E.; RODRÍGUEZ, C. A survey of tropical earthworms: taxonomy, biogeography and environmental plasticity. In: LAVELLE, P.; BRUSSAARD, L.; HENDRIX, P. (Ed.). **Earthworm management in tropical agroecosystems**. Wallingford: CAB International, 1999. p. 1-26.
- GARCÍA-MARTINÓ, A. R.; WARNER, G. S.; SCATENA, F. N.; CIVCO, D. L. Rainfall, runoff and elevation relationships in the Luquillo Mountains of Puerto Rico. **Caribbean Journal of Science**, v. 32, p. 413-424, 1996.
- GOLDENBERG, S. B.; LANDSEA, C. W.; MESTAS-NUÑEZ, A. M.; GRAY, W. M. The recent increase in Atlantic hurricane activity: causes and implications. **Science**, v. 293, p. 474-479, 2001.
- GONZÁLEZ, G. Soil organisms and litter decomposition. In: AMBASHT, R. S.; AMBASHT, N. K. (Ed.). **Modern trends in applied terrestrial ecology**. New York: Kluwer Academic Publishers, 2002. p. 315-329.
- GONZÁLEZ, G.; ZOU, X.; BORGES, S. Earthworm abundance and species composition in abandoned tropical croplands: comparison of tree plantations and secondary forests. **Pedobiologia**, v. 40, p. 385-391, 1996.
- GONZÁLEZ, G.; ZOU, X.; SABAT, A.; FETCHER, N. Earthworm abundance and distribution pattern in contrasting plant communities within a tropical wet forest in Puerto Rico. **Caribbean Journal of Science**, v. 35, n. 1-2, p. 93-100, 1999.
- GONZÁLEZ, G.; SEASTEDT, T. R. Soil fauna and plant litter decomposition in tropical and subalpine forests. **Ecology**, v. 82, p. 955-964, 2001.
- GOULD, W. A.; GONZÁLEZ, G.; CARRERO RIVERA, G. Structure and composition of vegetation along an elevational gradient in Puerto Rico. **Journal of Vegetation Science**, v. 17, p. 653-664, 2006.
- HALLECK, L. F.; SHARPE, J. M.; ZOU, X. Understorey fern responses to post-hurricane fertilization and debris removal in a Puerto Rican rain forest. **Journal of Tropical Ecology**, v. 20, p. 173-181, 2004.
- KNUTSON, T. R.; TULEYA, R. E.; KURIHARA, Y. Simulated increase of hurricane intensities in a CO₂-warmed climate. **Science**, v. 279, p. 1018-1020, 1998.
- LAVERACK, M. S. Tactile and chemical perceptions in earthworms. II. Responses to acid pH solutions. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v. 2, p. 22-34, 1961.
- LAVERACK, M. S. **The physiology of earthworms**. London: Pergamon Press, 1963. 206p.
- LEE, K. E. **Earthworms: their ecology and relationships with soils and land use**. New York: Academic Press, 1985. 411 p.
- LODGE, D. J.; SCATENA, F. N.; ASBURY, C. E.; SÁNCHEZ, M. J. Fine litterfall and related nutrient inputs resulting from Hurricane Hugo in subtropical wet and lower montane rain forests of Puerto Rico. **Biotropica**, v. 23, n. 4a, p. 336-342, 1991.
- MA, W. C.; BRUSSAARD, L.; RIDDER, J. A. de Long-term effects of nitrogenous fertilizers on grassland earthworms (Oligochaeta: Lumbricidae): their relation to soil acidification. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 30, n. 1-2, p. 71-80, 1990.
- MARSHALL, V. G. Effects of manure and fertilizers on soil fauna: a review. **Special-Publication, Commonwealth Bureau of Soils**, n. 3, p. 79, 1977.
- PIEARCE, T. G. The calcium relations of selected Lumbricidae. **Journal of Animal Ecology**, v. 41, p. 167-185, 1972.
- REILLY, A. E. The effects of Hurricane Hugo in three tropical forests in the US Virgin Islands. **Biotropica**, v. 23, n. 4a, p. 414-419, 1991.
- ROSSI, J. P. Short-range structures in earthworm spatial distribution. **Pedobiologia**, v. 47, p. 582-587, 2003.
- SALIVIA, L. A. **Historia de los temporales en Puerto Rico y las Antillas**. Río Piedras: Editorial Edil: University of Puerto Rico, 1972. 385 p.
- SOIL SURVEY STAFF. **Soil survey of the Luquillo Long-Term Ecological Research Grid, Puerto Rico**. Lincoln: USDA-NRCS, 1995. 92 p.
- SPSS. **SPSS Statistical package for Windows version 11.5.1.318**. Chicago: SPSS Corporation, 2002.

- STANDEN, V. Factors affecting the distribution of Lumbricidae (Oligochaeta) in associations of peat and mineral sites in England. **Oecologia**, v. 42, p. 359-374, 1979.
- TIWARI, S. C. Effects of organic manure and NPK fertilization on earthworm activity in an Oxisol. **Biology and Fertility of Soils**, v. 16, p. 293-295, 1993.
- WAIDE, R. B. Summary of the response of animal populations to hurricanes in the Caribbean. **Biotropica**, v. 23, n. 4a, p. 508-512, 1991.
- WALKER, L. R.; ZIMMERMAN, J. K.; LODGE, D. J.; GUZMAN-GRAJALES, S. An altitudinal comparison of growth and species composition in hurricane-damaged forests in Puerto Rico. **Journal of Ecology**, v. 84, p. 877-889, 1996.
- WEAVER, P. L. **Baño de Oro Natural Area, Luquillo Mountains, Puerto Rico**. New Orleans: USDA Forest Service Southern Forest Experimental Station, 1994. 55 p. (General Technical Report SO-111).
- ZALAMEA-BUSTILLO, M. **Soil biota, nutrients and organic matter dynamics under decomposing wood**. 2005. 117 f. (Master's Thesis) - University of Puerto Rico, Department of Biology, Río Piedras Campus, Río Piedras.
- ZIMMERMAN, J. K.; PULLIAM, W. M.; LODGE, D. J.; QUIÑONES-ORFILA, V.; FETCHER, N.; GUZMÁN-GRAJALES, S.; PARROTA, J. A.; ASBURY, C. E.; WALKER, L. R.; WAIDE, R. B. 1995. Nitrogen immobilization by decomposing woody debris and the recovery of tropical wet forest from hurricane damage. **Oikos**, v. 72, p. 314-322, 1995.
- ZOU, X.; GONZÁLEZ, G. Changes in earthworm density and community structure during secondary succession in abandoned tropical pastures. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 29, p. 627-629, 1997.
- ZOU, X.; GONZÁLEZ, G. Earthworms in tropical tree-plantations: effects of management and relation with soil carbon and nutrient use efficiency. In: REDDY, M.V. (Ed.). **Management of tropical plantation-forests and their soil litter system**. Enfield: Science Publishers. 2001. p. 289-301.

Diversidad y patrones biogeográficos de las lombrices de tierra de México (Oligochaeta, Annelida)

Carlos Fragoso

Abstract

Taxonomic studies in Mexico began in 1895-1900, although most descriptions occurred during the second half of the 20th Century. Presently 98 described species are known from Mexico, of which 47 are native and 51 exotic; when 37 new undescribed species are added, the total number of species increases to 135. Most species belong to the Acanthodrilidae family, in the subfamilies Acanthodrilinae (44 spp.), Benhamiinae (17 spp.) and Octochaetinae (25 spp.). Most species are found in undisturbed ecosystems, although exotics dominate in disturbed environments. From a functional point of view, Mexico is dominated by geophagous endogeic species (93 spp., 72% of the nation's species richness). The main patterns of ecological communities indicate: i) a dominance of endogeics in tropical forests and disturbed environments; ii) a dominance of exotics in temperate forests, with epigeics reaching 35-58% of total abundance; and iii) highest and lowest local species richness occur in tropical rain forests and tropical cropping systems, respectively. Earthworm biogeographic patterns divide Mexico into four regions: i) North: on and north of the Trans-Mexican volcanic belt (TVB), characterized by the genera *Zapatadrilus*, *Diplocardia*, *Zapotecia* and *Protozapotecia*; ii) Lowland East: between the TVB and the Tehuantepec Isthmus (TI), characterized by a group of *Ramiellona* species; iii) South: south of the TI, including Yucatan, Guatemala, El Salvador and Honduras, characterized by another group of *Ramiellona* species and by the genera *Lavellodrilus*, *Kaxdrilus* and *Mayadrilus*; iv) Mountain West and Center: including the mountains of the West Sierra Madre, South Sierra Madre and the mountainous systems of Chiapas, characterized by the genera *Dichogaster* and *Eutrigaster*. A complete up-to-date list of all earthworm species in Mexico is presented, indicating their distribution per state. However, it is clear that much more research is needed to complete present inventories, verify biogeographic patterns and evaluate the impact of disturbance in other regions and environments in Mexico.

Resumen

Se presenta una reseña histórica de los estudios taxonómicos sobre las lombrices de tierra de México comenzados alrededor de 1900, e intensificados durante la segunda mitad del siglo XX. El conteo actual señala que en México existen 98 especies descritas, 47 nativas y 51 exóticas. Al añadir 37 especies nuevas en proceso de descripción el número total se incrementa a 135. La mayor parte de las especies pertenecen a la familia Acanthodrilidae, subfamilias Acanthodrilinae (44 spp.), Benhamiinae (17 spp.) y Octochaetinae (25 spp.). La mayor cantidad de especies se encontró en ambientes naturales, aunque las exóticas predominaron en los ambientes perturbados. Desde el punto de vista funcional el 72% de las lombrices de tierra de México son endogeas-geófagas (93 spp.). Los patrones ecológicos de las comunidades indican que: i) dominan las endogeas en selvas y ambientes perturbados; ii) en los bosques templados predominan las exóticas y las epigeas representan el 35-58% de la abundancia total; iii) la mayor cantidad de especies se presenta en las selvas altas, mientras que los cultivos son los menos diversificados. Desde un punto de vista biogeográfico las lombrices de tierra nativas dividen a México en cuatro grandes regiones: 1) La región norte, sobre y al norte del Eje Neovolcánico Transverso (ENT), caracterizada por *Zapatadrilus*, *Diplocardia*, *Zapotecia* y *Protozapotecia*; 2) La región costera oriental, entre el ENT y el



itsmo de Tehuantepec, dominada por una sección de especies del género *Ramiellona*; 3) la región sur, al sur del itsmo de Tehuantepec, incluyendo la península de Yucatán, Guatemala, El Salvador y Honduras, definida por otra sección de especies de *Ramiellona* y por los géneros *Lavello-drilus*, *Kaxdrilus* y *Mayadrilus*; 4) la región montañosa del centro y occidente, incluyendo la Sierra Madre Occidental, Sierra Madre del Sur y los sistemas montañosos de Chiapas, caracterizada por los géneros *Dichogaster* y *Eutrigaster*. Se concluye que es necesario completar los inventarios, verificar ciertos patrones biogeográficos y evaluar el impacto de la perturbación en distintas regiones y ambientes. Se presenta la lista actualizada de todas las especies de México indicando su distribución por estados.

Introducción

México es un país relativamente grande, pues con una superficie de 1,964 375 km² ocupa el lugar 16 en superficie entre los países de todo el mundo. Poco menos de la mitad de su territorio, sin embargo se encuentra ocupado por desiertos o zonas semiáridas, y solamente un 24% esta ocupado por bosques templados húmedos, selvas tropicales medianas y altas y sabanas tropicales (Challenger, 1998). Estos ecosistemas se presentan principalmente en las cadenas montañosas y en las partes bajas del este y sureste y mexicano. La perturbación de los ecosistemas naturales en estas regiones es también relativamente significativa. Challenger (1998), por ejemplo, ha estimado valores de perturbación entre 34 y 54% para las zonas tropicales y bosques templados de México. Con una tasa de deforestación de 1.1 % anual, la conservación de la vegetación natural solo esta relativamente asegurada en las áreas naturales protegidas, que no cubren más del 9.5% de la superficie total.

La compleja topografía de este país, que incluye dos grandes cadenas montañosas (las Sierras Madre) que lo atraviesan en dirección NW-SE en ambos lados de su litoral, combinado con sistemas transversales de serranías (como el Eje Volcánico Transverso, el nudo mixteco y las montañas de Chiapas) es un factor importante para explicar los tipos de vegetación que se observan a lo largo de los gradientes altitudinales. De manera general estos gradientes incluyen de menor a mayor altitud selvas tropicales, bosques

de niebla, bosques de encinos-pinos y páramos de montaña.

Aunado a lo anterior, la historia geológica de México ha sido muy compleja, incluyendo bloques de corteza continental separados durante millones de años (Ortega-Gutiérrez et al., 2000), numerosos levantamientos orográficos y una gran actividad volcánica. A diferentes escalas, esta fragmentación geológico-histórica de México posiblemente favoreció la separación de linajes en varios grupos de organismos, incluyendo a las lombrices, cuya distribución actual solo se explica si se considera un origen vicariante (Fragoso et al., 1995).

En el presente trabajo, que es una versión abreviada y modificada del artículo de Fragoso (2001), se presenta el listado actual de las lombrices de tierra de México (separando entre especies nativas y exóticas), su distribución geográfica por estados, así como una breve discusión biogeográfica de estos patrones basada principalmente en el trabajo de Fragoso et al. (1995). El trabajo finaliza señalando las regiones que deberán ser estudiadas para completar el inventario de las lombrices de México y las investigaciones necesarias para discriminar entre hipótesis genealógico-biogeográficas.

Historia de la taxonomía de las lombrices de tierra en México

De acuerdo a su origen, las lombrices de tierra se pueden dividir en nativas y exóticas. En el primer grupo se incluyen las especies que se originaron en algún sitio de nuestro país y que se han distribuido en otras regiones de modo natural o por la acción del hombre (Fragoso et al., 1995). En el caso de las exóticas se asume que se originaron en otra región y su presencia en México se debe a una introducción intencional o accidental por el hombre (Eisen, 1900; Fragoso et al., 1999); a este grupo de lombrices también se le conoce como peregrinas. Las especies endémicas son nativas con una distribución restringida a su, presumiblemente, área de origen.

Nativas

Las primeras descripciones de especies nativas fueron realizadas a fines del siglo XIX y principios del XX por Eisen (1893, 1896, 1900) y Michaelsen (1910). Sin embargo, y durante cerca de 40 años no se publicó ningún otro estudio sobre



Foto 4.1. Excavación de monolitos de 70 x 70 cm, en la selva alta de Chajul, Chiapas, México, para muestrear las lombrices endogeas. En este sitio se encontraron especies nativas de *Lavello-drilus*, *Balanteodrilus* y *Ramiellona*, entre otras. (Foto C. Fragoso)

lombrices nativas de México, con la excepción de los trabajos de Pickford (1938) sobre las lombrices de tierra de grutas de Yucatán y el de Gates (1942) quien estudió las lombrices neotropicales de Norteamérica en su primer catálogo sobre esa fauna. En los años cincuenta, pero principalmente durante las décadas de los sesenta y setenta, Gates (1955, 1962, 1967, 1970a,b, 1971, 1973, 1977, 1978) y Righi (1972) describieron y registraron varias especies de lombrices colectadas por espeleólogos en diferentes cuevas de nuestro país. Posteriormente Fragoso (1988, 1991), James (1990, 1993), Csuzdi & Zicsi (1991), Fragoso & Rojas (1994) y Fragoso & Reynolds (1997) describieron 5 géneros y 20 especies nuevas. Los catálogos publicados en donde se incluyen especies de México, son los de Cognetti (1905,

1906) sobre la oligoquetofauna neotropical, los de Gates (1942, 1982) sobre la fauna de Norteamérica y Centroamérica, el de Fragoso et al. (1995) sobre las lombrices nativas de México, el Caribe y Centroamérica y finalmente el listado más completo publicado hasta el momento para México de Fragoso (2001), en donde se incluyeron tanto especies nativas como exóticas. En este último estudio se menciona la presencia de 82 especies nativas para México, 46 descritas y 36 no descritas.

Exóticas

Los primeros registros publicados a finales del siglo XIX sobre especies exóticas en México fueron sintetizados en los trabajos de Michaelsen (1900) y Cognetti (1905, 1906), quienes mencionaron la presencia de lumbrícidos (*Dendrobaena octaedra*, *Bimastus parvus*, *Lumbricus terrestris*), benhámidos (*Dichogaster bolau*), megascolécidos (*Metaphire californica*) y glossoscolécidos (*Pontoscolex corethrurus*). Posteriormente Gates (1942, 1972, 1982) publicó numerosos registros de especies exóticas, al revisar el material decomisado por la aduana estadounidense de plantas provenientes de México. Lamentablemente la mayoría de estos registros no cuentan con localidad y sólo en algunos casos se menciona el estado. La primera cuantificación de las lombrices exóticas de México fue presentada en el IX Congreso Nacional de Zoología (Fragoso & García-Rendón, 1987), en donde se señaló la existencia de 33 especies. Más tarde Fragoso et al. (1995) mencionan la existencia de 40 especies exóticas, mientras que Fragoso & Reynolds (1997) y Rodríguez (1999)



Foto 4.2. (A) Bosque de Pino-encino cerca de Zacualtipan, Hidalgo en donde se encontró a la nativa *Protozapotecia* sp. (B) Bosque de Pino-encino del Parque Natural La Malinche, Tlaxcala (B) en donde sólo se encontró a la nativa *Zapotecia* sp. (Fotos C. Fragoso)

registraron algunas especies más. Fragoso (2001) sintetizó toda la información anterior citando a 47 lombrices exóticas en México. En total para el año 2001 se estimaba un total de 129 especies de lombrices de tierra para México, de las cuales 47 eran exóticas.

Lista de especies actualizada incluyendo su distribución por estados

En los cinco años transcurridos desde el trabajo de Fragoso (2001) el número de especies registradas para el país se ha incrementado muy poco. La lista de especies de los anexos 4.1 (nativas) y 4.2 (exóticas) indica que para México se han registrado 135 especies de lombrices de las cuales 51 son exóticas y 84 son nativas (se incluyen las especies no descritas). Las seis especies adicionales al listado anterior de Fragoso (2001) son las exóticas *Pontodrilus litoralis* (Eisen, 1895), *Onychochaeta windlei* (Chirino, 2005), *Amyntas hupeiensis* (Reynolds & Reynolds 2004a,b) y *Dichogaster annae* (identificada como *Dichogaster modiglianii* en Fragoso, 2001); y las nativas *Diploptrema* sp. nov.9 y *Eutrigaster maya* (Csuzdi, 2000). El cuadro también presenta registros adicionales para algunas especies (en negritas), debido a los estudios de Reynolds & Reynolds (2004a,b), Uribe et al. (2003), Durán (2004), Coria (2004) y Brito-Vega et al. (2006).

El cuadro 4.1 presenta las especies (totales, nativas y exóticas) agrupadas por familias. A diferencia del cuadro presentado por Fragoso (2001), las lombrices clasificadas dentro de la familia Megascolecidae, fueron únicamente exóticas de la subfamilia Megascolecinae. Los acanthodrilidos fueron colocados dentro de la familia Acanthodrilidae, mientras que los dichogastrinos fueron divididos en Acanthodrilidae, Octochaetinae y Benhamiinae. En la primera subfamilia se consideraron los géneros con meronefridios, glándulas prostáticas tubulares y terminación masculina acanthodrilina (*Ramiellona* y *Zapatadrilus*), mientras que en Benhamiinae se considero a los géneros, que además de las características anteriores presentan glándulas calcíferas en la región 14-17 (*Dichogaster* y *Eutrigaster*).

El reacomodo anterior se basa en parte en recientes estudios filogenéticos utilizando ADN mitocondrial (genes codificadores de ARN ribosomal, rRNA 12S y 16S) y nuclear (rRNA 28S) (Jamieson et al., 2002; Dyne & Jamieson, 2004) así como en la propuesta de Csuzdi (1996). En el primer caso los autores incluyen en la subfamilia Acanthodrilinae (Megascolecidae) a los acanthodrilidos y adicionan además a los dichogastrinos y los octochaetidos; Csuzdi (1996), por otro lado propuso elevar a rango de familia a los acanthodrilidos (Familia Acanthodrilidae) y ubicar como subfamilias de esta última a los dichogastrinos (en la subfamilia Benhamiinae) y a los octochaetinos (Octochaetinae). La ubicación definitiva de estos

Cuadro 4.1. Número de especies y géneros (entre paréntesis) de lombrices de tierra en México separadas por familias y origen geográfico. Subfamilias y tribus de Megascolecidae de acuerdo a Jamieson (1971a, b). Las subfamilias y tribus de Acanthodrilidae se basan parcialmente en las propuestas de Czusdi (1995, 1996) y Blakemore (2000). Los números incluyen especies nativas nuevas aún no descritas.

Familias, subfamilias y tribus	Nativas	Exóticas	Total
Eudrilidae	0	1 (1)	1 (1)
Glossoscolecidae	2 (2)	5 (3)	7 (5)
Lumbricidae	0	20 (10)	20 (10)
Ocnerodrilidae	4 (3)	3 (2)	7 (5)
Sparganophilidae	0	1 (1)	1 (1)
Moniligastridae	0	1 (1)	1 (1)
Acanthodrilidae, Acanthodrilinae	41 (9)	3 (2)	44 (10)
Acanthodrilidae, Octochaetinae	25 (2)	0 (0)	25 (2)
Acanthodrilidae, Benhamiinae	12 (2)	5 (1)	17 (2)
Megascolecidae, Megascolecinae, Megascolecini	0	11 (5)	10 (4)
Megascolecidae, Megascolecinae, Peryonichini	0	1 (1)	1 (1)
Total	84 (18)	51 (27)	135 (43)

géneros deberá quedar establecida cuando se realicen los análisis filogenéticos y moleculares para los géneros mexicanos acanthodrilidos (*Zapotecia*, *Protozapotecia*, *Kaxdrilus*, *Balanteodrilus*, *Larsonidrilus*, *Mayadrilus*, *Lavellodrilus*, *Diplotrema*), dichogastrinos (*Dichogaster* y *Eutrigaster*) y octochaetidos (*Ramiellona* y *Zapatadrilus*). El análisis detallado de las especies mexicanas de *Zapatadrilus* con glándulas prostáticas racemosas, deberá resolver si procede o no su cambio al género *Exxus* Gates 1959, familia Exxidae, tal y como ha sido propuesto por Blakemore (2000, 2004, 2005).



Foto 4.3. *Zapatadrilus* sp. de la selva mediana de la Reserva el Cielo, Tamaulipas, México. Se trata de una de las especies de mayor diámetro de México. Fijada y conservada en formol al 10%. La escala son 2 cm. (Foto C. Fragoso)

Con el nuevo arreglo de familias queda claro que la fauna nativa de lombrices de tierra de México está dominada por la Familia Acanthodrilidae

(lombrices con espermatecas diverticuladas, glándulas prostáticas tubulares y poros masculinos independientes de los prostáticos en la región de los segmentos 16-20) que representa el 93% de todas las especies. La repartición por subfamilias señala un dominio de Acanthodrilinae (49%), que son lombrices relativamente primitivas con holonefridios y, en algunos géneros, glándulas calcíferas laminares en los segmentos esofágicos 7-12. La subfamilia Octochaetinae (lombrices con meronefridios) también es relativamente importante pues con 25 especies representa el 30% del total de especies; las especies tipo dichogastrinas (meronefridios y glándulas calcíferas en la región 14-17), agrupadas en Benhamiinae por Csuzdi (1996) representan el restante 14%.

Las otras dos familias con especies nativas (Glossoscolecidae y Ocnerodrilidae) tan solo contribuyen con 7% al total de nativas, y aunque es seguro que deberán encontrarse más especies de estas dos familias en el futuro, es muy poco probable que se modifique el dominio de los acanthodrilidos.

Patrones por tipos de vegetación

Fragoso (2001) señala que la distribución por ambientes naturales y perturbados, indica una mayor cantidad de especies en ambientes naturales (106 spp.) que en los perturbados (78 spp.). Esta diferencia se mantiene para el grupo de las nativas (75 especies en ambientes naturales vs. 38 spp. en perturbados) y se invierte en el caso de las exóticas: 31 especies en sitios naturales contra 40 spp. en



Foto 4.4. (A) Paisaje típico de los alrededores la Reserva de Calakmul, Campeche donde se encuentran las dos especies conocidas de *Mayadrilus*. (B) *Mayadrilus calakmulensis* colectada en la Reserva de Calakmul, fijada y conservada en Formol (10%). (Fotos C. Fragoso)

locales perturbados. Una mayor diferencia entre ambos grupos es evidente cuando se comparan las especies exclusivas en cada tipo de ambiente. Así, 41 especies nativas fueron exclusivas de ambientes no perturbados vs. 6 exóticas; 37 especies nativas se presentaron tanto en ambientes naturales como perturbados vs. 26 exóticas; y sólo 4 nativas se encontraron únicamente en sitios perturbados vs. 15 exóticas. Esta desaparición de especies nativas en ambientes perturbados ha sido señalada con anterioridad (Fragoso, 1993; Fragoso et al., 1993; Fragoso et al., 1995, 1997). Este mismo autor concluye, a partir de los registros de especies nativas y exóticas en ambientes naturales y perturbados, lo siguiente:

- i) los ambientes naturales con mayor cantidad de especies registradas fueron los bosques templados (47 spp.), las selvas (46 spp.), los ambientes riparios (36 spp.) y los bosques mesófilos (32 spp.);
- ii) los ambientes perturbados con mayor cantidad de especies fueron los pastizales (44 spp.), los acahuals (27 spp.), los cultivos (22 spp.) y los ambientes con influencia humana (21 spp.);
- iii) el porcentaje de especies nativas en ambientes naturales (más del 60%), fue siempre mayor que el de exóticas, con excepción de los ambientes riparios;
- iv) el menor porcentaje de exóticas en ambientes naturales se observó en los páramos (0) y en las selvas tropicales (15%);
- v) solo en los bosques introducidos y en los desechos orgánicos el porcentaje de exóticas superó al de nativas;



Foto 4.5. Paisaje en la región de Naolinco, a las faldas del Cofre de Perote, Veracruz, México en donde todavía se encuentran especies nativas endogeas y epiendogeas del género *Protozapotecia*. (Foto C. Fragoso)

vi) en cuatro ambientes perturbados (pastos, cultivos, plantaciones y ambientes con influencia humana) el porcentaje de nativas y exóticas fue relativamente similar.

Con respecto a los tipos ecológicos, Fragoso (2001) encontró que a nivel del país 93 especies (72%) eran endogeas-geófagas (habitantes del suelo y consumidoras de suelo), principalmente del grupo de las nativas (66 especies). La mayoría de las 36 especies epigeas registradas en el país eran exóticas (20 spp.). Este autor, al considerar por separado los ambientes naturales, observó que en los sitios tropicales (selvas, sabanas) el porcentaje de especies endogeas nativas siempre estuvo por arriba del 93%, mientras que en los ambientes más fríos (bosques y pastizales de altura, bosques mesófilos) este porcentaje descendió a cerca del 50%.

En cuanto a las exóticas, éstas presentaron especies epigeas más resistentes, que representaron el 35 y el 40% del total de especies en ambientes naturales y perturbados, respectivamente. Fragoso (2001) concluye que las lombrices nativas del país son fundamentalmente endogeas, y que la cantidad y frecuencia de epigeas se debe principalmente a las especies exóticas invasoras.

En el mismo estudio Fragoso (2001) sintetiza los trabajos sobre comunidades en los siguientes puntos:

- i) en los ambientes perturbados y en los bosques tropicales predominan las lombrices endogeas-geófagas, pues representan más del 80% del promedio de la densidad y biomasa totales;
- ii) en los bosques templados (mesófilo y de pino-encino) las lombrices endogeas siguen predominando, pero las epigeas llegan a representar del 37 al 58% y del 9 al 35% del promedio de la densidad y biomasa totales, respectivamente;
- iii) en el grupo de ecosistemas naturales, las selvas altas se caracterizan por tener la mayor cantidad de especies, mientras que los bosques de pino son los más pobres; en ambientes perturbados la mayor y menor riqueza corresponde a los pastizales y a los cultivos, respectivamente;
- iv) en las selvas y el bosque mesófilo se presentan relativamente pocas especies exóticas (14-31% del total), mientras que en los bosques de pino la cantidad de exóticas se incrementa notablemente (78%), observándose la misma tendencia en la abundancia y biomasa.

Patrones biogeográficos

Desde hace más de diez años Fragoso (1993) y Fragoso et al. (1995), con base en la distribución de las lombrices en el este y sureste de México propusieron los siguientes patrones biogeográficos que hasta el momento se han mantenido:

- i) una región norteña (al norte de y sobre el Eje Neovolcánico Transverso-ENT) caracterizada por la presencia de los géneros derivados *Zapatadrilus*, *Diplocardia*, *Zapotecia* y *Protozapotecia*;
- ii) una región central de baja altitud (entre el ENT y el istmo de Tehuantepec) dominada por una sección de especies del género *Ramiellona*;
- iii) una región sureña (al sur del istmo de Tehuantepec, incluyendo a El Salvador y a Honduras) definida por otra sección de especies de *Ramiellona* y por los géneros *Lavello-drilus*, *Kaxdrilus* y *Mayadrilus*; y
- iv) la región montañosa de la vertiente del pacífico (Sierra Madre Occidental, Sierra Madre del Sur y los sistemas montañosos de Chiapas) caracterizada por los géneros *Dichogaster* y *Eutrigaster*. Con el objeto de determinar si estos patrones biogeográficos se mantienen, será fundamental llevar a cabo la colecta de lombrices en regiones pobremente exploradas o totalmente desconocidas, tales como la región de los altos y la zona del Soconusco en el estado de Chiapas, las Sierras de Juárez y de Mihuatlán en el estado de Oaxaca y gran parte de la península de Yucatán, así como en los principales sistemas montañosos del país, incluyendo las Sierras Madre Occidental y Madre Oriental, y el Eje Neovolcánico Transverso (ENT) en su sección occidental. El estudio reciente de Durán (2004) confirma la presencia de *Dichogaster* en la porción extrema occidental del ENT (Tepic, Nayarit) y registra al género *Diplocardia*, sugiriendo que este género se distribuye desde Estados Unidos por las regiones montañosas de las Sierras Madre Oriental y Occidental.

Conclusiones

El inventario de la fauna de lombrices de tierra de México debe hacerse lo más pronto posible, pues hay evidencias de una pérdida importante de especies nativas (Fragoso et al., 1995), aunque hasta la fecha no se tengan estimaciones de la

velocidad y gravedad del proceso. Fragoso (2001) resume algunas de estas evidencias:

- i) en el sureste de México la mayor parte de la riqueza regional de especies (40) se concentra en los pocos parches de bosques que quedan (menos 25% de la superficie total de la región) mientras que 15 especies, principalmente exóticas, predominan en pastizales que ocupan más del 50% de la superficie total de la región;
- ii) la conversión de selvas tropicales a pastizales conlleva la pérdida de la mayoría de las especies epigeas nativas y una disminución en la abundancia de las endogeas nativas;
- iii) los cultivos anuales son extremadamente pobres en especies, y cuando llega a haber lombrices éstas son generalmente exóticas;
- iv) en los ambientes templados la pérdida de especies nativas ha sido aparentemente mayor, pues tanto en los ecosistemas naturales, bosques de pinos y encinos, como en los agroecosistemas derivados, dominan lumbrícosos y megascolecinos exóticos.



Foto 4.6. Interior de la selva alta de la Reserva de los Tuxtlas, Veracruz, México en donde todavía se encuentran especies nativas de *Ramiellona* y *Kaxdrilus*. (Foto C. Fragoso)

Sin embargo, algunos ambientes perturbados pueden mantener la fauna nativa. Por ejemplo, se ha observado que en los acahuales derivados de selvas tropicales en la región de Los Tuxtlas, se mantienen las dos únicas especies epigeas nativas de la selva: *Kaxdrilus sylvicola* y *Ramiellona* sp.nov.18 (Fragoso, 1997), las cuales desaparecen por completo en los pastizales aledaños. También se ha observado que los pastizales tropicales pueden conservar una cierta fauna nativa, aunque la diversidad parece estar inversamente relacionada con el tiempo de uso y el grado de intensificación (Ortiz, 2000). La presencia exclusiva de algunas de

estas especies nativas en pastizales y su ausencia en los bosques tropicales (e.g. *Diploptrema murchiei*) sugiere adaptaciones obtenidas en el pasado, cuando las sabanas tropicales eran un ambiente más común en el Sureste mexicano (Toledo, 1976). Brown et al. (2004), por ejemplo obtuvo evidencias que apoyan esta hipótesis. Al estudiar pastizales con pastos nativos e introducidos en tres regiones del estado de Veracruz, estos autores encontraron en dos regiones mayor riqueza de especies de lombrices nativas en los sitios con pastos nativos (Tuxpan e Isla).

Todos los patrones anteriores han sido observados en el Sureste de México y no se sabe si estas mismas tendencias se presentarán en otras regiones. Es necesario probar si la hipótesis de Fragoso y Reynolds (1997) sobre una mayor cantidad de lombrices nativas en bosques de regiones templadas con reducido flujo comercial durante la colonia, e.g. Oaxaca, se mantiene en otras regiones. Tampoco sabemos si los pastizales tropicales de zonas más secas (e.g. la vertiente del pacífico) contienen especies nativas, aunque el estudio de Durán (2004) sugiere que en algunos pastizales y selvas tropicales del estado de Nayarit ocurre un dominio total de especies exóticas.

Referencias

- BLAKEMORE, R. J. **Tasmanian earthworms. CD-ROM monograph with review of world families.** Kippax: VermEcology, 2000. 800 p.
- BLAKEMORE, R. J. Checklist of the earthworm family Exxidae Blakemore, 2000 (and renaming of *Sebastianus* Blakemore, 1997). In: MORENO, A. G.; BORGES, S. (Ed.). **Avances en taxonomía de lombrices de tierra (Annelida: Oligochaeta).** Madrid: Editorial Complutense, 2004. p. 121-125.
- BLAKEMORE, R. J. Whither Octochaetidae?- A review of its family status (Annelida: Oligochaeta). In: POP, V.; POP, A. (Ed.). **Advances in earthworm taxonomy II (Annelida Oligochaeta).** Cluj-Napoca: Cluj University Press, p. 63-84, 2005.
- BRITO-VEGA, H.; ESPINOSA-VICTORIA, D.; FIGUEROA-SANDOVAL, B.; FRAGOSO, C.; PATRÓN-IBARRA, J. C. Diversidad de lombrices de tierra con labranza de conservación y convencional. **Terra**, v. 24, n. 1, p. 99-108, 2006.
- BROWN, G. G.; MORENO, A.; BAROIS, I.; FRAGOSO, C.; ROJAS, P.; HERNÁNDEZ, B.; PATRÓN, J.C. Soil macrofauna in SE Mexican pastures and the effect of conversion from native to introduced pastures. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 103, p. 313-327, 2004.
- CHALLENGER, A. **Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: pasado, presente y futuro.** México, DF: CONABIO-UNAM, 1998. 847 p.
- CHIRINO, V. I. **Caracterización de las comunidades de lombrices de tierra del bosque mesófilo.** 2005. 95 f. Tesis (Licenciatura en Biología) - Universidad Nacional Autónoma de México, México, DF.
- COGNETTI, L. Gli Oligocheti della regione neotropicale, I. **Memoire della Reale Accademia delle Scienze di Torino**, v. 55, p. 1-72, 1905.
- COGNETTI, L. Gli Oligocheti della regione neotropicale, II. **Memoire della Reale Accademia delle Scienze di Torino**, v. 56, p. 147-262, 1906.
- CORIA, M. L. M. **Influencia de la deforestación y el manejo sobre las comunidades de lombrices de Tierra (Annelida: Oligochaeta) de milpas y pastizales en el volcán de Santa Martha de Los Tuxtlas, Ver.** 2004. 71 f. Tesis (Licenciatura en Biología) - Universidad Nacional Autónoma de México, México, DF.
- CSUZDI, C. A catalogue of Benhamiinae species. **Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien**, v. 97B, p. 99-123, 1995.
- CSUZDI, C.; ZICSI, A. Über die verbreitung neuer und bekannter *Dichogaster* und *Entrigaster* arten aus Mittel-und Südamerika (Oligochaeta, Octochaetidae). **Regenwürmer aus Südamerika** 15. **Acta Zoologica Hungarica**, v. 37, p. 3-4, p. 177-192, 1991.
- CSUZDI, C. Revision der Unterfamilie Benhamiinae Michaelsen, 1897 (Oligochaeta: Acanthodrilidae). **Mitteilungen aus dem Zoologischen Museum Berlin**, v. 72, n. 2, p. 347-367, 1996.
- CSUZDI, C. A review of the Benhamiinae collection of the Natural History Museum, London (Oligochaeta: Acanthodrilidae). **Opuscula Zoologica Budapest**, v. 32, p. 51-80, 2000.
- DURÁN, S. **Influencia de la altitud y la perturbación sobre las comunidades de lombrices de tierra (anélidos, oligoquetos) de la Sierra de San Juan, Nayarit.** 2004. 71 f. Tesis (Maestría en Ciencias Ambientales) - Universidad Autónoma de Nayarit, Tepic.
- DYNE, G. R.; JAMIESON, B. G. M. **Native earthworms of Australia II (Megascolecidae, Acanthodrilinae).** Canberra: Australian Biological Resources Study, 2004. 2000 p. 1 CD-ROM.
- EISEN, G. Anatomical studies on new species of *Ocnerodrilus*. **Proceedings of the California**

- Academy of Sciences**, v. 2, n. 3, p. 228-318, 1893.
- EISEN, G. Pacific Coast Oligochaeta I. **Memoirs of the California Academy of Sciences**, v. 2, n. 4, p. 63-122, 1895.
- EISEN, G. Pacific Coast Oligochaeta II. **Memoirs of the California Academy of Sciences**, v. 2, n. 5, p. 123-198, 1896.
- EISEN, G. Researches in the American Oligochaeta, with special reference to those of the Pacific coast and adjacent islands. **Proceedings of the California Academy of Sciences**, v. 2, n. 3, p. 85-276, 1900.
- FRAGOSO, C. Sistemática y ecología de un género nuevo de lombriz de tierra (Acanthodrilini: Oligochaeta) de la Selva Lacandona, Chiapas, México. **Acta Zoologica Mexicana**, v. 25, p. 1-39, 1988. (Nueva serie).
- FRAGOSO, C. Two new species of the earthworm genus *Lavello-drilus* (Oligochaeta, Acanthodrilini) from tropical Mexican rain forests. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 26, n. 2, p. 83-91, 1991.
- FRAGOSO, C. **Les peuplements de vers de terre dans l'est et sud'est du Mexique**. 1993. 225 f. Tesis (Doctoral) - Université Paris 6, Paris.
- FRAGOSO, C. Annelida (Oligochaeta). In: GONZÁLEZ, DIRZO, E. R.; VOGT, R. (Ed.). **Historia natural de Los Tuxtlas**. México: UNAM-CONABIO, 1997. p. 395-399.
- FRAGOSO, C. Las lombrices de tierra de México (Annelida, Oligochaeta): Diversidad, Ecología y Manejo. **Acta Zoologica Mexicana**, v. 1, p. 131-171, 2001. Número especial. (Nueva Serie).
- FRAGOSO, C.; GARCIA RENDÓN, M. Las lombrices terrestres de México: un grupo poco estudiado. **Resúmenes... IX CONGRESO NACIONAL DE ZOOLOGÍA**, 9., 1987, Villahermosa, Tabasco. p. 266.
- FRAGOSO, C.; REYNOLDS, J. W. On some earthworms from central and southeastern Mexican mountains, including two new species of the genus *Dichogaster* (Dichogastrini). **Megadrilologica**, v. 7, n. 2, p. 9-19, 1997.
- FRAGOSO, C.; ROJAS, P. Earthworms from southeastern Mexico. New acanthodriline genera and species (Megascolecidae, Oligochaeta). **Megadrilologica**, v. 6, n. 1, p. 1-12, 1994.
- FRAGOSO, C.; BAROIS, I.; GONZÁLEZ, C.; ARTEAGA, C.; PATRÓN, J. C. Relationship between earthworms and soil organic matter levels in natural and managed ecosystems in the Mexican tropics. In: MULONGOY, K.; MERCKX, R. (Ed.). **Soil organic matter dynamics and sustainability of tropical agriculture**. New York: Wiley-Sayce, 1993. p. 231-239.
- FRAGOSO, C.; JAMES, S. W.; BORGES, S. Native earthworms of the North Neotropical Region: current status and controversies. In: HENDRIX, P. F. (Ed.). **Earthworm ecology and biogeography in North America**. Boca Raton: Lewis Publishers, 1995. p. 67-115.
- FRAGOSO, C.; BROWN, G. G.; PATRÓN, J. C.; BLANCHART, E.; LAVELLE, P.; PASHANASI, B.; SENAPATI, B. K.; KUMAR, T. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics: the role of earthworms. **Applied Soil Ecology**, v. 6, p. 17-35, 1997.
- FRAGOSO, C.; KANYONYO, J.; MORENO, A. G.; SENAPATI, B. K.; BLANCHART, E.; RODRÍGUEZ, C. A survey of tropical earthworms: taxonomy, biogeography and environmental plasticity. In: LAVELLE, P.; BRUSSAARD, L.; HENDRIX, P. P. (Ed.). **Earthworm management in tropical agroecosystems**. Wallingford: CAB International, 1999. p. 1-26.
- GATES, G. E. Checklist and bibliography of North American earthworms. **American Midland Naturalist**, v. 27, p. 86-108, 1942.
- GATES, G. E. Notes on several species of the earthworm genus *Diplocardia* Garman 1888. **Bulletin of the Museum of Comparative Zoology**, v. 113, n. 3, p. 229-259, 1955.
- GATES, G. E. On some earthworms of Eisen's collection. **Proceedings of the California Academy of Sciences**, v. 4, n. 31, p. 185-225, 1962.
- GATES, G. E. On a new species of earthworm from a Mexican cave. **International Journal of Speleology**, v. 3, p. 63-70, 1967.
- GATES, G. E. On some exotic earthworms from Mexico. **Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural**, v. 31, p. 281-287, 1970a.
- GATES, G. E. On a new species of earthworm from another Mexican cave. **Southwestern Naturalist**, v. 15, n. 2, p. 261-273, 1970b.
- GATES, G. E. On some earthworms from Mexican caves. **Association of Mexican Cave Studies Bulletin**, v. 4, p. 3-8, 1971.
- GATES, G. E. Burmese earthworms: an introduction to the systematics and biology of megadrile oligochaetes with special reference to southeast Asia. **Transactions of the American Philosophical Society**, v. 62, n. 7, p. 1-326, 1972. (New Series).
- GATES, G. E. On more earthworms from Mexican caves. **Association of Mexican Cave Studies Bulletin**, v. 5, p. 21-24, 1973.

- GATES, G. E. On some earthworms from North American caves. **Association of Mexican Cave Studies Bulletin**, v. 6, p. 1-4, 1977.
- GATES, G. E. On a new species of octochaetid earthworm from Mexico. **Proceedings of the Biological Society of Washington**, v. 91, n. 2, p. 439-443, 1978.
- GATES, G. E. Farewell to North American megadriles. **Megadrilologica**, v. 4, n. 1-2, p. 12-77, 1982.
- JAMES, S. W. *Diploctrema murchiei* and *D. papillata* new earthworms (Oligochaeta: Megascolecidae) from Mexico. **Acta Zoologica Mexicana**, v. 38, p. 18-27, 1990. (Nueva Serie).
- JAMES, S. W. New acanthodriline earthworms from Mexico (Oligochaeta: Megascolecidae). **Acta Zoologica Mexicana**, v. 60, p. 1-21. 1993. (Nueva Serie)
- JAMIESON, B. G. M. A review of the Megascolecoid earthworm genera (Oligochaeta) of Australia. Part I. Reclassification and checklist of the Megascolecoid genera of the world. **Proceedings of the Royal Society of Queensland**, v. 82, p. 75-86, 1971a.
- JAMIESON, B. G. M. A review of the Megascolecoid earthworm genera (Oligochaeta) of Australia. Part. II. The subfamilies Ocnerodrilinae and Acanthodrilinae. **Proceedings of the Royal Society of Queensland**, v. 82, p. 95-108, 1971b.
- JAMIESON, B. G. M.; TILLIER, S.; TILLIER, A.; JUSTINE, J.-L.; LING, E.; JAMES, S.; MCDONALD, K.; HUGALL, A. F. Phylogeny of the Megascolecidae and Crassiclitellata (Annelida, Oligochaeta): combined versus partitioned analysis using nuclear (28S) and mitochondrial (12S, 16S) rDNA. **Zoosystema**, v. 24, n. 4, p. 707-734, 2002.
- MICHAELSEN, W. Oligochaeta. **Das tierreich**. Berlín: R. Friedlander & Sohn, 1900. v. 10. 557 p.
- MICHAELSEN, W. Oligochäeten von verschiedenen Gebieten. **Mitteilungen aus dem Naturhistorischen Museum in Hamburg**, v. 27, p. 47-169, 1910.
- ORTEGA-GUTIÉRREZ, F.; SEDLOCK R. L.; SPEED, R. C. Evolución tectónica de México durante el Fanerozóico. In: LLORENTE, J.; GONZÁLEZ, S. E.; PAPAYERO, N. **Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento**. México, DF: UNAM, 2000. v. II p. 3-59.
- ORTIZ, B. E. **Ganadería bovina, biodiversidad de suelos y sustentabilidad en el trópico Veracruzano**. 2000. 249 f. Tesis (Doctoral en Ecología y Manejo de Recursos Naturales) - Instituto de Ecología, Xalapa.
- PICKFORD, E. Earthworms in Yucatan Caves. **Publications of the Carnegie Institute**, Washington, v. 491, p. 71-100, 1938.
- REYNOLDS, J.; REYNOLDS, D. W. Nuevos registros de las grandes carreras VI-VIII mundiales de lombrices de tierra desde Nuevo León (México). **Megadrilologica**, v. 10, n. 2, p. 5-11, 2004a.
- REYNOLDS, J.; REYNOLDS, D. W. Las grandes carreras X-XII mundiales de lombrices de tierra y experiencias adicionales de aprendizaje. **Megadrilologica**, v. 10, n. 4, p. 27-28, 2004b.
- RODRÍGUEZ, C. Nuevas citas y lista de especies de oligoquetos (Annelida) colectadas en el estado de Quintana Roo, México. **Caribbean Journal of Science**, v. 35, p. 1-2, p. 155-158, 1999.
- RIGHI, G. On some earthworms from Central America (Oligochaeta). **Studies on the Neotropical Fauna**, v. 7, p. 207-228, 1972.
- TOLEDO, M. **Los cambios climáticos del pleistoceno y sus efectos sobre la vegetación tropical cálida y húmeda de México**. 1976. 73 f. Tesis (Maestría) - Universidad Nacional Autónoma de México, México, DF.
- URIBE-LÓPEZ, S.; FRAGOSO, C.; MOLINA-ENRÍQUEZ, J. F. Comunidades de lombrices de tierra y propiedades fisicoquímicas del suelo en cacaotales con distinto manejo en Tabasco, México. In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C.; OLIVEIRA, L. J. (Ed.). **O uso da macrofauna edáfica na agricultura do século XXI: a importância dos engenheiros do solo**. Londrina: Embrapa Soja, 2003. p. 148-159. (Embrapa Soja. Documentos, 224).

Anexo 4.1. Lombrices de tierra exóticas de México. Entre paréntesis se indica el número de registros para el estado. En negritas se presentan registros adicionales a los presentados por Frago (2001). Las referencias originales de la distribución de cada especie se encuentran en Frago (2001). Las otras referencias indican registros posteriores a 2001 o no señalados en Frago (2001).

Especie	Estados (Nº registros)	Referencia
Acanthodrilidae		
<i>Diplocardia eiseni</i> (Michaelsen, 1894)	TAMPS (1), VER (1)	Frago (2001)
<i>Microcolex dubius</i> (Fletcher, 1887)	DF (1), MEX (1), NL (1)	Frago (2001), Reynolds & Reynolds (2004a)
<i>Microcolex phosphoreus</i> (Dugès, 1837)	BCN (2), DF (1), VER (1)	Frago (2001)
Acanthodrilidae Benhamiinae		
<i>Dichogaster affinis</i> (Michaelsen, 1890)	CAM (3), DGO (1), NAY (1) , TAB (1), TAMPS (2), VER (6), YUC (2)	Durán (2004), este estudio
<i>Dichogaster bolau</i> (Michaelsen, 1891)	BCS (1), CAM (4), CHIS (3), NAY (1), NL (1) , QROO (1), TAB (5), TAMPS (2), VER (10), YUC (2)	Frago (2001), Reynolds & Reynolds (2004a)
<i>Dichogaster modiglianii</i> (Rosa, 1896)	NAY (2)	Frago (2001)
<i>Dichogaster annae</i> (Horst, 1893)	VER (2)	Este estudio
<i>Dichogaster saliers</i> (Beddard, 1893)	CHIS (2), GRO (2), TAB (2), TAMPS (1), VER (6)	Frago (2001)
Eudrilidae		
<i>Eudrilus eugeniae</i> (Kinberg, 1867)	QROO (1)	Frago (2001)
Glossoscolecidae		
<i>Onychochaeta elegans</i> (Cognetti, 1905)	CAM (1), QROO (1)	Frago (2001)
<i>Onychochaeta windlei</i> (Beddard, 1890)	VER (1)	Chirino (2005), este estudio
<i>Perisocolex brachycystis</i> (Cognetti, 1905)	CHIS (2), TAB (1) , VER (2)	Frago (2001), Uribe et al. (2003)
<i>Pontosocolex corethrurus</i> (Müller, 1857)	BCS (3), CHIS (4), GRO (1), JAL (2), NAY (2), NL (1) , OAX (4), MICH (1), SIN (1), TAB (6), TAMPS (3), VER (44), SLP (1)	Frago (2001), Reynolds & Reynolds (2004a)
<i>Pontosocolex cynthiae</i> Borges & Moreno, 1990	TAB (1), QROO (1)	Frago (2001)
Lumbricidae		
<i>Allobophora chlorotica</i> (Savigny, 1826)	DF (1), MEX (2), PUE (1)	Frago (2001)
<i>Aporrectodea longa</i> (Ude, 1895)	DF (2), MEX (1)	Frago (2001)
<i>Aporrectodea trapezoides</i> (Dugès, 1828)	AGS (1) , BCS (1), DF (4), DGO (1), HGO (3), MEX (2), MICH (2), NL(2) , PUE (1), TAMPS (1), TLAX (1), DF (2), MEX (1)	Este estudio, Frago (2001), Reynolds & Reynolds (2004a, b)
<i>Aporrectodea tuberculata</i> (Eisen, 1874)	DF (2), MEX (1)	Frago (2001)

Continuación...

Especie	Estados (Nº registros)	Referencia
<i>Aporrectodea turgida</i> (Eisen, 1873)	DF (4), MEX (4), PUE (2), VER (3)	Fragoso (2001)
<i>Bimastos parvus</i> (Eisen, 1874)	DF (1), SIN (1), TAM (2)	Fragoso (2001)
<i>Bimastos tumidus</i> (Eisen, 1874)	VER (2)	Fragoso (2001)
<i>Dendrobaena octaedra</i> (Savigny, 1826)	DF (2), HID (1), MEX (4), MICH (1), PUE (1), TAM (1), TAM (1), VER (4)	Fragoso (2001)
<i>Dendrodriilus rubidus</i> (Savigny, 1826)	DF (2), MEX (5), MICH (2), MOR (1), NL (2) , SLP (2), TAMPS (2), VER (2)	Fragoso (2001), Reynolds & Reynolds (2004a, b)
<i>Eisenia andrei</i> Bouché, 1972	DF (2), VER (1)	Fragoso (2001)
<i>Eisenia fetida</i> (Savigny, 1826)	CHIH (3), DF (2), GTO (1), MEX (1), PUE (2), TLAX (1), VER (2)	Fragoso (2001)
<i>Eisenia rosea</i> (Savigny, 1826)	BC (1), DF (4), HID (1), MEX (1), NL (1) , PUE (3), SLP (1), TAMPS (1)	Fragoso (2001), Reynolds & Reynolds (2004a)
<i>Eiseniella tetraedra</i> (Savigny, 1826)	MEX (1), PUE (1), VER (1)	Fragoso (2001)
<i>Eophila moebii</i> (Michaelsen, 1895)	DF (2)	Fragoso (2001)
<i>Eophila molleri</i> (Rosa, 1889)	DF (2)	Fragoso (2001)
<i>Lumbricus castaneus</i> (Savigny, 1826)	DF (2), MEX (2)	Fragoso (2001)
<i>Lumbricus rubellus</i> Hoffmeister, 1843	DF (5), MEX (6), MICH (1), MOR (1), PUE (3), VER (5)	Fragoso (2001)
<i>Lumbricus ferrestres</i> Linnaeus, 1758	DF (2)	Fragoso (2001)
<i>Octolasion cyaneum</i> (Savigny, 1826)	DF (2), MEX (1), VER (5)	Fragoso (2001)
<i>Octolasion tyrtaeum</i> (Savigny, 1826)	CHIS (1), DF (5), HID (2), MEX (5), MICH (6), MOR (1), OAX (2), PUE (3), QRO (3), SLP (2), TAMPS (1), VER (12)	Fragoso (2001)
Megascolecidae		
<i>Amyntas corticis</i> (Kinberg, 1867)	CHIS (2), GRO (1), MEX (1), NL (2) , OAX (1), PUE (2), SLP (1), TAMPS (1), VER (10)	Fragoso (2001), Reynolds & Reynolds (2004a, b)
<i>Amyntas gracilis</i> (Kinberg, 1867)	AGS (1), CHIH (1), CHIS (1), DF (2), JAL (1), MEX (1), MICH (1), MOR (2), NAY (1) , NL (2) , PUE (3), SLP (1), TAB (1) , TAMPS (2), VER (20)	Fragoso (2001), Reynolds & Reynolds (2004a, b), Uribe et al. (2003), Durán (2004)
<i>Amyntas morrissi</i> (Beddard, 1892)	JAL (1), NL (2)	Fragoso (2001), Reynolds & Reynolds (2004a, b)
<i>Amyntas hupeiensis</i> (Michaelsen, 1895)	NL (2)	Reynolds y Reynolds (2004a, b)
<i>Metaphire californica</i> (Kinberg, 1867)	VER (1)	Fragoso (2001)

<i>Metaphire houlleti</i> (Perrier, 1872)	VER (1), NL (1)	Fragoso (2001), Reynolds & Reynolds (2004a)
<i>Metaphire posthuma</i> (Vaillant, 1868)	TAMPS (1), VER (1)	Fragoso (2001)
<i>Pithemera bicincta</i> (Perrier, 1875)	JAL (1)	Fragoso (2001)
<i>Polypheretima elongata</i> (Perrier, 1872)	CHIS (1), NAY (1) , QROO (2), TAB (1), TAMPS (1), VER (4)	Fragoso (2001), Durán (2004)
<i>Polypheretima taprobanae</i> (Beddard, 1892)	VER (1)	Fragoso (2001)
<i>Perionyx excavatus</i> Perrier, 1872	VER (3)	Fragoso (2001)
<i>Pontodrilus litoralis</i> (Grube, 1855)	BCS (1) , SON (1)	Eisen (1895)
Moniligastridae.....		
<i>Drawida barwelli</i> (Beddard, 1886)	VER (2), TAB (1)	Fragoso (2001), Uribe et al. (2003)
Ocnerodrilidae.....		
<i>Eukerria mcdonaldi</i> (Eisen, 1893)	BCS (2)	Fragoso (2001)
<i>Eukerria saltensis</i> (Beddard, 1895)	MEX (2), NAY (1) , NL (1) , PUE (1), QROO (1), SLP (1), VER (2)	Fragoso (2001), Reynolds & Reynolds (2004a), Durán (2004)
<i>Ocnerodrilus occidentalis</i> Eisen, 1878	BCS (4), DGO (1), QROO (1), SIN (1), SON (1), TAB (1), TAMPS (2), VER (6)	Fragoso (2001)
Sparganophilidae.....		
<i>Sparganophilus eiseni</i> Smith, 1895	NAY (1), TAMPS (1), VER (2)	Fragoso (2001)

Anexo 4.2. Lombrices de tierra nativas de México. Entre paréntesis se indica el número de registros para el estado. En negritas se presentan registros adicionales a los presentados por Frago (2001). Las referencias originales de la distribución de cada especie se encuentran en Frago (2001). Las otras referencias indican registros posteriores a 2001 o no señalados en Frago (2001).

Especie	Estados (n° registros)	Referencia
Acanthodrilidae		
<i>Balanteodrilus pearsei</i> Pickford, 1938	CAM (3), CHIS (5), QROO (4), TAB (7), VER (14), YUC (2).	Frago (2001)
<i>Balanteodrilus</i> sp.nov.2	VER (3)	Frago (2001)
<i>Balanteodrilus</i> sp.nov.3	VER (1)	Frago (2001)
<i>Diplocardia alba</i> Gates, 1943	?	Frago (2001)
<i>Diplocardia invecta</i> Gates, 1955	?	Frago (2001)
<i>Diplocardia keyesi</i> (Eisen, 1896)	BCS (1), NAY (1)	Frago (2001), Durán (2004)
<i>Diplocardia</i> sp.nov.4	VER (1)	Frago (2001)
<i>Diplocardia</i> sp.nov.5	TAMPS (1), VER (1)	Frago (2001)
<i>Diplocardia</i> sp.3	TAMPS (1)	Frago (2001)
<i>Diplocardia</i> sp.4	VER (1)	Frago (2001)
<i>Diplotrema albida</i> (Gates, 1970)	TAMPS (1)	Frago (2001)
<i>Diplotrema mexicana</i> (Gates, 1967)	SLP (1)	Frago (2001)
<i>Diplotrema murchiei</i> James, 1990	CAM (4), CHIS (1), TAB (1), TAMPS (1), VER (9)	Frago (2001)
<i>Diplotrema ocutzcabensis</i> (Pickford, 1938)	QROO (2), YUC (2)	Frago (2001)
<i>Diplotrema papillata</i> James, 1990	VER (6)	Frago (2001)
<i>Diplotrema</i> sp.nov.6	CHIS (1)	Frago (2001)
<i>Diplotrema</i> sp.nov.7	CHIS (1)	Frago (2001)
<i>Diplotrema</i> sp.nov.8	CAM (1)	Frago (2001)
<i>Diplotrema</i> sp.nov.9	VER (1)	Frago (2001)
<i>Diplotrema vasilii</i> (Eisen, 1896)	NAY (1)	Coria (2005), este estudio
<i>Diplotrema zilchi</i> (Graff, 1957)	OAX (2)	Frago (2001)
<i>Kaxdrilus parvus</i> Frago & Rojas, 1994	CHIS (2), VER (1)	Frago (2001)
<i>Kaxdrilus proboscithecus</i> Frago & Rojas, 1994	CHIS (1)	Frago (2001)
<i>Kaxdrilus sylvicola</i> Frago & Rojas, 1994	CHIS (3), VER (6)	Frago (2001)
<i>Larsonidrilus microscolecinus</i> James, 1993	TAMPS (1), VER (4)	Frago (2001)
<i>Larsonidrilus orbiculatus</i> James, 1993	CHIS (1), TAB (1), VER (3)	Frago (2001)
<i>Lavellodrilus bonampakensis</i> Frago, 1991	CHIS (1), TAB (1)	Frago (2001), Uribe et al. (2003)
<i>Lavellodrilus ilkus</i> Frago, 1991	CHIS (2), TAB (1)	Frago (2001)

<i>Lavellodrilus maya</i> Fragoso, 1988	CHIS (2), TAB (3)	Fragoso (2001)
<i>Lavellodrilus parvus</i> Fragoso, 1988	CHIS (3), TAB (1), VER (11)	Fragoso (2001)
<i>Lavellodrilus riparius</i> Fragoso, 1988	CHIS (3), TAB (1) , VER (2)	Fragoso (2001), Uribe et al. (2003)
<i>Lavellodrilus</i> sp.nov.9	CHIS (2)	Fragoso (2001)
<i>Mayadrilus calakmulensis</i> Fragoso & Rojas, 1994	CAM (3)	Fragoso (2001)
<i>Mayadrilus rombki</i> Fragoso & Rojas, 1994	CAM (4)	Fragoso (2001)
<i>Protozapotecia aquilonalis</i> James 1993	MEX (1), MICH (2), VER (2)	Fragoso (2001)
<i>Protozapotecia australis</i> James, 1993	DF (1), MICH (1), TAMPS (3), VER (11)	Fragoso (2001)
<i>Protozapotecia koebelei</i> Eisen, 1900	MOR (1)	Fragoso (2001)
<i>Protozapotecia</i> sp.nov.10	VER (1)	Fragoso (2001)
<i>Zapotecia amecamecae</i> Eisen, 1900	MEX (2), VER (3)	Fragoso (2001)
<i>Zapotecia nova</i> James, 1993	MEX (1), VER (2)	Fragoso (2001)
<i>Zapotecia</i> sp.	VER (3)	Fragoso (2001)
Acanthodrilidae Benhamiinae.....		
<i>Dichogaster eiseni</i> (Csuzdi & Zicsi, 1991)	DF (1), JAL (1), MEX (1)	Fragoso (2001)
<i>Dichogaster jaliscensis</i> Fragoso, 1997	JAL (2)	Fragoso (2001)
<i>Dichogaster michoacana</i> Fragoso, 1997	MICH (3)	Fragoso (2001)
<i>Dichogaster ribaucourti</i> Eisen, 1900	DF (1)	Fragoso (2001)
<i>Dichogaster</i> sp.1	OAX (1)	Fragoso (2001)
<i>Dichogaster</i> sp.2	CHIS (2)	Fragoso (2001)
<i>Dichogaster</i> sp.nov.32	MICH (2)	Fragoso (2001)
<i>Dichogaster</i> sp.nov.11	MICH (2)	Fragoso (2001)
<i>Dichogaster viridis</i> (Eisen, 1900)	COL (1), MEX (1)	Fragoso (2001)
<i>Eutriggeraster lineri</i> (Righi, 1972)	GRO (1)	Fragoso (2001)
<i>Eutriggeraster maya</i> Csuzdi, 2000	CHIS (1)	Csuzdi (2000)
<i>Eutriggeraster sporadonephra</i> Cognetti, 1905	CHIS (2)	Fragoso (2001)
Acanthodrilidae Octochaetinae.....		
<i>Ramiellona irpex</i> (Michaelsen, 1911)	CHIS (1)	Fragoso (2001)
<i>Ramiellona lavellei</i> Gates, 1978	CHIS (2)	Fragoso (2001)
<i>Ramiellona mexicana</i> Gates, 1962	OAX (1), VER (2)	Fragoso (2001)
<i>Ramiellona</i> sp.nov.12	CHIS (3), TAB (1)	Fragoso (2001)
<i>Ramiellona</i> sp.nov.13	CHIS (2), TAB (1)	Fragoso (2001), Uribe et al. (2003)
<i>Ramiellona</i> sp.nov.14	CHIS (1)	Fragoso (2001)

Continuación...

Especie	Estados (n° registros)	Referencia
<i>Ramiellona</i> sp.nov.15	VER (3)	Fragoso (2001)
<i>Ramiellona</i> sp.nov.16	OAX (1), VER (4)	Fragoso (2001)
<i>Ramiellona</i> sp.nov.17	VER (1)	Fragoso (2001)
<i>Ramiellona</i> sp.nov.18	OAX (1), VER (2)	Fragoso (2001)
<i>Ramiellona</i> sp.nov.19	OAX (4), VER (1)	Fragoso (2001)
<i>Ramiellona</i> sp.nov.21	CHIS (1), TAB (1)	Fragoso (2001), Uribe et al. (2003)
<i>Ramiellona</i> sp.nov.22	CHIS (2)	Fragoso (2001)
<i>Ramiellona</i> sp.nov.23	VER (1)	Fragoso (2001)
<i>Ramiellona</i> sp.nov.24	VER (2)	Fragoso (2001)
<i>Ramiellona wilsoni</i> Righi, 1972	OAX (5), VER (2)	Fragoso (2001)
<i>Ramiellona strigosa</i> Gates, 1962	CHIS (6) TAB (2)	Fragoso (2001)
<i>Zapatadrilus albidus</i> (Gates, 1973)	NL (1)	Fragoso (2001)
<i>Zapatadrilus reddelli</i> (Gates, 1971)	SLP (1)	Fragoso (2001)
<i>Zapatadrilus</i> sp.nov.26	TAMPS (2)	Fragoso (2001)
<i>Zapatadrilus</i> sp.nov.27	TAMPS (5)	Fragoso (2001)
<i>Zapatadrilus</i> sp.nov.28	VER (3)	Fragoso (2001)
<i>Zapatadrilus ticus</i> (Righi, 1972)	TAMPS (2)	Fragoso (2001)
<i>Zapatadrilus toltecus</i> (Eisen, 1900)	MEX (1)	Fragoso (2001)
<i>Zapatadrilus vallesensis</i> (Gates, 1971)	SLP (1)	Fragoso (2001)
Glossoscolecidae.....		
Gen. nov.1 sp.nov.1	VER (3)	Fragoso (2001)
<i>Martiodrilus</i> sp.2	VER (1)	Fragoso (2001)
Ocnerodrilidae.....		
Gen. nov.2 sp.nov.29	CAM (2), CHIS (1), VER (1)	Fragoso (2001)
Gen. nov.3 sp.nov.30	CAM (4)	Fragoso (2001)
<i>Phoenicodrilus taste</i> Eisen, 1895	AGS (1) , BCS (4), CAM (4), CHIS (3), DF (1), GRO (1), GTO (1), JAL (1), MOR (1), NAY (2), QROO (3), SON (1), TAB (2), TAMPS (2), VER (9)	Fragoso (2001), Brito-Vega et al. (2006), este estudio
<i>Phoenicodrilus</i> sp.nov.31	VER (1)	Fragoso (2001)

¹ Esta especie fue interceptada en la frontera México-USA y enviada a Gates para su identificación. A partir de un solo ejemplar partido en tres pedazos este autor (Gates, 1955) la identificó como una subespecie nueva (*D. alba mexicana*). Sin embargo la anatomía interna la acerca más a *D. eiseni*, lo que podría explicar porque el mismo autor no la registra en dos publicaciones posteriores. La ubicación final de esta especie requerirá la revisión Del tipo y de más ejemplares.

Las lombrices de tierra de Tabasco: Perspectivas de manejo

Esperanza Huerta Lwanga

Abstract

In the present study, the potential use of earthworms for increasing soil fertility was investigated in the state of Tabasco. This study consisted in three steps: 1) Evaluation of various sites and land use systems (both natural and agricultural) to identify earthworm species diversity, and population parameters; 2) reproduction of several epigeic and endogeic species with potential for management, in laboratory microcosms; and 3) inoculation or re-introduction of earthworm into the field. Nine earthworm species were found in natural ecosystems, and the number of species decreased as ecosystem disturbance increased. The Shannon index was higher in tropical rain forests (2.58 and 1.67) and polycultures (1.97) than in monocultures. We found new species registers for the state of Tabasco: *Mayadrilus calakmulensis* in a home garden and *Lavello-drilus* sp. 1 and sp. 2 in tropical rain forests (all three species found in Tenosique). Native ecosystems had greater native species diversity, but the agroecosystems with trees or legumes had the highest biomass ($62 \pm 42.2 - 93 \pm 84.8 \text{ g.m}^{-2}$) of earthworms. Concerning the reproduction of *Dichogaster saliens*, the highest fresh weight ($360 \pm 127 \text{ mg}$) was obtained with substrates enriched with *Mucuna pruriens* var. *utilis*.

Resumen

En el estado de Tabasco, al sureste de la republica Mexicana, se realizó un estudio del uso potencial de lombrices de tierra, en 3 etapas. En la primer etapa se realizó una búsqueda exhaustiva de las especies de lombrices de tierra predominantes en los sitios naturales y sitios manejados de estado; la segunda etapa consistió en la reproducción de especies tanto epigeas como endogeas susceptibles de ser utilizadas en la producción de abono orgánico o en la restauración de suelos; y en la tercer etapa se hizo la inoculación o reintroducción de las especies reproducidas. Se encontraron 9 especies de lombrices de tierra en los sistemas naturales. El numero de especies disminuyó mientras el grado de perturbación de los sistemas aumentaba; de esta forma los policultivos arbóreos seguidos de los sitios con vegetación natural, fueron los sistemas con el mayor número de especies ($n=4$), mientras que los sistemas mas perturbados como los monocultivos presentaron dos especies, seguidos por el sistema mas perturbado como el pastizal inducido con solo una especie. El índice de Shannon fue más alto en los sistemas naturales (2.58 en la selva S1 y 1.67 en la selva S2) y los policultivos (1.97) que en los monocultivos. Nuevos registros para el estado de Tabasco fueron encontrados: *Mayadrilus calakmulensis* en un Huerto familiar del municipio de Tenosique y *Lavello-drilus* sp. 1 y sp. 2 en selva del mismo municipio. Los sistemas naturales presentaron el mayor número de especies nativas, pero las mayores biomazas ($62 \pm 42.2 - 93 \pm 84.8 \text{ g.m}^{-2}$) fueron colectadas en los agro ecosistemas arbóreos o sistemas con leguminosas. En cuanto a la reproducción de *Dichogaster saliens* (especie epigea) el peso fresco final individual mas alto ($360 \pm 127 \text{ mg}$) fue encontrado en sustratos con *Mucuna pruriens* var. *utilis*, mientras que el peso fresco individual mas bajo ($23.3 \pm 53 \text{ mg}$) fue encontrado en el tratamiento control.

Introducción

En la republica mexicana, las lombrices de tierra han sido utilizadas mayormente en la producción de abono orgánico, siendo las lombrices epigeas *Eisenia fetida* y *E. andrei*



(comúnmente conocidas como rojas californianas) las lombrices composteras por excelencia. Es así que en Xalapa Veracruz, en la década de los ochentas surge de manera formal en México el vermicomposteo o técnica por medio de la cual se acelera el proceso de composteo con la utilización de lombrices de tierra. Esta se originó al reciclar la pulpa de café en el hoy extinto INMECAFE. También en Xalapa, en el departamento de Biología de Suelos del Instituto de Ecología A.C. se han hecho estudios formales de taxonomía, biología y ecología de lombrices de tierra.

En el Colegio de la Frontera Sur, Unidad Villahermosa, se realizó un proyecto de investigación (financiado por fondos Mixtos Tabasco), buscando verificar el uso potencial de diferentes especies de lombrices de tierra, encontradas en sitios naturales y en sitios manejados, en los diferentes municipios del estado. Este proyecto consistió de 3 etapas. En la primera se realizó un muestreo en el campo y se determinaron las especies y categorías ecológicas (epigeas, endogeas y/o anécicas) de lombrices de tierra, tanto nativas como exóticas, en diversos ecosistemas del estado. En la segunda etapa, se estudió la reproducción y multiplicación de las lombrices encontradas en campo, en condiciones controladas de temperatura y humedad, con substratos ricos en materia orgánica fresca. La tercer etapa consistió en la reintroducción o inoculación de las lombrices multiplicadas en laboratorio, en los sitios perturbados junto con la presencia de leguminosas.

De México se conocen 135 especies de lombrices de tierra, de las cuales 84 son nativas y 51 exóticas (Fragoso, 2007, ver cap. 4), principalmente de las familias Megascolecidae, Acanthodrilidae y Glossoscolecidae. De acuerdo a las categorías ecológicas, 72% de las lombrices de tierra en México son endogeas-geófagas (Fragoso, 2001).

Este capítulo trata del efecto del uso del suelo sobre la diversidad, la biomasa y la densidad de lombrices de tierra. También como estudio de caso se mostrará el ejemplo de la manipulación de una lombriz epigea *Dichogaster saliens*, como lombriz potencialmente útil para el vermicompostaje. En este estudio se consideraron como sistemas naturales aquéllos en donde se registra mayor y diversa cobertura vegetal (selvas), mientras que los ecosistemas manejados incluyen monocultivos no arbóreos, monocultivos arbóreos, policultivos, pastizales inducidos y huertos familiares. La hipótesis a ser testada fue que existe mayor diversidad de lombrices de tierra en los ecosistemas naturales y en los ecosistemas manejados con menor grado

de perturbación que en los agroecosistemas más perturbados.

Material y métodos

Diversidad, biomasa y densidad de lombrices de tierra en sitios naturales y manejados

Veinticuatro sitios de los municipios Centro, Centla, Tenosique y Balcan del estado de Tabasco fueron estudiados en un gradiente desde sitios naturales (selvas) hasta sitios perturbados (Cuadro 5.1). Los muestreos se efectuaron usando el método TSBF (Anderson & Ingram, 1993), con monolitos de 25 x 25 cuadrados y 30 cm de profundidad. El número de monolitos fue distinto dependiendo del sitio muestreado; en los sitios pequeños como huertos familiares o policultivos de traspatio fueron diez monolitos distribuidos al azar con el fin de perturbar lo menos posible el cultivo, en los sitios con mayor extensión (selvas, monocultivos o policultivos de gran extensión) el número de monolitos fue de 50 en un cuadrante de 18 x 8 m con el fin de estudiar la distribución espacial de las lombrices de tierra y su relación con los parámetros del suelo, aunque dicha distribución espacial y la relación de las lombrices con los parámetros del suelo no serán discutidos en el presente capítulo. Las lombrices fueron extraídas de cada monolito de forma manual. Los especímenes se pesaron, contaron e identificaron *in situ*; aquellas lombrices que no fueron identificadas *in situ* fueron colocadas en formol al 4% para ser identificadas en el laboratorio. Durante el muestreo también se pesaron y contaron *in situ* a los otros grupos de macroinvertebrados del suelo, con el fin de observar el porcentaje en cuanto a biomasa y densidad de las lombrices de tierra en relación al total de macroinvertebrados encontrados en los sitios estudiados. Esta información es un indicador de cómo se encuentra el sistema; por lo general en sitios naturales o no manejados existe un mayor porcentaje de biomasa y densidad de fragmentadores de la hojarasca, mientras que en sitios manejados, este porcentaje disminuye notablemente. Después de pesados, todos los organismos fueron devueltos a los monolitos de donde fueron extraídos. El índice de diversidad de Shannon ($H' = -\sum p_i \log_2 p_i$) se calculó para la comunidad de lombrices en cada uno de los sitios.

Análisis estadísticos

En cada uno de los sitios se calcularon las medias de la biomasa y la densidad de lombrices

Cuadro 5.1. Descripción de los sitios muestreados en el Estado de Tabasco, México

Tipo de sistema	Coordenadas Latitud norte	Coordenadas Longitud oeste	Vegetación	Símbolo	Grado de perturbación*
Natural	17°21'36"	91°20'24"	Selva	S1	0
Natural	17°16'48"	91°09'12"	Selva	S2	0
Natural	18°27'94"	92°48'88"	Pastizal natural con vegetación arbórea	PN1	0
Natural	18°20'	93°15'	Relicto vegetación natural en área urbana	RVG	0.5
Manejado	17°41'54"	91°25'12"	Terreno en descanso	TD1	1
Manejado	17°50'18"	89°17'48"	Terreno en descanso	TD2	1
Manejado	17°37'36"	91°01'54"	Poli cultivo de Cedro	PC2	1
Manejado	17°20'18"	91°21'18"	Poli cultivo Teca	PC1	1
Manejado	18°32'	92°38'	Poli cultivo de Cacao tradicional	PC3	1
Manejado	17°16'36"	91°09'30"	Huerto familiar	HF1	1
Manejado	18°32'	92°38'	Huerto familiar	HF2	1
Manejado	17°59'06"	92°55'06"	Vegetación riparia	VR	1
Natural	18°27'32"	92°45'87"	Pastizal natural	PN3	2
Natural	17°49'48"	91°01'48"	Pastizal natural	PN2	2
Manejado	17°36'30"	91°17'06"	Cultivo de Mango	MARB3	2
Manejado	18°32'	92°38'	Cultivo de Mango	MARB4	2
Manejado	18°32'	92°38'	Cultivo de Mango	MARB2	2
Manejado	17°54'36"	93°01'48"	Platanar	MARB1	3
Manejado	17°18'24"	91°13'00"	Maizal	Mz1	3
Manejado	18°29'43"	92°47'91"	Maizal	Mz2	3
Manejado	17°25'30"	91°23'06"	Cañaveral	C	3
Manejado	18°24'34"	92°53'86"	Yuca	Y	3
Manejado	17°49'48"	91°01'48"	Cultivo de piña	PÑ	3
Manejado	17°52'42"	91°09'18"	Pastizal introducido	PI	4

* Grado de perturbación, determinado de forma ascendente: 4: muy perturbado, 0: no perturbado

En los sitios RVG, PC3, HF2, MARB3, MARB4 las coordenadas fueron tomadas de la cabecera municipal.

de tierra y se efectuó un Análisis de Varianza para datos no paramétricos Kruskal-Wallis, (al no presentar una distribución normal los datos) con el fin de determinar las diferencias entre los sitios muestreados usando el programa Statistica (Statsoft, 1998).

Crecimiento y reproducción de *D. saliens*, lombriz epigea, con potencial para el vermicompostaje

En el municipio de Centla, en un cultivo de mango, fue encontrada la lombriz exótica epigea *D. saliens*, la cual fue colectada para reproducir en sustratos ricos en materia orgánica fresca. El experimento se llevo a cabo en las instalaciones del Colegio de la frontera Sur, Unidad Villahermosa, en condiciones controladas de temperatura (27°C)

y humedad (33%). Se establecieron 3 tratamientos con suelo proveniente del mangal (regosol eutrítico, secado al aire y tamizado a 2 mm) y la fuente de materia orgánica composteada durante 15 días, mas un tratamiento control (únicamente suelo). Los tratamientos con la fuente orgánica fueron los siguientes: suelo + 1.5% de *Mucuna pruriens var. utilis*, suelo + 1.5% de *Gliricidia sepium*, y suelo + 1.5% de estiércol de vaca. Se colocaron 3 individuos por recipiente de 6 cm de alto x 7 cm de diámetro, siendo la biomasa inicial por recipiente 31.66 ± 5.4 mg. Cada tratamiento tuvo cuatro repeticiones. Durante 90 días se evaluó, a cada 18 días, el peso de las lombrices, determinando así la tasa de crecimiento diario. Los turrículos producidos también fueron colectados a través de un tamiz en agua, con lo cual se calculo la tasa de ingestión diaria.

Los capullos fueron colectados de manera manual, de igual forma con un tamiz sumergido en agua. Se realizó una ANOVA para observar las diferencias significativas entre los tratamientos usando el programa Statistica (Statsoft, 1998).

Resultados

Diversidad de lombrices de tierra

Los ecosistemas naturales presentaron el mayor número de especies en comparación con los ecosistemas manejados. Las selvas tuvieron la mayor diversidad, con nueve especies: *Diplostrema murchiei*, *Lavellodrilus parvus*, *Lavellodrilus bonampakensis*, *Lavellodrilus* sp. nov., *Lavellodrilus* sp. 2, *Lavellodrilus* sp. 1, *Balanteodrilus pearsei*, *Periscolex brachycystis*, *Pontoscolex corethrurus* y *Polypheretima elongata*. El número de especies disminuyó con el aumento de la perturbación: los policultivos arbóreos fueron los sistemas perturbados con el mayor número de especies ($n = 4$). Los sistemas más perturbados presentaron apenas dos especies (monocultivos) o una especie (pastizal) (Figura 5.1). Se encontraron diferencias significativas en el número de especies entre los sistemas naturales y los sistemas manejados. El índice de Shannon fue más alto en los sistemas naturales: 2.58 en la selva S1 y 1.67 en la selva S2. Entre los sistemas manejados, el policultivo de Teca presentó el mayor índice de diversidad (1.97).

Se encontraron tres nuevos registros para el estado de Tabasco: *M. calakmulensis* en un Huerto familiar del municipio de Tenosique, *Lavellodrilus* sp. 1 y *Lavellodrilus* sp. 2, ambas de la selva del municipio de Tenosique.

Las especies encontradas pertenecen a las familias Megascolecidae, Glossoscolecidae y Acanthodrilidae (Cuadro 5.2). En los sistemas naturales predominaron las especies endógeas. En la selva S1 de nueve especies, ocho fueron endógeas y una epigea: *P. brachycystis*. En los sistemas manejados, de igual forma las especies endógeas fueron las más abundantes, solo en el cultivo de mango se encontró una especie con hábitos epigeos: *D. saliens* (Cuadro 5.2). En cuanto a los hábitos alimenticios todas las lombrices endógeas encontradas eran polyhumicas.

En todo el estudio se colectaron 4 especies de lombrices exóticas: *P. corethrurus*, *P. elongata*, *D. saliens* y *P. brachycystis*. Todas estuvieron presentes en ecosistemas naturales y en agroecosistemas,

a excepción de *P. brachycystis* que fue encontrada solo en la selva, y *D. saliens* que fue encontrada solo en un cultivo de mango. En general los sistemas naturales presentaron el mayor número de especies nativas, mientras que los ecosistemas manejados, tuvieron un menor número de especies y estuvieron dominadas por las especies exóticas. Cuanto mayor el grado de perturbación, mayor la abundancia de individuos de especies exóticas. El monocultivo de plátano por ejemplo (sistema con grado de perturbación 3), presentó dos especies de lombrices, 1 nativa y 1 exótica (Figura 5.1), con el 96% de la densidad de las lombrices representadas por *P. corethrurus* (exótica) y 4% por *L. bonampakensis* (especie nativa; Figura 5.2). Sin embargo, varias especies nativas (*M. calakmulensis*, *B. pearsei* y *L. bonampakensis*) también fueron capturadas en agroecosistemas (Figura 5.2).

Entre los ecosistemas naturales estudiados, las mayores biomásas ($33 \pm 28.2 - 48 \pm 36 \text{ g.m}^{-2}$) y densidades ($64 \pm 74.1 - 237 \pm 163 \text{ individuos m}^{-2}$) de lombrices de tierra (significativamente diferentes por el test de Kruskal Wallis, $p < 0.01$) fueron capturadas en los pastizales naturales (Figuras 5.3 y 5.4) rodeados por vegetación arbórea.

En los agroecosistemas, hubo sitios con lombrices grandes, de alta biomasa y alta densidad, y sitios en donde las lombrices eran pequeñas (poca biomasa) pero abundantes. Las mayores biomásas ($62 \pm 42.2 - 93 \pm 84.8 \text{ g m}^{-2}$) (Kruskal Wallis $p < 0.05$; Figura 5.5) fueron colectadas en los agroecosistemas arbóreos o con abundantes leguminosas, como las tierras en descanso (TD2), el policultivo de cedro (PC2), o los monocultivos de mango (MARB2, MARB3).

Los ecosistemas manejados significativamente con mayor cobertura vegetal y/o presencia de leguminosas tuvieron una importante influencia en la abundancia de las lombrices (Figura 5.6).

En la selva, la especie *B. pearsei* contribuyó con el 60% de la biomasa de lombrices. Ya en los ecosistemas manejados, *P. corethrurus* y *P. elongata* conformaron del 60-100% de la biomasa. Hubo agroecosistemas en donde estas especies fueron ausentes y especies nativas dominaron: por ejemplo, *L. bonampakensis* presentó del 30-70% del total de la biomasa en el Policultivo de Teca y cañal y *B. pearsei* representó 100% de la abundancia en un maizal (Figura 5.2).

La biomasa total de los macroinvertebrados colectados varió de acuerdo al tipo de ecosistema. En ecosistemas naturales esta llegó a ser mucho mayor que en ecosistemas manejados, alcanzando

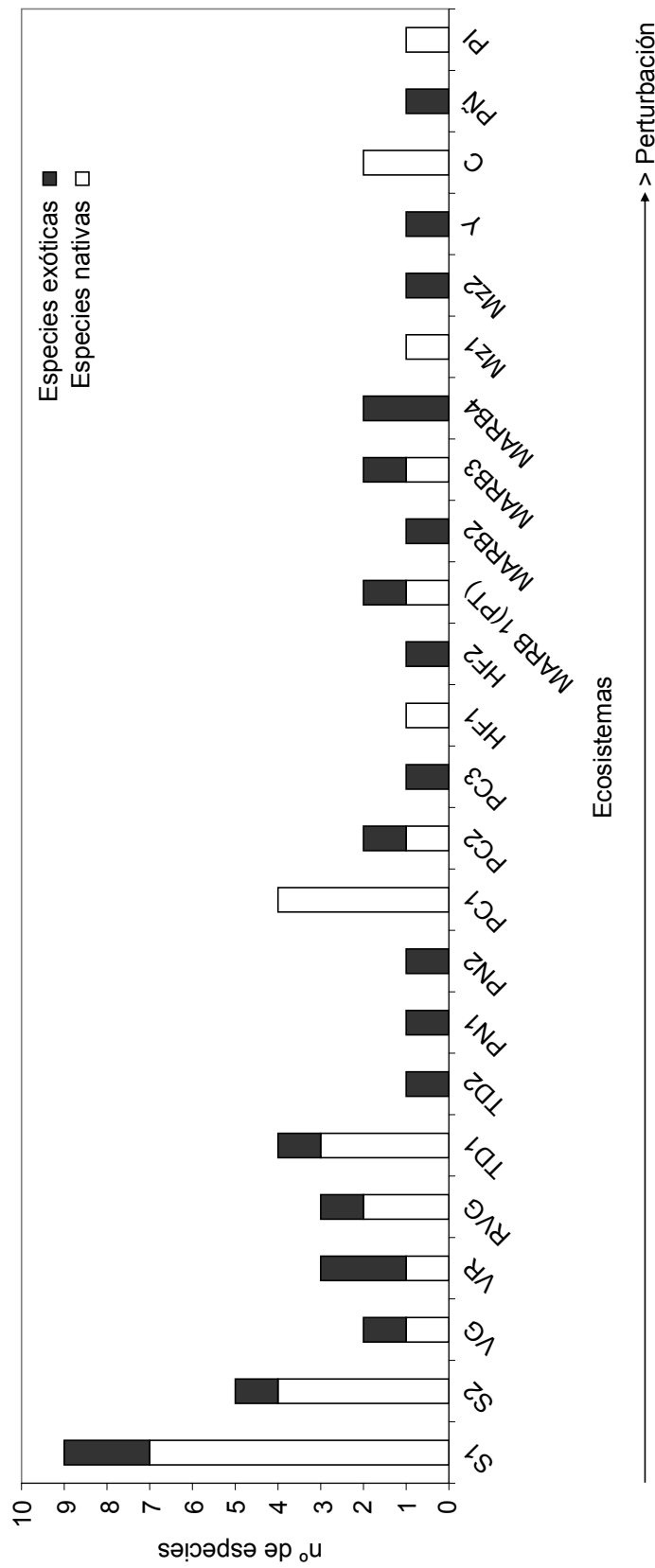


Figura 5.1. Número de especies nativas y exóticas encontradas en ecosistemas naturales y manejados estudiados, de acuerdo a su grado de perturbación (Tabasco, México). Significado de las abreviaciones en el Cuadro 5.1.

Cuadro 5.2. Descripción de las lombrices encontradas en ecosistemas naturales y manejados en este estudio y su origen (N = nativa; E = exótica o introducida).

Especie	Origen	Familia	Categoría ecológica	Ambiente en donde se encontraron
<i>Diplostrema murchiei</i> James, 1990	N	Megascolecidae	endogea	Natural (Selva)
<i>Lavello-drilus parvus</i> Fragoso, 1988	N	Megascolecidae	endogea	Natural (Selva)
<i>Lavello-drilus bonampakensis</i> Fragoso, 1991	N	Megascolecidae	endogea	Natural y manejado (Selva y platanar)
<i>Lavello-drilus</i> sp. nov.	N	Megascolecidae	endogea	Natural (Selva)
<i>Lavello-drilus</i> sp. 1	N	Megascolecidae	endogea	Natural (Selva)
<i>Lavello-drilus</i> sp. 2	N	Megascolecidae	endogea	Natural (Selva)
<i>Balanteodrilus pearsei</i> Pickford, 1938	N	Megascolecidae	endogea	Natural y manejado (Selva, maizal y cañaveral)
<i>Periscolex brachycystis</i> (Cognetti, 1905)	N	Glossoscolecidae	epigea	Natural (Selva)
<i>Pontoscolex corethrurus</i> (Müller, 1857)	E	Glossoscolecidae	endogea	Manejados y natural (mono y policultivos, selva)
<i>Polypheretima elongata</i> (Perrier, 1872)	E	Megascolecidae	endogea	Manejados y natural (monocultivos y terrenos de descanso)
<i>Mayadrilus calakmulensis</i> Fragoso & Rojas, 1994	N	Megascolecidae	endogea	Manejados (Huerto Familiar)
<i>Dichogaster saliens</i> (Beddard, 1893)	E	Acanthodrilidae	epigea	Manejados (cultivo de mango)

90% del total en la Selva 2 (Figuras 5.7 y 5.8). En los ecosistemas manejados, las lombrices representaron siempre 60-80% de la biomasa total de los macroinvertebrados colectados. Se observó un efecto del manejo del suelo sobre el porcentaje de biomasa de lombrices y otros macroinvertebrados, que en este caso eran principalmente fragmentadores de la hojarasca. El porcentaje de fragmentadores disminuye con el aumento en el grado de perturbación; por ejemplo en monocultivos y en el pastizal introducido, el porcentaje de fragmentadores de la hojarasca es de 13% y el de lombrices es de 87% (Figuras 5.7 y 5.8).

Crecimiento y reproducción de *D. saliens*

El peso fresco final individual más alto (360 ± 127 mg) de *D. saliens* fue encontrado en sustratos con *M. pruriens* var. *utilis*, mientras que el peso fresco individual más bajo (23.3 ± 53 mg) fue encontrado en el tratamiento control (Figura 5.9). De

igual forma el tratamiento con *M. pruriens* var. *utilis* tuvo la tasa de crecimiento diaria más alta (3.54 ± 5.03 mg día⁻¹), con la menor tasa de ingestión (117 mg sustrato ingerido seco g de peso fresco de lombriz⁻¹ día⁻¹). Los tratamientos con estiércol de vaca y el control presentaron tasas de ingestión más altas (643 y 1113 mg de sustrato ingerido seco g de peso fresco de lombriz⁻¹ día⁻¹, respectivamente), pero bajas tasas de crecimiento (0.58 ± 0.8 mg día⁻¹ y 0.12 ± 0.39 mg día⁻¹, respectivamente). En el tratamiento con *G. sepium* todas las lombrices murieron en 24 hrs.

El tratamiento que presentó las mayores densidades de individuos al final del experimento fue el que contenía estiércol de vaca, con 7 ± 3.96 individuos por recipiente (Figura 5.10). La producción de capullos fue más alta con estiércol de vaca, aunque no significativamente diferente a los otros tratamientos (2.27 ± 0.43 capullos por individuo en 90 días; Figura 5.11).

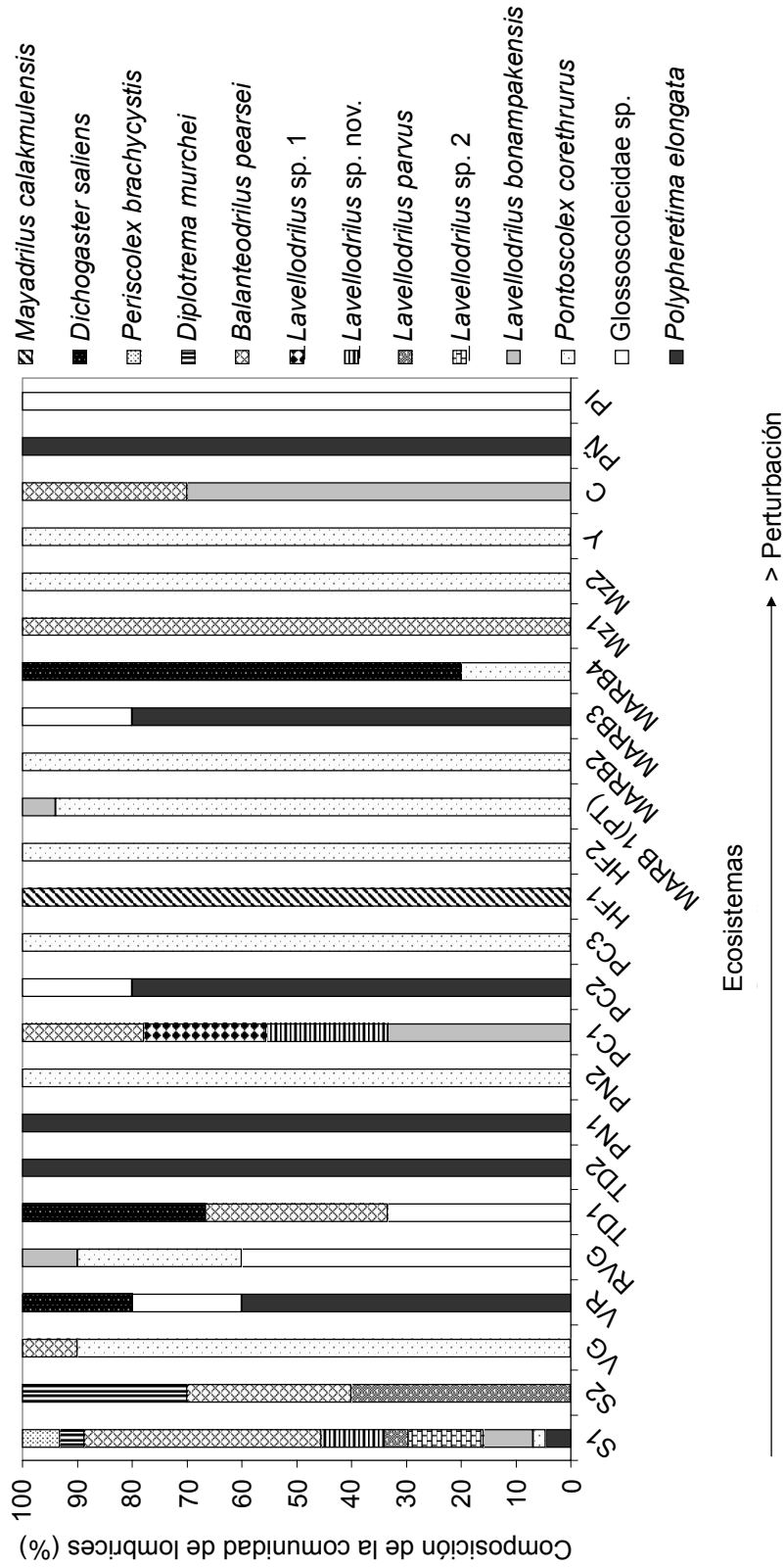


Figura 5.2. Composición de la comunidad de lombrices de tierra en los diferentes ecosistemas estudiados en Tabasco, México, de acuerdo a su grado de perturbación. Significado de las abreviaciones en el Cuadro 5.1.

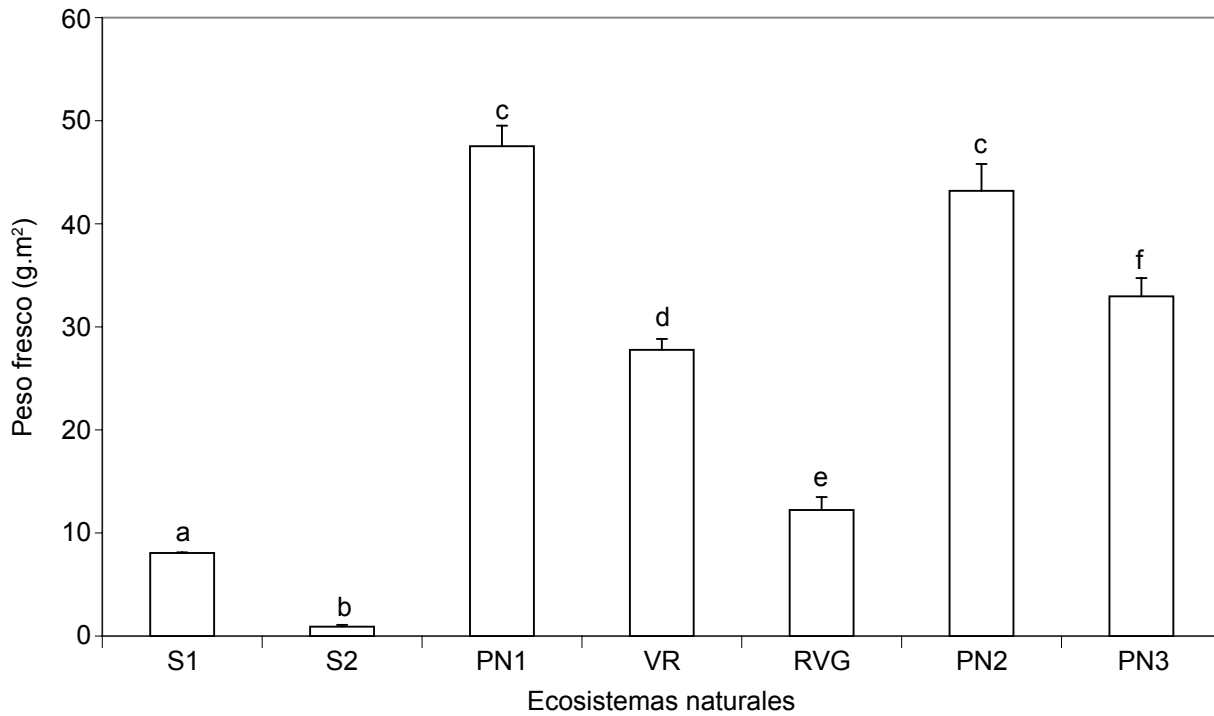


Figura 5.3. Biomasa de lombrices de tierra en ecosistemas naturales. Letras distintas indican diferencias entre los sitios muestreados ($p < 0.05$). S1, S2: selvas, PN1, PN2, PN3: pastizales naturales, VR: vegetación riparia, RVG: relicto de vegetación natural en área urbana.

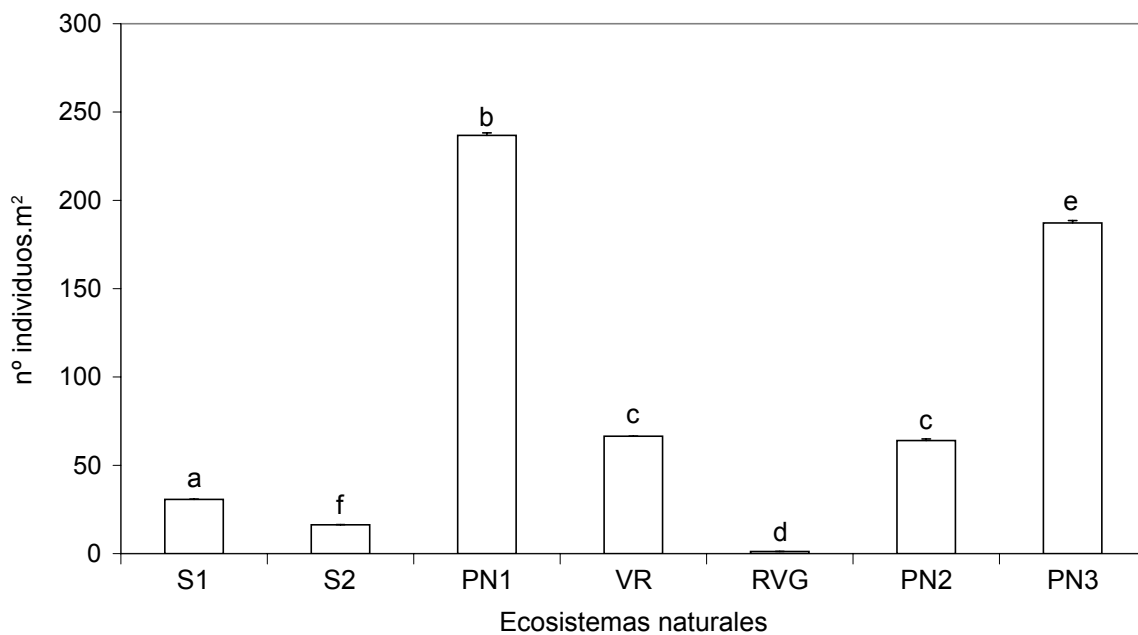


Figura 5.4. Densidad de lombrices de tierra en ecosistemas naturales. Letras distintas indican diferencias entre los sitios muestreados ($p < 0.05$). Para el significado de las abreviaciones, ver Cuadro 5.1 y Figura 5.3.

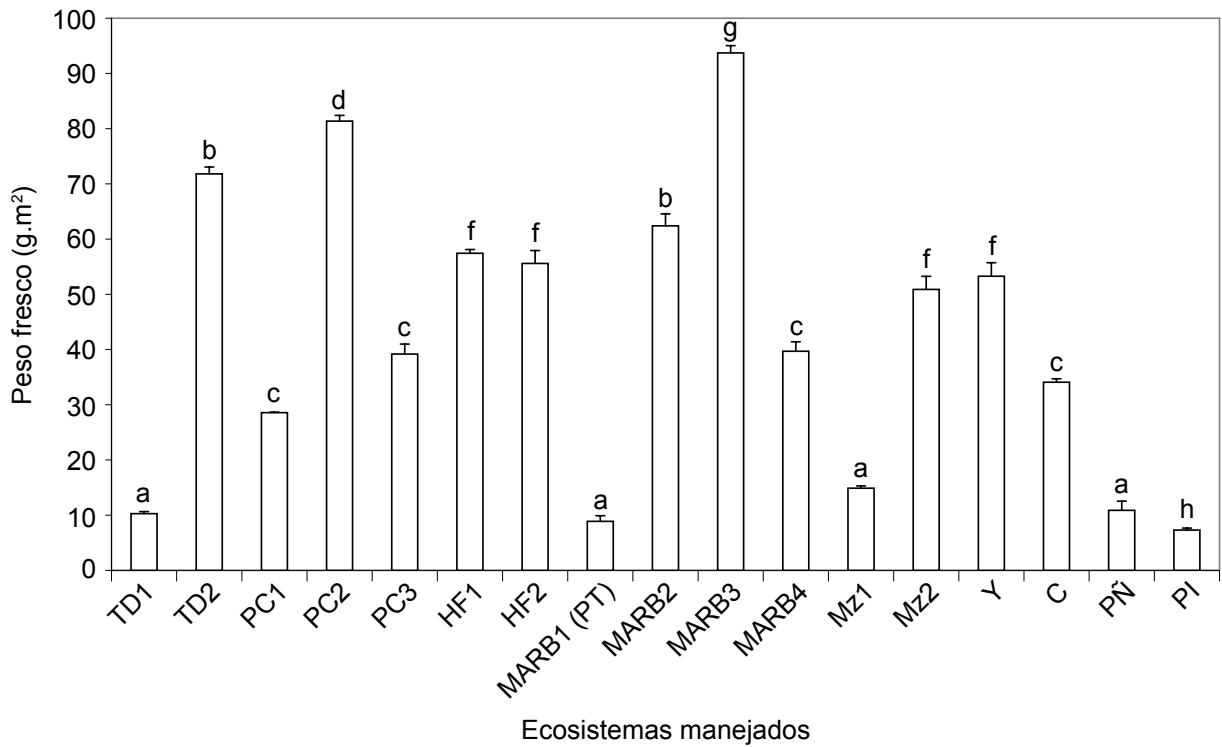


Figura 5.5. Biomasa de lombrices de tierra en ecosistemas manejados. Letras distintas indican diferencias entre los sitios muestreados ($p < 0.05$). Para el significado de las abreviaciones ver el Cuadro 5.1.

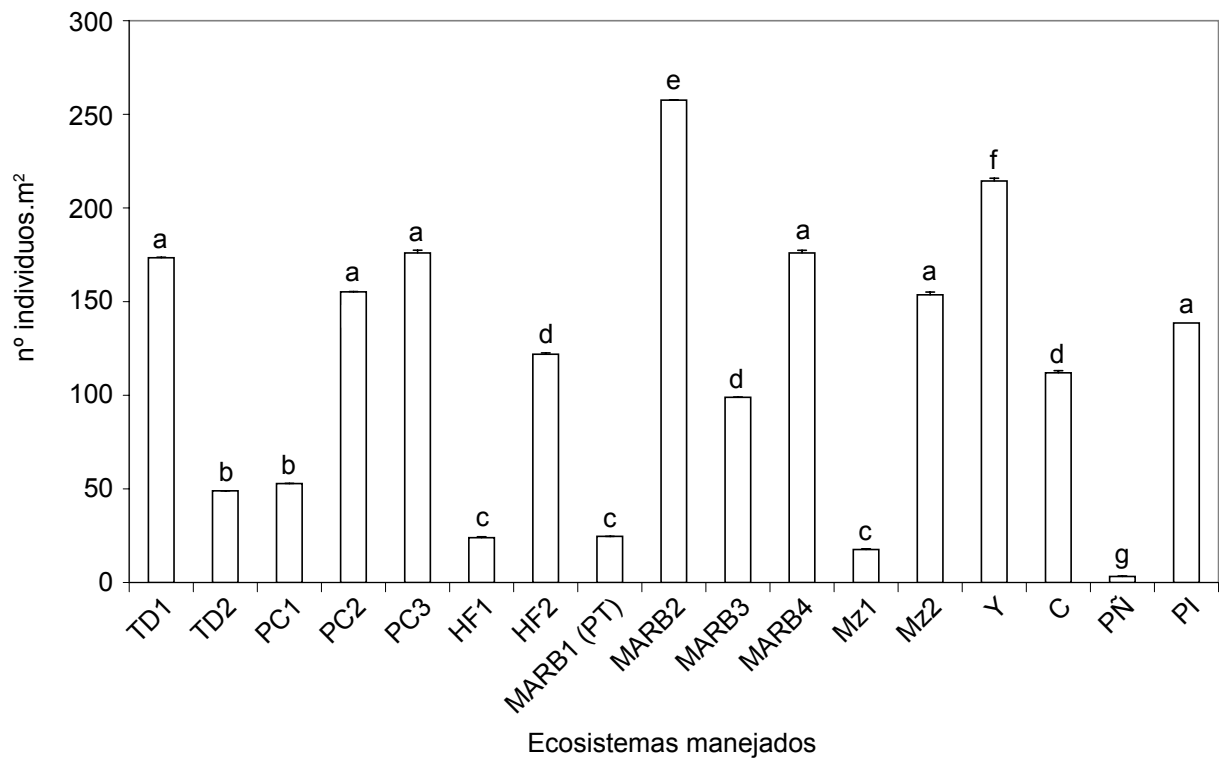


Figura 5.6. Densidad de lombrices de tierra en ecosistemas manejados. Letras distintas indican diferencias entre los sitios muestreados ($p < 0.05$). Significado de las abreviaciones, en el Cuadro 5.1.

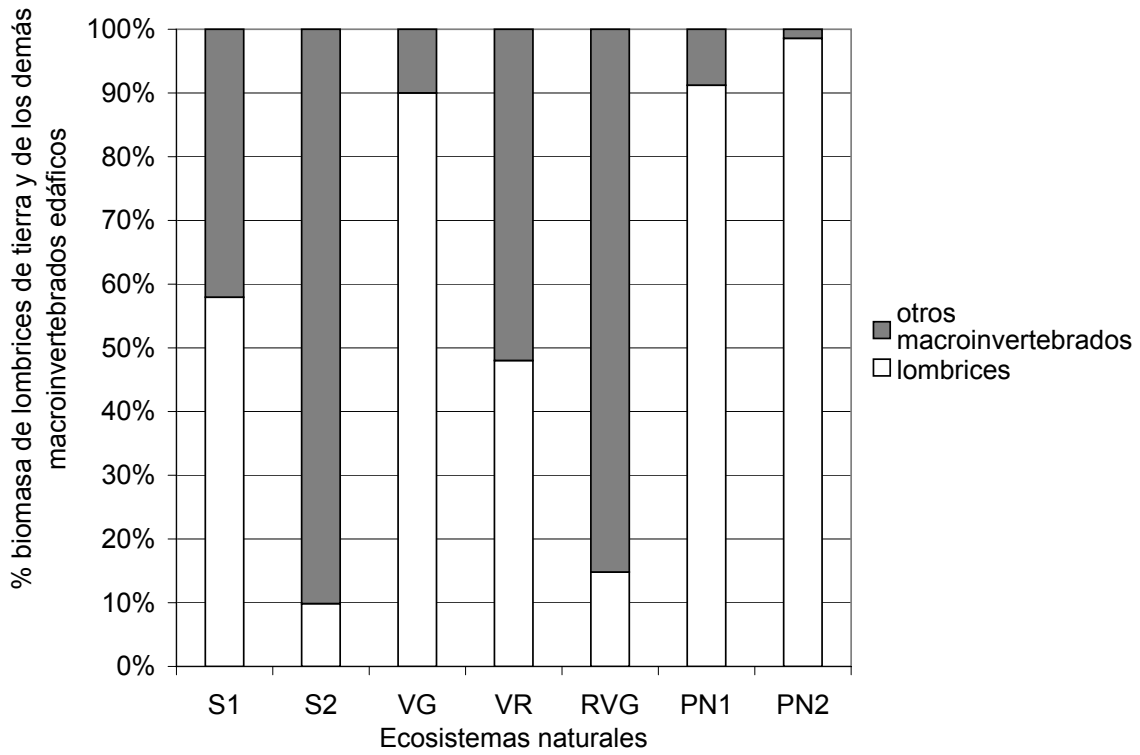


Figura 5.7. Porcentaje de lombrices de tierra con respecto a la biomasa total de macroinvertebrados del suelo en ecosistemas naturales. Significado de las abreviaciones en el Cuadro 5.1.

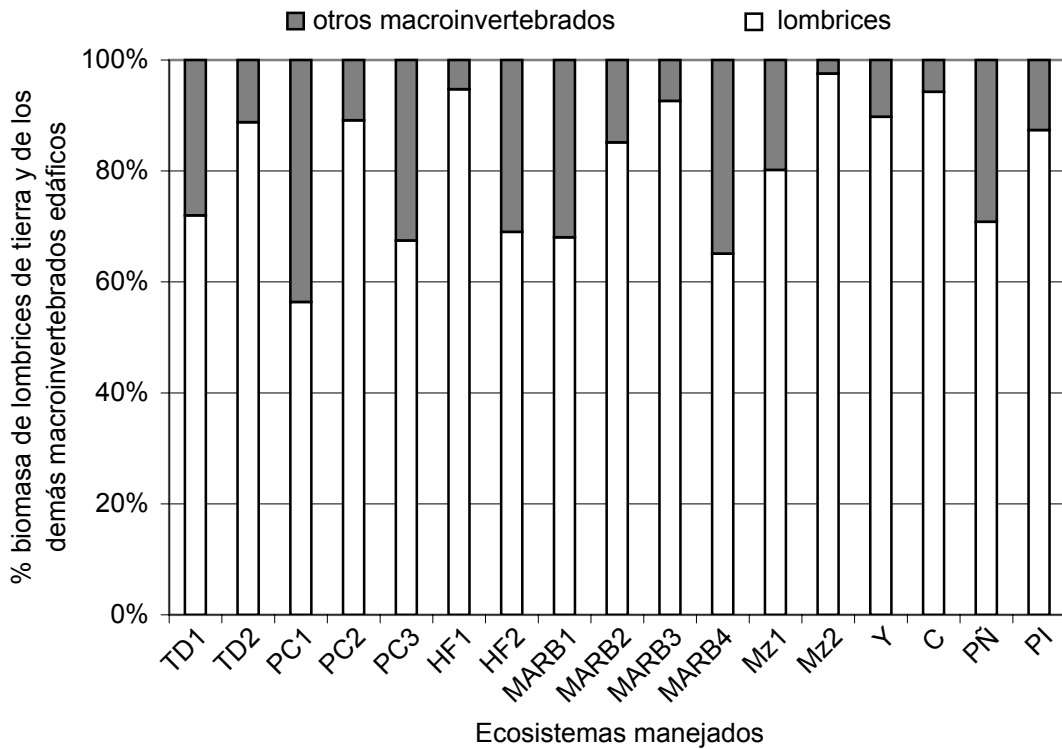


Figura 5.8. Porcentaje de lombrices de tierra con respecto a la biomasa total de macroinvertebrados del suelo en ecosistemas manejados. Significado de las abreviaciones en el Cuadro 5.1.

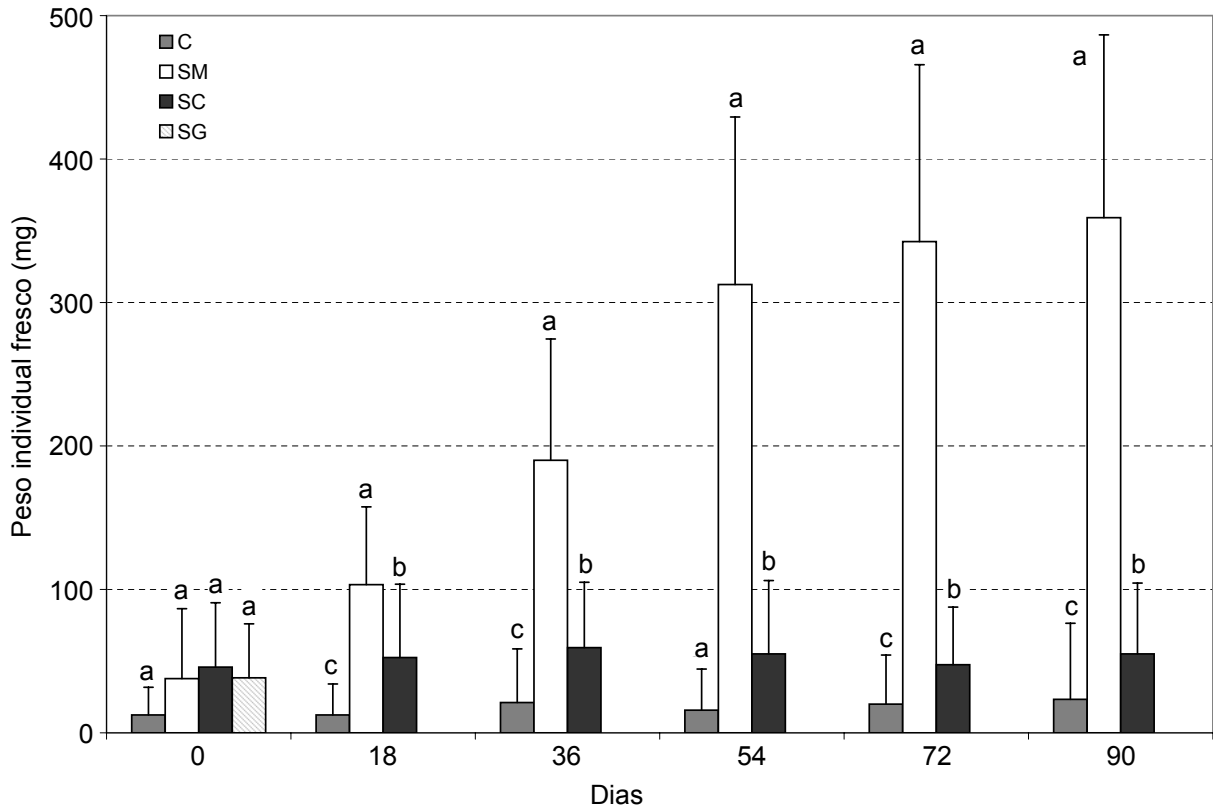


Figura 5.9. Crecimiento de *D. saliens* (promedio y error estándar del peso individual fresco) cultivado por hasta 90 días en suelo + estiércol de vaca (SC), suelo + *M. pruriens* var. *utilis* (SM), suelo + *G. sepium* (SG) y en el suelo testigo (C). Letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$) en cada fecha.

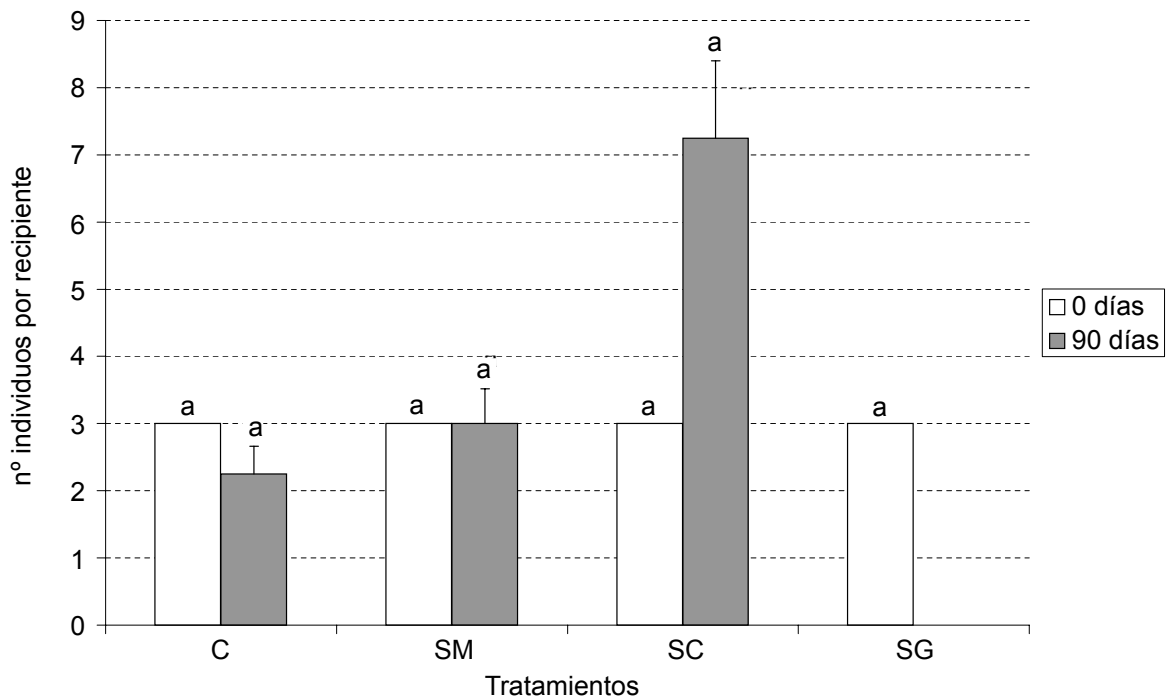


Figura 5.10. Numero de individuos de *D. saliens* por recipiente (media y error estándar) en el final del cultivo de 90 días en diferentes sustratos (para el significado de las abreviaciones, ver Figura 9). Letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$).

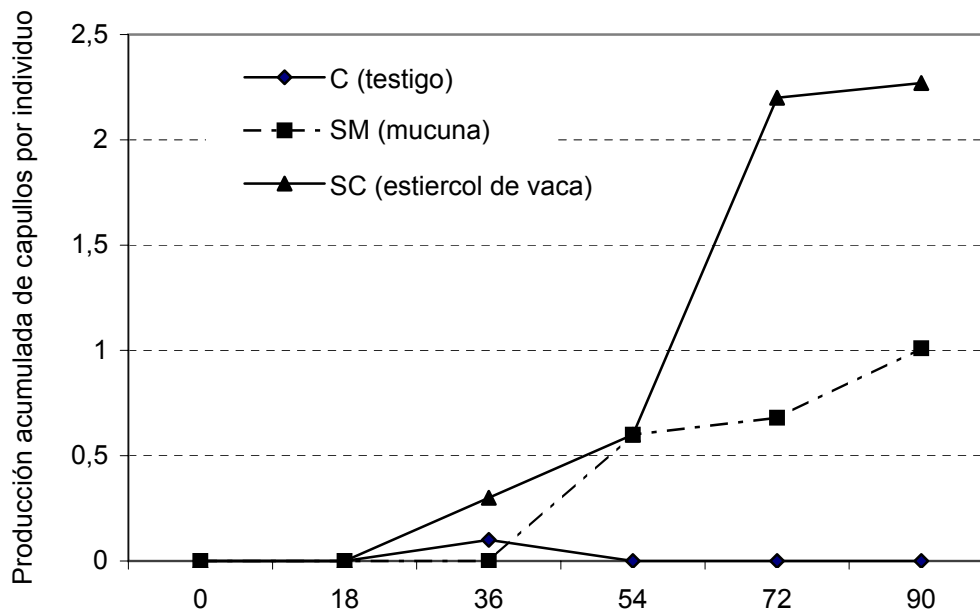


Figura 5.11. Producción acumulada de capullos por individuo de *D. saliens* al final del cultivo de 90 días en diferentes sustratos (para el significado de las abreviaciones, ver Figura 9).

Discusión

En este estudio, los ecosistemas naturales tuvieron mayor diversidad de especies, siendo las selvas (S1) los sitios más diversificados. Dentro de los ecosistemas manejados, las tierras en descanso y los policultivos fueron los sistemas más diversos, mientras que en los monocultivos arbóreos sólo se encontraron dos especies, y en los monocultivos o el pastizal introducido, solo una especie. Esto concuerda con lo descrito por Fragoso (2001), quien encontró que los bosques templados y las selvas son los ambientes mexicanos con mayor diversidad específica de lombrices. De igual forma Uribe (2004) reporta la selva y los cacaotales de 50 años como los ecosistemas más diversos de su estudio en Tabasco, aunque el número de especies reportado (6 y 7 spp., respectivamente) fue menor al encontrado en este trabajo (9 spp.).

De las once familias de lombrices de tierra reportadas en México (Fragoso, 2007, ver cap. 4), solamente tres (Megascolecidae, Glossoscolecidae y Acanthodrilidae) fueron encontradas en este estudio. Veintidós especies de lombrices han sido descritas y registradas en trabajos previos en Tabasco (Anexo 5.1), de las cuales seis también fueron capturadas en este estudio. Este trabajo contribuyó con tres nuevos registros para el estado. La mayor cantidad de especies pertenece a la familia Megascolecidae e incluye principalmente lombrices endógeas, a excepción de *D. saliens* (epigea) y *P. brachycystis* que parece tener hábitos

epigeos (Rodríguez, 2000). En los ambientes tropicales de México, las comunidades de lombrices de tierra tienden a estar formadas solo por especies endógeas (Fragoso, 1993, 2001; Fragoso et al., 1995).

En los ecosistemas naturales el porcentaje de especies nativas es generalmente mayor que 60% (Fragoso, 2001), mientras que en los ambientes perturbados las lombrices nativas tienden a desaparecer. En este estudio, en la selva S1 las especies nativas conformaron el 88% de la comunidad de las lombrices, mientras que en los monocultivos las especies exóticas conformaron del 60 al 100%. *P. corethrurus* y *P. elongata* fueron las especies exóticas predominantes en los agroecosistemas, seguidas por *D. saliens* que fue encontrada en alta densidad en un cultivo de mango. En este estudio, *B. pearsei* y *L. bonampakensis*, ambas especies nativas, también fueron encontradas en agroecosistemas (cañal y platanar) y parecen presentar un amplio rango de tolerancia a distintas propiedades edáficas.

Las mayores biomásas de lombrices fueron encontradas en los pastizales naturales y en los policultivos, superando los 30 g m⁻². Por lo tanto, en estos ecosistemas, las lombrices de tierra pueden estar afectando de modo importante el suelo y la productividad vegetal (Brown et al., 1999). En este estudio, los sitios con mayor perturbación (monocultivos y el pastizal introducido) presentaron biomásas menores de 10 g m⁻². Resultados similares fueron encontrados por Brown et al. (2001) en co-

cotales y milpas y por Geissen & Morales-Guzman (2005) bajo pastizales de *Bracharia decumbens*, lo cual sugiere que las condiciones edáficas, tipo de cobertura vegetal y sobre todo el manejo de estos ecosistemas no favorece la presencia de altas poblaciones de lombrices.

En la selva (S1) *B. pearsei* fue la lombriz mas abundante. *P. corethrurus* junto con *P. elongata* fueron las especies de lombrices mas abundantes en los agroecosistemas, confirmando lo encontrado por Uribe (2004) quien reportó del 60-99% de *P. corethrurus* en cacaotales de 15 y 50 años. Sin embargo, hubo agroecosistemas en donde estas especies exóticas no abundaron: en el Policultivo de Teca, Huerto familiar y Maizal de Tenosique y el cañaveral solo se encontraron especies nativas, a pesar del grado de perturbación de los dos últimos agroecosistemas.

En las regiones tropicales, las lombrices generalmente constituyen del 40 al 90% de la biomasa de los macroinvertebrados del suelo (Lavelle et al., 1998). Sin embargo, en los ecosistemas naturales, la proporción de la biomasa de lombrices fue de 50-60%, mientras que en los ecosistemas manejados de este estudio esta proporción aumentó, llegando a 85-90%. Resultados similares fueron encontrados en diversos ecosistemas perturbados (cultivos de café, yuca y *P. clandestinum*) en Colombia (Feijoo et al., 2001).

Las lombrices de tierra, como cualquier otro organismo, están sujetas a cambios en el manejo del suelo. En este estudio, la riqueza específica de las comunidades de lombrices fue mayor en los ecosistemas naturales, mientras que dentro de los ambientes manejados, los policultivos lograron amortiguar el efecto negativo del manejo sobre la diversidad específica. En ellos se encontraron altas biomásas junto con una diversidad intermedia (índice de Shannon: 1.97). Los agroecosistemas arbóreos bajo un manejo tradicional suelen también fomentar la presencia de especies nativas, aunque en pequeña densidad, como fue el caso de un platanar (MARB1) en donde se encontró *L. bonampakensis*. Los cacaotales tradicionales también pueden tener una alta diversidad de especies (Uribe, 2004) pero en este estudio solo se encontró *P. corethrurus* en este sistema. Futuros estudios son necesarios para evaluar mejor el rango de tolerancia de especies nativas en diversos ecosistemas y manejos del suelo, con el fin de mantener o aumentar sus poblaciones, ya que ellas tienden a desaparecer cuando los ecosistemas naturales son deforestados o convertidos en agroecosistemas.

Crecimiento y reproducción de *D. saliens*

La respuesta de *D. saliens* a distintas fuentes de materia orgánica mostró como *M. pruriens* var. *utilis* puede estimular su crecimiento, con un alto rendimiento, ya que la tasa de ingestión de *D. saliens* fue baja con este sustrato. Sin embargo, su tasa de crecimiento aun fue baja (3.54 mg día⁻¹) comparada con la alcanzada por otras lombrices epigeas como *E. andrei* en estiércol de caballo (4.5 mg día⁻¹), o puerco (4.9 mg día⁻¹; Cluzeau & Fayolle, 1989), aunque fue similar al encontrado con *E. andrei* en desechos vegetales (3.7 mg día⁻¹; Haimi, 1990). De igual forma, *M. pruriens* var. *utilis* ha estimulado el crecimiento de lombrices endogeas tropicales como *P. elongata* (6.8 mg día⁻¹; Huerta, 2002), *P. corethrurus* (13.6 mg día⁻¹; García & Frago, 2003) y *B. pearsei* (10.8 mg día⁻¹; Ortiz et al., 2005).

La cantidad de capullos producidos por día por individuo de *D. saliens* fue también baja, en comparación con la encontrada con *E. andrei* en estiércol de caballo (93 capullos individuo⁻¹ año⁻¹; Cluzeau & Fayolle, 1989). Con este experimento se observó que es posible estimular el crecimiento de *D. saliens* bajo condiciones controladas de temperatura y humedad con sustratos ricos en materia orgánica fresca, aunque aun son necesarios más estudios para lograr aumentar sus tasas de crecimiento y reproducción.

Agradecimientos

Fondos Mixtos Tabasco financiaron esta investigación. Carlos Frago ayudó en la identificación y confirmación de las especies encontradas, los estudiantes de bachillerato de los municipios de Centro, Balancan y Tenosique así como Sheyla Uribe, apoyaron las actividades de campo y Rodimiro Ramos ayudó en la transformación de coordenadas en UTM a geográficas.

Referencias

- ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. **Tropical soil biology and fertility**: a handbook of methods. 2.ed. Wallingford: CAB International, 1993. 221p.
- ARANDA, E. La utilización de lombrices en la transformación de la pulpa de café en abono orgánico. **Acta Zoologica Mexicana** (nueva serie), v. 27, p. 21-23, 1988.

- BROWN, G. G.; PASHANASI, B.; VILLENAVE, C.; PATRON, J. C.; SENAPATI, B. K.; GIRI, S.; BAROIS, I.; LAVELLE, P.; BLANCHART, E.; BLAKEMORE, R. J.; SPAIN, A. V.; BOYER, J. Effects of earthworms on plant production in the tropics. In: LAVELLE, P.; BRUSSAARD, L.; HENDRIX, P.F. (Ed.). **Earthworm management in tropical agroecosystems**. Wallingford: CAB International, 1999, p. 87-147.
- BROWN, G. G.; FRAGOSO, C.; BAROIS, I.; ROJAS, P.; PATRON, J. C.; BUENO, J.; MORENO, A. G.; LAVELLE, P.; ORDAZ, V.; RODRÍGUEZ, C. Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos. **Acta Zoologica Mexicana** (nueva serie), Número especial 1, p. 79-10, 2001.
- CLUZEAU, D.; FAYOLLE, L. Croissance et fécondité comparées de *Dendrobaena rubida tenuis* (Eisen, 1874), *Eisenia fetida andrei* (Bouché, 1972) et *Lumbricus rebellus* (*rubellus* Hoffmeister, 1843) (Oligochaeta, Lumbricidae) en élevage contrôlé. **Revue d'Écologie et Biologie du Sol**, v. 26, p. 1-11, 1989.
- FEIJOO, A.; KNAPP, E. B.; LAVELLE, P.; MORENO, A. G. Quantifying soil macrofauna in a Colombian watershed. In: JIMENEZ, J. J.; THOMAS, R. J. (Ed.). **Soil macroinvertebrate communities in the neotropical savannas of Colombia**. Cali: CIAT, 2001. p. 43-48.
- FRAGOSO, C. **Les peuplements de vers de terre dans l'est et sud, est du Mexique**. 1993. 225f. Tesis (Doctoral) - Universidad Paris 6, Paris.
- FRAGOSO, C. Las lombrices de tierra de México (Annelida, Oligochaeta): diversidad, ecología y manejo. **Acta Zoologica Mexicana** (nueva serie), Número especial 1, p. 131-171, 2001.
- FRAGOSO, C. Biodiversidad y patrones biogeográficos de las lombrices de tierra de México (Oligochaeta, Annelida). In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. (Ed.). **Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. Capítulo 4.
- FRAGOSO, C.; JAMES, S.; BORGES, S. Native earthworms of the North Neotropical Region: current status and controversies. In: HENDRIX, P. F. (Ed.). **Earthworm ecology and biogeography in North America**. Boca Raton: Lewis Publishers, 1995. 244 p.
- GARCÍA, J. A.; FRAGOSO, C. Influence of different food substrates on growth and reproduction of two tropical earthworm species (*Pontoscolex corethrus* and *Amyntas corticis*). **Pedobiologia**, v. 47, p. 754-763, 2003.
- GEISSEN, V.; MORALES, C. Fertility of tropical soils under different land use systems. A case study of soils in Tabasco, Mexico. **Applied Soil Ecology**, v. 31, n. 1-2, p. 169-178, 2006.
- HAIMI, J. Growth and reproduction of the compost-living earthworms *Eisenia andrei* and *E. fetida*. **Revue d'Écologie et Biologie du Sol**, v. 27, n. 4, p. 415-421, 1990.
- HUERTA, E. **Étude comparative des facteurs qui déterminent la biomasse et la densité de vers de terre aux zones naturelles et anthropisées dans les sols de tropiques**. 2002. 181f. Tesis (Doctoral) - Universidad Paris 6, Pierre et Marie Curie.
- LAVELLE, P.; BAROIS, I.; BLANCHART, E.; BROWN, G. G.; BRUSSAARD, L.; DECAENS, T.; FRAGOSO, C.; JIMÉNEZ, J. J.; KAJONDO, K. K.; MARTINEZ, A.; MORENO, A. G.; PASHANASI, B.; SENAPATI, B. K.; VILLENAVE, C. Earthworms as a resource in tropical agroecosystems. **Nature & Resources**, v. 34, n. 1, p. 26-41, 1998.
- ORTIZ-CEBALLOS, A. I.; FRAGOSO, C.; EQUIHUA, M.; BROWN, G. G. Influence of food quality, soil moisture and the earthworm *Pontoscolex corethrus* on growth and reproduction of the tropical earthworm *Balanteodrilus pearsei*. **Pedobiologia**, v. 49, p. 89-98, 2005.
- RODRÍGUEZ, C. Las comunidades (Annelida Oligochaeta) en ecosistemas con diferente grado de perturbación. **Revista de Biología**, La Habana, v. 14, n. 2, p. 147-155, 2000.
- STATISTICA. Tulsa: StatSoft, 1998. p. 1-3765.
- URIBE, L. S. **Relación entre las comunidades de lombrices de tierra (Annelida, Oligochaeta) y algunas propiedades físicas y químicas del suelo en cacaotales con distinto manejo en Teapa, Tabasco, México**. 2004. 105 f. Tesis (Licenciatura) - Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Villahermosa, Tabasco. México.

Anexo 5.1. Lombrices de tierra nativas y exóticas de Tabasco, encontradas en estudios anteriores y durante el presente estudio.

Especie	Vegetación, ambiente	Categoría ecológica	Referencia
Nativas			
<i>Balantodrilus pearsei</i> Pickford, 1938	Selva alta, mediana, acahuales, maizales, solares, pastizales, basura orgánica, ambientes riparios, cuevas	endogea	Fragoso (1993, 2001), Fragoso et al. (1995), Uribe (2004), este trabajo
<i>Diploptrema murchiei</i> James, 1990	Selva alta, mediana, baja, sabanas, acahuales, solares, potreros, maizales, ambientes riparios, vegetación ruderal	endogea	Fragoso (1993), Fragoso et al. (1995), Fragoso (2001), este trabajo
<i>Diploptrema</i> sp. nov.	Cacaotales	endogea	Uribe 2004
<i>Larsonidrilus orbiculatus</i> James, 1993	Sabanas, pastizales, ambientes riparios	endogea	Fragoso et al. (1999a), Fragoso (2001)
<i>Lavellodrilus ilkus</i> Fragoso, 1991	Selva alta	endogea	Fragoso (1993)
<i>Lavellodrilus maya</i> Fragoso, 1988	Selvas altas, cacaotales, pastizales, desechos orgánicos	endogea	Fragoso (1993)
<i>Lavellodrilus</i> sp. nov.	Selvas	endogea	Uribe (2004), este trabajo
<i>Lavellodrilus bonampakensis</i> Fragoso, 1991	Selvas, platanares	endogea	Uribe (2004), este trabajo
<i>Lavellodrilus riparius</i> Fragoso, 1988	Cacaotal	endogea	Uribe (2004)
<i>Lavellodrilus parvus</i> Fragoso, 1988	Selva alta, mediana, acahual, cacaotales, pastizales, maizales	endogea	Fragoso (1993), Fragoso et al. (1995), este trabajo
<i>Mayadrilus calakmulensis</i> Fragoso & Rojas, 1994	Huerto familiar	endogea	este trabajo
<i>Ramiellona strigosa</i> Gates, 1962	Selva alta, cacaotal, pastizal	endogea	Fragoso (1993)
<i>Ramiellona</i> sp. nov.	Selva	endogea	Uribe (2004)
<i>Ramiellona</i> sp. nov. 12	Pastizal, ambientes riparios	endogea	Fragoso (1993)
<i>Ramiellona</i> sp. nov. 21	Selva	endogea	Uribe (2004)
<i>Phoenicodrilus taste</i> Eisen, 1895	Selva alta, mediana, acahuales, pastizales, maizales, cocotales, cacaotales, jardines, vegetación ruderal, ambientes riparios	endogea	Fragoso (1993), Uribe (2004)
Exóticas			
<i>Polypheretima elonagata</i> (Perrier, 1872)	Solares, pastizales, maizales, ambientes riparios, selva	endogea	Fragoso (1993), este trabajo
<i>Pontoscolex corethrurus</i> (Müller, 1857)	Selvas, acahuales, pastizales, maizales, platanares, plantaciones de mango, cocotales, ambientes riparios, solares, cacaotales	endogea	Fragoso (1993), Uribe (2004), Geissen y Morales (2005), este trabajo

Continuación...

Anexo 5.1. Continuación...

Especie	Vegetación, ambiente	Categoría ecológica	Referencia
<i>Pontoscotlex cynthiae</i> Borges y Moreno, 1990	Solares	endogea	Fragoso (1993), Fragoso et al. (1995)
<i>Dichogaster affinis</i> (Rosa, 1891)	Selvas, solares, cañaverales, maizales, pastizales, ambientes riparios	endogea	Fragoso (1993)
<i>Dichogaster bolau</i> (Michaelsen, 1891)	Selvas, maizales, chilares, cocotales, cacaotales, solares, platanares, jardines, amb., riparios, cuevas	endogea	Fragoso (1993), Uribe (2004)
<i>Dichogaster sailens</i> (Beddard, 1893)	Selvas, sabanas, acahuales, maizales, solares, jardines, pastizales, ambientes riparios, plantaciones de mango	epigea	Fragoso (1993), este trabajo
<i>Ocnerodrilus occidentalis</i> Eisen, 1878	Sabanas, acahuales, plantaciones de árboles, solares, maizales, cañaverales, pastizales, jardines, ambientes riparios, cacaotales	endogea	Fragoso (1993), Uribe (2004)
<i>Drawida banwelli</i> Beddard, 1886	Cacaotales	endogea	Uribe (2004)
<i>Periscolex brachycystis</i> (Cognetti, 1905)	Cacaotales	epigea	Uribe(2004), este trabajo
<i>Amyntas gracilis</i> (Kinberg, 1867)	Cacaotales	epiendogea	Uribe (2004)

Registros históricos y listado de las lombrices de tierra de Colombia

Alexander Feijoo Martínez

Abstract

This chapter presents the historical record of the taxonomic studies performed over the last 100+ years (beginning in 1893 and intensified after 1980), on earthworms in various Colombian regions, primarily the Andes. Furthermore, it includes a list of the earthworms of Colombia, which includes 130 species from eight families (three of them with mostly native species: Glossoscolecidae, Acanthodrilidae and Tumakidae) and 34 genera, of which 105 are native and 25 exotic. This review also highlights the lack of systematic studies and their highly fragmented and discontinuous nature. It also reveals the few sites where these studies have been performed and the large number of new species that have been discovered. Finally, the chapter also shows the contributions of specialists such as Gilberto Righi and András Zicsi and updates the previous list of the earthworm species of Colombia (Feijoo et al., 2004), that included 113 species.

Resumen

Se presentan, en este capítulo, los registros históricos de los estudios taxonómicos de más de 100 años de colectas (iniciadas en 1893 e intensificadas después de 1980) de lombrices de tierra en diferentes regiones de Colombia, especialmente los Andes. Además, se incluye el listado de la oligoquetofauna del país, con 130 especies de ocho familias (tres de ellas con especies nativas: Glossoscolecidae, Acanthodrilidae y Tumakidae) y 34 géneros, de las cuales 105 son nativas y 25 exóticas. Esta revisión resalta la falta de estudios sistemáticos y el carácter fragmentario y discontinuo de los mismos. Así mismo, demuestra que en los pocos lugares que se han adelantado estudios, aparecen gran cantidad de especies nuevas para el conocimiento. El capítulo también muestra las contribuciones de algunos especialistas en lombrices tales como Gilberto Righi y András Zicsi y actualiza el listado anterior publicado por Feijoo et al. (2004) que incluía 113 especies.

Introducción

Las comunidades de lombrices de tierra cumplen funciones importantes en la modificación de la estructura física, en la descomposición de la materia orgánica y la dinámica de mineralización y disponibilidad de los nutrimentos. Además alteran la actividad microbiana, construyen nidos, galerías y cámaras que crean nichos para otras especies (Lee, 1985; Lavelle et al., 1994; Brussaard, 1999). Algunas especies son susceptibles al impacto antropogénico, mientras que otras lo soportan; razón por la cual, se consideran un recurso promisorio en la bioindicación de la calidad y salud del suelo y de los agroecosistemas (Feijoo et al., 1999; Feijoo, 2001).

El conocimiento biosistemático de las lombrices puede ser útil en la evaluación ambiental, la investigación ecológica y la conservación y el manejo de los recursos naturales, en un marco lógico del desarrollo sustentable. Este trabajo presenta el estado actual del conocimiento de las lombrices de Colombia y complementa la primera revisión para el país (Feijoo et al., 2004), actualizando los listados de familias, géneros y especies, corrigiendo la lista anterior y presentando de manera cronológica los estudios y registros de lombrices de tierra del país.



Área de estudio

La República de Colombia incluye el archipiélago de San Andrés y Providencia y cuenta con 1.141.748 km² de superficie dentro de los 12°90'40" N y 4°13'30" S, y los 66°50'40" O (en el río Negro Guainía) y los 70°01'23" O (Punta Manglares). El país se divide en dos regiones principales: la región transandina, compuesta por tres cordilleras, los valles interandinos y las fajas litorales del Caribe y el Pacífico, y la región cisandina que abarca las llanuras de Orinoquía y Amazonía (Hernández, 1992; Feijoo et al., 2004) (Figura 6.1).

El presente trabajo incluye la información de muestreos provenientes de diversas localidades de las regiones Andina, Llanos Orientales (Orinoquía)

y otras áreas de Colombia. La precipitación y la temperatura promedio anual de los sitios oscilaron entre 3 y 30°C mientras que los suelos variaron de acuerdo con el cambio en la altura sobre el nivel del mar (de 50 hasta 4500 m.s.n.m, Anexo 6.1). Se analizó la información proveniente de muestreos de lombrices de tierra realizados en las cuencas hidrográficas de los ríos Amaime y Nima (Feijoo, 1993), Cabuyal (Feijoo, 2001), Llanos Orientales (Jiménez, 1999), La Vieja (Feijoo et al., 2004; 2005), Otún (Feijoo et al., datos no publicados; 2006), Parque Nacional Sumapáz y de información secundaria obtenida de los transectos en el Parque de Los Nevados (Righi & van der Hammen, 1995) y Parque Natural Nacional Tatamá (van der Hammen, 2005) (Figura 6.1, Anexo 6.1).

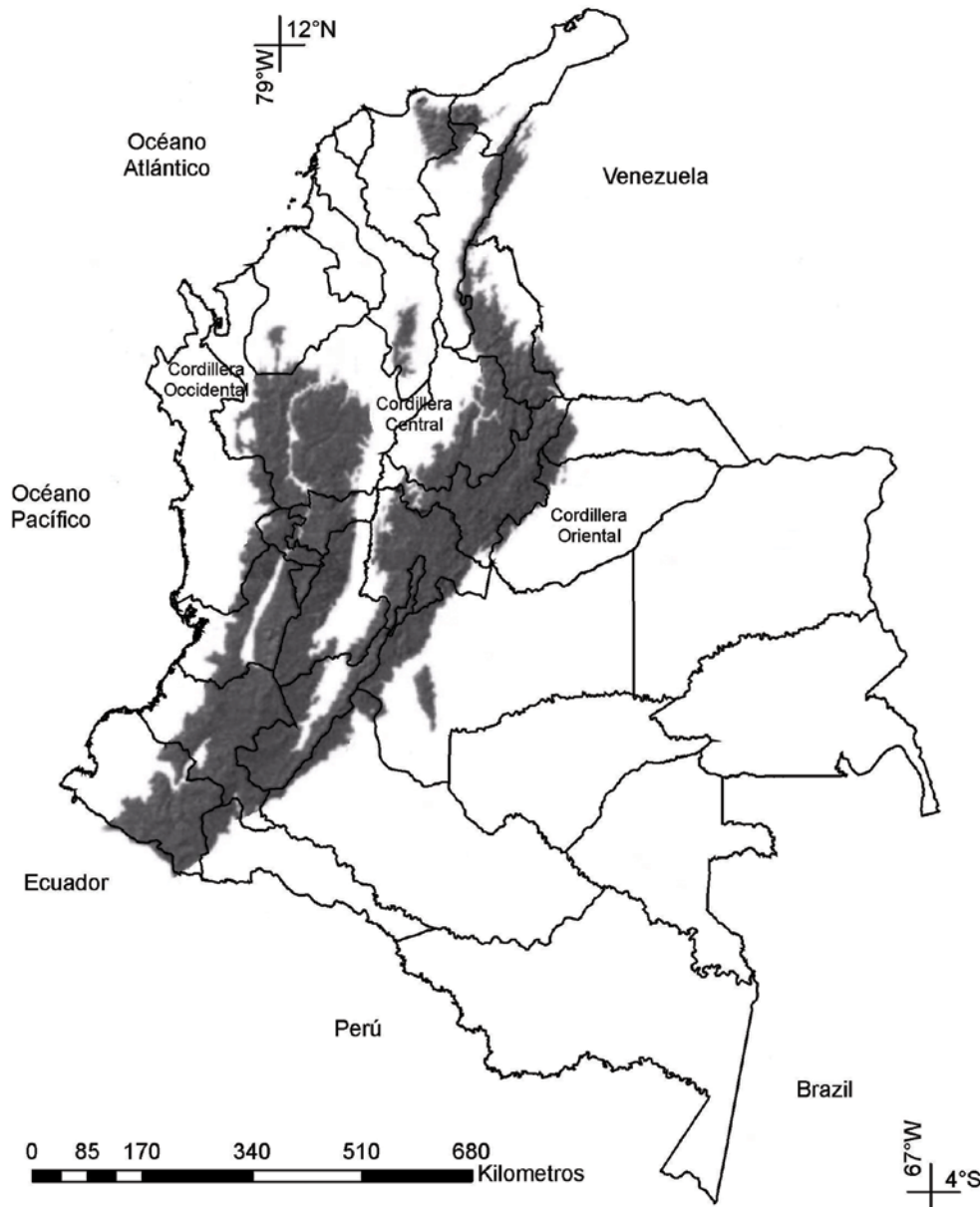


Figura 6.1. Mapa de Colombia, indicando los departamentos y las tres cordilleras de los andes (oriental, central y occidental).

Registro histórico de los estudios de lombrices en Colombia

En 1892, en la publicación "The earthworms of the Vienna Museum" Beddard hizo uno de los primeros registros de lombrices en Colombia, al describir la especie *Geoscolex maximus*, de la ribera del río Patía (Nariño). Sin embargo, el registro de esta especie, posteriormente sinonimizada con *Glossoscolex (G.) giganteus giganteus* (Leuckart, 1836), fue considerado dudoso por Michaelsen (1918) y Righi & Araujo (1979), pues no coincidía con la distribución del género. Estos autores consideraron que hubo un error en la lectura de la etiqueta original. Un año más tarde Ude (1893) describió de Antioquia a *Thamnodrilus distinctus* de la familia Rhinodrilidae, la cual fue incluida posteriormente en el listado de Michaelsen (1900); la falta de registros posteriores me lleva a considerarla como género y especie *incerta sedis*. Como parte del grupo de naturalistas europeos interesados en la fauna Suramericana, el Profesor Otto Bürger colectó lombrices en algunos estados de Colombia entre 1896 - 1897. Estas fueron posteriormente descritas por Michaelsen (1900a, 1900b, 1913, 1918), de la colección del museo de Berlín.

El mismo autor (Michaelsen, 1913), presentó un listado de las especies de las familias y superfamilias Naididae, Enchytraeidae, Megascolecidae, Lumbricidae, Ocnerodrilinae, Trigastrinae, Glossoscolecinae y Criodrilinae, encontradas en Bogotá y algunas localidades de los departamentos de Antioquia y Tolima. Algunos años más tarde Michaelsen (1918) también describió la especie *Glossodrilus schuetti*, hallada en Palmira, Departamento del Valle (Righi y Araujo, 1979). Hasta finales de los años 40, se conocían 30 especies de lombrices de tierra en Colombia, la mayoría de ellas (23 spp.) nativas.

A partir de entonces, los estudios taxonómicos sobre lombrices en Colombia declinaron y fue hasta los años 60 y 70 que Latham (1966) y Ayala et al. (1972) recolectaron lombrices gigantes en el Páramo de Moscopan y en el Parque Nacional Puracé, departamento del Cauca respectivamente. Luego, Fajardo & Prince (1975) dieron a conocer por primera vez en Colombia las especies cosmopolitas: *Allolobophora caliginosa* (Savigny, 1826), *Lumbricus rubellus* Hoffmeister, 1843, *Diplocardia singularis* (Ude, 1893) y *Octolasion lacteum* Örley, 1885.

En los 80 se intensificaron los estudios sobre la oligoquetofauna Colombiana. Righi (1984)

describió dos géneros (*Tairona* y *Bribri*) y cuatro especies nuevas (*T. adrianae*, *B. pipi*, *Andiodrilus argous* y *Glossodrilus pan*). Además, hizo una redescrición de *Martiodrilus euzonus* (Cognetti, 1904) y citó nuevas ocurrencias de *Pontoscolex (P.) corethrurus* en el Departamento del Magdalena (Sierra Nevada de Santa Marta, Transecto Buritica - La Cumbre).

Galvis (1984) estudió la anatomía externa e interna de *Andiodrilus bogotaensis* Michaelsen, 1900 y lafrancesco & Portella (1987) detallaron a *Martiodrilus crassus* (Rosa, 1895), colectada en el Parque Nacional Natural Cueva de los Guácharos (Departamento del Huila).

Zicsi (1988a) describió tres especies del género *Andiodrilus* (*A. sturmi*, *A. vaucheri* y *A. paramensis*) y encontró *A. affinis* Michaelsen, 1900 en algunos páramos del Departamento de Cundinamarca. El mismo año, redescibió a *Martiodrilus savanicola* (Michaelsen, 1900) colectada en La Rusia y el Páramo de Chingaza (Departamento de Cundinamarca) (Zicsi, 1988b). El año siguiente describió la especie *Periscolex longituberculatus*, hallada en Alto Belén (Departamento de Cundinamarca) Zicsi (1989).

Posteriormente, Righi & García (1989), describieron *Glossodrilus pixao* y redescubrieron *Andiodrilus affinis* Michaelsen, 1900, colectadas en las proximidades de Bogotá. Un año después, James (1990) describió la especie *Martiodrilus olivaceous*, colectada en el departamento del Cauca por M. Latham (1965-1966) y Domínguez et al. (1990) encontraron diversas lombrices de cinco familias del piso térmico cálido del Departamento del Tolima: Glossoscolecidae (*Andiodrilus*, *Glossoscolex* y *Pontoscolex*); Megascolecidae: (*Perionyx* y *Pheretima*), Acanthodrilidae (*Diplocardia* y *Microscolex*), Eudrilidae (*Eudrilus eugeniae*) y Lumbricidae (*Eisenia*).

Zicsi (1993) describió dos nuevas especies de *Andiodrilus* (*A. michaelseni* y *A. graffi*) y consideró sinónimos los géneros *Andiodrilus* y *Bribri* Righi, 1984, y las especies *Andiodrilus paramensis* Zicsi, 1988 y *A. pachensis* Michaelsen, 1900.

En un inventario de las comunidades de lombrices de una región del departamento del Valle, Feijoo (1993) encontró siete familias, 18 géneros y 30 especies, siendo por lo menos ocho especies endémicas y seis cosmopolitas. Un año más tarde Feijoo (1994) describió la distribución espacial y las categorías ecológicas de estas especies. En ese año Zicsi & Feijoo (1994) describieron dos nuevas especies del género *Glossodrilus* (*G. lacteus* y *G. griseus*) y una especie de *Martiodrilus* (*M. palmirus*),

además de registrar nuevos hallazgos en Colombia de las especies *Onoreodrilus loksai*, *O. benavidesi*, *M. agricola*, *M. (B.) euzonus* y *M. savanicola*.

En la mayor síntesis de la familia Glossoscolecidae desde 1971 (Righi, 1971), Righi (1995) estudió una colección de lombrices (proveniente del las cordilleras Occidental y Central de los Andes) enviada a São Paulo por T. van der Hammen y depositada posteriormente en el Instituto de Ciencias Naturales – Museo de Historia Natural (Universidad Nacional de Colombia). En este trabajo, Righi describe una nueva familia (Tumakidae) monogenérica y monoespecífica (*Tumak hammeni*) y 31 nuevas especies, además de elaborar cuatro redescriptiones. Righi también propone una clave de los géneros de la familia Glossoscolecidae, añadiendo información valiosa sobre los géneros *Quimbaya* (6 especies), *Martiodrilus* (51 especies), *Andiorhinus* (cuatro subgéneros y 25 especies), *Andiodrilus* (26 especies), *Bribri* (dos especies), *Onychochaeta* (cuatro especies) y *Glossodrilus* (65 especies). Además, propone tres nuevos géneros: *Maipure* (4 especies), *Zongodrilus* (una especie) y *Tupinaki* (dos especies).

En el mismo año, Zicsi (1995) cita las especies *Diachaeta (Diachaeta) thomasi* (Glossoscolecidae) y *Ocnerodrilus occidentalis* (Ocnerodrilidae) del departamento de la Guajira, y algunos años más tarde, Zicsi (1998) separa de *Martiodrilus* algunas especies y propone el subgénero *Martiodrilus (Botaria)*, en el cual incluye cuatro especies colectadas en Colombia: *Martiodrilus (B.) feijooi*, *M. (B.) gara*, *M. (B.) euzonus* y *M. (B.) bicolor* (Anexo 6.1).

En un estudio sobre la dinámica de poblaciones de lombrices de tierra en los suelos de las sabanas de Carimagua (Llanos Orientales), Jiménez (1999) registró la presencia de 14 especies de lombrices de las familias Glossoscolecidae (*Andiodrilus*, *Andiorrhinus*, *Martiodrilus*, *Pontoscolex*, *Glossodrilus*), Acanthodrilidae y Ocnerodrilidae, varias de ellas nuevas para la ciencia. Sin embargo, estas no han sido descritas todavía y hasta el momento solamente se ha identificado a la exótica *P. corethrurus*.

Zicsi (2000) realizó otra revisión del género *Martiodrilus*, eliminando al género *Maipure* Righi 1995 y pasándolo al nivel de subgénero de *Martiodrilus*. En este nuevo subgénero, situó a *Martiodrilus (M.) ecuadoriensis* y otras 14 especies.

Reynolds & Reynolds (2001) registraron los primeros datos acerca de lombrices de tierra en la Isla de San Andrés y encontraron especies de las

familias Glossoscolecidae (*Diachaeta thomasi*, *P. corethrurus*), Eudrilidae (*Eudrilus eugeniae*), Megascolecidae (*Polypheretima elongata*) y Octochaetidae (*Dichogaster bolau*).

El año siguiente Zicsi & Feijoo (2002), describieron las especies *Quimbaya calimae* y *Q. gutierrez* y Zicsi et al. (2002) adicionaron al listado de especies de Colombia a *Martiodrilus (Cordilleroscolex) preciadoi* y *M. (C.) alarconi*, indicando también el hallazgo de *Martiodrilus (C.) magnus* en el país.

En estudios sucesivos realizados entre los años 2004 y 2006 en las cuencas de los ríos La Vieja y Otún, Feijoo et al. (datos no publicados) aportaron nuevos registros de algunas especies presentadas en este estudio y otros pendientes por publicar. En un trabajo en prensa, Feijoo (2007) describe 14 nuevas especies de lombrices pertenecientes a cinco géneros (*Andiodrilus*, *Andiorrhinus*, *Glossodrilus*, *Martiodrilus* y *Periscolex*), del Parque Nacional Sumapaz, situado entre los departamentos de Cundinamarca, Huila y Meta. Además, suministra el listado y la distribución geográfica con nuevos registros de algunas especies descritas antes para Colombia.

Consideraciones para el futuro

En el año 2001, el estimativo de la diversidad de oligoquetos a nivel mundial estaba alrededor de 7254 especies descritas, de las cuales 3627 eran terrestres (Fragoso, 2001). Feijoo et al. (2004) listaron 113 especies para Colombia (correspondiendo a 3% del total mundial), con sólo una pequeña porción del país muestreado (ca. 5%). Considerando la superficie del país, el número de especies conocidas y el área muestreada, ellos estimaron la presencia de 230 especies por cada 100.000 km², un valor más de diez veces mayor que aquel propuesto por Fragoso (2001) para México (20 spp. por cada 100.000 km²).

El presente listado de las lombrices de tierra de Colombia incluye 130 especies, situadas en ocho familias y 34 géneros, de las cuales 105 son nativas y 25 exóticas (Cuadro 6.1). Si se consideran cinco nuevas especies de la familia Glossoscolecidae aún no descritas encontradas por Feijoo (datos no publicados) en las cuencas de los ríos La Vieja y Otún, situadas en los departamentos de Quindío, Risaralda y Valle del Cauca, el número total de especies ascendería a 135. Considerando los pocos muestreos realizados hasta la fecha y la presencia

de grandes áreas en las regiones de la Amazonía, Caribe, Orinoquía y Pacífico aun sin investigar, así como la gran diversidad de ambientes, la elevada diversidad local y el gran número de endemismos de lombrices de tierra en Colombia, es claro que el número actual de especies conocidas esta subestimado. Mayores esfuerzos se deben realizar para caracterizar adecuadamente la diversidad de especies colombianas y su distribución de acuerdo con los tipos de vegetación, suelos, clima y usos del terreno. Esta situación esta limitada por la falta de taxónomos y ecólogos de lombrices en el país, por lo cual se requiere capacitar más investigadores para esta tarea.

La zoogeografía deberá ayudar a construir hipótesis sobre las relaciones entre las zonas muestreadas y aportar información de géneros o especies indicadoras de conexión entre ambientes, de refugios naturales. También será de gran ayuda para generar los espacios antrópicos que posibiliten la conservación de la biodiversidad de lombrices en áreas con introducción de agroecosistemas. Así mismo, se hace necesario la construcción de métodos de estudio sistemáticos que involucren el carácter global, regional y local, que permitan ordenar la relación entre el hábitat, las relaciones espacio-temporales y las especies que lo frecuentan, para generar políticas de manejo o formas de evaluar el posible efecto de cambios en diferentes escalas (calentamiento global o el impacto de las comunidades humanas) sobre el funcionamiento de los ecosistemas y su biodiversidad.

Agradecimientos

El autor agradece a la Universidad Tecnológica de Pereira y a Colciencias por financiar la realización del proyecto "Evaluación del aporte de algunos servicios ambientales en fincas de la cuenca del río La Vieja", código 1110-13- 13943.

Referencias

- AYALA, S. C.; MORRIS, B.; ROONEY, B.; STUART, A.; WOODHULL, B. A colony of giant Andean earthworms. **Bioscience**, v. 22 , n. 5, p. 229-301, 1972.
- BEDDARD, F. E. The earthworm of the Vienna Museum. **Annals and Magazine of Natural History**, v. 6 , n. 9, p. 113-134, 1892.
- BRUSSAARD, L. On the mechanisms of interactions between earthworms and plants. **Pedobiologia**, v. 43, p. 880-885, 1999.
- CSUZDI, C. Neue *Eutrigaster*-arten aus Kuba und ihre zoogeographischen beziehungen (Oligochaeta: Octochaetidae). **Regenwürmer aus Südamerika 22. Mitteilungen aus dem Hamburgischen Zoologischen Museum und Institut**, v. 89, p. 63-70, 1994.
- DOMÍNGUEZ, C.; OVIEDO, L. A.; SANDOVAL, R. C. **Estudio de las poblaciones de lombrices de tierra (Annelida, Oligochaeta) del piso térmico cálido en el Departamento del Tolima**. 1990. 195 f. Tesis (Postrado) - Universidad del Tolima, Ibagué.
- FAJARDO, G.; PRINCE, C. **Ciclo biológico y algunos aspectos ecológicos de las lombrices de tierra en dos suelos de la sabana de Bogotá**. 1976. 77 f. Tesis (Licenciatura en Biología) - Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- FEIJOO, A. **Inventario de las lombrices de tierra (Annelida, Oligochaeta) de una región del departamento del Valle, Palmira**. 1993. 186 f. Tesis (Licenciatura) – Universidad Nacional de Colombia, Palmira.
- FEIJOO, A. Relaciones espacio temporales de algunas lombrices de tierra con uso potencial en la agricultura. **Suelos Ecuatoriales**, v. 24, p. 99-102, 1994.
- FEIJOO, A. **Impacto del uso de la tierra en áreas de laderas sobre comunidades de macrofauna del suelo (Caldono, Cauca, Colombia)**. 2001. 216 f. Tesis (Doctorado) – Universidad Nacional de Colombia, Palmira.
- FEIJOO, A. Lombrices de tierra (Annelida, Oligochaeta) del Parque Nacional Sumapáz, Colombia. In: VAN DER HAMMEN, T.; SANTOS, A.G. dos. (Ed.). **Studies on Tropical Andean Ecosystems**. Berlin: J. Cramer, 2007. v. 7. (En prensa).
- FEIJOO, A.; KNAPP, B. E.; LAVELLE, P.; MORENO, A. G. Quantifying soil macrofauna in a Colombian watershed. **Pedobiologia**, v. 43, p. 513-517, 1999.
- FEIJOO, A.; QUINTERO, H.; FRAGOSO, C.; MORENO, A.G. Patrón de distribución y listado de las especies de lombrices de tierra (Annelida: Oligochaeta) en Colombia, **Acta Zoologica Mexicana**, v. 20, n. 2, p. 197-220, 2004. Nueva serie.
- FEIJOO, M. A.; ZÚÑIGA, M. C.; CAMARGO, J. C. 2005. Signs to detect regeneration and degradation of agroecosystems in the coffee growing region of Colombia. **Livestock Research for Rural Development**, v. 17, n. 3, 2005.

- FEIJOO, M. A.; QUINTERO, H.; FRAGOSO, C. Earthworm communities in forest and pastures of the Colombian Andes. **Caribbean Journal of Science**, v. 42, n. 3, p. 301-310, 2006.
- FRAGOSO, C. Las lombrices de tierra de México (Annelida, Oligochaeta). Diversidad, ecología y manejo. **Acta Zoologica Mexicana** (nueva serie), v. 1, p. 131-171, 2001. Número especial.
- GALVIS, V. **Anatomía externa e interna de la lombriz de tierra *Andiodrilus bogotaensis* (Michaelsen, 1900), (Glossoscolecidae, Oligochaeta)**. 1984. Tesis (Licenciatura) - Universidad Javeriana, Bogotá.
- HERNÁNDEZ, C. A. Caracterización geográfica de Colombia. In: HALFFTER, G. (Ed.). **La diversidad biológica de Ibero América**. Xalapa: Instituto de Ecología, 1992. p. 45-53. *Acta Zoologica Mexicana*. Volumen especial.
- IAFRANCESCO, V. G.; PORTELLA, A. E. **Contribución a los estudios de Anélidos glossoscolecidos de Colombia; morfología y anatomía de *Martiodrilus crassus***. Bogotá: Universidad Javeriana - Facultad de Ciencias, 1987. p. 66-83. Número Especial.
- JAMES, S. W. *Martiodrilus olivaceous* y *M. panamensis*, new earthworms from Colombia and Panamá (Oligochaeta: Glossoscolecidae). **Zoologica Scripta**, v. 19, n. 3, p. 305-308, 1990.
- JIMÉNEZ, J. J. **Estructura de las comunidades y dinámica de las poblaciones de lombrices en las sabanas naturales y perturbadas de Carimagua (Colombia)**. 1999. 311 f. Tesis (Doctorado) - Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
- LATHAM, M. Capturing strange creatures in Colombia. **National Geographic Magazine**, v. 129, p. 682-693, 1966.
- LEE, K. E. **Earthworms: their ecology and relationships with soils and land use**. London: Academic Press, 1985. 411p.
- LAVELLE, P.; DARGERFIELD, M.; FRAGOSO, C.; ESCHENBRENNER, V.; LOPEZ-HERNÁNDEZ, D.; PASHANASI, B.; BRUSSAARD, L. The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. In: WOOMER, P. L.; SWIFT, M. J. (Ed.). **The biological management of tropical soil fertility**. Chichester: John Wiley & Sons, 1994. p. 137-170.
- MICHAELSEN, W. Zur Kenntnis der Oligochaeten. **Abhandlungen aus dem Gebiete der Naturwissenschaften, Herausgegeben vom Naturwissenschaftlichen Verein, Hamburg**, v. 13, p. 1-37, 1895.
- MICHAELSEN, W. Die terricolen Fauna columbiens. **Archiv für Naturgeschichte**, v. 66, p. 231-266, 1900a.
- MICHAELSEN, W. **Das Tierreich: Oligochaeta**. Berlin: Friedländer & Sohn, 1900b. v. 10.
- MICHAELSEN, W. Oligochaeten von verschiedenen Gebieten. **Mitteilungen aus dem Naturhistorischen Museum in Hamburg**, v. 27, p. 47-169, 1910.
- MICHAELSEN, W. Die oligochaten Columbias. In: FUHRMANN, O.; MAYOR, E. (Ed.). *Voyage d'exploration scientifique en Colombie*. **Memoires de la Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles**, v. 5, p. 202-252, 1913.
- MICHAELSEN, W. Die lumbriciden, mit besonderer berücksichtigung der bisher als Familie Glossoscolecidae zusammengefassten unterfamilien. **Zoologische Jahrbücher Abteilung für Systematik, Ökologie und Geographie der Tiere**, v. 41, p. 1-398, 1918.
- REYNOLDS, J. W.; REYNOLDS, D. W. Primeros datos de lombrices de tierra (Oligochaeta) de la Isla de San Andrés, Colombia. **Megadrilogica**, v. 8, n.6, p. 21-24, 2001.
- RIGHI, G. Sobre a família Glossoscolecidae (Oligochaeta) no Brasil. **Arquivos de Zoologia, São Paulo**, v. 20, p. 1-96, 1971.
- RIGHI, G. On some earthworms (Oligochaeta, Glossoscolecidae) from the Sierra Nevada de Santa Marta (Colombia). In: VAN DE HAMMEN, T.; RUIZ, P. M. (Ed.). **Studies on tropical Andean ecosystems**. Berlin: J. Cramer, 1984. v. 2, p. 455-468.
- RIGHI, G. Colombian earthworms. In: VAN DER HAMMEN, T.; SANTOS, A. G. dos. (Ed.). **Studies on tropical Andean ecosystems**. Berlin: J. Cramer, v. 4, p. 485-607, 1995.
- RIGHI, G.; ARAUJO, L. D. Nova contribuição ao gênero *Glossoscolex* com sinopse do grupo *giganteus* (Oligochaeta, Glossoscolecidae). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 39, n. 4, p. 947-959, 1979.
- RIGHI, G.; GARCIA, R. H. Duas espécies de Oligochaeta da Colômbia. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 49, n. 2, p. 415-420, 1989.
- RIGHI, G.; VAN DER HAMMEN, T. Distribución de especies de lombrices en las dos vertientes de la cordillera Central (transecto Parque de Los Nevados, Colombia). In: VAN DER HAMMEN, T.; SANTOS, A. G. dos. (Ed.). **Studies on tropical Andean Ecosystems**. Berlin: J. Cramer, v. 4, p. 445-483, 1995.
- ÜDE, H. Beiträge zur kenntnis ausländischer Regenwürmer. **Zeitschrift für Wissenschaftliche Zoologie**, v. 57, p. 57-75, 1893.
- VAN DER HAMMEN, T. Diversidad, biomasa y distribución de lombrices en el transecto Tatamá,

- Cordillera Occidental Colombiana. In: VAN DER HAMMEN, T.; SANTOS, A. G. dos (Ed.). **Studies on tropical Andean ecosystems**. Berlin: J. Cramer, 2005. v. 6, p.225-237.
- ZICSI, A. Neue *Andiodrilus* - Arten aus Kolumbien (Oligochaeta: Glossoscolecidae). Regenwürmer aus Südamerika 5. **Revue Suisse de Zoologie**, v. 95, n. 3, p. 715-722, 1988a.
- ZICSI, A. Weitere neue und bekannte *Martiodrilus*-Arten aus Ecuador und Kolumbien (Oligochaeta: Glossoscolecidae). Regenwürmer aus Südamerika 7. **Acta Zoologica Hungarica**, v. 34, n. 4, p. 435-446, 1988b.
- ZICSI, A. Über zwei *Periscolex*-Arten aus dem Anden – Gebiet Kolumbiens und Ekuadors (Oligochaeta: Glossoscolecidae). Regenwürmer aus Südamerika 10. **Revue Suisse de Zoologie**, v. 96, n. 1, p. 19-24, 1989.
- ZICSI, A. Revision der Gattung *Andiodrilus* Michaelsen, 1900 (Oligochaeta, Glossoscolecidae) Regenwürmer aus Südamerika 17. **Acta Zoologica Hungarica**, v. 39, n. 1-4, p. 311-342, 1993.
- ZICSI, A. Ein weiterer Beitrag zur Regenwurm-fauna der Karibischen region (Oligochaeta). Regenwürmer aus Südamerika 24. **Mitteilungen aus dem Hamburgischen Zoologischen Museum und Institut**, v. 92, p. 53-64, 1995.
- ZICSI, A. Revision der Gattung *Aptodrilus* Cognetti 1904 (Oligochaeta: Glossoscolecidae). **Opuscula Zoologica Budapest**, v. 29-30, p. 155-170, 1997.
- ZICSI, A. Revision weitere *Martiodrilus* arten (Oligochaeta: Glossoscolecidae). Regenwürmer aus Südamerika, 30. **Opuscula Zoologica Budapest**, v. 31, p. 149-164, 1998.
- ZICSI, A. Revision der Untergattung *Martiodrilus* (*Martiodrilus*, 1936) (Oligochaeta: Glossoscolecidae). Regenwürmer aus Südamerika 29. **Opuscula Zoologica Budapest**, v. 32, p. 139-167, 2000.
- ZICSI, A. Revision der Untergattung *Martiodrilus* (*Maipure* Righi, 1995) (Oligochaeta: Glossoscolecidae). Regenwürmer aus Südamerika 33. **Opuscula Zoologica Budapest**, v. 33, p. 113-131, 2001.
- ZICSI, A.; FEIJOO, A. Regenwürmer aus der Zentral Kordillere Kolumbiens (Oligochaeta, Glossoscolecidae). Regenwürmer aus Südamerika 21. **Mitteilungen aus dem Hamburgischen Zoologischen Museum und Institut**, v. 89, n. 2, p.55-62, 1994.
- ZICSI, A.; FEIJOO, A. Neue *Quimbaya*- und andere Regenwürmartens aus Kolumbien und Ecuador (Oligochaeta:Glossoscolecidae) Regenwürmer aus Südamerika 36. **Berichte des Naturwissenschaftlich-Medizinischen Vereins in Innsbruck**, v. 89, p. 111-121, 2002.
- ZICSI, A.; CSUDZI, C.; FEIJOO, A. Neue und bekannte Riesregenwürmer aus Kolumbien, Ecuador und Peru (Oligochaeta:Glossoscolecidae). Regenwürmer aus Südamerika 35. **Revue Suisse de Zoologie**, v. 109, n. 4, p. 785-796, 2002.

Anexo 6.1. Diversidad y distribución de las lombrices de tierra en Colombia (revisado y ampliado de Feijoo et al., 2004).

Familias, géneros y especies	Localidad ¹	Altitud (m.s.n.m)	Zona de vida ²	Referencias
Acanthodrilidae				
1 <i>Dichogaster (Diplotheocodrilus) affinis</i> (Michaelsen, 1890)	Honda, Purnio (Tolima)	400	ZVE	Michaelsen (1900)
2 <i>Dichogaster (Diplotheocodrilus) annae</i> (Horst, 1893)	Palmira, Valle, Alcalá (Valle del Cauca)	1000	ZVE	Feijoo (1993), Csuzdi (1994)
3 <i>Dichogaster (Diplotheocodrilus) bolau</i> (Michaelsen, 1891)	Honda, Tolima, San Andrés	<50 – 1000	ZVE	Michaelsen (1913), Reynolds & Reynolds (2001)
4 <i>Dichogaster (Diplotheocodrilus) medellina</i> Michaelsen, 1913	Medellín, Antioquia, Palmira (Valle del Cauca)	1640, 2500, 2600	ZVS, ZVA	Michaelsen (1913), Csuzdi (1994)
5 <i>Dichogaster (Diplotheocodrilus) modiglianni</i> (Rosa, 1896)	Medellín (Antioquia)	800	ZVE	Michaelsen (1913)
6 <i>Dichogaster (Diplotheocodrilus) saliens</i> (Beddard, 1893)	Alcalá (Valle del Cauca)	1150	ZVS	Feijoo et al. (datos no publicados)
7 <i>Diplocardia singularis</i> (Ude, 1893)	Bogotá, D.C.	2600	ZVA	Fajardo & Prince (1975), Feijoo (1993)
8 <i>Dicroscolex phosphoreus</i> (Dugès, 1837)	El Cerrito (Valle)	2500	ZVA	Feijoo (1993)
Almidae				
9 <i>Drilocrisus breymanni</i> (Michaelsen, 1897)	Caldono (Cauca)	1100 – 1850	ZVS	Feijoo (2001)
10 <i>Drilocrisus buergeri</i> (Michaelsen, 1900)	Bogotá, D.C.	2600	ZVA	Michaelsen (1900)
Eudrilidae				
11 <i>Eudrilus eugeniae</i> (Kinberg, 1867)	Palmira (Valle), San Andrés	<50 – 1000	ZVE	Feijoo (1993), Reynolds & Reynolds (2001)
Glossocolecidae				
12 <i>Andiodrilus affinis</i> Michaelsen, 1900	Bogotá, Sibate, Monserrate & Guasca	2800, 3150 – 3200	ZVA	Michaelsen (1900)
13 <i>Andiodrilus argous</i> Righi, 1984	Sierra Nevada Santa Marta (Magdalena)	1100 – 3300	ZVS, ZVA	Righi (1984)
14 <i>Andiodrilus barbako</i> Righi, 1995	Santa Isabel (Tolima)	3315, 3650	ZVA, ZVP	Righi (1995)
15 <i>Andiodrilus bogotaensis</i> Michaelsen, 1900	Honda, Guaduas, Bogotá	800, 1600, 2800	ZVE, ZVS, ZVA	Michaelsen (1913)
16 <i>Andiodrilus boruka</i> Righi, 1995	Santa Isabel (Tolima)	3650	ZVP	Righi (1995)
17 <i>Andiodrilus cabalensis</i> Righi, 1995	Santa Rosa de Cabal (Risaralda)	2550	ZVA	Righi (1995)
18 <i>Andiodrilus graffi</i> Zicsi, 1993	Sabaneque, páramo San Cayetano	3400	ZVA	Zicsi (1993)
19 <i>Andiodrilus katio</i> Righi, 1995	Santa Rosa de Cabal (Risaralda)	1725 – 2700	ZVS, ZVA	Righi (1995)
20 <i>Andiodrilus kiri</i> Righi, 1995	Santa Isabel (Tolima)	2940, 3720	ZVA, ZVP	Righi (1995)
21 <i>Andiodrilus major</i> Michaelsen, 1900	Fusagasuga (Cundinamarca)	2700	ZVA	Michaelsen (1900, 1918)
22 <i>Andiodrilus michaelseni</i> Zicsi, 1993	Bucaramanga (Santander)	1100	ZVS	Zicsi (1993)
23 <i>Andiodrilus moko</i> Righi, 1995	Santa Rosa de Cabal (Risaralda)	2940 – 3325	ZVA	Righi (1995)

24	<i>Andiodrilus pachoenis</i> Michaelsen, 1900	Bogotá, Pacho, Zipaquirá, Sibaté, Unión, Páramo Chisacá (Cundinamarca)	2000-2200, 1500-2000, 2500, 3720	ZVS, ZVA, ZVP	Zicsi (1988a), Michaelsen (1900)
25	<i>Andiodrilus patoko</i> Righi, 1995	Santa Rosa de Cabal (Risaralda)	3185, 3335	ZVA, ZVP	Righi (1995)
26	<i>Andiodrilus pixao</i> Righi, 1995	Santa Rosa de Cabal (Risaralda)	3550	ZVP	Righi (1995)
27	<i>Andiodrilus ruizanus</i> Michaelsen, 1913	Honda (Tolima)	1515	ZVS	Michaelsen (1913)
28	<i>Andiodrilus sambu</i> Righi, 1995	Santa Isabel (Tolima)	3500	ZVP	Righi (1995)
29	<i>Andiodrilus schuetti</i> (Michaelsen, 1895)	Bucaramanga, Palmira Cerrito	2600 - 2700, 2660, 2630, 3600	ZVA, ZVP	Michaelsen (1895)
30	<i>Andiodrilus sturmi</i> Zicsi, 1988	Alto Belen (Boyaca)	2700	ZVA	Zicsi (1988a)
31	<i>Andiodrilus talemank</i> Righi, 1995	Santa Isabel (Tolima)	2700 y 3100	ZVA	Righi (1995)
32	<i>Andiodrilus terraba</i> Righi, 1995	Santa Rosa de Cabal (Risaralda)	3725	ZVP	Righi (1995)
33	<i>Andiodrilus vaucheri</i> Zicsi, 1988	Páramo La Rusia (Cundinamarca)	3600	ZVP	Zicsi (1988a)
34	<i>Andiodrilus xaropi</i> Righi, 1995	Santa Isabel (Tolima)	2700, 3940	ZVA, ZVP	Righi (1995)
35	<i>Andiodrilus</i> sp.nov.1	San Bernardo (Cundinamarca)	1625	ZVA	Fejoo (2007)
36	<i>Andiodrilus</i> sp.nov.2	Entre valles de quebrada Hona y Andobos (Cundinamarca)	3725	ZVA	Fejoo (2007)
37	<i>Andiodrilus</i> sp.nov.3	San Juan de Rioseco (Cundinamarca)	1350	ZVA	Fejoo (2007)
38	<i>Andiodrilus</i> sp.nov.4	San Bernardo (Cundinamarca)	2300	ZVA	Fejoo (2007)
39	<i>Andiodrilus</i> sp.nov.5	San Juan, San Bernardo (Cundinamarca)	2470, 2730, 2900, 3500.	ZVA	Fejoo (2007)
40	<i>Andiodrilus</i> sp.nov.6	San Bernardo (Cundinamarca)	2300	ZVA	Fejoo (2007)
41	<i>Andiodrilus</i> sp.nov.7	Cuchilla La Rabona (Cundinamarca)	3925	ZVA	Fejoo (2007)
42	<i>Andiodrilus</i> sp.1	Carimagua (Meta)	175	ZVE	Jiménez (1999)
43	<i>Andiorrhinus (Amazonidrilus) tukuko</i> Righi, 1995	Santa Isabel (Tolima)	2530	ZVA	Righi (1995)
44	<i>Andiorrhinus (Turedrilus) sp.nov.1</i>	Selva de <i>Burseraceae</i> (Meta)	550	ZVE	Fejoo (2007)
45	<i>Andiorrhinus</i> sp.2	Carimagua (Meta)	175	ZVE	Jiménez (1999)
46	<i>Andiorrhinus</i> sp.3	Silvia (Cauca)	2200	ZVS	Fejoo (2001), este estudio
47	<i>Aptodrilus fuhrmanni</i> Michaelsen, 1913	Medellín, Palmira (Valle)	2080 - 3400, 1800	ZVS, ZVA	Michaelsen (1913), Fejoo (1993)
48	<i>Aptodrilus uncinatus</i> Michaelsen, 1910	Palmira (Valle)	1500	ZVS	Michaelsen (1910), Zicsi (1997)
49	<i>Bribri pipi</i> Righi, 1984	Sierra Nevada Santa Marta (Magdalena)	1100 - 4100	ZVS, ZVA, ZVP	Righi (1984)
50	<i>Bribri yari</i> Righi, 1995	Santa Isabel (Tolima)	2020	ZVS	Righi (1995)
51	<i>Diachaeta (Diachaeta) thomasii</i> Benham 1886	Río Hacha (La Guajira), San Andrés	<50 - 550	ZVE	Reynolds & Reynolds (2001), Zicsi (1995)
52	<i>Glossodrilus chami</i> Righi, 1995	Pereira, Risaralda	2975	ZVA	Righi (1995)
53	<i>Glossodrilus griseus</i> Zicsi & Fejoo 1994	Palmira, El Cerrito	2900, 3500, 3640, 3680	ZVA, ZVP	Fejoo (1993), Zicsi & Fejoo (1994)

Continuación...

Anexo 6.1 Continuación...		Localidad ¹	Altitud (m.s.n.m)	Zona de vida ²	Referencias
Familias, géneros y especies					
54	<i>Glossodrilus hondaensis</i> (Michaelson, 1900)	Honda (Tolima)	450	ZVE	Michaelson (1900, 1918)
55	<i>Glossodrilus kuna</i> Righi, 1995	Santa Isabel (Tolima)	2340	ZVS	Righi (1995)
56	<i>Glossodrilus lacteus</i> Zicsi & Feijoo 1994	Palмира	3120, 2500	ZVA	Feijoo (1993), Zicsi & Feijoo (1994)
57	<i>Glossodrilus paez</i> Righi, 1995	Santa Isabel (Tolima)	2020 – 3900	ZVS, ZVA, ZVP	Righi (1995)
58	<i>Glossodrilus palenke</i> Righi, 1995	Pereira, Santa Rosa de Cabal (Risaralda)	4350, 4315, 3900 – 4350	ZVP	Righi (1995)
59	<i>Glossodrilus pan</i> Righi, 1984	Sierra Nevada Santa Marta (Magdalena)	700 – 1500	ZVE, ZVS	Righi (1984)
60	<i>Glossodrilus panikita</i> Righi, 1995	Cartago (Valle)	1000	ZVE	Righi (1995)
61	<i>Glossodrilus pixao</i> Righi & García, 1989	Bogotá	3250	ZVA	Righi & García (1989)
62	<i>Glossodrilus sajia</i> Righi, 1995	Santa Isabel (Tolima), Alcalá (Valle)	1980 – 2350	ZVS	Righi (1995), Michaelson (1918)
63	<i>Glossodrilus schuetzi</i> (Michaelson, 1918)	Palмира (Valle)	1000	ZVE	Michaelson (1918)
64	<i>Glossodrilus totaricensis</i> Righi, 1995	Santa Isabel (Tolima)	3650	ZVP	Righi (1995)
65	<i>Glossodrilus unguis</i> Righi, 1995	Venadillo (Tolima)	1150	ZVS	Righi (1995)
66	<i>Glossodrilus yuko</i> Righi, 1995	Argelia (Valle)	1830 – 2140	ZVS	Righi (1995)
67	<i>Glossodrilus</i> sp.1	Carimagua (Meta)	175	ZVE	Jiménez (1999)
68	<i>Glossodrilus</i> sp.nov.1	Selva de <i>Araliaceae</i> , <i>Ladenbergia</i> y <i>Ficus</i> (Cundinamarca)	1540	ZVS	Feijoo (2007)
69	<i>Martiodrilus (Botaria) bicolor</i> (Michaelson, 1913)	Medellín, Tíiribí (Antioquia), Páramo del Huila (Huila)	800, 1800, 3700	ZVE, ZVS, ZVP	Michaelson (1913), Zicsi (2000)
70	<i>Martiodrilus (Botaria) euzonus</i> (Cognetti, 1904)	Sierra Nevada Santa Marta, Palмира, Florida (Valle)	500 – 1100, 1990, 2050, 2660 3400	ZVE, ZVS, ZVA	Righi (1984), Feijoo (1993), Zicsi (1998)
71	<i>Martiodrilus (Botaria) feijooi</i> Zicsi, 1998	Páez (Cauca)	3300	ZVP	Zicsi (1998)
72	<i>Martiodrilus (Botaria) gara</i> Righi, 1995	Novita, San José del Palmar (Chocó) Argelia, Anserma (Valle), San Bernardo (Cundinamarca)	720, 1350, 1950, 2140, 1150, 3700 3860 4100	ZVE, ZVA, ZVS, ZVP	Righi (1995), Zicsi (1998)
73	<i>Martiodrilus (Botaria) sp.nov.1</i>	Quebrada El Buque (Meta)	3500	ZVA	Feijoo (2007)
74	<i>Martiodrilus (Cordillerascolex) alarconi</i> Zicsi et al., 2002	Chigorodó (Antioquia)	150, 480	ZVE	Zicsi et al. (2002)
75	<i>Martiodrilus (Cordillerascolex) columbianus</i> (Michaelson, 1913)	Honda, Fresno, Facatativá Villeta	1500	ZVS	Michaelson (1913)
76	<i>Martiodrilus (Cordillerascolex) hamifer</i> Michaelson, 1900	Villeta, Facatativa (Cundinamarca)	1000	ZVE	Michaelson (1918)
77	<i>Martiodrilus (Cordillerascolex) magnus</i> (Cognetti, 1904)	Palмира (Valle)	2600	ZVA	Zicsi et al. (2002)

78	<i>Martiodrilus (Cordillerascolex) olivaceus</i> James, 1990	Páramo Moscopán (Cauca)	3970 – 4300	ZVP	James (1990)
79	<i>Martiodrilus (Cordillerascolex) preciadoi</i> Zicsi et al., 2002	Yopal (Casanare)	500	ZVE	Zicsi et al. (2002)
80	<i>Martiodrilus (Maipure) agricola</i> (Cognetti, 1904)	Palmira (Cauca), Florida (Valle), Caldono, Silvia, Alcalá (Valle)	1500-3000	ZVS, ZVA	Feijoo (1993), Zicsi & Feijoo (1994)
81	<i>Martiodrilus (Maipure) ecuadoriensis</i> (Benham, 1892)	Honda (Tolima), Titiribi (Antioquia), Chingaza (Cundinamarca), Cerrito, Palmira (Valle), Caldono, Silvia (Cauca)	800, 1800, 3550, 3660, 1500, 1350, 3200 3400, 2800	ZVE, ZVA, ZVS ZVP	Zicsi (1988b), Feijoo (1993)
82	<i>Martiodrilus (Maipure) murindo</i> (Righi, 1995)	Santa Rosa. de Cabal, Santuario (Risaralda)	1500-4100	ZVS, ZVA, ZVP	Righi (1995)
83	<i>Martiodrilus (Maipure) palmirus</i> Zicsi & Feijoo, 1994	Palmira (Valle del Cauca)	1500, 2040, 2190	ZVS	Feijoo (1993), Zicsi & Feijoo (1994)
84	<i>Martiodrilus (Maipure) sp.nov.1</i>	Selva de <i>Burseraceae</i> (Meta)	550	ZVE	Feijoo (2007)
85	<i>Martiodrilus (Martiodrilus) agilis</i> (Cognetti, 1904)	Fusagasugá (Cundinamarca)	2600	ZVA	Michaelson (1918)
86	<i>Martiodrilus (Martiodrilus) heterostichon</i> (Schmarda, 1861)	Palmira, Caldono (Santander), San Juan de Rioseco (Cundinamarca)	1000, 1500, 1700	ZVE, ZVA	Feijoo (1993)
87	<i>Martiodrilus (Martiodrilus) monticola</i> (Michaelson, 1900)	Bogotá, Fusagasuga (Cundinamarca)	2500	ZVA	Michaelson (1918)
88	<i>Martiodrilus (Martiodrilus) psikakao</i> Righi, 1995	Cartago (Valle), Puerto Caldas (Risaralda)	1000	ZVE	Righi (1995), Zicsi (2000)
89	<i>Martiodrilus (Martiodrilus) purnio</i> (Michaelson, 1900)	Purnio, Honda (Tolima)	450	ZVE	Michaelson (1918)
90	<i>Martiodrilus sp.1</i>	Carimagua (Meta)	175	ZVE	Jiménez (1999)
91	<i>Martiodrilus sp.2</i>	Serranía de Abibe (Antioquia)	2000	ZVA	Feijoo et al. (2004)
92	<i>Martiodrilus sp.3</i>	Yopal (Casanare)	400	ZVE	Feijoo et al. (2004)
93	<i>Onoreodrilus benavidesi</i> Zicsi, 1988	Palmira, El Cerrito, Caldono (Cauca)	2220, 2600 2500, 2770, 3100	ZVS, ZVA	Feijoo (1993), Zicsi & Feijoo (1994)
94	<i>Onoreodrilus loksai</i> Zicsi, 1988	Palmira (Valle del Cauca)	2000, 2800, 3200, 3280	ZVS, ZVA	Feijoo (1993) Zicsi & Feijoo (1994)
95	<i>Onychochaeta elegans elegans</i> (Cognetti, 1905)	Venadillo, Santafé de Antioquia	710 1290	ZVE, ZVS	Righi (1995), Feijoo et al. (2004)
96	<i>Onychochaeta sibateensis</i> (Michaelson, 1900)	Sibaté (Cundinamarca)	2600	ZVA	Michaelson (1900)
97	<i>Perisocolex columbianus</i> (Michaelson, 1900)	Bogotá	3000	ZVA	Michaelson (1900)
98	<i>Perisocolex fuhrmanni</i> Michaelson, 1913	Cruz verde, Cali. Quebrada El Buque (Meta)	1150, 3600	ZVS, ZVP	Michaelson (1913), Feijoo (2001)

Continuación...

Anexo 6.1 Continuación...					
Familias, géneros y especies	Localidad ¹	Altitud (m.s.n.m)	Zona de vida ²	Referencias	
99 <i>Periscollex longituberculatus</i> Zicsi, 1989	Alto Belen (Cundinamarca)	3200	ZVP	Zicsi (1989)	
100 <i>Periscollex vialis</i> Michaelisen, 1913	Guaduas – Sensitiva (Cundinamarca)	1000	ZVE	Michaelisen (1913)	
101 <i>Periscollex</i> sp.nov.1	San Bernardo (Cundinamarca)	3300	ZVA	Feijoo (2007)	
102 <i>Periscollex</i> sp.nov.2	Quebrada El Buque (Meta)	3500	ZVA	Feijoo (2007)	
103 <i>Periscollex</i> sp.nov.3	Cuchilla La Rabona (Cundinamarca)	3925	ZVA	Feijoo (2007)	
104 <i>Pontoscrox (Pontoscrox) corethrurus</i> (Müller, 1857)	Medellín, Palmira, El Cerrito, Cali, San Andrés	50 – 1800	ZVE, ZVS	Michaelisen (1913), Feijoo (1993), Reynolds & Reynolds (2001)	
105 <i>Quimbaya cameliae</i> (Michaelisen, 1913)	Medellín, Amagá, San José del Palmar, Argelia Santuario y Apía	1830, 2100, 2140, 2285, 2740	ZVS, ZVA	Righi (1995), Michaelisen (1913)	
106 <i>Quimbaya calimae</i> Zicsi & Feijoo, 2002	Palmira, Darien, Lago Calima,	1450, 1500	ZVS	Zicsi & Feijoo (2002)	
107 <i>Quimbaya gutierrezii</i> Zicsi & Feijoo, 2002	Santa Rosa, Santo Domingo (Cauca)	1130, 1800, 2700	ZVS, ZVA	Zicsi & Feijoo (2002)	
108 <i>Quimbaya karrapa</i> Righi, 1995	Argelia (Valle)	1830, 1950	ZVS	Righi (1995)	
109 <i>Quimbaya michaeliseni</i> Righi, 1995	San José del Palmar (Choco)	1100, 1350	ZVS	Righi (1995)	
110 <i>Quimbaya pavura</i> Righi, 1995	Argelia (Valle del Cauca)	2140	ZVS	Righi (1995)	
111 <i>Quimbaya papare</i> Righi, 1995	Venadillo (Tolima)	1290	ZVS	Righi (1995)	
112 <i>Quimbaya yumbo</i> Righi, 1995	Santuario (Risaralda)	3700, 3525	ZVP	Righi (1995)	
113 <i>Tairona adrianae</i> Righi, 1984	Sierra Nevada Santa Marta (Magdalena)	900–1300, 2100–2700	ZVE, ZVS, ZVA	Righi (1984)	
114 <i>Thamnophilus distinctus</i> (Ude, 1983)*	Antioquia	?	?	Ude (1893)	
Megascolecidae					
115 <i>Amyntas corticis</i> (Kinberg, 1867)	Palmira, El Cerrito, Caldono, Silvia Santander Rosa, Mocoa	1100 – 3600	ZVS, ZVA, ZVP	Feijoo (1993)	
116 <i>Amyntas gracilis</i> (Kinberg, 1867)	Buenaventura, Palmira, Caldono Santander Cauca, Cali, Mocoa Putumayo	50 – 2200	ZVE, ZVS	Feijoo (1993)	
117 <i>Perionyx excavatus</i> (Perrier, 1872)	Alcalá, Cartago (Valle del Cauca)			Feijoo et al. (datos no publicados)	
118 <i>Polypheretima elongata</i> (Perrier, 1872)	Palmira, Guacarí, El Cerrito (Valle), San Andrés	<50 – 1000	ZVE	Feijoo (1993), Reynolds & Reynolds (2001)	
119 <i>Pontodrilus litoralis</i> (Grubbe, 1855)	Cartagena	0	ZVE	Michaelisen (1910)	
Lumbricidae					
120 <i>Allophora caliginosa</i> (Savigny, 1826)	Bogotá	2600	ZVA	Fajardo & Prince (1976)	
121 <i>Aporrectodea rosea</i> (Savigny, 1826)	El Cerrito (Valle)	3000	ZVA	Feijoo (1993)	
122 <i>Dendrodriulus rubidus rubidus</i> (Savigny, 1826)	Bogotá, El Cerrito (Valle)	2600, 3000	ZVA	Feijoo (1993), Michaelisen (1913)	
123 <i>Dendrobaena octaedra</i> (Savigny, 1826)	El Cerrito (Valle)	3000	ZVA	Feijoo (1993)	
124 <i>Eisenia fetida</i> (Savigny, 1826)	Palmira, Cali (Valle)	100 –3600	ZVE, ZVS, ZVA	Feijoo (1993), Feijoo et al. (2004)	

125	<i>Eiseniella tetraedra</i> (Savigny, 1826)	El Cerrito (Valle)	2800, 3000	ZVA	Feijoo (1993)
126	<i>Lumbricus rubellus</i> Hoffmeister, 1843	Bogotá	2600	ZVA	Fajardo & Prince (1976), Feijoo (1993)
127	<i>Octolasion lacteum</i> Örley, 1885	Bogotá, Cerrito (Valle)	2600, 3000	ZVA	Fajardo & Prince (1976), Feijoo (1993)
Ocnerothrillidae					
128	<i>Eukerria</i> sp. 1	El Cerrito (Valle)	2500	ZVA	Feijoo (1993)
129	<i>Ocnerothrillus occidentalis</i> Eisen, 1878	Río Hacha (La Guajira), Medellín	550, 1800	ZVE, ZVA	Michaelsen (1913), Zicsi (1995)
Tumakidae					
130	<i>Tumak hammeni</i> Righi, 1995	Venadillo (Tolima)	1150, 1290, 1670	ZVS	Righi (1995)

¹ Entre paréntesis, nombre del departamento donde se sitúa el municipio o localidad, cuando estos datos están disponibles.

² ZVE: Zona de vida ecuatorial; ZVS: Zona de vida subandina; ZVA: Zona de vida andina; ZVP: Zona de vida paramuna

* Género y especie incierta

Biología y ecología de las lombrices de tierra de las sabanas neotropicales de Colombia¹

Juan J. Jiménez; Thibaud Decaëns; Lucero Mariani; Patrick Lavelle

Abstract

This chapter refers to a very detailed study on the biology and ecology of earthworms in the savannas of Carimagua, conducted from 1993-1999, in the Eastern Plains of Colombia. Our objective was to study the diversity and specific richness of earthworms in the savanna, their density and biomass, reproductive biology, population dynamics, their vertical and horizontal distributions, and their effect on selected physical, chemical and biological soil properties. The earthworm community of Carimagua comprises 21 species, most of them new to science, of which 8 (of variable size) are endemic to the native savanna. The strong seasonality in the savanna, with a severe 4-month dry season, influences enormously both density and biomass variations. Yearly average density and biomass in the savanna was 114.5 ind. m⁻², and 4.8 g. m⁻², respectively. The spatial distribution of earthworms was strongly aggregated, with an average patch size of 30-40 m. By means of multivariate analysis we observed a clear relationship between the size of the earthworm and their spatial distribution. All earthworm species showed no activity during the dry season, from December to late March, although they showed different responses to seasonal variations of soil temperature and humidity. In the savannas three groups of species were clearly separated:

- Small species that are normally found in the topsoil during their active period, showing a deep distribution in the soil when they are inactive during the dry season;
- Medium-sized species normally located in the topsoil during the rainy season showing no special adaptation to the dry season;
- Large species, showing true diapause during the dry season and with deep location of individuals in the soil.

Resumen

Este trabajo es un resumen de un estudio mucho más detallado sobre la biología y la ecología de las comunidades de oligoquetos en las sabanas de Carimagua en los Llanos Orientales de Colombia durante el periodo 1993-1999. El objetivo del estudio fue el de estudiar la diversidad y riqueza específica, la densidad y la biomasa, la biología reproductiva, las estrategias adaptativas, la dinámica poblacional, la distribución vertical y horizontal, y el efecto de las especies de lombrices de tierra en algunas propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. La comunidad de oligoquetos de Carimagua comprende 21 especies, muchas de las cuales son nuevas para la ciencia, con 8 especies de tamaño variable, endémicas de la sabana. La aparición de una época seca muy severa de cuatro meses de duración juega un papel fundamental en las variaciones de la densidad y la biomasa en la sabana. La densidad media anual de lombrices obtenida en la sabana fue de 114.5 ind. m⁻²; la biomasa media anual fue de 4.8 g. m⁻². La distribución espacial de las especies fue fuertemente agregada, el tamaño medio de los parches osciló entre 30 y 40 m. Un análisis multivariado mostró la fuerte relación existente entre el tamaño de las lombrices y su distribución espacial. Todas las lombrices de sabana permanecen inactivas durante la época seca, desde diciembre hasta marzo, y aunque todas las especies presentan la capacidad de suspender su actividad en respuesta a los cambios estacionales de temperatura y de

¹ Para información adicional consultar a Jiménez & Thomas (2001).



humedad del suelo, los ciclos de actividad son diferentes según las especies. En Carimagua se distinguen tres grupos de especies:

- Especies de tamaño pequeño, localizadas superficialmente en el suelo (en la época activa), con distribución vertical profunda durante la fase de quiescencia;
- Especies de tamaño intermedio, de localización superficial durante la época lluviosa, y sin adaptación especial a la época de sequía;
- Especies de tamaño grande, con diapausa verdadera en las capas profundas del suelo.

Introducción

Las sabanas tropicales, cuya extensión es de casi 250 millones de ha, constituyen uno de los ecosistemas predominantes en América del Sur. Las sabanas son, por definición, comunidades vegetales con una capa herbácea dominante y una capa arbórea discontinua, la cual puede constituir del 10% a 50% de toda la cubierta vegetal (Johnson & Tothill, 1985).

Los Oxisoles cubren un área del trópico superior al 60%, y presentan valores de pH y contenidos de nutrientes bajos (Sánchez & Salinas, 1983). Estos suelos son el resultado de largos procesos pedogénicos que han llevado al establecimiento de una fauna muy abundante y activa tolerante al medio ácido (Lavelle et al., 1995). Los Llanos Orientales de Colombia, cubiertos por sabanas ácidas, se dedican a sistemas extensivos de pastoreo en inmensas fincas cuya productividad animal es baja; en algunas áreas interviene el hombre sembrando pastizales introducidos a los que se aplican fertilizantes. En éstos sistema, tanto la productividad animal, como el almacenaje de C en el suelo pueden aumentar (Fisher et al., 1995).

El número de especies de una comunidad de lombrices es, generalmente, menor después de sustituir el ecosistema original por uno más simplificado (pastizales), ya que los recursos explotados por la comunidad se vuelven uniformes y, por tanto, la biodiversidad disminuye (Lavelle, 1986). En los suelos ácidos tropicales, los pastizales derivados de selvas o de sabanas pueden presentar biomasa altas de macroinvertebrados del suelo (Decaëns et al., 1994; Lavelle & Pashanasi, 1989). Las especies exóticas tienden a colonizar estos nuevos hábitats y a eliminar las especies endémicas que no consiguen adaptarse

a las nuevas condiciones. La gran cantidad de poblaciones exóticas puede ser un factor de la degradación del suelo. Por ejemplo, las poblaciones de *Pontoscolex corethrurus* (Glossoscolecidae), una especie de distribución pantropical, pueden compactar el suelo y a veces ocasionar problemas (Barros et al., 1996; Pashanasi et al., 1992; Rose & Wood, 1980).

Sin embargo, hay todavía un gran vacío de información sobre la composición de especies y la estructura de las comunidades de lombrices en los ecosistemas de sabana. El único estudio, quizás hasta la fecha, realizado en gran profundidad sobre las comunidades de lombrices en sabanas es el de Lavelle (1978) en Costa de Marfil (Africa).

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de los pastizales introducidos en la estructura y en la abundancia de las comunidades de lombrices de tierra de la sabana. La investigación se realizó en la estación experimental de Carimagua, en los Llanos Orientales de Colombia, donde investigan CORPOICA y el CIAT. Un muestreo preliminar de las comunidades de macrofauna del suelo mostró una respuesta espectacular de las poblaciones de macroinvertebrados a los cambios inducidos por el manejo de la tierra (Decaëns et al., 1994).

Materiales y métodos

Descripción del área de estudio

El área de estudio se sitúa en el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CNIA) de Carimagua, en los Llanos Orientales de Colombia (4°37' N, 71°19' O y 175 msnm) (Foto 7.1). La media anual de precipitación y de temperatura es 2280 mm y 26°C, respectivamente, y la época seca va de diciembre a marzo (Figura 7.1). La vegetación está dominada por sabanas isohipertérmicas bien drenadas situadas sobre Oxisoles infértiles, en los 'altos', y sobre Ultisoles, en los 'bajos'. Los primeros se caracterizan por su acidez alta (pH en agua = 4.5), una saturación alta de Al (> 90%) y por contenidos bajos de Ca, Mg y K intercambiables (Lascano & Estrada 1989). Los factores químicos que contribuyen a la infertilidad del suelo ácido y los efectos que causan en el crecimiento de las plantas son bastante complejos; entre ellos están la toxicidad debida al Al, el bajo contenido de P, y las tasas bajas de mineralización del N (Rao et al., 1993). El suelo de la zona estudiada se puede definir como de un Haplustox típico (USDA), fino,



Foto 7.1. Aspecto general de los Llanos Orientales de Colombia, cerca de Carimagua (Meta). (Foto J.J. Jiménez)

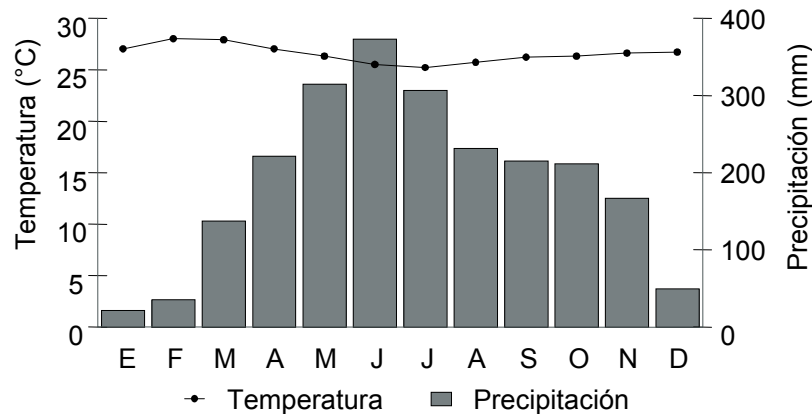


Figura 7.1. Temperatura y precipitación medias mensuales en Carimagua durante 22 años (1973-1995). FUENTE: Base de datos de CIAT.

caolínico e isohipertérmico (franco-arcilloso). Las especies vegetales predominantes son *Andropogon bicornis*, *Gymnopogon* sp., *Panicum* sp., *Trachypogon* sp. y *Axonopus* sp.

Se evaluaron dos sistemas de manejo que presentaban fuertes contrastes: una sabana natural y un pastizal de 17 años en que se asociaron una gramínea africana exótica, *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk, y una leguminosa herbácea forrajera, la especie *Pueraria phaseoloides* CIAT 9900 (el "kudzú"), adaptadas ambas a las condiciones de los suelos ácidos. El pastizal se estableció en un área ocupada antes por la sabana, y se fertilizó con 44 kg/ha P, 40 kg/ha K, 14 kg/ha Mg y 22 kg/ha S en el momento de la siembra y con 10 kg/ha P, 9 kg/ha K, 92.5 kg/ha Ca, 9 kg/ha Mg y 11.5 kg/ha S cada dos años durante nueve años (Lascano &

Estrada, 1989). La carga animal en el pastizal fue de 1 animal/ha en la época seca y 2 animales/ha en la época lluviosa. Las principales características físicas y químicas de los suelos donde se hicieron los muestreos aparecen en el Cuadro 7.1.

Cuadro 7.1. Principales propiedades físicas y químicas de los sistemas estudiados (Análisis CIAT). Los datos son medias \pm desviación típica.

Propiedades del suelo	Sabana nativa	Pastizal mejorado
Carbono (%) ^a	3.44 \pm 1.67	3.41 \pm 1.46
P ($\mu\text{g g suelo}^{-1}$; Bray II)	1.26 \pm 0.38	2.91 \pm 2.22
P ($\mu\text{g g suelo}^{-1}$) ^b	3.85 \pm 0.85	4.82 \pm 2.04
PH	3.97 \pm 1.55	4.97 \pm 0.07
Al (mEq 100 g suelo ⁻¹)	2.42 \pm 0.12	1.90 \pm 0.19
Ca (mEq 100 g suelo ⁻¹)	0.36 \pm 0.26	0.89 \pm 0.20
Mg (mEq 100 g suelo ⁻¹)	1.22 \pm 2.43	0.33 \pm 0.27
K (mEq 100 g suelo ⁻¹)	0.32 \pm 0.68	0.71 \pm 1.37
H (mEq 100 g suelo ⁻¹)	2.01 \pm 2.17	1.44 \pm 2.44
N total ($\mu\text{g g suelo}^{-1}$)	1538.87 \pm 250.77	1670.37 \pm 116.03
P total ($\mu\text{g g suelo}^{-1}$)	184.75 \pm 8.74	226.75 \pm 12.83
Textura	Arcillosa	Arcillosa

^a Walkey-Black modificado (con calor).

^b Bray II modificado.

Muestreo de lombrices

Los muestreos se realizaron cada mes en ambos sistemas desde marzo de 1994 hasta septiembre de 1995, excepto en junio de 1994. En cada sistema se delimitó un área o lote de 90 x 90 m que fue dividido en parcelas cuadradas regulares de 10 x 10 m hasta obtener un número de 81 unidades de muestreo. La extracción de las lombrices se hizo por combinación de una recolección manual directa de muestras de suelo de 1 m² x 0.5 m de profundidad y del lavado y tamizado de monolitos de 20 x 20 x 20 cm de profundidad (Lavelle, 1978). En cada lote (y sistema) se tomaron al mes cinco muestras al azar de 1 m² y 10 muestras de lavado y tamizado (excepto en marzo de 1994, donde éstas fueron 3 y 6, respectivamente).

La profundidad de muestreo varió estacionalmente a causa de las migraciones verticales de algunas especies, como *Martiodrilus* n. sp. (Glossoscolecidae), la cual se encuentra normalmente a 80 cm de profundidad durante la época seca (Jiménez et al., 1998). Con el fin de facilitar la separación de los diferentes estratos analizados y evitar la migración lateral de algunas lombrices fuera del monolito, se cavó una zanja alrededor de éste. La muestra fue subdividida en capas de 10 cm de grosor y todas las lombrices fueron recogidas manualmente, lavadas en agua y fijadas en formol al 4% (10% de la dilución comercial). Las lombrices fueron separadas según su especie y también en adultos, jóvenes e inmaduros, y fueron luego contadas y pesadas en cada grupo (el peso fresco en formol es, en promedio, un 15% menor que su peso vivo).

Resultados

Riqueza taxonómica y diversidad

Las lombrices son el componente predominante de la macrofauna del suelo en las sabanas nativas o manejadas de Carimagua (Decaëns et al., 1994). En todos los tipos de vegetación de Carimagua (selva de galería, sabana nativa, pastizales, cultivos anuales y arbóreos) se encontraron 21 especies de lombrices de tierra (Decaëns et al., 2001). Las ocho especies halladas en la sabana eran nativas y nuevas para la ciencia (Jiménez et al., 1998b; Jiménez, 1999).

Tanto a nivel taxonómico como a nivel funcional la diversidad de lombrices está dentro

del rango encontrado en otros lugares tropicales (Fragoso, 1993). Las especies pertenecen a grupos funcionales distintos (Bouché, 1972; Lavelle, 1981). La familia Glossoscolecidae, endémica en el neotrópico, fue la más abundante con seis especies: *Andiodrilus* n. sp., *Andiorrhinus* n. sp. 1, *Andiorrhinus* n. sp. 2, *Martiodrilus* n. sp., *Glossodrilus* n. sp. y *Aymara* n. sp. Se recolectaron dos especies más pertenecientes a las familias Acanthodrilidae y Ocnerodrilidae. La comunidad de lombrices de Carimagua está compuesta por especies cuyo tamaño y función ecológica son diversos; dos especies son epigeas, cuatro endogeas y una anécica.

Las especies nativas de los Llanos Orientales fueron dominantes y únicamente dos especies, *P. corethrurus* (Glossoscolecidae) y *Pheretima* sp. (Megascolecidae), se consideraron exóticas por que no se hallaron en los ecosistemas naturales. *Andiorrhinus* n. sp. 2 fue la única especie de la sabana nativa que no se encontró en el pastizal, aunque es muy rara en la sabana pues sólo se registró un individuo durante todo el periodo de muestreo. No aparecieron especies exóticas en el pastizal y las especies nativas de los Llanos Orientales fueron dominantes en la sabana nativa.

La diversidad de las lombrices de la sabana se cuantificó con los índices λ de Simpson y H de Shannon a partir de los valores de biomasa, como sugieren algunos autores (Hurlbert, 1971; Barbault, 1992). En la sabana el valor obtenido para el índice de Simpson fue 0.40 mientras que para el de Shannon fue 1.13 y la equitatividad (Pielou, 1975) fue 0.54. El índice de Shannon transformado que se obtuvo en la sabana fue 2.89 y el en el pastizal fue 1.29; los valores respectivos de equitatividad, $H'/\ln S$ (Pielou, 1975), fueron 0.51 y 0.27. Estos valores muestran la desigual contribución que cada una de las especies aporta al total de la biomasa de lombrices.

La comunidad de lombrices de las sabanas de Carimagua se caracteriza por la presencia de especies de tamaño variable (Cuadro 7.2). Las relaciones de longitud/diámetro (L/D) y peso/diámetro (P/D) se han correlacionado con la distribución vertical media anual. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas ($P > 0.05$) por la presencia de la especie Ocnerodrilidae n. sp. Si esta especie no hubiera estado presente en la comunidad de lombrices, las correlaciones hubieran sido significativas, ya que ella está asociada con lugares donde el contenido de materia orgánica es alto, –por ejemplo, donde se produce la descomposición de la hojarasca y de las raíces

Cuadro 7.2. Tamaño de las especies (media \pm desviación típica) de la sabana (SN) y el pastizal introducido (PI) estudiados en Carimagua.

Especie	Longitud (L) (mm)		Diámetro (D) precifitlar (mm)		Peso (P) (g)		L/D		P/D		Nº observaciones	
	SN	PI	SN	PI	SN	PI	SN	PI	SN	PI	SN	PI
And	75,1 \pm 36,0	70,6 \pm 37,8	3,2 \pm 1,2	3,3 \pm 1,2	0,64 \pm 0,6	0,66 \pm 0,7	23,0 \pm 3,5	20,2 \pm 4,3	0,17 \pm 0,1	0,17 \pm 0,1	32	52
Anr	-	108,0 \pm 35,1	-	4,7 \pm 1,6	-	2,06 \pm 1,7	-	22,9 \pm 0,7	-	0,39 \pm 0,2	-	24
Aym	38,2 \pm 12,5	44,1 \pm 13,4	1,3 \pm 0,2	1,3 \pm 0,2	0,03 \pm 0,02	0,04 \pm 0,02	29,0 \pm 5,1	33,9 \pm 5,3	0,02 \pm 0,01	0,03 \pm 0,01	64	23
Glo	66,0 \pm 7,6	70,9 \pm 11,4	1,2 \pm 0,1	1,4 \pm 0,2	0,08 \pm 0,02	0,08 \pm 0,02	52,9 \pm 4,8	52,0 \pm 6,2	0,06 \pm 0,01	0,06 \pm 0,01	68	99
Mar	-	158,3 \pm 38,8	-	7,6 \pm 1,7	-	7,3 \pm 4,2	-	20,7 \pm 0,6	-	0,90 \pm 0,4	-	99
Ocn	19,1 \pm 5,4	19,4 \pm 4,9	0,6 \pm 0,2	0,6 \pm 0,1	5 10 ⁻³ \pm 0,003	5 10 ⁻³ \pm 0,002	31,6 \pm 1,0	32,4 \pm 0,9	8 10 ⁻³ \pm 0,002	7 10 ⁻³ \pm 0,002	135	198

¹ And: *Andiodrilus* n. sp.; Anr: *Andiorrhinus* n. sp. 1; Aym: *Aymara* n. sp.; Glo: *Glossodrilus* n. sp.; Mar: *Martiodrilus* n. sp.; Ocn: *Ocnerodrilidae* n. gen.

(T. Decaëns, datos no publicados) – con los nidos de especies de coleópteros y con las galerías de *Martiodrilus* n. sp. (Jiménez et al., 1998a). Estas galerías penetran profundamente en el suelo, de modo que *Ocnerodrilidae* n. sp., a pesar de su tamaño, puede encontrarse a gran profundidad, a veces en las heces depositadas por *Martiodrilus* n. sp. Esta especie disgrega estas masas compactas de heces en estructuras granulares más finas.

Densidad, biomasa y estructura de la comunidad

La aparición de una época seca muy severa de cuatro meses de duración juega un papel fundamental en las variaciones de la densidad y la biomasa en la sabana (ANOVA, $p < 0.001$). Tanto la densidad como la biomasa mostraron fluctuaciones temporales importantes. La densidad y la biomasa de lombrices son máximas al inicio de la época lluviosa, de mayo a agosto, y mínimas en la época seca, de diciembre a marzo (Figuras 7.2 y 7.3). Las poblaciones fueron más abundantes al comienzo de la época de lluvias disminuyendo a medida que esta transcurría. La densidad media anual de lombrices obtenida en la sabana fue de 114.5 ind. m⁻²; el valor mínimo obtenido fue de 20.4 ind. m⁻² (en la época seca) y el máximo 292.4 ind. m⁻² (en la mitad de la época lluviosa). La biomasa media anual fue de 4.8 g. m⁻² y los valores extremos fueron 1.2 g. m⁻², obtenidos a inicio de la época seca en enero y 15.7 g. m⁻² en la época de lluvias en julio (Jiménez, J. J., datos corregidos, sin publicar). Dos especies endogeas, una polihúmica (sensu Lavelle, 1981), *Glossodrilus* n. sp. y una mesohúmica, *Andiodrilus* n. sp., dominan la comunidad en cuanto a la biomasa total (63.2 y 16.8%, respectivamente). Casi un 10% de la biomasa total se atribuye a *Martiodrilus* n.sp., especie interesante desde el punto de vista ecológico (Jiménez et al., 1998a), ya que su gran tamaño le permite ingerir cantidades considerables de suelo que deposita luego en heces superficiales grandes. Estas heces, llamadas turrículos, influyen en diversos procesos físicos, químicos y biológicos del suelo (Decaëns et al., 1999a,b,c).

En términos generales, las especies endogeas fueron las más abundantes en la sabana nativa, tanto en términos de densidad como de biomasa. El 88.3% de la densidad total de lombrices corresponde a las especies endogeas: *Andiodrilus* n. sp., *Andiorrhinus* n. sp.1 (Foto 7.2), *Glossodrilus* n. sp. y *Ocnerodrilidae* n. gen. (Figura 7.4). El 11.5% proviene de la especie epigea *Aymara* n. sp. y sólo el 0.3% corresponde a la especie anécica *Martiodrilus* n. sp.

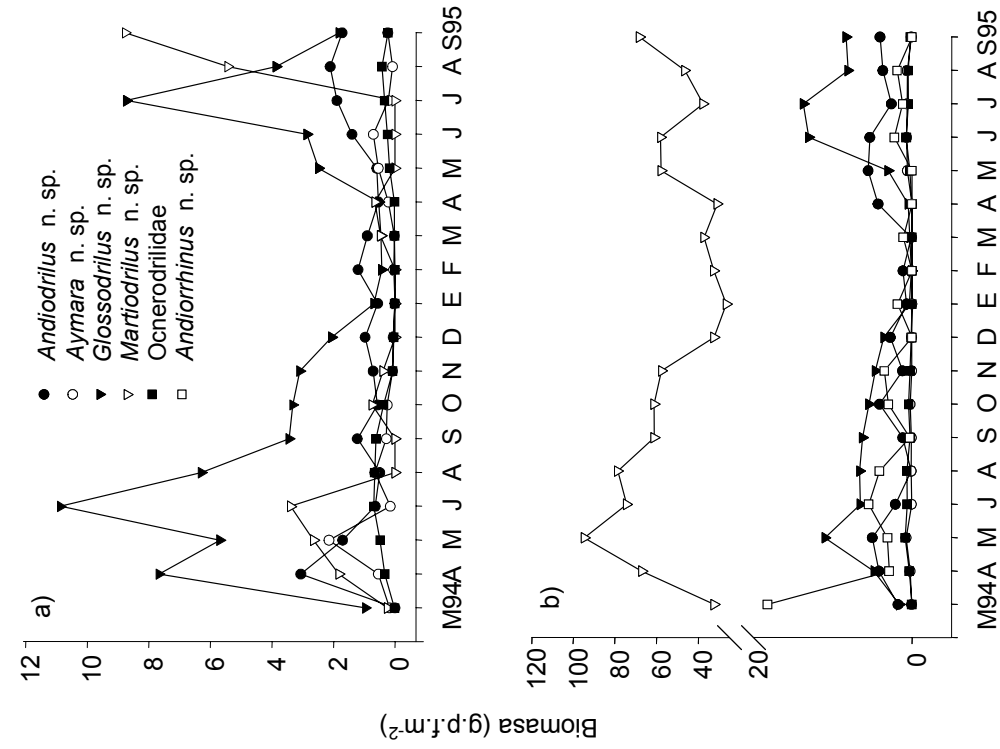


Figura 7.3. Biomasa total de la comunidad de lombrices en los dos sistemas de uso estudiados en Carimagua, a) sabana nativa y b) pastizal introducido.

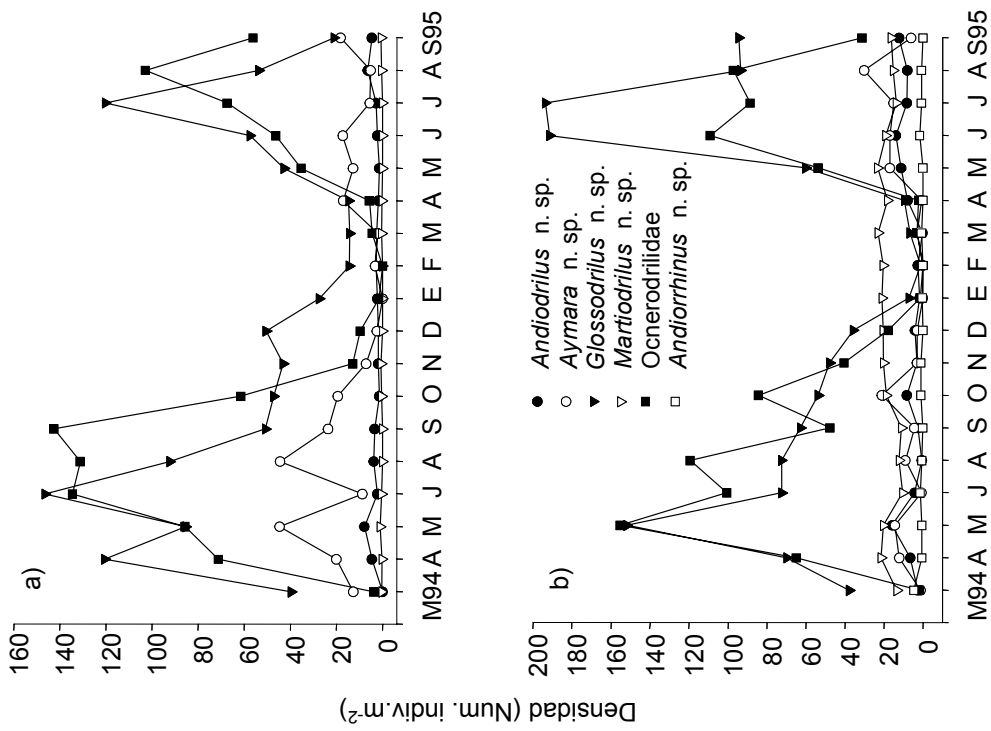


Figura 7.2. Densidad poblacional de la comunidad de lombrices en dos sistemas de uso estudiados en Carimagua, a) sabana nativa y b) pastizal introducido.



Foto 7.2. Ejemplar adulto de *Andiorrhinus* n. sp. 1, lombriz de gran tamaño y biomasa en los pastizales mejorados de Carimagua. (Foto J.J. Jiménez)

Biología de las especies

Estrategias adaptativas de las especies

Las sabanas tropicales se caracterizan por una fuerte estacionalidad ambiental. En Carimagua, la presencia de un periodo muy seco de 4 meses determina el ritmo de actividad de las poblaciones de lombrices, ya que la humedad del suelo sufre una fluctuación estacional importante (entre el 14,4% y 23,4% en la sabana en los primeros 10 cm), aunque sin llegar al pF 4.2 o punto de marchitamiento (11,6%). Todas las lombrices de sabana permanecen inactivas durante la época seca, desde diciembre hasta marzo, aunque se encuentran ciclos de actividad diferentes según las especies. Casi todas las especies de lombrices de tierra presentan la capacidad de suspender su actividad en respuesta a los cambios estacionales de temperatura y de humedad del suelo (Jiménez et al., 1999).

La actividad de las lombrices se lleva a cabo, generalmente, en los primeros centímetros

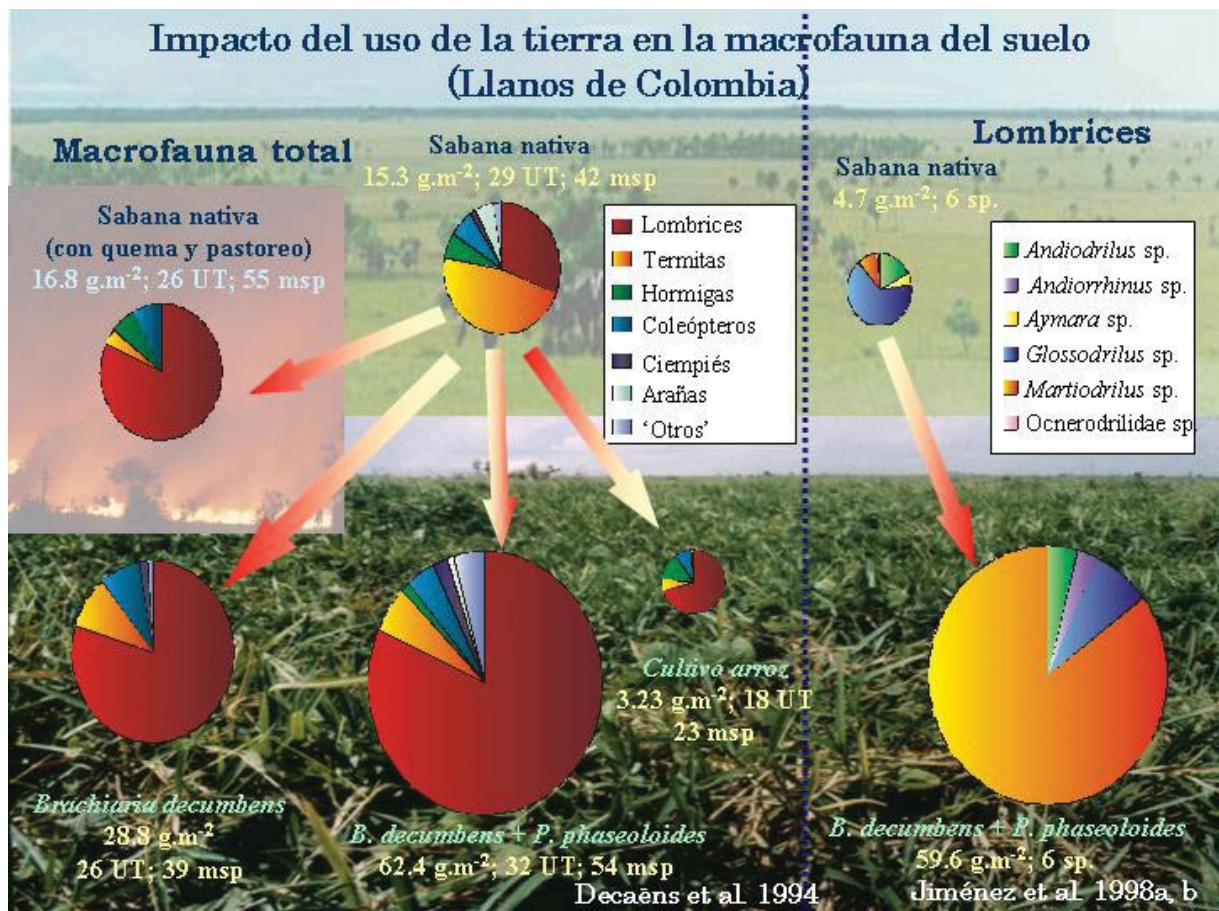


Figura 7.4. Estructura de la comunidad de lombrices y de la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de uso derivados de la sabana. (Fotos J.J. Jiménez)

del suelo, donde los niveles de materia orgánica son más altos. Las especies han desarrollado diferentes adaptaciones a la fuerte estacionalidad ambiental.

Andiodrilus n. sp. y *Andiorrhinus n. sp.1* no presentan una estrategia clara frente a la adversidad estacional; simplemente descienden hasta una profundidad de 30 a 60 cm, donde permanecen quietas, sin enrollarse en estructuras o cámaras de estivación. Este comportamiento origina una fuerte deshidratación del tegumento (Jiménez et al., 1998b). No vacían el contenido intestinal ni reabsorben los caracteres sexuales. Esta situación origina una fuerte mortalidad en la población y los adultos supervivientes, que pierden hasta un 60% de su peso (Figura 7.5) e inician el periodo reproductor de su ciclo vital en la siguiente temporada de lluvias.

Glossodrilus n. sp. combina dos estrategias: la paradiapausa (= diapausa facultativa; Saussey, 1966) y la producción de capullos al final de la época lluviosa. Los individuos descienden hasta una profundidad máxima de 50 cm, construyen una cámara de estivación y forman una cápsula de moco secretada por el tegumento. Esta estructura podría confundirse con los capullos, ya que ambos son idénticos en apariencia, aunque el tamaño y peso de la cápsula son mayores.

Aymara n. sp. y *Ocnerodrilidae n. gen.* presentan también paradiapausa, pero no forman una estructura mucosa. Los individuos inactivos de *Aymara n. sp.* fueron encontrados a una profundidad máxima de 40 cm y los de *Ocnerodrilidae n. gen.* a 80 cm (Jiménez et al., 2000). *Ocnerodrilidae n. gen.* se encuentra asociada, durante la época lluviosa, con lugares ricos en materia orgánica, por ejemplo, nidos de coleópteros de la subfamilia Scarabeinae y las heces de *Martiodrilus n. sp.* (Jiménez et al., 1998b). Esta especie forma, a consecuencia de su actividad, agregados mucho más pequeños que las otras y puede influir de manera positiva en la estructura física del suelo.

Martiodrilus n. sp. ha mostrado un comportamiento muy sorprendente, hasta ahora inexplicado y único para las lombrices de tierra; los individuos juveniles se inactivan en la mitad de la época lluviosa, mientras que los adultos permanecen activos hasta el final de ésta, exactamente después de pasar el periodo reproductor y de depositar los capullos (Jiménez et al., 1998a). Antes de iniciar el periodo de diapausa, los individuos vacían el contenido intestinal, sellan el final de la galería con sus propias heces (4-5 paredes delgadas a modo de tabiques), forman una cámara de estivación

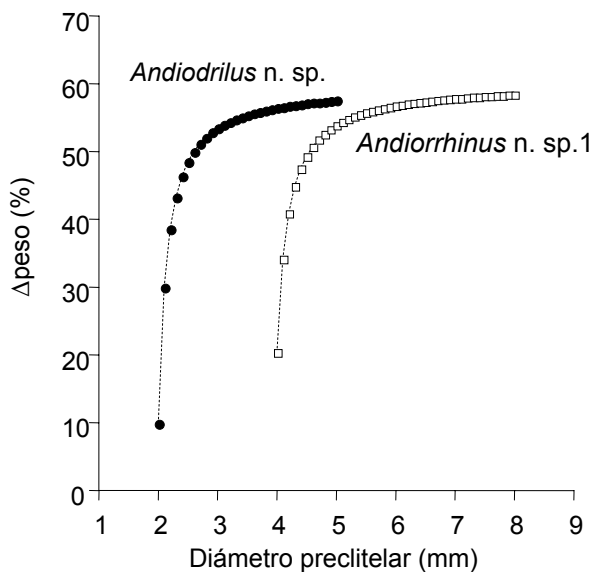


Figura 7.5. Relación entre el porcentaje de variación de la pérdida de peso fresco in vivo de los individuos inactivos y activos y su diámetro preclitar, en dos especies de lombrices de tierra: *Andiodrilus n. sp.* y *Andiorrhinus n. sp.1*.

esférica y se enrollan (Foto 7.3). Este proceso es desencadenado por un factor ambiental, pero su interrupción está condicionado por un factor fisiológico, ya que, a diferencia de la paradiapausa, no existe respuesta cuando, de manera artificial, se introducen los individuos en tierra humedecida hasta la capacidad de campo (pF 2.8). El individuo pierde peso, pero no sufre deshidratación; hay regresión de los caracteres sexuales pero no experimenta crecimiento durante este periodo (Jiménez et al.,



Foto 7.3. Comportamiento de diapausa de la especie *Martiodrilus n. sp.* en Carimagua. La especie se enrolla en una cámara de diapausa, que se encuentra al final de la galería, sellada con varias paredes a modo de tabiques y elaboradas con sus propias heces. (Foto J.J. Jiménez)

2000). La combinación de estos patrones de comportamiento permite reducir el alto riesgo de mortalidad durante la época seca. En la Figura 7.6 se observa la distribución vertical de la inactividad en *Martiodrilus* n. sp. Los individuos más pesados, que se ubicaron en los estratos más profundos del suelo, pierden casi el 80% de su peso durante este periodo (ANOVA, Kruskal-Wallis, $p < 0.01$).

Distribución vertical

La valoración del patrón de distribución vertical de las poblaciones de lombrices permite definir las capas de suelo explotadas por las diferentes especies que integran la comunidad (Figura 7.7). El sistema de uso de la tierra no causó ningún efecto en la distribución vertical de las especies, excepto en *Martiodrilus* n. sp. (ANOVA, $P < 0.001$). La humedad media del suelo, obtenida cada mes, fue significativamente diferente entre los dos sistemas de uso ($P = 0.028$, prueba de T); sin embargo, las diferencias en el contenido de humedad entre los estratos de suelo de ambos sistemas no fueron significativas (ANOVA, $P > 0.05$).

Tres especies se encontraron a una profundidad media de 0 a 10 cm: *Andiodrilus* n. sp., *Aymara* n. sp. y *Glossodrilus* n. sp. Otras dos especies se encontraron en las capas profundas del suelo de la sabana y del pastizal (los valores son respectivos): *Martiodrilus* n. sp., a 39.3 y 32.5 cm bajo el suelo, y la pequeña lombriz de la familia Ocnerodrilidae, a 25.4 y 22.7 cm de profundidad media.

Andiorrhinus n. sp.1 no se encontró en las muestras tomadas en la sabana, por lo que la distribución vertical de esta especie está representada por los valores obtenidos en el pastizal. Los pocos individuos observados indicaron que casi el 80% del total de la población se encontraba en la primera capa, y que la profundidad máxima que alcanzaban era 60 cm.

En cuanto a la distribución vertical media anual de *Martiodrilus* n. sp., en la sabana se encontraron solamente 9 individuos durante un año; por tanto, la comparación de esta distribución vertical de la especie con la del pastizal es tentativa. En el pastizal, las capas de 0 a 10 cm y de 40 a 50 cm presentaron los valores más altos de población, o sea, 21.3% y 19.2%, respectivamente. Estos

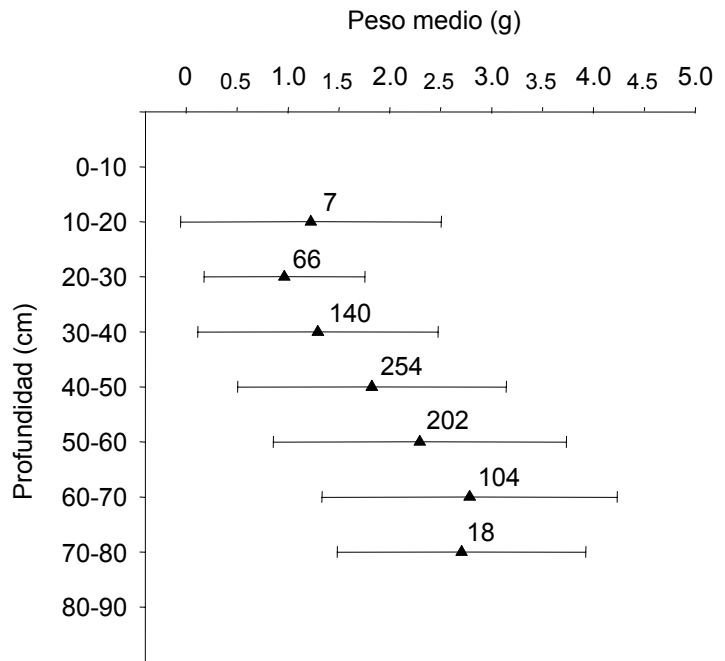


Figura 7.6. Relación entre la distribución vertical en diferentes capas del suelo (cm de espesor) y el peso medio (\pm desviación estándar) de los individuos de *Martiodrilus* n. sp. durante la estivación (ANOVA de Kruskal-Wallis, $P < 0.01$). El número de individuos encontrados está indicado arriba de las barras.

resultados reflejan la variación estacional de la distribución vertical de esta especie. Porcentajes de población aproximadamente iguales se observaron en cada una de las capas restantes, hasta llegar a los 60 cm de profundidad (los valores oscilaron entre el 11.2% y el 13.4%). En las capas de 60 a 70 cm y de 70 a 80 cm se encontraron el 8.2% y el 1.7% de la densidad total, respectivamente. La distribución vertical de la diapausa o la fase inactiva de la población se muestra en la Figura 7.8.

Respecto a la especie Ocnerodrilidae n. gen., cerca del 95% de la población de la sabana estaba distribuida homogéneamente hasta los 50 cm de profundidad. Menos del 5% del total se encontró a menos de esa profundidad, hasta llegar a un máximo de 80 cm.

Todas las especies analizadas se ajustaron a un patrón de distribución vertical uniforme durante la época lluviosa. En la época seca, las poblaciones siguieron los cambios que experimentaba la humedad del suelo y se localizaron a mayor profundidad. En ambos sistemas se encontraron diferencias significativas (ANOVA de una vía) en el contenido de humedad de la capa de 0 a 10 cm entre la época húmeda y la seca (Figura 7.9).

Se encontraron, sin embargo, diferencias en la distribución vertical de los adultos y de los

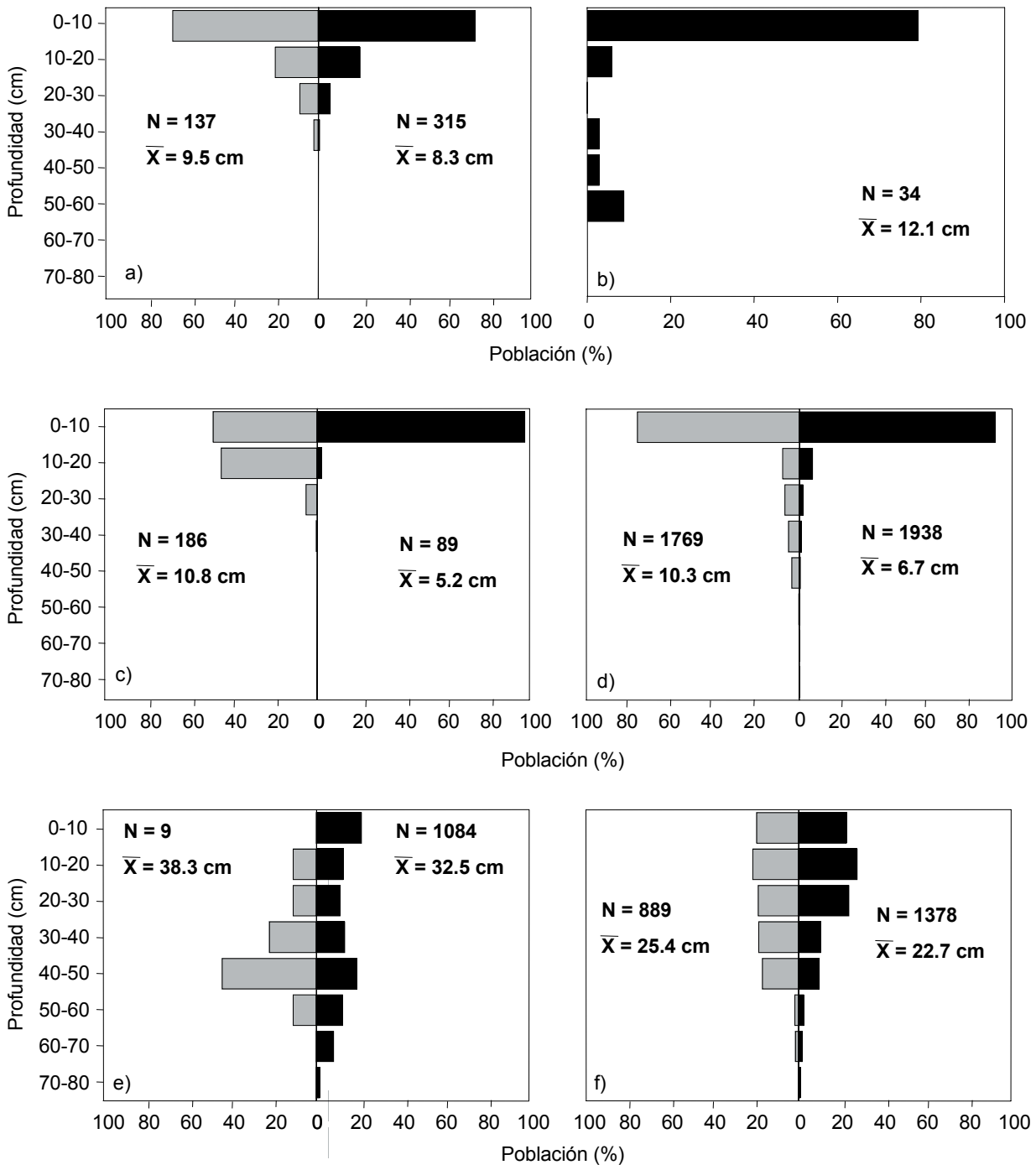


Figura 7.7. Valores medios anuales de la distribución vertical de algunas especies de lombrices de tierra en la sabana nativa (color gris) y en el pastizal (color negro). (a) *Andiodrilus* n. sp., (b) *Andiorrhinus* n. sp.1, (c) *Aymara* n. sp., (d) *Glossodrilus* n. sp., (e) *Martiodrilus* n. sp., (f) Ocnodrilidae n. sp.

estados juveniles de dos especies (*Martiodrilus* n. sp. y *Glossodrilus* n. sp.), hacia la mitad de la época de lluvias. Los individuos inmaduros de *Martiodrilus* n. sp. descendieron hacia las capas profundas del suelo para iniciar la diapausa 4 meses antes que los adultos (Jiménez et al., 1998a). El patrón de distribución vertical de ambas especies se ilustra en la Figura 7.10.

Durante el primer año de muestreo, al inicio de la época lluviosa, la mayor parte de la población de estas especies se localizó en los primeros 20 cm del perfil. Hacia la mitad de dicha época, además de los cambios ocurridos en el estado demográfico de las poblaciones, en las capas más profundas se registró un número importante de individuos inactivos, especialmente inmaduros,

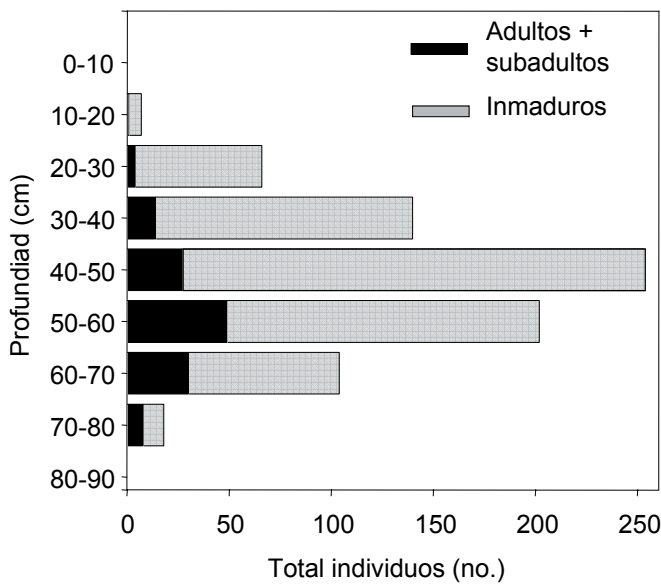


Figura 7.8. Distribución vertical de la diapausa de acuerdo a la edad en la especie *Martiodrilus* n. sp. en el pastizal introducido.

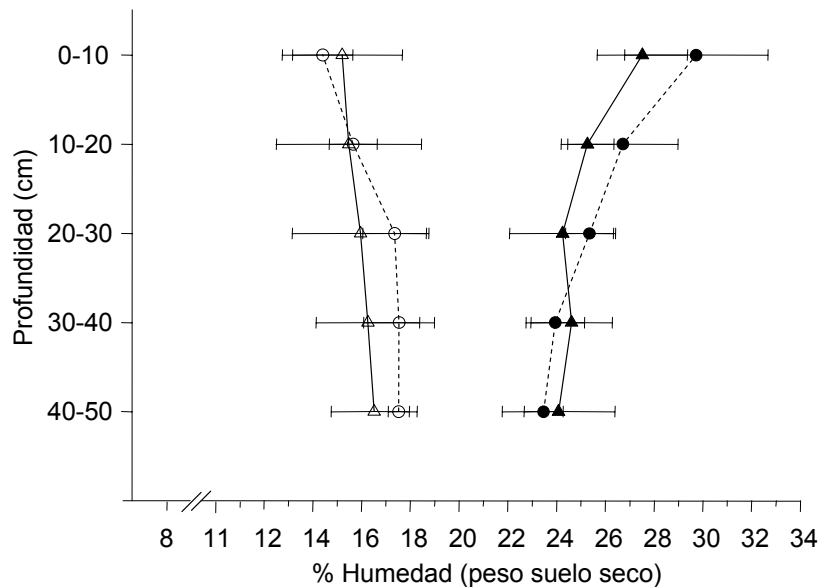


Figura 7.9. Humedad del suelo en las diferentes capas en la época lluviosa (julio de 1994) y en la época seca (febrero de 1995), en los dos sistemas estudiados. Símbolos negros = julio de 1994 y símbolos blancos = febrero de 1995. Círculo = sabana; triángulo = pastizal.

de *Martiodrilus* n. sp.; los adultos de la especie, en cambio, se mantuvieron todavía activos en los primeros 20 cm.

Los individuos inmaduros de *Glossodrilus* n. sp. comenzaron a descender en el suelo de la sabana en agosto de 1994, y su abundancia aumentó con el tiempo en las capas más profundas. En octubre de 1994, la población de *Glossodrilus* n. sp. estaba constituida casi completamente por adultos que preferían ubicarse en la capa de 0 a 10 cm. En cambio, la población de *Martiodrilus* n. sp. estaba dividida, al parecer, en dos grupos: los adultos aún se encontraban en los primeros 20 cm y

más abajo había subadultos, individuos inmaduros y capullos (además de algunos adultos). En enero de 1995, no había ningún estímulo que hiciera retornar a su actividad a la comunidad de lombrices (Jiménez et al., 2000); por ello, la población de *Glossodrilus* n. sp. estaba compuesta sólo de capullos e individuos inmaduros, que estaban en el interior de una esfera transparente de moco similar a un capullo (Jiménez et al., 2000) en el estrato de 20 a 40 cm. Algunos adultos y muchos inmaduros de *Martiodrilus* n. sp. se encontraban entonces a una profundidad que variaba desde 20 hasta 80 cm.

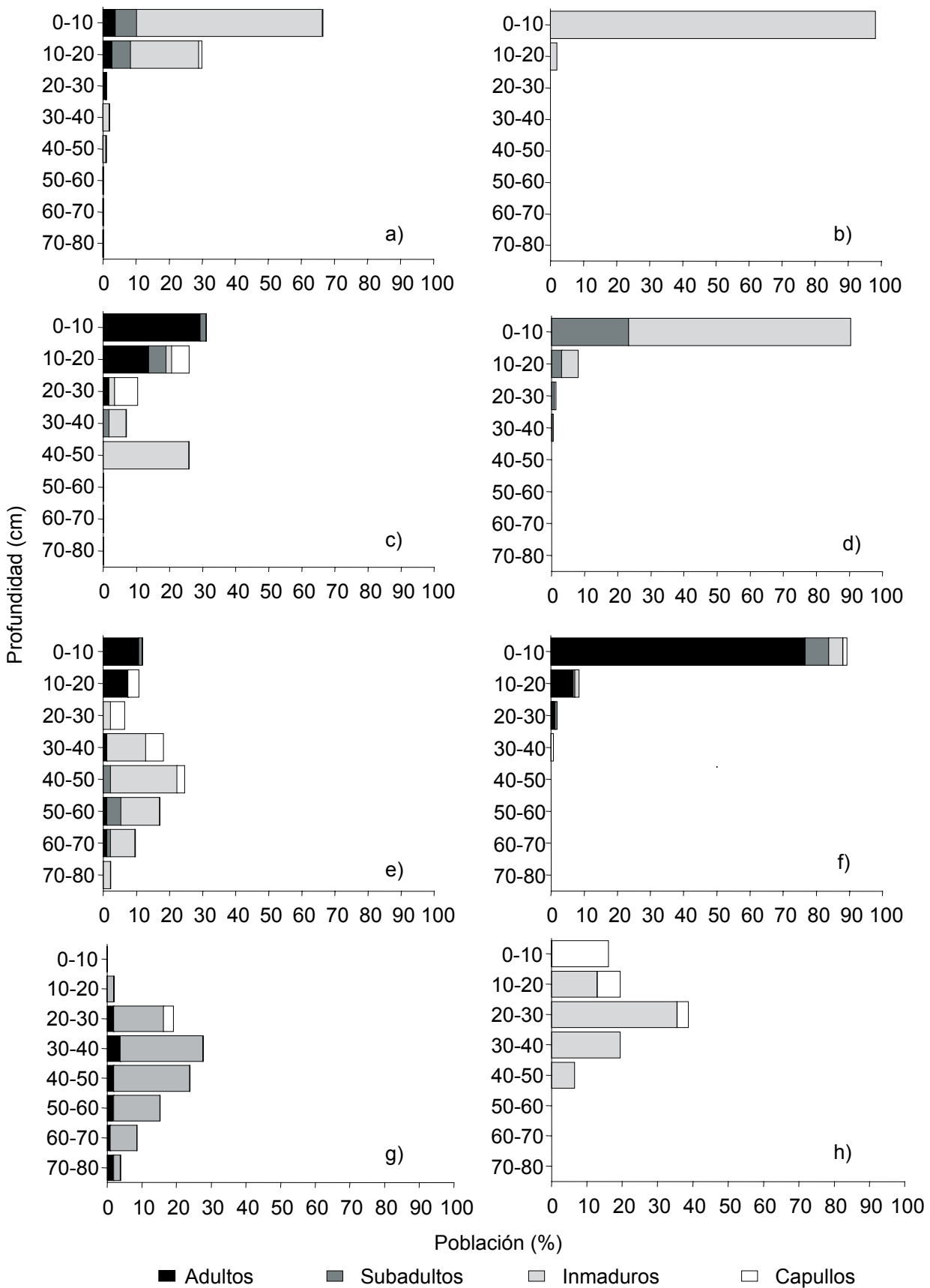


Figura 7.10. Variación estacional de la distribución vertical de dos especies de lombrices de tierra en un pastizal de Carimagua durante cuatro fechas de muestreo: *Martiodrilus* n. sp. (sección izquierda: a,c,e,g) y *Glossodrilus* n. sp. (sección derecha: b,d,f,h); (a y b) abril 1994, (c y d) agosto 1994, (e y f) octubre 1994, (g y h) enero 1995.

Reproducción

Los capullos producidos por *Glossodrilus* sp. son blanquecinos y esféricos (Cuadro 7.3) con un extremo puntiagudo y extendido. Su tamaño medio fue de 3.0 x 2.2 mm y su peso fresco *in vivo* de 6.2 mg. Ninguno de los 79 capullos recolectados en el campo pudo eclosionar bajo condiciones controladas de laboratorio, por lo que el periodo de incubación y el número y el peso de los individuos recién salidos de ellos no han podido determinarse para esta especie.

Los capullos de *Andiodrilus* sp. fueron también esféricos, blanquecinos y algo translúcidos; su diámetro medio fue de 5 mm y su peso fresco 78.9 mg. Un solo cigoto se observó a través del capullo, el cual tuvo un periodo de incubación medio de 13 días y un peso fresco de 55.7 mg al momento de la eclosión. Aproximadamente el 50% del número total de capullos recolectados no eclosionó en el laboratorio. El 71% del peso total de un capullo correspondió al peso de la lombriz.

El capullo de *Martiodrilus* sp. es algo amarillento, oval y de gran tamaño (23.6 x 14 mm) y su peso medio alcanzó los 1808 mg. De cada capullo salieron dos juveniles (sólo un capullo arrojó un solo juvenil) cuyo peso medio fue de 760 mg (Foto 7.4). El periodo medio de incubación en esta especie, contando todos los capullos, fue de 23.5 días; en cada capullo, el 80% del peso fue aportado por los embriones. La tasa de eclosión de capullos en el laboratorio fue de 73.9%.

Se ha observado que, en general, cuanto mayor es el tamaño del adulto mayor es el capullo

que produce, tanto en las lombrices tropicales como en las de latitudes templadas. Los adultos de *Andiodrilus* n. sp. y *Glossodrilus* n. sp. invierten casi el mismo porcentaje del peso en la formación del capullo (6%); los adultos de *Martiodrilus* n. sp., en cambio, invierten un 16,1% casi tres veces más que las dos especies anteriores. Este valor, el más alto obtenido hasta la fecha, muestra la estrategia adaptativa compleja y evolucionada de esta especie (Jiménez et al., 1999).

Distribución horizontal

La distribución espacial de las especies fue agregada; los índices de Morisita (I_d) y de Taylor (I_b) mostraron que todas las especies estaban fuertemente agrupadas en ambos sistemas, la sabana y el pastizal (Cuadro 7.4). Todos los



Foto 7.4. Individuos recién nacidos de *Martiodrilus* n. sp., a partir de un capullo. (Foto J.J. Jiménez)

Cuadro 7.3. Principales características biológicas de los capullos de tres especies de lombrices de tierra de Carimagua^a.

Características	<i>Glossodrilus</i> n. sp.	<i>Andiodrilus</i> n. sp.	<i>Martiodrilus</i> n. sp.
Capullos estudiados	79	88	46
Morfología	Esférico	Esférico	Oval
Tamaño (mm)	3.0x2.2	6	23.6x14
Peso fresco <i>in vivo</i> (mg)	6.2 ± 1.4 (4.6-8.1)	78.9 ± 22.2 (30-130)	1,808 ± 414.5 (890-3,020)
Periodo de incubación (días)	–	12.8 ± 6.3 (1-28)	23.3 ± 12.9 (1-48)
Individuos por capullo	–	1.02 ± 0.15	1.91 ± 0.29
Peso de individuos al eclosionar capullo (mg)	5 ^b	55.7 ± 22.9 (20-120)	760 ± 219.4 (270-1,760)
Peso adulto/peso capullo (%)	80.6	71	79.7
Tasa de eclosión en lab. (%)	0	48.3	73.9

^a Medias ± desviación típica (mínimo y máximo entre paréntesis). – = No fue determinado.

^b Datos de individuos hallados en el campo.

Cuadro 7.4. Índices de agregación obtenidos para varias especies de lombrices de tierra en las parcelas de la sabana y del pastizal.

Especie	Índice de Morisita (I_d)		Índice de Taylor (I_b)		Valor medio de I_b	Error estándar
	Sabana	Pastizal	Sabana	Pastizal		
<i>Andiodrilus</i> n. sp.	2.903*	3.396*	1.889	1.704	1.797	0.131
<i>Andiorrhinus</i> n. sp.	ND ^a	3.759*	ND	1.801	1.801	ND
<i>Aymara</i> n. sp.	3.722*	3.505*	1.634	1.385	1.510	0.176
<i>Glossodrilus</i> sp.	1.833*	2.160*	1.476	1.615	1.546	0.098
<i>Martiodrilus</i> n. sp.	4.857*	1.137*	1.542	1.405	1.474	0.097
Ocnerodrilidae sp.	2.604*	2.234*	1.579	1.603	1.591	0.017

^a ND = No determinado

* Indica un valor significativamente diferente de una distribución al azar (prueba de 'chi' cuadrado, χ^2).

coeficientes de regresión fueron significativos a un nivel de confianza del 1%, excepto en el caso de *Martiodrilus* n. sp. ($P < 0.05$). Respecto al índice I_d , las especies *Andiodrilus* sp., *Martiodrilus* n. sp. y *Aymara* sp. presentaron mayor agregación en la sabana. En el pastizal se registró una alta agregación de *Andiodrilus* sp., *Andiorrhinus* sp. y *Aymara* sp. Todos los valores obtenidos fueron significativos, es decir, diferentes de 1, según la prueba de χ^2 .

Las poblaciones de lombrices estuvieron distribuidas, en ambos sistemas de uso de la tierra, en parches de tamaño variable de una fecha de muestreo a otra. El tamaño medio de los parches en que se agregaron las especies de lombrices varió entre 30 y 40 m, aunque a veces fue mayor (Jiménez et al., 2001).

Un Análisis de Componentes Principales (ACP) mostró una relación multivariada entre el tamaño de las lombrices y su agregación (Figura 7.11a). El porcentaje de la varianza total explicada por los dos primeros ejes fue de 57.6% y 22.1%, respectivamente. Las variables biométricas y la distribución vertical, excepto la relación L/D, definieron el eje 1. El eje 2, por su parte, discriminó la relación L/D y los dos índices de agregación empleados. El eje 1 separó las especies grandes que descienden en el suelo a bastante profundidad (*Martiodrilus* n. sp.) de aquellas más pequeñas que viven cerca de la superficie, mientras que el eje 2 separó las especies que presentan una relación L/D alta (como *Glossodrilus* sp.) de aquellas que tienen una distribución más agregada y una relación L/D menor (*Andiodrilus* sp.) (Figura 7.11b). El sistema de uso de la tierra no tuvo un efecto significativo en las variables, excepto en la distribución vertical anual (prueba de t , $P = 0.0123$). La distribución de las especies sobre los ejes factoriales 1 y 2 (Figura 7.11b) indicó que el sistema de uso de la tierra no

ejerció ningún efecto coherente, de modo que la distribución de las especies de lombrices debe ser explicada por factores biológicos.

Régimen alimenticio de *Martiodrilus* n. sp.: ¿es especie endogea polihúmica o anécica?

Las mollejas analizadas de *Martiodrilus* n. sp. contenían un 38% de materia orgánica (MO) liviana (8.5% de fragmentos macroscópicos, de los cuales la mayoría eran raíces), 7% de MO amorfa y 54% de material mineral (Mariani et al., 2001). Se podría considerar que la especie de lombriz presenta un régimen alimentario anécico si el 77% de los fragmentos vegetales no fueran microscópicos ni estuvieran ya incorporados en los agregados órgano-minerales. La identificación de la mayoría de estos agregados como deyecciones de lombrices indica que otras lombrices habían incorporado este material al suelo. Por lo tanto, la ingestión directa de hojarasca no es realizada por *Martiodrilus* n. sp. (de 0 al 20% g/g, con una mediana de 0) y representa sólo el 2.7% g/g de su dieta. Solamente un individuo analizado había incorporado una cierta cantidad de hojarasca y presentaba, por tanto, un régimen alimentario típico de una lombriz anécica. Los individuos recolectados en ambos sistemas estudiados compartieron las características predominantes de la dieta de *Martiodrilus* n. sp., es decir, la rizofagia y la coprofagia (Mariani et al., 2001).

La proporción alta de suelo y de material vegetal contenidos en las heces de *Martiodrilus* n. sp. sugiere que las lombrices endogea polihúmicas produjeron heces que fueron ingeridas después por individuos de esta especie. Las heces ingeridas podrían ser de tres especies endogea presentes en el área de estudio (*Andiodrilus* sp., *Glossodrilus* sp. y la especie perteneciente a la familia Ocnerodrilidae), así como de juveniles

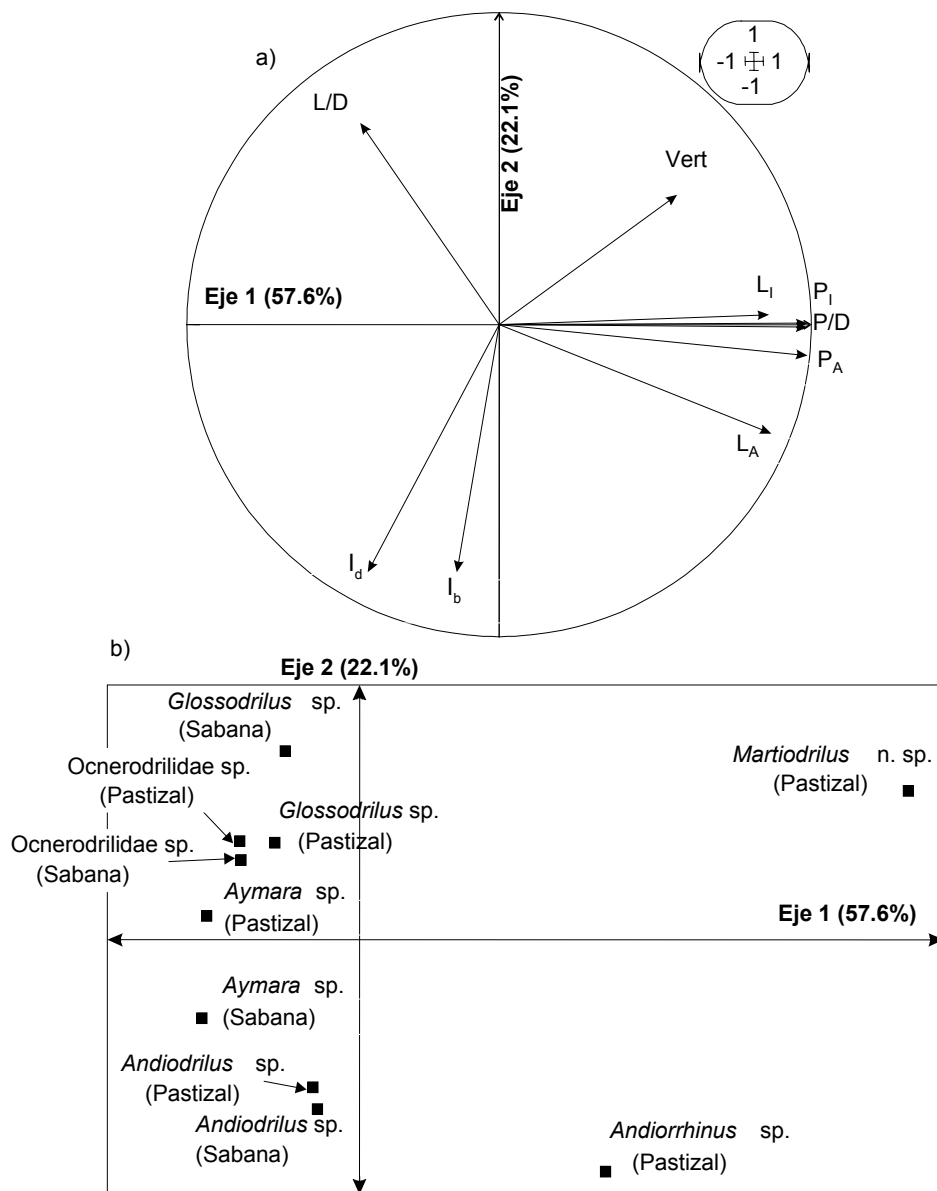


Figura 7.11. a) Mapa factorial del Análisis de Componentes Principales (ACP) ejecutado con algunas variables biométricas y con los dos índices de agregación empleados (I_b, I_d). b) Proyección de las especies de lombrices de los dos sistemas, en los dos primeros ejes extraídos del ACP. L = longitud; P = peso; D = diámetro preclitelar; Vert = distribución vertical.

de *Martiodrilus* n. sp., dado su peso medio y su diámetro preclitelar en estado adulto (Jiménez et al., 1998b). Se ha observado, además, que la *Ocnodrilidae* sp. se alimenta de las heces subterráneas depositadas por *Martiodrilus* n. sp. (Jiménez et al., 1998a). Esta coprofagia colocaría a *Martiodrilus* n. sp. al final de la cadena trófica del suelo, mientras que la ingestión de hojarasca, una función asociada a las lombrices anécicas, la situaría en el inicio de la cadena. En realidad, el consumo de grandes cantidades de deyecciones de lombrices junto con hojarasca muestra la gran complejidad de las cadenas tróficas del suelo, que necesitan más investigación para aclarar el papel

de cada especie o grupo funcional (Ponsard & Arditi, 2000).

El análisis de las heces superficiales da resultados incoherentes frente a los datos obtenidos en este estudio; además, se ha probado claramente que *Martiodrilus* n. sp. incorpora hojarasca a la masa órgano-mineral del suelo (Guggenberger et al., 1996). Ahora bien, esos fragmentos de hojarasca pudieron haber sido incluidos durante la deyección de heces en la superficie del suelo. En realidad, estas deyecciones contienen dos tipos de fragmentos vegetales: los primeros, grandes y rígidos, indican que no fueron ingeridos por la lombriz sino cubiertos por ésta,

probablemente, en el momento de la deposición; los segundos son fragmentos muy finos (de algunos mm), visibles después de que las gotas de lluvia destruyen la envoltura fina (cortex) de la deyección (Mariani et al., datos sin publicar) y que, probablemente, pasaron por el intestino de la lombriz. Otras deyecciones, recogidas en las mismas parcelas y en las mismas fechas que las de este estudio, contenían más fragmentos de semillas que las muestras de suelo (Decaëns et al., datos sin publicar). Como resultado de lo anterior, *Martiodrilus* n. sp. estaría seleccionando su alimento, lo que no se confirmó en este estudio sobre el contenido de sus mollejas. Al analizar las secciones finas cortadas en las heces frescas de *Martiodrilus* n. sp. recolectadas en el pastizal y en la sabana nativa, se halló una gran heterogeneidad en la distribución de los fragmentos vegetales finos dentro de las heces (Decaëns, 2000). Dicha heterogeneidad se podría explicar mediante la variabilidad observada en el régimen alimenticio de las lombrices de *Martiodrilus* n. sp. según la edad de la lombriz y la escala de tiempo en que se formaron las heces, es decir, en un promedio de 3 días con un máximo de 3 semanas (Decaëns, 2000; Decaëns & Jiménez, observación personal). Dada esta hipótesis, *Martiodrilus* n. sp. podría adoptar, periódicamente, un régimen anécico típico.

Si se confirma la hipótesis de la ingestión selectiva de una masa órgano-mineral en la superficie del suelo, se habrá encontrado entonces un comportamiento anécico típico, aunque con un sentido ecológico diferente. Este hecho podría ser consecuencia de la adaptación de esa especie anécica a la ausencia de hojarasca en las sabanas durante su quema periódica.

Conclusiones

Las comunidades de lombrices son sensibles a los factores climáticos y edáficos, los cuales determinan la disponibilidad de los recursos alimenticios y las condiciones microclimáticas. Existe, por tanto, el riesgo de que las alteraciones humanas a los ecosistemas naturales alteren las comunidades de macroinvertebrados. Ahora bien, la capacidad de respuesta de dicha fauna puede emplearse para manejar sus actividades (Lavelle et al., 1994, 1999).

El cambio en el ecosistema natural (sabana nativa) influye en la estructura funcional de la comunidad de lombrices, pero no afecta la

riqueza en especies de éstas. En los pastizales de Carimagua se encuentran las mismas especies nativas que en la sabana natural y no se observa invasión de especies exóticas. Sin embargo, la estructura de la comunidad cambia, es decir, la contribución relativa de las diferentes categorías ecológicas y sus efectos en los agroecosistemas son alterados.

Es probable que el principal factor que interviene en el mantenimiento de la fauna nativa sea la similitud estructural y funcional entre el ecosistema original y el agroecosistema (Fragoso et al., 1999). Dos pastizales introducidos conservan la fauna nativa en Carimagua: (a) *Andropogon gayanus* y *Brachiaria decumbens*, solos o asociados con la leguminosa *Pueraria phaseoloides*; (b) *Brachiaria humidicola*, sola o asociada con *Arachis pintoi* u otras leguminosas. Estos resultados son excepcionales porque, según la teoría generalmente aceptada, las perturbaciones que experimentan los ecosistemas naturales traen consigo la disminución o la desaparición de las especies nativas (Lee, 1991). Lo más común es la aparición de especies de distribución pantropical con un rango de tolerancia a las propiedades físico-químicas del medio muy amplio, como *P. corethrurus* y *Polypheretima elongata* Perrier (Barois et al., 1988; Barros et al., 1998; Fragoso et al., 1999; Lavelle & Pashanasi, 1989).

Las sabanas tropicales son ecosistemas sometidos a una fuerte estacionalidad en la cual la época seca puede variar de 3 a 9 meses. Este patrón determina el tipo de sabana y, por tanto, su régimen de humedad y su vegetación (Solbrig et al., 1996). Una estacionalidad tan fuerte influye directamente en la humedad del suelo, factor que determina la actividad, la dinámica y el tamaño de las poblaciones de las lombrices (Lavelle, 1978, 1983), las estrategias adaptativas y los hábitos alimenticios adoptados y la localización en el suelo durante la época de actividad, ya que las poblaciones de lombrices responden a la severidad ambiental con el fin de evitar su extinción.

Las especies se adaptan a tales condiciones de estrés mediante cambios en su actividad y en su estructura demográfica (en los parámetros de desarrollo como crecimiento, fecundidad, mortalidad, etc). Hay tres parámetros de población, todos ellos explicados por las variaciones estacionales del ambiente, que definen la estructura funcional de la comunidad de lombrices de Carimagua: la abundancia, el grado de actividad y la distribución vertical. La estacionalidad aparece, por ejemplo, como el factor determinante de la

actividad de las poblaciones y de las diversas estrategias adaptativas frente a las condiciones adversas (Jiménez et al., 2000). Partiendo de estas observaciones, en Carimagua se distinguen tres grupos de especies según la respuesta que den al estrés ambiental:

- Especies de tamaño pequeño, localizadas superficialmente en el suelo (en la época activa), con distribución vertical profunda durante la fase de quiescencia. Por ejemplo, *Ocnerodrilidae* n. sp., así como *Aymara* n. sp. (epigea) y *Glossodrilus* n. sp. (endogea), aunque la distribución vertical de las dos últimas no es muy profunda.
- Especies de tamaño intermedio, de localización superficial durante la época lluviosa, y sin adaptación especial a la época de sequía; por ejemplo, *Andiodrilus* n. sp. (endogea).
- Especies de tamaño grande, con diapausa verdadera en las capas profundas del suelo; por ejemplo, *Andiorrhinus* n. sp.1 (endo-anécica, aunque sin diapausa) y *Martiodrilus* n. sp. (anécica).

Agradecimientos

Las fuentes de financiación para este trabajo han sido diversas en las diferentes fases del estudio pero principalmente provinieron del proyecto Macrofauna STD-3 (proyecto ERBTS3*CT920128 de la Unión Europea), el programa PE-2 en la Unidad de Suelos y Nutrición de Plantas del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), y el programa global de los centros del GCIAT para el Manejo del Suelo, Agua y Nutrientes (SWNM) perteneciente al consorcio del Manejo de Suelos Acidos (MAS).

Referencias

- BARBAULT, R. **Écologie des peuplements. Structure, dynamique et évolution.** Paris: Masson, 1992. 273 p.
- BAROIS, I.; CADET, P.; ALBRECHT, A.; LAVELLE, P. Systèmes de culture et faune des sols. Quelques données. In: FELLER, C. (Ed.). **Fertilité des sols dans les agricultures paysannes caribéennes.** Effets des restitutions organiques. Paris: ORSTOM-Martinique, 1988, p. 85-96.
- BARROS, M. E.; BLANCHART, E.; NEVES, A.; DESJARDINS, T.; CHAUVEL, A.; LAVELLE, P. Relação entre a macrofauna e agregação do solo em três sistemas na Amazônia Central. In: CONGRESSO LATINO AMERICA DE CIENCIA DO SOLO, 12., 1996. Águas de Lindóia. **Solo/suelo.** Águas de Lindóia, 1996. 1 CD-ROM.
- BARROS, E.; GRIMALDI, M.; DESJARDINS, T.; SARRAZIN, M.; CHAUVEL, A.; LAVELLE, P. Conversion of forests into pastures in Amazonia: effects on soil macrofaunal diversity and soil water dynamics. In: WORLD CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 16., 1998, Montpellier. **Proceedings...** Montpellier: ISSS-AISS-IBG-SICS-AFES, 1998.
- BOUCHÉ, M. B. **Lombriciens de France: écologie et systématique.** Paris: INRA, 1998. 671 p.
- DECAËNS, T. Degradation dynamics of surface earthworm casts in grasslands of the eastern plains of Colombia. **Biology and Fertility of Soils**, v. 32, p. 149-156, 2000.
- DECAËNS, T.; LAVELLE, P.; JIMÉNEZ, J. J.; ESCOBAR, G.; RIPPSTEIN, G. Impact of land management on soil macrofauna in the Oriental Llanos of Colombia. **European Journal of Soil Biology**, v. 30, n. 4, p. 157-168, 1994.
- DECAËNS, T.; JIMÉNEZ, J. J.; LAVELLE, P. Effect of exclusion of the anecic earthworm *Martiodrilus carimaguensis* Jiménez and Moreno on soil properties and plant growth in grasslands of the eastern plains of Colombia. **Pedobiologia**, v. 43, p. 835-841, 1999c.
- DECAËNS, T.; MARIANI, L.; LAVELLE, P. Soil surface macrofaunal communities associated with earthworm casts in grasslands of the Eastern plains of Colombia. **Applied Soil Ecology**, v. 13, p. 87-100, 1999b.
- DECAËNS, T.; RANGEL, A.F.; ASAKAWA, N.; THOMAS, R.J. Carbon and nitrogen dynamics in ageing earthworm casts in grasslands of the Eastern plains of Colombia. **Biology and Fertility and Soils**, v. 30, n. 1-2, p. 20-28, 1999a.
- DECAËNS, T.; JIMÉNEZ, J. J.; RANGEL, A.F.; CEPEDA, A.; MORENO, A. G.; LAVELLE, P. La macrofauna del suelo en la sabana bien drenada de los Llanos Orientales. In: RIPPSTEIN, G.; ESCOBAR, G.; MOTTA, F. (Ed.). **Agroecología y biodiversidad de la sabanas en los Llanos Orientales de Colombia.** Cali: CIAT, 2001, p. 111-137.
- FISHER, M. J.; RAO, I. M.; THOMAS, R. J.; LASCANO, C. E. Grasslands in the well-watered topical lowlands. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A. W. (Ed.). **The ecology and management of grazing systems.** Wallingford: CAB International, 1995, p. 393-425.
- FRAGOSO, C. **Les peuplements de vers de terre dans l'est et sud-est du Mexique.** 1993. 228 f. Tesis (Doctoral) - Universidad de Paris 6, Paris.

- FRAGOSO, C.; LAVELLE, P.; BLANCHART, E.; SENAPATI, B. K.; JIMÉNEZ, J. J.; MARTÍNEZ, M. A.; DECAËNS, T.; TONDOH, J. Earthworm communities of tropical agroecosystems: Origin, structure and influence of management practices. In: LAVELLE, P.; BRUSSAARD, L.; HENDRIX, P. F. (Ed.). **Earthworm management in tropical agroecosystems**. Wallingford: CAB International, 1999, p. 27-55.
- GUGGENBERGER, G.; THOMAS, R. J.; ZECH, W. Soil organic matter within earthworm casts of an anecic-endogeic tropical pasture community, Colombia. **Applied Soil Ecology**, v. 3, n. 3, p. 263-274, 1996.
- HURLBERT, S. H. The non-concept of species diversity: a critique and alternative parameters. **Ecology**, v. 52, p. 577-586, 1971.
- JIMÉNEZ, J. J. **Estructura de las comunidades y dinámica de las poblaciones de lombrices de tierra en sabanas naturales y perturbadas de Carimagua (Colombia)**. 1999. 311 f. Tesis (Doctoral) - Universidad Complutense, Madrid.
- JIMÉNEZ, J. J.; THOMAS, R. J. **Nature's plow**: soil macroinvertebrate communities in the neotropical savannas of Colombia. Cali: CIAT Publication No. 324, 2001. 389p.
- JIMÉNEZ, J. J.; MORENO, A. G.; LAVELLE, P.; DECAËNS, T. Population dynamics and adaptive strategies of *Martiodrilus carimaguensis* (Oligochaeta, Glossoscolecidae), a native species from the well-drained savannas of Colombia. **Applied Soil Ecology**, v. 9, n. 1-3, p. 153-160, 1998a.
- JIMÉNEZ, J. J.; MORENO, A. G.; DECAËNS, T.; LAVELLE, P.; FISHER, M. J.; THOMAS, R. J. Earthworm communities in native savanna and man-made pastures of the eastern plains of Colombia. **Biology and Fertility of Soils**, v. 28, n. 1, p. 101-110, 1998b.
- JIMÉNEZ, J. J.; BROWN, G. G.; DECAËNS, T.; FEIJOO, A.; LAVELLE, P. Differences in the timing of diapause and patterns of aestivation in some tropical earthworms. **Pedobiologia**, v. 44, n. 6, p. 677-694, 2000.
- JIMÉNEZ, J. J.; ROSSI, J.-P.; LAVELLE, P. Spatial distribution of earthworms in acid-soil savannas of the eastern plains of Colombia. **Applied Soil Ecology**, v. 17, n. 3, p. 267-278, 2001.
- JOHNSON, R. W.; TOTHILL, J. C. Definition and broad geographical outline of savanna lands. In: TOTHILL, J. C.; MOTT, J. J. (Ed.). **Ecology and management of the world's savannas**. Wallingford: CAB, 1985, p.1-13.
- LASCANO, C. L.; ESTRADA, J. Long-term productivity of legume-based and pure grass pastures in the Eastern Plains of Colombia. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 26., 1989, Nice. **Proceedings...** Nice, 1989. p. 1179-1180.
- LAVELLE, P. **Les vers de terre de la savane de Lamto (Côte d'Ivoire): peuplements, populations et fonctions dans l'écosystème**. 1978. 301 f. Tesis (Doctoral) - Universidad Paris, Paris.
- LAVELLE, P. The soil fauna of tropical savannas. I. The community structure. In: BOURLIÈRE, F. (Ed.). **Tropical savannas**. Amsterdam; E.S.P.C., 1983. p. 477-484. Chapter 21.
- LAVELLE, P. Associations mutualistes avec la microflore du sol et richesses spécifique sous les tropiques: l'hypothèse du premier maillon. **Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris**, v. 302, p. 11-14, 1986. Série E.
- LAVELLE, P.; DANGERFIELD, M.; FRAGOSO, C.; ESCHENBRENNER, V.; LÓPEZ, D.; PASHANASI, B.; BRUSSAARD, L. The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. In: VOOMER, P. L.; SWIFT, M. J. (Ed.). **The biological management of tropical soil fertility**. New York: Wiley-Sayce Publication, 1994. p. 137-169. Chapter 6.
- LAVELLE, P.; CHAUVEL, A.; FRAGOSO, C. Faunal activity in acid soils. In: DATE, R. A. (Ed.). **Plant and soil interactions at low pH**. Amsterdam: Kluwer Academic Publishers, 1995. p. 201-211.
- LAVELLE, P.; BRUSSAARD, L.; HENDRIX, P. F. (Ed.). **Earthworm management in tropical agroecosystems**. Wallingford: CAB, 1999, 320 p.
- LAVELLE, P.; PASHANASI, B. Soil macrofauna and land management in Peruvian Amazonia (Yurimaguas, Loreto). **Pedobiologia**, v. 33, p. 283-291, 1989.
- LAVELLE, P. Stratégies de reproduction chez les vers de terre. **Acta Oecologica, Oecologia Generalis**, v. 2, p.117-133, 1981.
- LEE, K. E. **Earthworms: their ecology and relationships with soils and land use**. New York: Academic Press, 1985. 411 p.
- MARIANI, L.; BERNIER, N.; JIMÉNEZ, J. J.; DECAËNS, T. Régime alimentaire d'un ver de terre des savanes colombiennes – une remise en question des types écologiques. **Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris**, v. 324, n. 8, p. 733-742, 2001. Série III.
- PASHANASI, B.; MELÉNDEZ, G.; SZOTT, L.; LAVELLE, P. Effect of inoculation with the endogeic earthworm *Pontoscolex corethrurus* (Glossoscolecidae) on N availability, soil microbial biomass and the growth of three tropical fruit tree seedlings in a pot experiment. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 24, p. 1655-1660, 1992.

- PIELOU, E. C. **Ecological diversity**. New York: John Wiley & Sons, 1975, 165 p.
- PONSARD, S.; ARDITI, R. What can stable isotopes ($\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$) tell about the food web of soil macro invertebrates? **Ecology**, v. 81, p. 852-864, 2000.
- RAO, I. M.; ZAIGLER, R. S.; VERA, R.; SAKARUNG, S. Selection and breeding for acid-soil tolerance in crops. Upland rice and tropical forages as case studies. **Bioscience**, v. 43, p. 454-465, 1993.
- ROSE, C. J.; WOOD, A. W. Some environmental factors affecting earthworm populations and sweet potato production on the Tari Basin, Papua New Guinea highlands. **Papua New Guinea Agricultural Journal**, v. 31, p. 1-13, 1980.
- SÁNCHEZ, P.; SALINAS, J. G. Low input technology for managing Oxisols and Ultisols in tropical America. **Advances in Agronomy**, v. 34, p. 279-405, 1983.
- SAUSSEY, M. Un cas de commensalisme chez les lombriciens. **Bulletin de la Société Française**, v. 81, p. 411-413, 1966.
- SOLBRIG, O. T.; MEDINA, E.; SILVA, J. F. Determinants of tropical savannas. In: SOLBRIG, O. T.; MEDINA, E.; SILVA, J. F. (Ed.). **Biodiversity and savanna ecosystem processes**. Berlin: Springer-Verlag, 1996, p. 31-41.

An annotated checklist of the earthworms of Ecuador (Oligochaeta). Earthworms from South America 42

Andr s Zicsi

Abstract

During the period of 1986-1993 extensive earthworm collections were undertaken in Ecuador. As a result, an additional 95 species were added to the previously known 40 species, bringing the total number in Ecuador to 139 species, distributed among five families and 26 genera. The present chapter presents a complete list of earthworms known from Ecuador, as well as the geographic distribution of some of the main species in the country.

Resumen

Durante el período de 1986 a 1993, se realizaron extensivas colectas de lombrices de tierra en Ecuador. Como resultado de esta actividad, se encontraron 95 especies más de lombrices, aumentando la diversidad de este grupo de 40 a 139 especies conocidas en el país, distribuidas en cinco familias y 26 g neros. El presente capítulo presenta la lista completa de lombrices de tierra conocidas del Ecuador, incluyendo la distribución de algunas de las principales especies del país.

Introduction

The first data on the Ecuadorian earthworm fauna are from the 19th century, when the species *Martiodrilus crassus* and *M. iserni*, collected by Martinez and Isern were described by Rosa (1895). At about the same time, Schmarda (1861) reported a new species *M. heterostichon* from the environs of Quito, and some years later Benham (1892) presented *M. ecuadoriensis* from the Cayambe Volcano, Ecuador.

At the end of the 19th century Festa, the renowned Italian traveller carried out a three year expedition (1895-1897) collecting earthworms across the country. The rich collection of this expedition was studied by Cognetti (1904, 1906), who reported 31 species in 6 genera. Of these, most were new species presently in the genus *Martiodrilus* (*M. acanthinurus acanthinurus*, *M. acanthinurus heterophyma*, *M. agilis*, *M. agricola*, *M. beddardi*, *M. benhami*, *M. euzonus*, *M. gravis*, *M. heterostichon*, *M. iserni*, *M. magnus*, *M. micrurus*, *M. nemoralis*, *M. ophioides*, *M. rigeophilus*, *M. savanicola*, *M. tuberculatus*, *M. tutus*, *M. validus*), and the remaining were in *Aptodrilus* (*A. excelsus*, *A. ruvidus*), *Onoreodrilus* (*O. festae*), *Glossodrilus* (*G. excelsus*, *G. perrieri*, *G. meridionalis*), *Periscolex* (*P. profugus*) and *Holoscolex* (*H. nemorosus*). Other species encountered included *Pontoscolex correthrus*, *Microscolex phosphoreus*, *Aporrectodea caliginosa*, and a new species of *Dichogaster* (*D. andina*).

At the beginning of the 20th century Michaelsen (1918) described several new species from the collections of Ohaus carried out in 1905. However, only some of these are presently valid species: *Aptodrilus uncinatus*, *Martiodrilus riveti*, *Martiodrilus ohausi*, *Martiodrilus friderici*, *Glossodrilus lojanus*, and *Martiodrilus andiorrhinoides*.

Before the author's regular expeditions to Ecuador began, only three other species had been described by Righi (1981) from a cave located in the central part of the country: *Ocnerodrilus andinus*, *Quechuona kixo* and *Xibaro asmolei*. Therefore, at the beginning of the 1980's only 39 earthworm species were known from Ecuador.



Between 1986 and 1993 country-wide collections were undertaken to explore the earthworm fauna of Ecuador. The expeditions took place during the rainy season mainly in April and May, and covered most of the country, from the Colombian to the Peruvian borders, with the exception of some small regions in the South-East (Oriente) and the Pacific Coast. Altogether 685 localities were sampled and a further 200 samples were provided by local students and scientists.

The more than 10,000 specimens gathered are distributed among 5 families (Acanthodrilidae, Glossoscolecidae, Lumbricidae, Megascolecidae and Ocnerodrilidae) and 28 genera. Including the newly described species (n=68), the current total diversity of earthworms in Ecuador reaches 139 species. The following sections summarize the present knowledge on the earthworm fauna of Ecuador, including references to the relevant literature, when available. Distribution maps, based on the author's collection sites in Ecuador are provided for some of the most important or prevalent species and groups of species in the country.

List of the species

Family GLOSSOSCOLECIDAE Michaelson, 1900

Andiodrilus Michaelson, 1900

Anteus Michaelson, 1895: 25 part.

Andiodrilus: Michaelson 1900: 259, 1918: 218.

Andiodrilus: Cordero 1945: 2.

Andiodrilus: Righi 1971: 36, 1995: 537.

Andiodrilus: Zicsi 1988: 716, 1989: 772, 1993: 312.

1. **Andiodrilus szekelyi Zicsi, 1989**

- *Andiodrilus szekelyi* Zicsi, 1989: 772.

- *Andiodrilus szekelyi*: Zicsi 1993: 336.

2. **Andiodrilus reventadoriensis Zicsi, 1989**

- *Andiodrilus reventadoriensis* Zicsi, 1989: 773.

- *Andiodrilus reventadoriensis*: Zicsi 1993: 336.

3. **Andiodrilus lacteus Zicsi, 1989**

- *Andiodrilus lacteus* Zicsi, 1989: 775.

- *Andiodrilus lacteus*: Zicsi 1993: 337.

Remarks: The genus *Andiodrilus* was previously known only from Costa Rica, Venezuela, Brazil and Colombia. The sole species of the Amazon region, *A. icomi* Righi, 1971 was known only from the type

locality at 200 m a.s.l. All other representatives of this genus were found in the Andean region between 800-3725 m a.s.l. The Ecuadorian species were found isolated (far beyond the previously known border of the genus) in the Napo province between 250-2000 m a.s.l. (Figure 8.1).

Aptodrilus Cognetti, 1904

Aptodrilus Cognetti, 1904: 15.

Rhinodrilus (*Aptodrilus*): Cognetti 1906: 226.

Rhinodrilus (*Aptodrilus*): Michaelson 1910: 53 part., 1913: 241 part.

Thamnodrilus: Michaelson 1936: 123.

Thamnodrilus: Zicsi & Csuzdi 1988: 210.

Aptodrilus: Zicsi 1997: 155.

4. **Aptodrilus baloghi (Zicsi & Csuzdi, 1988)**

- *Thamnodrilus baloghi* Zicsi & Csuzdi, 1988: 212.

- *Aptodrilus baloghi*: Zicsi 1997: 163.

5. **Aptodrilus botari (Zicsi & Csuzdi, 1988)**

- *Thamnodrilus botari* Zicsi & Csuzdi, 1988: 214.

- *Aptodrilus botari*: Zicsi 1997: 158.

6. **Aptodrilus chilesensis Zicsi, 1997**

- *Aptodrilus chilesensis* Zicsi, 1997: 166

7. **Aptodrilus excelsus Cognetti, 1904**

- *Aptodrilus excelsus* Cognetti, 1904: 15.

- *Rhinodrilus* (*Aptodrilus*) *excelsus*: Cognetti 1906: 230.

- *Aptodrilus excelsus*: Michaelson 1918: 161.

- *Thamnodrilus excelsus*: Zicsi & Csuzdi 1988: 216.

- *Aptodrilus excelsus*: Zicsi 1997: 156.

8. **Aptodrilus fuhrmanni Michaelson, 1918**

- *Rhinodrilus* (*Aptodrilus*) *uncinatus* var. *Michaelson*, 1913: 242.

- *Aptodrilus fuhrmanni* Michaelson, 1918: 159.

- *Thamnodrilus fuhrmanni*: Zicsi & Csuzdi 1988: 210.

- *Aptodrilus fuhrmanni*: Zicsi 1997: 167.

9. **Aptodrilus griseus Zicsi, 1997**

- *Aptodrilus griseus* Zicsi, 1997: 162.

10. **Aptodrilus lacteus Zicsi, 1997**

- *Aptodrilus lacteus* Zicsi, 1997: 159.

11. **Aptodrilus loksai Zicsi, 1997**

- *Aptodrilus loksai* Zicsi, 1997: 163.

12. **Aptodrilus ruvidus Cognetti, 1904**

- *Aptodrilus ruvidus* Cognetti, 1904: 16.

- *Rhinodrilus* (*Aptodrilus*) *ruvidus*: Cognetti 1906: 57.

- *Aptodrilus ruvidus*: Michaelson 1918: 161.

- *Aptodrilus ruvidus*: Zicsi 1997: 160.

13. **Aptodrilus tandajapaensis Zicsi, 1997**

- *Aptodrilus tandajapaensis* Zicsi, 1997: 160.

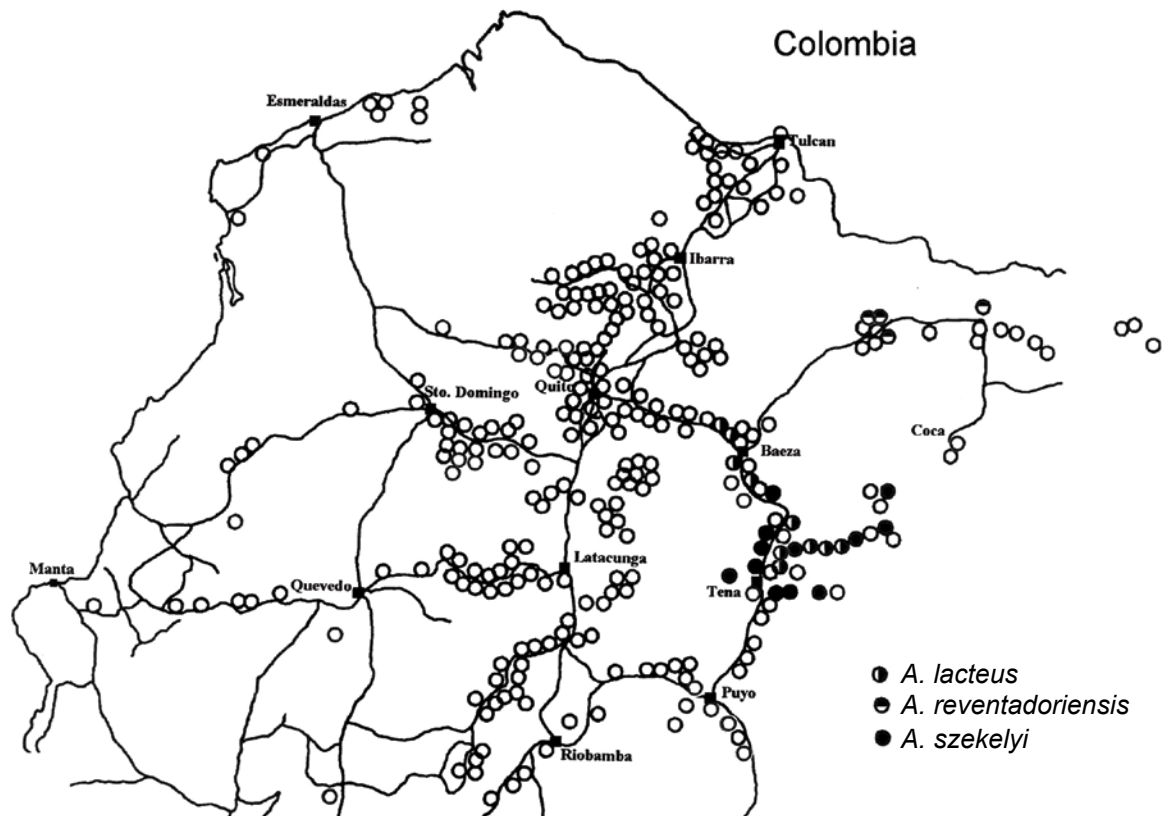


Figure 8.1. Distribution of *Andiodrilus* species in Ecuador. The circles represent all collection localities in Ecuador. Open circles are sites where none of the above species were found.

14. *Aptodrilus uncinatus* (Michaelsen, 1910)

- *Rhinodrilus* (*Aptodrilus*) *uncinatus* Michaelsen, 1910a: 135.
- *Rhinodrilus* (*Aptodrilus*) *uncinatus*: Michaelsen 1910b: 153.
- *Thamnodrilus uncinatus*: Zicsi & Csuzdi 1988: 218.
- *Aptodrilus uncinatus*: Zicsi 1997: 166.

Remarks: The *Aptodrilus* species are distributed from southern Colombia to Ecuador, south to the Canar province in the Andean region between 2000-4000 m a.s.l. Several localities are found in the Coastal region as well. The individual species possess well demarcated areas. *A. ruvidus* is found only in the northern part of the country, *A. botari* is distributed in the Cotopaxi province and *A. excelsus* occurs exclusively in the Canar province (Figure 8.2). The worms live in the paramo soil, where they build horizontal and vertical burrows. These slow-moving species are quite easy to collect by digging.

***Botarodrilus* Zicsi, 1990**

Botarodrilus Zicsi, 1990: 101.

15. *Botarodrilus andinus* Zicsi, 1990

- *Botarodrilus andinus* Zicsi, 1990: 101.

***Glossodrilus* Cognetti, 1905**

- Glossodrilus* Cognetti, 1905: 5.
- Glossodrilus*: Cognetti 1906: 237.
- Glossoscolex*: Michaelsen 1918: 256 part.
- Andioscolex*: Michaelsen 1927: 373.
- Glossodrilus* (*Tonperoge*): Righi & Ayres 1975: 313.
- Glossodrilus*: Righi 1975: 86, 1982: 63.
- Glossodrilus*: Zicsi 1988: 313, 1989: 167, 1995: 84.

16. *Glossodrilus antisanae* Zicsi, 1989

- *Glossodrilus antisanae* Zicsi, 1989: 181.
- *Glossodrilus antisanae*: Zicsi 1995: 94.

17. *Glossodrilus baloghi* Zicsi, 1988

- *Glossodrilus baloghi* Zicsi, 1988: 318.
- *Glossodrilus baloghi*: Zicsi 1995: 96.

18. *Glossodrilus benavidesi* Zicsi, 1989

- *Glossodrilus benavidesi* Zicsi, 1989: 168.
- *Glossodrilus benavidesi*: Zicsi 1995: 87.

19. *Glossodrilus chimborazoi* Zicsi, 1989

- *Glossodrilus chimborazoi* Zicsi, 1989: 186.
- *Glossodrilus chimborazoi*: Zicsi 1995: 102.

20. *Glossodrilus crucifer* Righi & Römbke, 1987

- *Glossodrilus crucifer* Righi & Römbke, 1987: 532.
- *Glossodrilus crucifer*: Zicsi 1995: 102.

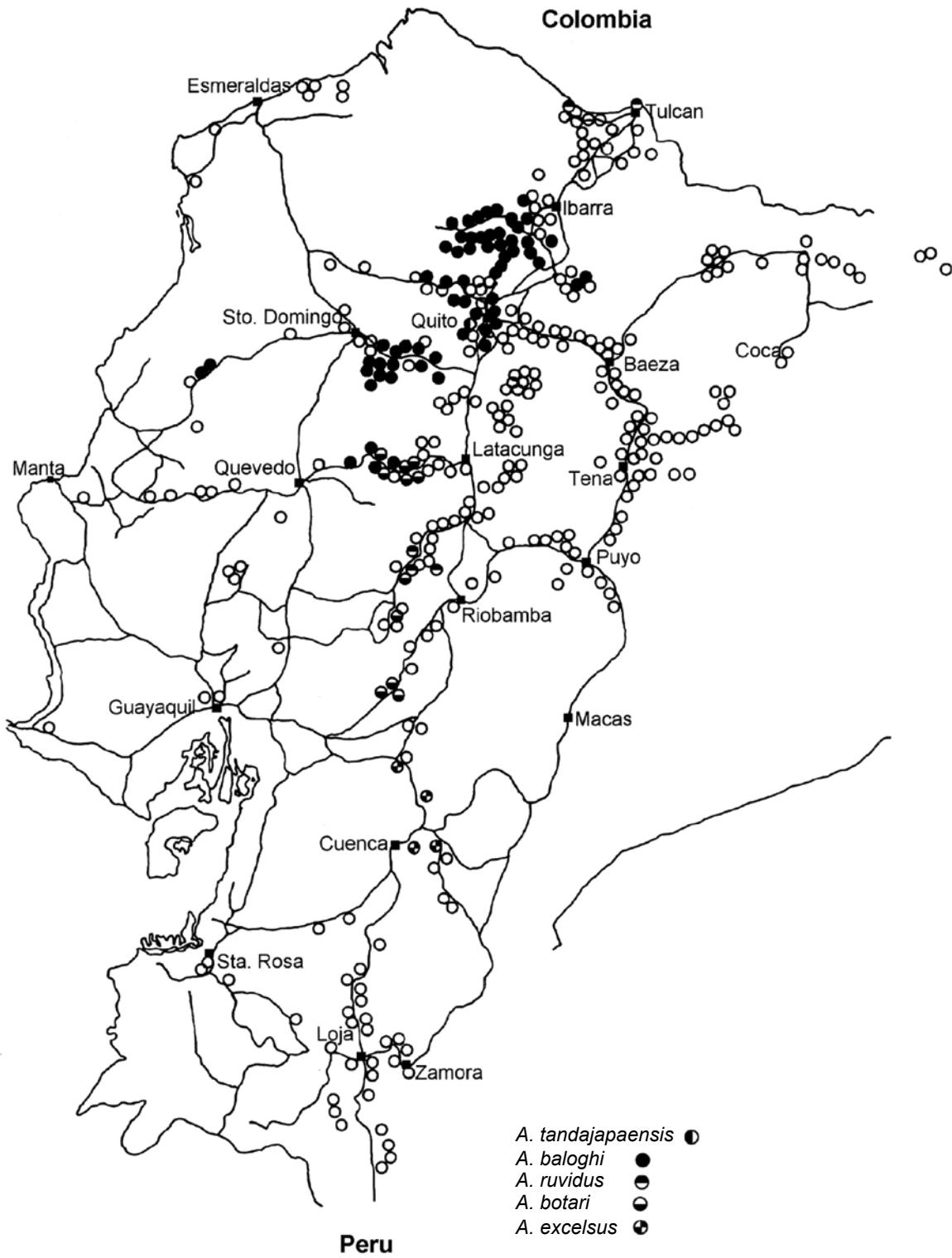


Figure 8.2. Distribution of several *Aptodrilus* species in Ecuador. The circles represent all collection localities in Ecuador. Open circles are sites where none of the above species were found.

- 21. *Glossodrilus crucifer fragilis* Zicsi, 1989**
 - *Glossodrilus crucifer fragilis* Zicsi, 1989: 178.
 - *Glossodrilus crucifer fragilis*: Zicsi 1995: 102.
- 22. *Glossodrilus dudichi* Zicsi, 1995**
 - *Glossodrilus dudichi* Zicsi, 1995: 98.
- 23. *Glossodrilus excelsus* (Cognetti, 1904)**
 - *Glossoscolex excelsus* Cognetti, 1904:16.
 - *Glossodrilus excelsus*: Zicsi 1995: 100.
- 24. *Glossodrilus kaszabi* Zicsi, 1988**
 - *Glossodrilus kaszabi* Zicsi, 1988: 314.
 - *Glossodrilus kaszabi*: Zicsi 1995: 97.
- 25. *Glossodrilus kalmari* Zicsi, 1995**
 - *Glossodrilus kalmari* Zicsi, 1995: 101.
- 26. *Glossodrilus landeszi* Zicsi, 1988**
 - *Glossodrilus landeszi* Zicsi, 1988: 316.
 - *Glossodrilus landeszi*: Zicsi 1995: 87.
- 27. *Glossodrilus lojanus* (Michaelsen, 1918)**
 - *Glossoscolex lojanus* Michaelsen, 1918: 287.
 - *Glossodrilus lojanus*: Zicsi 1995: 88.
- 28. *Glossodrilus loksai* Zicsi, 1989**
 - *Glossodrilus loksai* Zicsi, 1989: 172.
 - *Glossodrilus loksai*: Zicsi 1995: 94.
- 29. *Glossodrilus lopezae* Zicsi, 1995**
 - *Glossodrilus lopezae* Zicsi, 1995: 97.
- 30. *Glossodrilus mahnerti* Zicsi, 1989**
 - *Glossodrilus mahnerti* Zicsi, 1989: 176.
 - *Glossodrilus mahnerti*: Zicsi 1995: 85.
- 31. *Glossodrilus meridionalis* (Cognetti, 1904)**
 - *Glossoscolex perrieri meridionalis* Cognetti, 1904: 17.
 - *Glossodrilus meridionalis*: Zicsi 1995: 91.
- 32. *Glossodrilus nemoralis* (Cognetti, 1905)**
 - *Glossoscolex nemoralis* Cognetti, 1905: 6.
 - *Glossodrilus nemoralis*: Zicsi 1989: 180, 1995: 101.
- 33. *Glossodrilus papillatus* Zicsi, 1989**
 - *Glossodrilus papillatus* Zicsi, 1989: 171.
 - *Glossodrilus papillatus*: Zicsi 1995: 94.
- 34. *Glossodrilus paralojanus* Zicsi, 1995**
 - *Glossodrilus paralojanus* Zicsi, 1995: 89.
- 35. *Glossodrilus paraloksai* Zicsi, 1995**
 - *Glossodrilus paraloksai* Zicsi, 1995: 95.
- 36. *Glossodrilus peregrinoides* Zicsi, 1995**
 - *Glossodrilus peregrinoides* Zicsi, 1995: 92.
- 37. *Glossodrilus perrieri* (Cognetti, 1904)**
 - *Glossoscolex perrieri perrieri* Cognetti, 1904: 17.
 - *Glossodrilus perrieri perrieri*: Zicsi 1989: 167, 1995: 84.
- 38. *Glossodrilus seidlai* Zicsi, 1989**
 - *Glossodrilus seidlai* Zicsi, 1989: 174.
 - *Glossodrilus seidlai*: Zicsi 1995: 96.
- 39. *Glossodrilus terranae* Zicsi, 1989**
 - *Glossodrilus terranae* Zicsi, 1989: 184.
 - *Glossodrilus terranae*: Zicsi 1995: 98.
- 40. *Glossodrilus tuberculatus* Zicsi, 1989**
 - *Glossodrilus tuberculatus* Zicsi, 1989: 182.
 - *Glossodrilus tuberculatus*: Zicsi 1995: 91.
- 41. *Glossodrilus tulcanus* Zicsi, 1995**
 - *Glossodrilus tulcanus* Zicsi, 1995: 93.
- Remarks:** The genus *Glossodrilus* is widely distributed from Costa Rica across all of Ecuador to Peru. They have been collected from ≈200 localities in Ecuador. These worms are white, unpigmented and very fragile animals living in deep soil horizons. Most of the *Glossodrilus* species occur in the Andean region between 1700-4200 m a.s.l. but several species are found in the Coastal and Amazonian regions. Some species such as *G. tulcanus*, *G. peregrinoides*, *G. benavidesi*, *G. lopezae* and *G. seidlai* are typical of northern Ecuador, while others such as *G. lojanus* and *G. paralojanus* occur exclusively in the southernmost part. Most species are found in central Ecuador, where *G. excelsus* and *G. nemoralis* are the most common species. It is possible that the extremely arid inter-Andean regions may act as a barrier for the different species in the above-mentioned species groups. It is well known that the species in this genus possess extremely thin, very fragile cuticles that often stretch to 2-3 times their normal length, when collected. If preserved together with other species they can easily be macerated. Therefore *Glossodrilus* spp. must be killed and fixed separately from larger worms, for proper identification and preservation of earthworms in this genus.
- Hexachyloscolex* Zicsi & Csuzdi, 1999**
Hexachyloscolex Zicsi & Csuzdi, 1999: 124.
- 42. *Hexachyloscolex interandinus* Zicsi & Csuzdi, 1999**
 - *Hexachyloscolex interandinus* Zicsi & Csuzdi, 1999: 124.
- Holoscolex* Cognetti, 1904**
Holoscolex Cognetti, 1904: 17.
- 43. *Holoscolex nemorosus* Cognetti, 1904**
 - *Holoscolex nemorosus* Cognetti, 1904: 17.
- Langioscolex* Zicsi, 1990**
Langioscolex Zicsi, 1990: 104.
- 44. *Langioscolex lantosiorum* Zicsi, 1990**
 - *Langioscolex lantosiorum* Zicsi, 1990: 104.

Martiodrilus Michaelsen, 1936

Hypogaeon Schmarida, 1861: 12 part.

Rhinodrilus: Benham 1890: 254 part.

Rhinodrilus: Beddard 1895: 636.

Anteus: Beddard 1895: 652 part.

Anteus: Rosa 1896: 90.

Rhinodrilus (Thamnodrilus): Cognetti 1906: 170 part.

Thamnodrilus (Thamnodrilus): Michaelsen 1918: 86 part.

Martiodrilus: Michaelsen 1936: 1172.

Thamnodriloides: Gates 1968: 14.

Martiodrilus: Righi 1995: 512.

Martiodrilus: Zicsi 1988a: 436, 1988b: 954, 1990: 367, 1995: 600, 1998: 150, 2000: 140, 2001: 114.

Martiodrilus: Zicsi & Csuzdi 1999: 125.

Martiodrilus (Botaria) Zicsi, 1998

Martiodrilus (Botaria) Zicsi, 1998: 150.

Martiodrilus (Botaria): Zicsi 2001: 129.

45. Martiodrilus (Botaria) andiorrhinoides (Michaelsen, 1918)

- *Thamnodrilus (Thamnodrilus) andiorrhinoides* Michaelsen, 1918: 120.

- *Martiodrilus (Botaria) andiorrhinoides*: Zicsi 1998: 161.

- *Martiodrilus (Botaria) andiorrhinoides*: Zicsi 2001: 129.

46. Martiodrilus (Botaria) benhami (Cognetti, 1904)

- *Thamnodrilus benhami* Cognetti, 1904: 6.

- *Rhinodrilus (Thamnodrilus) benhami*: Cognetti 1906: 206.

- *Thamnodrilus (Thamnodrilus) benhami*: Michaelsen 1918: 12.

- *Martiodrilus (Botaria) benhami*: Zicsi 1998: 161, 2001: 129.

47. Martiodrilus (Botaria) bicolor (Michaelsen, 1913)

- *Thamnodrilus (Thamnodrilus) bicolor* Michaelsen, 1913: 230.

- *Thamnodrilus (Thamnodrilus) bicolor*: Michaelsen 1918: 119.

- *Martiodrilus bicolor*: Zicsi 1988a: 438.

- *Martiodrilus bicolor*: Righi 1995: 516.

- *Martiodrilus (Botaria) bicolor*: Zicsi 1998: 153., 2001: 129.

48. Martiodrilus (Botaria) colomai Zicsi, 1998

- *Martiodrilus (Botaria) colomai* Zicsi, 1988,: 442.

- *Martiodrilus (Botaria) colomai*: Zicsi 2001: 129.

49. Martiodrilus (Botaria) euzonus (Cognetti, 1904)

- *Thamnodrilus euzonus* Cognetti, 1904: 474.

- *Rhinodrilus (Thamnodrilus)*: Cognetti 1906: 194.

- *Rhinodrilus (Thamnodrilus) euzonus*: Michaelsen 1910a: 131.

- *Martiodrilus (Martiodrilus) euzonus*: Michaelsen 1918: 117.

- *Martiodrilus euzonus*: Righi 1981: 244., 1984: 456., 1995: 516.

- *Martiodrilus euzonus*: Zicsi 1988a: 436.

- *Martiodrilus euzonus*: Zicsi & Feijoo 1994: 61.

- *Martiodrilus gara*: Righi 1995: 525 part.

- *Martiodrilus (Botaria) euzonus*: Zicsi 1998: 151, 2001: 129.

50. Martiodrilus (Botaria) euzonus filiformis Zicsi, 1998

- *Martiodrilus (Botaria) euzonus filiformis* Zicsi, 1998: 152.

- *Martiodrilus (Botaria) euzonus filiformis*: Zicsi 2001: 129.

51. Martiodrilus (Botaria) gravis (Cognetti, 1904)

- *Thamnodrilus gravis* Cognetti, 1904: 12.

- *Rhinodrilus (Thamnodrilus) gravis*: Cognetti 1906: 190.

- *Thamnodrilus gravis*: Michaelsen 1918: 119.

- *Martiodrilus euzonus*: Righi 1981: 235.

- *Martiodrilus (Botaria) gravis*: Zicsi 1998: 156, 2001: 129.

52. Martiodrilus (Botaria) minor Zicsi, 1998

- *Martiodrilus (Botaria) minor* Zicsi, 1998: 156.

- *Martiodrilus (Botaria) minor*: Zicsi 2001: 129.

53. Martiodrilus (Botaria) minoriformis Zicsi, 1998

- *Martiodrilus (Botaria) minoriformis* Zicsi, 1998: 157.

- *Martiodrilus (Botaria) minoriformis*: Zicsi 2001: 129.

54. Martiodrilus (Botaria) onorei Zicsi, 1988

- *Martiodrilus onorei* Zicsi, 1988: 438.

- *Martiodrilus (Botaria) onorei*: Zicsi, 1998: 162, 2001: 129.

- *Martiodrilus (Botaria) onorei*: Zicsi 2001: 129.

55. Martiodrilus (Botaria) parvus Zicsi, 1998

- *Martiodrilus (Botaria) parvus* Zicsi, 1998: 160.

- *Martiodrilus (Botaria) parvus*: Zicsi 2001: 129.

56. Martiodrilus (Botaria) poncei Zicsi, 1988

- *Martiodrilus poncei* Zicsi, 1988b: 441.

- *Martiodrilus poncei*: Righi 1995: 516.

- *Martiodrilus (Botaria) poncei*: Zicsi 1998: 162, 2001: 129, 2002: 118.

- 57. *Martiodrilus (Botaria) tutus* (Cognetti, 1904)**
- *Thamnodrilus tutus* Cognetti, 1904: 13.
 - *Rhinodrilus (Thamnodrilus) tutus*: Cognetti 1906: 192.
 - *Thamnodrilus (Thamnodrilus) tutus*: Michaelsen 1918: 124.
 - *Martiodrilus (Botaria) tutus*: Zicsi 1998: 156, 2001: 129.
- 58. *Martiodrilus (Botaria) vassae* Zicsi & Csuzdi, 1999**
- *Martiodrilus vassae* Zicsi & Csuzdi, 1999: 129.
 - *Martiodrilus (Botaria) vassae*: Zicsi 2001: 129, 2002: 119.
- Remarks:** Most of the species belonging to the *Botaria* subgenus possess a restricted range that also applies to the most common Ecuadorian earthworm species, *M. (B.) euzonus*. It is found from Southern Colombia to the Pichincha County in Ecuador up to 4500 m a.s.l. in the Andean region. Some species of this subgenus also occur in the lowland regions, such as *M. (B.) vassae* in the Coast and *M. (B.) poncei* in the Oriente Province. The later species is quite large (for this genus), reaching 5-7 cm length, and creating upper-closed excrement towers on the soil surface, possibly to avoid inundation of their burrows by the heavy rainfalls typical of the region.
- Martiodrilus (Cordilleroscolex) Zicsi & Csuzdi, 1997***
- Martiodrilus* Michaelsen, 1936: 1172 part.
Martiodrilus (Cordilleroscolex): Zicsi & Csuzdi 1997: 87.
Martiodrilus (Cordilleroscolex): Zicsi 2001: 128, 2002: 117.
- 59. *Martiodrilus (Cordilleroscolex) beddardi* (Cognetti, 1904)**
- *Thamnodrilus beddardi* Cognetti, 1904: 8.
 - *Rhinodrilus (Thamnodrilus) beddardi*: Cognetti 1906: 224.
 - *Martiodrilus beddardi*: Righi 1995: 514.
 - *Martiodrilus (Cordilleroscolex) beddardi*: Zicsi & Csuzdi 1997: 95.
 - *Martiodrilus (Cordilleroscolex) beddardi*: Zicsi 2001: 128, 2002: 117.
- 60. *Martiodrilus (Cordilleroscolex) bolivarensis* Zicsi & Csuzdi, 1999**
- *Martiodrilus validus* Zicsi, 1990: 372 part.
 - *Martiodrilus bolivarensis*: Zicsi & Csuzdi 1999b: 125.
 - *Martiodrilus (Cordilleroscolex) bolivarensis*: Zicsi & Csuzdi 1997: 84.
- 61. *Martiodrilus (Cordilleroscolex) columbianus* (Michaelsen, 1900)**
- *Anteus columbianus* Michaelsen, 1900a: 53.
 - *Thamnodrilus columbianus*: Michaelsen 1900b: 244.
 - *Rhinodrilus (Thamnodrilus) columbianus*: Michaelsen 1913: 239.
 - *Thamnodrilus (Thamnodrilus) columbianus*: Michaelsen 1918: 102.
 - *Martiodrilus columbianus*: Righi 1995: 515.
 - *Martiodrilus (Cordilleroscolex) columbianus*: Zicsi & Csuzdi 1997: 91.
 - *Martiodrilus (Cordilleroscolex) columbianus*: Zicsi 2001: 129.
 - *Martiodrilus (Cordilleroscolex) columbianus*: Zicsi, Csuzdi & Feijoo 2002: 789.
- 62. *Martiodrilus (Cordilleroscolex) crassus* (Rosa, 1895)**
- *Anteus crassus* Rosa, 1895a: 151.
 - *Anteus crassus*: Rosa 1895b: 90.
 - *Rhinodrilus (Thamnodrilus) crassus*: Cognetti 1906: 188.
 - *Thamnodrilus (Thamnodrilus) crassus*: Michaelsen 1918: 112.
 - *Thamnodrilus crassus*: Pickford 1940: 7.
 - *Martiodrilus crassus*: Zicsi 1990: 369.
 - *Martiodrilus (Cordilleroscolex) crassus*: Zicsi & Csuzdi 1997: 99.
 - *Martiodrilus (Cordilleroscolex) crassus*: Zicsi 2001: 129.
 - *Martiodrilus (Cordilleroscolex) crassus*: Zicsi, Csuzdi & Feijoo 2002: 188.
- 63. *Martiodrilus (Cordilleroscolex) gonsanamanensis* Zicsi & Csuzdi, 1997**
- *Martiodrilus (Cordilleroscolex) gonsanamanensis* Zicsi & Csuzdi, 1997: 90.
 - *Martiodrilus (Cordilleroscolex) gonsanamanensis*: Zicsi 2001: 128.
- 64. *Martiodrilus (Cordilleroscolex) iserni* (Rosa, 1895)**
- *Anteus iserni* Rosa, 1895: 152.
 - *Thamnodrilus buchwaldi* Michaelsen, 1902: 30.
 - *Rhinodrilus (Thamnodrilus) iserni*: Cognetti 1906: 186.
 - *Thamnodrilus (Thamnodrilus) iserni*: Michaelsen 1918: 86.
 - *Martiodrilus iserni*: Zicsi 1990: 371.
 - *Martiodrilus iserni*: Righi 1995: 515.
 - *Martiodrilus (Cordilleroscolex) iserni*: Zicsi & Csuzdi 1997: 84.
 - *Martiodrilus (Cordilleroscolex) iserni*: Zicsi 2001: 128, 2002: 117.

- *Martiodrilus (Cordilleroscolex) iserni*: Zicsi, Csuzdi & Feijoo 2002: 794.

65. *Martiodrilus (Cordilleroscolex) iserniformis* Zicsi & Csuzdi, 1997

- *Martiodrilus (Cordilleroscolex) iserniformis* Zicsi & Csuzdi, 1997: 88.

- *Martiodrilus (Cordilleroscolex) iserniformis*: Zicsi 2001: 128.

- *Martiodrilus (Cordilleroscolex) iserniformis*: Zicsi, Csuzdi & Feijoo 2002: 794.

66. *Martiodrilus (Cordilleroscolex) ischuros* Zicsi, 1990

- *Martiodrilus ischuros* Zicsi, 1990: 370.

- *Martiodrilus ischuros*: Righi 1995: 514.

- *Martiodrilus (Cordilleroscolex) ischuros*: Zicsi & Csuzdi 1997: 101.

- *Martiodrilus (Cordilleroscolex) ischuros*: Zicsi 2001: 129.

- *Martiodrilus (Cordilleroscolex) ischuros*: Zicsi, Csuzdi & Feijoo 2002: 787.

67. *Martiodrilus (Cordilleroscolex) magnus* (Cognetti, 1904)

- *Thamnodrilus magnus* Cognetti, 1904: 10.

- *Rhinodrilus (Thamnodrilus) magnus*: Cognetti 1906: 222.

- *Thamnodrilus (Thamnodrilus) magnus*: Michaelsen 1918: 111.

- *Martiodrilus magnus*: Righi 1995: 515.

- *Martiodrilus magnus*: Zicsi & Csuzdi 1997: 92.

- *Martiodrilus magnus*: Zicsi 2001: 129.

68. *Martiodrilus (Cordilleroscolex) riveti* Michaelsen, 1910

- *Rhinodrilus (Thamnodrilus) riveti* Michaelsen, 1910b: 127.

- *Rhinodrilus (Thamnodrilus) riveti*: Michaelsen 1910a: 142.

- *Martiodrilus (Cordilleroscolex) riveti*: Zicsi, Csuzdi & Feijoo 2002: 788

69. *Martiodrilus (Cordilleroscolex) tigrinus* Zicsi & Csuzdi, 1997

- *Martiodrilus (Cordilleroscolex) tigrinus* Zicsi & Csuzdi, 1997: 98.

- *Martiodrilus (Cordilleroscolex) tigrinus*: Zicsi 2000: 129.

70. *Martiodrilus (Cordilleroscolex) validus* (Cognetti, 1904)

- *Thamnodrilus validus* Cognetti, 1904: 12.

- *Rhinodrilus (Thamnodrilus) validus*: Cognetti 1906: 189.

- *Thamnodrilus (Thamnodrilus) validus*: Michaelsen 1918: 89.

- *Martiodrilus validus*: Zicsi 1990: 372 part.

- *Martiodrilus validus*: Zicsi & Csuzdi 1999b: 127

- *Martiodrilus (Cordilleroscolex) validus*: Zicsi 2001: 128.

Remarks: The subgenus *Cordilleroscolex* includes quite different morpho-ecological types. *M. (C.) iserni*, *M. (C.) validus* and *M. (C.) bolivarensis* are medium-large worms (up to 500 mm by 10-15 mm) living in the Andean region between 2600-3800 m. *M. (C.) iserni* is abundant in forests and even paramos north of Pichincha county. In the rainy season it deposits massive excrement conglomerates on the soil surface and may play a major role in soil processes. Although *M. (C.) iserni* is a brown-pigmented deep burrowing species, in the beginning of the dry period (in May) it rolls up and becomes inactive (quiescence) at 60-70 cm depth. Its casting activity resumes in the rainy season in October (Photo 8.1). The same life-cycle also applies to *M. (C.) bolivarensis* and *M. (C.) validus*, that occur in the Central and Southern part of the country, respectively (Figure 8.3).

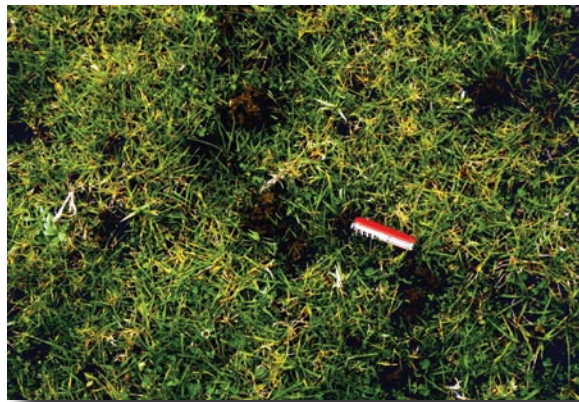


Photo 8.1. Excrement on the soil surface of *Martiodrilus (Cordilleroscolex) iserni*. (Photo A. Zicsi)

The species *M. (C.) columbianus* (Photo 8.2) and *M. (C.) magnus* live high (4000-5000 m a.s.l.) in the Andes (Figure 8.4) in sod soils. There is no sign of their excrements on the soil surface, as they are deposited inside the burrows (Photo 8.3). The same applies to *M. (C.) crassus* and *M. (C.) ischuros* (Photo 8.4), the two largest (up to 1 m) worms in Ecuador. They live on both sides of the Andes at 1600-2300 m a.s.l. (Figure 8.5). Their large cocoons (6-7 cm by 2-3 cm) are also deposited in the burrows and, at the same time, different developmental stages can be found (Photo 8.5). The moderately-large species like *M. (C.) beddardi* (Photo 8.6) and *M. (C.) tigrinus*, found in the Oriente province and both sides of the Andes, respectively (Figure 8.5), are dark-colored and create large excrement towers on the soil surface.

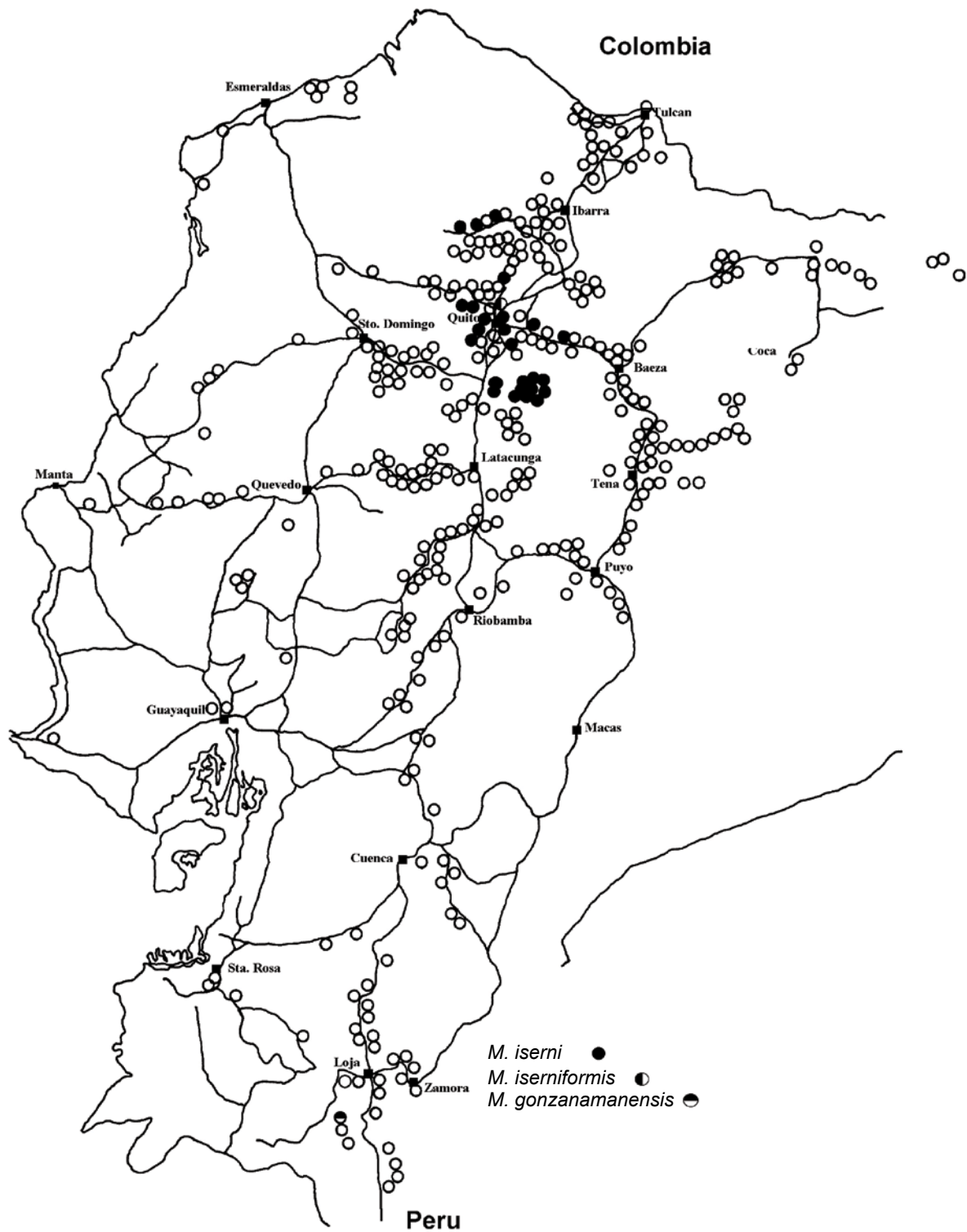


Figure 8.3. Distribution of the *iserni* species group of *Martiodrilus* (*Cordilleroscolex*) in Ecuador. The circles represent all collection localities in Ecuador. Open circles are sites where none of the above species were found.



Photo 8.2. *Martiodrilus (Cordilleroscolex) columbianus*, a large earthworm species from the Chiles Volcano, Northern Ecuador. (Photo A. Zicsi)



Photo 8.4. *Martiodrilus (Cordilleroscolex) ischuros* specimens collected in Santa Rosa, Ecuador. (Photo A. Zicsi)



Photo 8.5. Cocoons of the giant earthworm species *Martiodrilus (Cordilleroscolex) ischuros*. (Photo A. Zicsi)



Photo 8.3. Excrement filling the burrow system of *Martiodrilus (Cordilleroscolex) beddardi*. (Photos A. Zicsi)



Photo 8.6. *Martiodrilus (Cordilleroscolex) beddardi* found in the Oriente region of Ecuador, in the hands of the author. (Photo A. Zicsi)

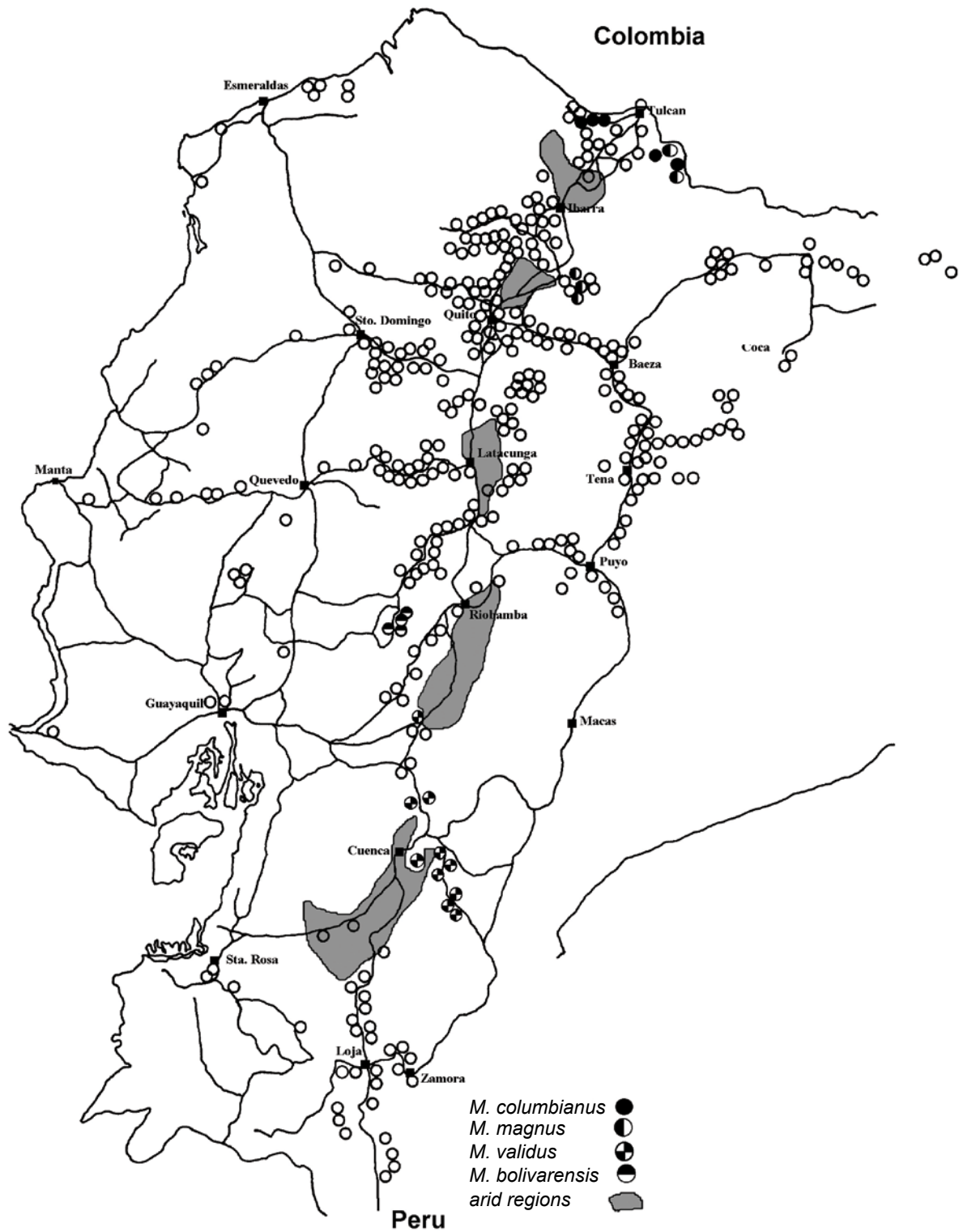


Figure 8.4. Distribution of the *columbianus* species group of *Martiodrilus* (*Cordilleroscolex*) in Ecuador. The circles represent all collection localities in Ecuador. Open circles are sites where none of the above species were found.

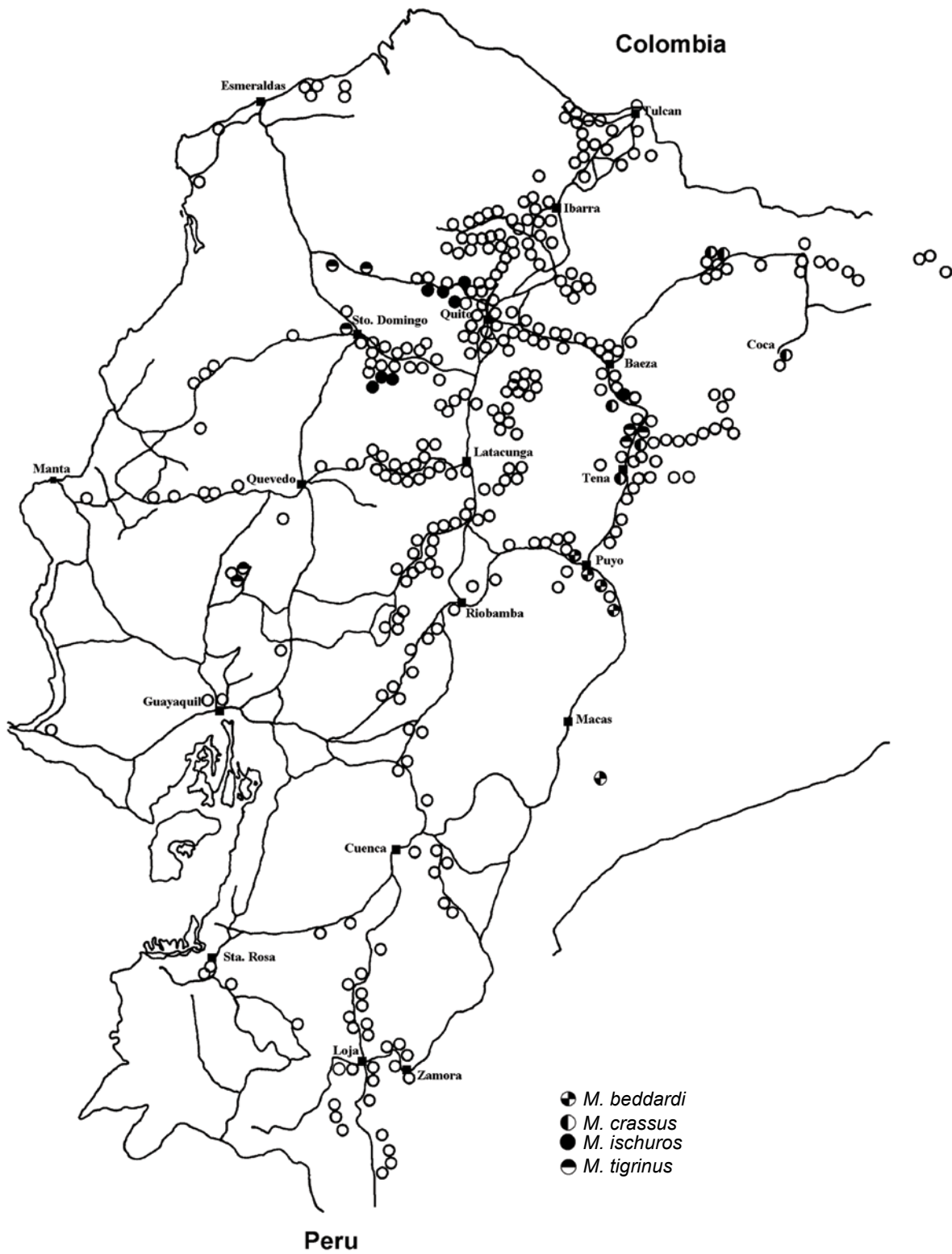


Figure 8.5. Distribution of the *ischuros* species group of *Martiodrilus* (*Cordilleroscolex*) in Ecuador. The circles represent all collection localities in Ecuador. Open circles are sites where none of the above species were found.

- Martiodrilus (Maipure) Righi, 1995 emend. Zicsi, 2001**
Martiodrilus (Maipure) Righi, 1995: 531.
Martiodrilus (Maipure): Zicsi 2001: 114.
- 71. *Martiodrilus (Maipure) agricola* (Cognetti, 1904)**
 - *Thamnodrilus agricola* Cognetti, 1904: 5.
 - *Thamnodrilus savanicola*: Cognetti 1904: 5 part.
 - *Rhinodrilus (Thamnodrilus) agricola*: Cognetti 1906: 198.
 - *Thamnodrilus (Thamnodrilus) agricola*: Michaelsen 1918: 140.
 - *Martiodrilus agricola*: Righi 1971: 75, 1995: 520.
 - *Martiodrilus agricola*: Zicsi 1988: 444.
 - *Martiodrilus agricola*: Zicsi & Feijoo 1994: 61.
 - *Martiodrilus (Maipure) agricola*: Zicsi 2001: 119.
- 72. *Martiodrilus (Maipure) ecuadoriensis* (Benham, 1892)**
 - *Rhinodrilus ecuadoriensis* Benham, 1892: 238.
 - *Anteus ecuadoriensis*: Rosa 1896: 109.
 - *Thamnodrilus ecuadoriensis*: Michaelsen 1900b: 435.
 - *Rhinodrilus ecuadoriensis*: Cognetti 1906: 17.
 - *Rhinodrilus (Aptodrilus) ecuadoriensis*: Michaelsen 1913: 241.
 - *Thamnodrilus (Thamnodrilus) ecuadoriensis*: Michaelsen 1918: 153.
 - *Martiodrilus ecuadoriensis* + *Martiodrilus savanicola* + *Martiodrilus savanicola incerta*: Righi 1971: 75.
 - *Martiodrilus ecuadoriensis* + *Martiodrilus ecuadoriensis papillatus*: Righi & Römbke 1987: 526.
 - *Martiodrilus (Maipure) ecuadoriensis*: Zicsi 2001: 116.
- 73. *Martiodrilus (Maipure) friderici* Michaelsen, 1918**
 - *Thamnodrilus (Thamnodrilus) friderici* Michaelsen 1918: 141.
 - *Martiodrilus ecuadoriensis papillatus* Righi and Römbke 1987: 526.
 - *Martiodrilus friderici*: Zicsi & Csuzdi 1999: 129.
 - *Martiodrilus (Maipure) friderici*: Zicsi 2001: 122.
- 74. *Martiodrilus (Maipure) grandis* Zicsi, 2001**
 - *Martiodrilus (Maipure) grandis* Zicsi, 2001: 120.
- 75. *Martiodrilus (Maipure) micrurus* (Cognetti, 1904)**
 - *Thamnodrilus micrurus* Cognetti, 1904: 8.
 - *Rhinodrilus (Thamnodrilus) micrurus*: Cognetti 1906: 218.
 - *Rhinodrilus (Thamnodrilus) andinus*: Cognetti 1906: 56.
 - *Thamnodrilus (Thamnodrilus) micrurus*: Michaelsen 1918: 132.
 - *Thamnodrilus (Thamnodrilus) ohausi*: Michaelsen 1918: 126.
 - *Thamnodrilus (Thamnodrilus) huwaldi*: Michaelsen 1918: 133.
 - *Martiodrilus micrurus*: Righi 1995: 515.
 - *Martiodrilus (Maipure) micrurus*: Zicsi 2001: 123.
- 76. *Martiodrilus (Maipure) ophioides* (Cognetti, 1904)**
 - *Thamnodrilus ophioides* Cognetti, 1904: 6.
 - *Rhinodrilus (Thamnodrilus) ophioides*: Cognetti 1906: 215
 - *Thamnodrilus (Thamnodrilus) ophioides*: Michaelsen 1918: 131.
 - *Martiodrilus (Maipure) ophioides*: Zicsi 2001: 126.
- 77. *Martiodrilus (Maipure) rigeophilus* (Cognetti, 1904)**
 - *Thamnodrilus rigeophilus* Cognetti, 1904: 13.
 - *Rhinodrilus (Thamnodrilus) rigeophilus*: Cognetti 1906: 200.
 - *Thamnodrilus (Thamnodrilus) rigeophilus*: Michaelsen 1918: 140.
 - *Martiodrilus (Maipure) rigeophilus*: Zicsi 2001: 123.
- 78. *Martiodrilus (Maipure) savanicola* (Michaelsen, 1900)**
 - *Anteus savanicola* Michaelsen, 1900a: 244.
 - *Thamnodrilus savanicola*: Michaelsen 1900b: 435.
 - *Thamnodrilus savanicola*: Cognetti 1904: 5 part.
 - *Rhinodrilus (Thamnodrilus) savanicola*: Cognetti 1906: 178.
 - *Rhinodrilus (Thamnodrilus) incertus*: Cognetti 1906: 179.
 - *Rhinodrilus (Aptodrilus) savanicola*: Michaelsen, 1913: 241.
 - *Thamnodrilus (Th.) savanicola*: Michaelsen 1918: 153.
 - *Martiodrilus savanicola savanicola*: Righi 1971: 75.
 - *Martiodrilus savanicola*: Zicsi 1988a: 446.
 - *Martiodrilus savanicola*: Zicsi & Feijoo 1994: 59.

- *Martiodrilus (Maipure) savanicola*: Zicsi 2001: 116.

Remarks: *M. (Ma.) savanicola* and *M. (Ma.) agricola* are epigeic species, among the most common earthworms in Ecuador. The range of *M. (Ma.) savanicola* is situated more or less in the northern part of the country, while *M. (Ma.) agricola* is distributed further south to Azuay county. They are species of the high Andes, occurring up to 4500 m a.s.l.

Martiodrilus (Martiodrilus) Michaelsen, 1936

Hypogaeon Schmarida, 1861: 12 part.

Rhinodrilus: Benham 1890: 254 part.

Rhinodrilus: Beddard, 1895: 636 part.

Anteus: Beddard 1895: 652 part.

Anteus: Rosa 1896: 90 part.

Rhinodrilus (Thamnodrilus): Cognetti 1906: 170 part.

Thamnodrilus (Thamnodrilus): Michaelsen 1918: 86 part.

Martiodrilus: Michaelsen 1936: 1172 part.

Thamnodriloides: Gates 1968: 14 part.

Martiodrilus: Righi 1995: 512 part.

Martiodrilus: Zicsi 1988a: 436 part., 1988b: 954 part., 1990: 367 part., 1995: 600 part., 2001: 127

Martiodrilus: Zicsi & Csuzdi 1999b: 125 part.

79. *Martiodrilus (Martiodrilus) acanthinurus acanthinurus* (Cognetti, 1904)

- *Thamnodrilus acanthinurus acanthinurus* Cognetti, 1904: 10.

- *Rhinodrilus (Thamnodrilus) acanthinurus acanthinurus*: Cognetti 1906: 211.

- *Thamnodrilus (Thamnodrilus) acanthinurus acanthinurus*: Michaelsen 1918: 106.

- *Martiodrilus acanthinurus acanthinurus*: Righi 1981: 244, 1995: 513.

- *Martiodrilus (Martiodrilus) acanthinurus acanthinurus*: Zicsi 2000: 150, 2001: 128, 2002: 116.

80. *Martiodrilus (Martiodrilus) acanthinurus heterophyma* (Cognetti, 1904)

- *Thamnodrilus acanthinurus* forma *heterophyma* Cognetti, 1904: 11.

- *Rhinodrilus (Thamnodrilus)* forma *heterophyma*: Cognetti 1906: 213.

- *Thamnodrilus (Thamnodrilus) acanthinurus* forma *heterophyma*: Michaelsen 1918: 109.

- *Martiodrilus (Martiodrilus) acanthinurus heterophyma*: Zicsi 2000: 152, 2001: 128.

81. *Martiodrilus (Martiodrilus) agilis* (Cognetti, 1904)

- *Thamnodrilus agilis* Cognetti, 1904: 14.

- *Rhinodrilus (Thamnodrilus) agilis*: Cognetti 1906: 196.

- *Thamnodrilus agilis*: Michaelsen 1918: 88.

- *Martiodrilus (Martiodrilus) agilis*: Zicsi 2001: 127.

82. *Martiodrilus (Martiodrilus) cayambensis* Zicsi, 2000

- *Martiodrilus (Martiodrilus) cayambensis* Zicsi, 2000: 145.

- *Martiodrilus (Martiodrilus) cayambensis*: Zicsi 2001: 128.

83. *Martiodrilus (Martiodrilus) cosanganensis* Zicsi, 2000

- *Martiodrilus (Martiodrilus) cosanganensis* Zicsi, 2000: 146.

- *Martiodrilus (Martiodrilus) cosanganensis*: Zicsi 2001:128.

84. *Martiodrilus (Martiodrilus) devriesi* Zicsi, 1988

- *Martiodrilus devriesi* Zicsi, 1988b: 956.

- *Martiodrilus devriesi*: Righi 1995: 513.

- *Martiodrilus (Martiodrilus) devriesi*: Zicsi 2000: 163, 2001: 127, 2002: 116.

85. *Martiodrilus (Martiodrilus) heterostichon heterostichon* (Schmarida, 1861)

- *Hypogaeon heterostichon* Schmarida, 1861: 12.

- *Anteus heterostichon*: Beddard 1892: 114.

- *Thamnodrilus heterostichon*: Michaelsen 1900: 437, 1910: 145, 1918: 92, 1936: 1172.

- *Thamnodrilus heterostichon* part: Cognetti 1904: 5, 1906: 182.

- *Martiodrilus heterostichon*: Zicsi 1988a: 954.

- *Martiodrilus heterostichon*: Righi 1955: 513.

- *Martiodrilus (Martiodrilus) heterostichon*: Zicsi 2000: 141, 2001: 127.

- *Martiodrilus (Martiodrilus) heterostichon*: Zicsi & Feijoo 2002: 117.

86. *Martiodrilus (Martiodrilus) heterostichon colpochaeta* (Cognetti, 1906)

- *Thamnodrilus heterostichon* part. Cognetti, 1904: 5.

- *Rhinodrilus (Thamnodrilus) colpochaeta*: Cognetti 1906: 183.

- *Thamnodrilus heterostichon* part.: Michaelsen 1910: 145.

- *Thamnodrilus heterostichon* part.: Michaelsen 1918: 92.

- *Martiodrilus heterostichon* part.: Righi 1995: 513.

- *Martiodrilus (Martiodrilus) heterostichon colpochaeta*: Zicsi 2000: 143, 2001: 127.

87. *Martiodrilus (Martiodrilus) interandinus* Zicsi, 2000

- *Martiodrilus (Martiodrilus) interandinus* Zicsi, 2000: 160.
 - *Martiodrilus (Martiodrilus) interandinus*: Zicsi 2001: 127.
 - 88. *Martiodrilus (Martiodrilus) kuehnelti* Zicsi, 1990**
 - *Martiodrilus kuehnelti* Zicsi, 1990: 377.
 - *Martiodrilus kuehnelti*: Righi 1995: 515.
 - *Martiodrilus (Martiodrilus) kuehnelti*: Zicsi 2000: 161, 2001: 127, 2002: 116.
 - *Martiodrilus (Martiodrilus) kuehnelti*: Zicsi & Feijoo 2002: 117.
 - 89. *Martiodrilus (Martiodrilus) lojaensis* (Michaelsen, 1918)**
 - *Thamnodrilus (Thamnodrilus) lojaensis* Michaelsen, 1918: 97.
 - *Martiodrilus lojaensis*: Righi 1995: 513.
 - *Martiodrilus (Martiodrilus) lojaensis*: Zicsi 2000: 156, 2001: 127, 2002: 116.
 - 90. *Martiodrilus (Martiodrilus) loksai* Zicsi, 2000**
 - *Thamnodrilus acanthinurus* Cognetti, 1904: 10 part.
 - *Rhinodrilus (Thamnodrilus) acanthinurus*: Cognetti 1906: 211 part.
 - *Martiodrilus (Martiodrilus) loksai*: Zicsi 2000: 158, 2001: 127, 2002: 117.
 - 91. *Martiodrilus (Martiodrilus) menai* Zicsi & Csuzdi, 1999**
 - *Martiodrilus menai* Zicsi & Csuzdi, 1999b: 127.
 - *Martiodrilus (Martiodrilus) menai*: Zicsi 2000: 162, 2001: 127.
 - 92. *Martiodrilus (Martiodrilus) michaelseni* Zicsi, 1990**
 - *Martiodrilus michaelseni* Zicsi, 1990: 375.
 - *Martiodrilus michaelseni*: Righi 1995: 515.
 - *Martiodrilus (Martiodrilus) michaelseni*: Zicsi 2000: 156, 2001: 127
 - *Martiodrilus (Martiodrilus) michaelseni*: Zicsi & Feijoo 2002: 116.
 - 93. *Martiodrilus (Martiodrilus) nemoralis* (Cognetti, 1904)**
 - *Thamnodrilus nemoralis* Cognetti, 1904: 7.
 - *Rhinodrilus (Thamnodrilus) nemoralis*: Cognetti 1906: 203.
 - *Thamnodrilus (Thamnodrilus) nemoralis*: Michaelsen 1918: 104.
 - *Thamnodrilus (Thamnodrilus) validus* Michaelsen, 1918: 88 part.
 - *Martiodrilus (Martiodrilus) nemoralis*: Zicsi 2000: 154, 2001: 128.
 - 94. *Martiodrilus (Martiodrilus) nemoraloides* Zicsi, 2000**
 - *Martiodrilus (Martiodrilus) nemoraloides* Zicsi, 2000: 154.
 - *Martiodrilus (Martiodrilus) nemoraloides*: Zicsi 2001: 128.
 - 95. *Martiodrilus (Martiodrilus) nonniorum* Zicsi, 2000**
 - *Martiodrilus (Martiodrilus) nonniorum* Zicsi, 2000: 148.
 - *Martiodrilus (Martiodrilus) nonniorum*: Zicsi 2001: 128.
 - 96. *Martiodrilus (Martiodrilus) papillatus* Zicsi, 2000**
 - *Martiodrilus (Martiodrilus) papillatus* Zicsi, 2000: 149.
 - *Martiodrilus (Martiodrilus) papillatus* Zicsi 2001: 128.
 - 97. *Martiodrilus (Martiodrilus) pseudotuberculatus* Zicsi, 2000**
 - *Martiodrilus (Martiodrilus) pseudotuberculatus* Zicsi, 2000: 152.
 - *Martiodrilus (Martiodrilus) pseudotuberculatus*: Zicsi 2001: 128.
 - 98. *Martiodrilus (Martiodrilus) robustus robustus* Zicsi, 2000**
 - *Martiodrilus (Martiodrilus) robustus* Zicsi, 2000: 163.
 - *Martiodrilus (Martiodrilus) robustus*: Zicsi 2001: 127.
 - 99. *Martiodrilus (Martiodrilus) robustus chilesensis* Zicsi, 2000**
 - *Martiodrilus (Martiodrilus) robustus chilesensis* Zicsi, 2000: 165.
 - *Martiodrilus (Martiodrilus) robustus chilesensis*: Zicsi 2001: 127.
 - 100. *Martiodrilus (Martiodrilus) szekelyi* Zicsi, 2000**
 - *Martiodrilus (Martiodrilus) szekelyi* Zicsi, 2000: 157.
 - *Martiodrilus (Martiodrilus) szekelyi*: Zicsi 2001: 128.
 - 101. *Martiodrilus (Martiodrilus) tuberculatus* (Cognetti, 1904)**
 - *Thamnodrilus tuberculatus* Cognetti, 1904: 9.
 - *Rhinodrilus (Thamnodrilus) tuberculatus*: Cognetti 1906: 208.
 - *Thamnodrilus (Thamnodrilus) tuberculatus*: Michaelsen 1918: 105.
 - *Martiodrilus (Martiodrilus) tuberculatus*: Zicsi 2000: 152.
 - *Martiodrilus (Martiodrilus) tuberculatus*: Zicsi 2001: 128.
- Remarks:** *Martiodrilus (Martiodrilus)* is the most species-rich subgenus of this remarkable genus

and includes small (90-100 mm) to medium-large (up to 350 mm) unpigmented worms. They are distributed all over Ecuador along the Coast and in the Oriente Province, but are most frequently encountered in the mountainous regions. The larger forms such as *M. (M.) robustus*, *M. (M.) nonniorum*, *M. (M.) cayambensis*, *M. (M.) papillatus* and *M. (M.) heterostichon* occur mostly in the northern part of the country, at over 4000 m a.s.l. Apart from *M. (M.) heterostichon* they defecate inside the soil, filling their burrows with casts. *M. (M.) heterostichon* deposits flattened excrements on the soil surface, where they are easily distinguished from those of *M. (C.) iserni*, that frequently co-occurs with *M. (M.) heterostichon*. The ranges of these above-mentioned species are separated by the dry inter-Andean zone.

Onoreodrilus Zicsi, 1988

Onoreodrilus Zicsi, 1988: 57.

Onoreodrilus: Zicsi 1990: 150.

102. Onoreodrilus botariorum Zicsi, 1988

- *Onoreodrilus botariorum* Zicsi, 1988: 58.

- *Onoreodrilus botariorum*: Zicsi 1990: 154.

103. Onoreodrilus benavidesi Zicsi, 1988

- *Onoreodrilus benavidesi* Zicsi, 1988: 60.

- *Onoreodrilus benavidesi*: Zicsi 1990: 151.

104. Onoreodrilus devriesiorum Zicsi, 1990

- *Onoreodrilus devriesiorum* Zicsi, 1990: 152.

105. Onoreodrilus festae (Cognetti, 1904)

- *Aptodrilus festae* Cognetti, 1904: 15.

- *Onoreodrilus festae*: Zicsi 1988: 59, 1990: 150.

106. Onoreodrilus loksai Zicsi, 1988

- *Onoreodrilus loksai* Zicsi, 1988: 61.

- *Onoreodrilus loksai*: Zicsi 1990: 154.

Remarks: The members of this genus are small dark-green iridescent worms that display fast jumping movements when disturbed. They are epigeic species occurring in the Andean region of central and northern Ecuador.

Periscolex Cognetti, 1905

Periscolex Cognetti, 1905: 4.

Periscolex: Zicsi 1989b: 20, 1992: 212.

107. Periscolex ecuadoriensis Zicsi, 1992

- *Periscolex ecuadoriensis* Zicsi, 1992: 214.

108. Periscolex profugus (Cognetti, 1904)

- *Diporochoaeta profuga* Cognetti, 1904: 4.

- *Periscolex profugus*: Cognetti 1906: 156.

- *Periscolex profugus*: Zicsi 1989: 20, 1992: 212.

Remarks: These small epigeic species are the smallest Glossoscolecoid worms in Ecuador. Because of their small size the *Periscolex* species might frequently be overlooked.

Pontoscolex Schmarda, 1861

Pontoscolex Schmarda, 1861: 11.

Pontoscolex: Beddard 1895: 653.

Pontoscolex: Michaelsen 1900: 424, 1918: 233.

Pontoscolex: Righi, 1984: 160 emend.

Pontoscolex: Zicsi 2002: 120.

109. Pontoscolex (Pontoscolex) corethrurus (Müller, 1857)

- *Lumbricus corethrurus* Müller, 1857: 113.

- *Pontoscolex corethrurus*: Cognetti 1904: 5.

- *Pontoscolex corethrurus*: Cognetti 1906: 170.

- *Pontoscolex corethrurus*: Michaelsen 1918: 234.

- *Pontoscolex corethrurus*: Righi 1984: 163.

- *Pontoscolex corethrurus*: Zicsi & Csuzdi 1987: 274, 1988: 217.

- *Pontoscolex corethrurus*: Zicsi 1995: 602, 2002: 120.

Remarks: This peregrine species was first reported from three localities in Ecuador by Cognetti (1904), from Festa's collection. Almost one hundred years later, it was collected frequently under 1100 m a.s.l., but mostly common in agricultural soils. As these sites were not chosen preferentially for sampling, its distribution is presumed to be much wider than that shown in Figure 8.6.

Righiodrilus Zicsi, 1995

Righiodrilus Zicsi, 1995: 105.

110. Righiodrilus tico (Righi, 1982)

- *Glossodrilus tico* Righi, 1982: 62

- *Righiodrilus tico*: Zicsi 1995: 105.

Remarks: This is the only species of this Brazilian genus occurring also in Ecuador.

Zongodrilus Righi, 1995

Zongodrilus Righi, 1995: 534.

111. Zongodrilus multipapillatus Zicsi, 2002

- *Zongodrilus multipapillatus* Zicsi, 2002: 114.

Family OCNERODRILIDAE Beddard, 1891

Ocnerodrilus Eisen, 1878

Ocnerodrilus Eisen, 1878: 1

112. Ocnerodrilus andinus Righi, 1981

- *Ocnerodrilus andinus* Righi, 1981: 242

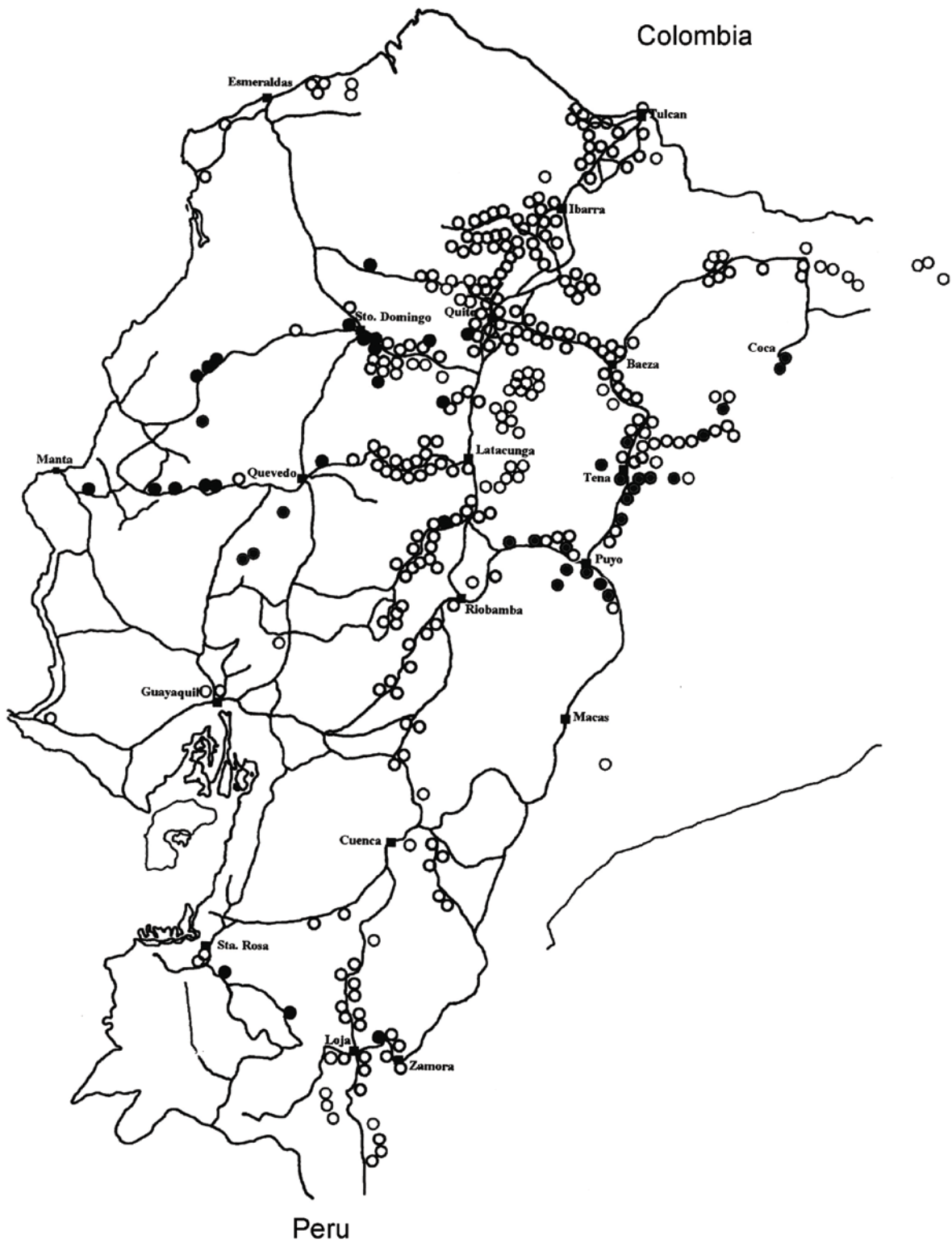


Figure 8.6. Distribution of the peregrine glossoscolecoid species *Pontoscolex corethrurus* in Ecuador. The circles represent all collection localities in Ecuador. Closed circles are sites where *P. corethrurus* was found.

Quechuona Gates, 1941

Quechuona Gates, 1941: 497

113. *Quechuona kixo* Righi, 1981

- *Quechuona kixo* Righi, 1981: 238

***Xibaro* Righi, 1981**

Xibaro Righi, 1981: 241.

Xibaro: Zicsi 1997: 176.

114. *Xibaro asmolei* Righi, 1981

- *Xibaro asmolei* Righi, 1981: 201.

115. *Xibaro medioporus* Zicsi & Csuzdi, 2002

- *Xibaro medioporus* Zicsi & Csuzdi, 2002: 125.

Family LUMBRICIDAE Rafinesque-Schmaltz, 1815***Aporrectodea* Örley, 1885**

Aporrectodea Örley, 1885: 22.

Allolobophora (part.): Pop 1941: 518.

Nicodrilus Bouché, 1972: 315.

Aporrectodea Easton 1983: 476-477.

Aporrectodea Csuzdi & Zicsi 2003: 73.

116. *Aporrectodea caliginosa* (Savigny, 1826)

- *Enterion caliginosum* Savigny, 1826: 180.

- *Allolobophora caliginosa trapezoides*: Cognetti 1904: 18.

- *Allolobophora caliginosa trapezoides*: Zicsi & Csuzdi 1988: 217.

117. *Aporrectodea rosea* (Savigny, 1826)

- *Enterion roseum* Savigny, 1826: 182.

- *Allolobophora rosea*: Zicsi & Csuzdi 1988: 217.

***Dendrobaena* Eisen, 1874**

Dendrobaena Eisen, 1874: 53.

Helodrilus (*Dendrobaena*) (part.) Michaelsen 1900: 488.

Dendrobaena (part.) Pop 1941: 518.

Dendrobaena Easton 1983: 478-479.

118. *Dendrobaena octaedra* (Savigny, 1826)

- *Enterion octaedrum* Savigny, 1826: 183.

- *Dendrobaena octaedra*: Zicsi & Csuzdi 1988: 217.

***Dendrodrilus* Omodeo, 1956**

Dendrobaena (*Dendrodrilus*) Omodeo, 1956: 175.

Dendrodrilus Easton 1983: 479.

119. *Dendrodrilus rubidus rubidus* (Savigny, 1826)

- *Enterion rubidum* Savigny, 1826: 182.

120. *Dendrodrilus rubidus subrubicundus* (Eisen, 1873)

- *Allolobophora subrubicunda* Eisen, 1873: 51.

***Eisenia* Malm, 1887**

Eisenia Malm, 1877: 45.

Eisenia (part.) Pop 1941: 518.

Eisenia Easton 1983: 480.

121. *Eisenia fetida* (Savigny, 1826)

- *Enterion fetidum* Savigny, 1826: 182.

- *Eisenia fetida*: Zicsi & Csuzdi 1988: 217.

***Eiseniella* Michaelsen, 1900**

Eiseniella Michaelsen, 1900: 471.

Eiseniella Perel 1979: 226.

122. *Eiseniella tetraedra tetraedra* (Savigny, 1826)

- *Enterion tetraedrum* Savigny, 1826: 184.

- *Eiseniella tetraedra tetraedra*: Zicsi & Csuzdi 1988: 217.

***Octolasion* Örley, 1885**

Octolasion Örley, 1885: 13.

Octolasion (part.) Michaelsen 1900: 504.

Octolasion (*Octolasion*) Omodeo 1956: 175.

Octolasion Gates 1975: 4.

123. *Octolasion cyaneum* (Savigny, 1826)

- *Enterion cyaneum* Savigny, 1826: 181.

124. *Octolasion lacteum* (Örley, 1881)

- *Lumbricus terrestris* var. *lacteus* Örley, 1881: 584.

Remarks: There are 9 species (or subspecies) of this holarctic family present in Ecuador, with four new records among them (Figure 8.7).

Family MEGASCOLECIDAE Rosa, 1891***Amyntas* Kinberg, 1867**

Amyntas Kinberg, 1867: 97.

125. *Amyntas corticis* (Kinberg, 1867)

- *Perichaeta corticis* Kinberg, 1867: 97.

- *Amyntas corticis*: Zicsi & Csuzdi 1988: 218.

126. *Amyntas gracilis* (Kinberg, 1867)

- *Nitocris gracilis* Kinberg, 1867: 102.

- *Amyntas gracilis*: Easton 1982: 728.

127. *Amyntas morrisi* (Beddard, 1892)

- *Perichaeta morrisi* Beddard, 1892: 166.

- *Amyntas morrisi*: Zicsi & Csuzdi 1988: 218.

Remarks: Unfortunately only a part of these peregrine species has been identified from the author's collections so the exact distribution of this group cannot yet be mapped.

Family ACANTHODRILIDAE Claus, 1880***Microscolex* Rosa, 1887**

Microscolex Rosa, 1887: 1.

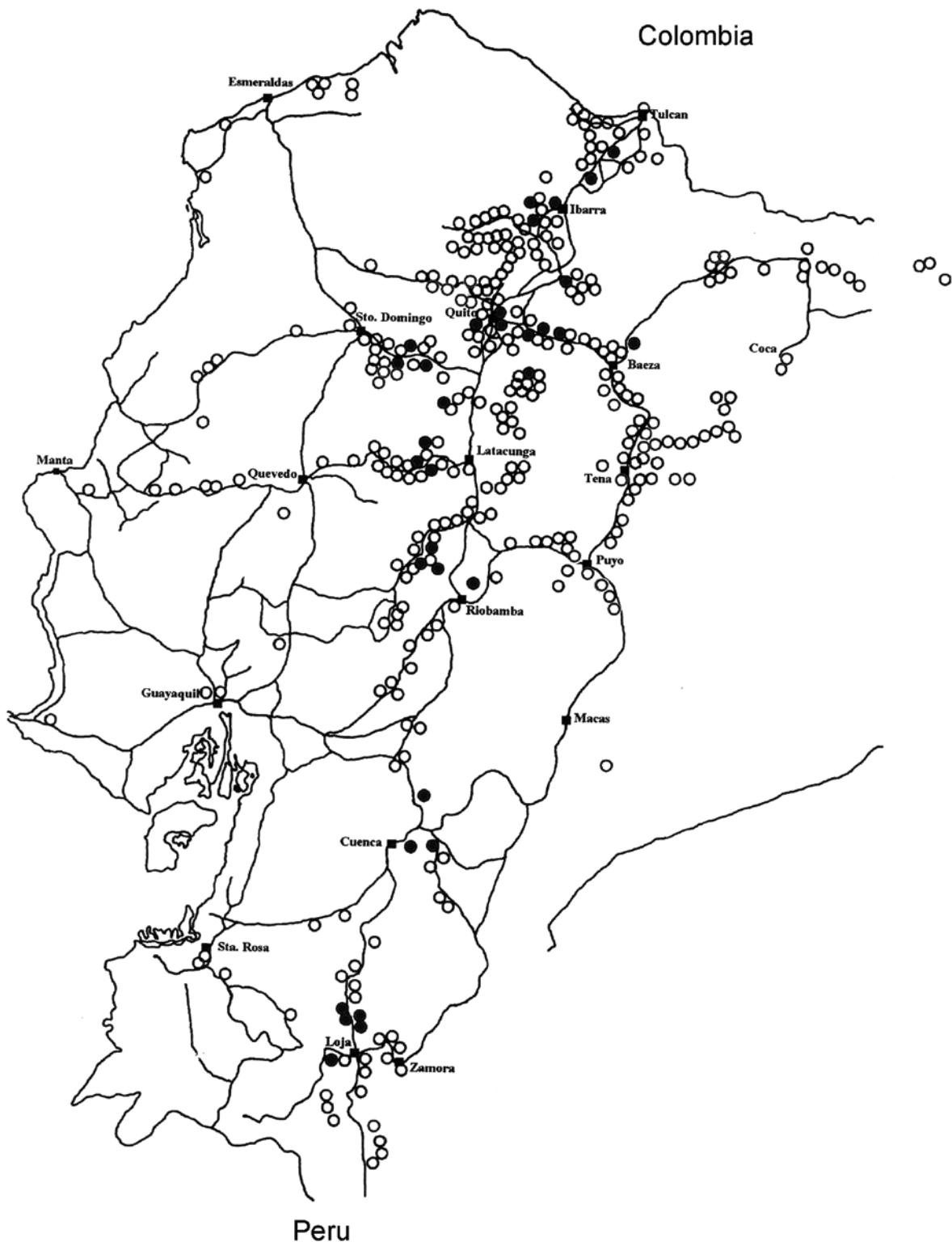


Figure 8.7. Distribution of peregrine lumbricid species in Ecuador. The circles represent all collection localities in Ecuador. Closed circles are sites where lumbricid worms were found.

Microscolex: Michaelsen 1900: 139.

Microscolex: Cognetti 1904: 4.

128. *Microscolex phosphoreus* (Dugès, 1837)

- *Lumbricus phosphoreus* Dugès, 1837: 17.
- *Microscolex modestus* Rosa, 1887: 1.
- *Microscolex phosphoreus*: Michaelsen 1900: 141.
- *Microscolex phosphoreus*: Cognetti 1904: 4.

***Dichogaster* Beddard, 1888**

Dichogaster Beddard, 1888: 251 part.

Benhamia: Michaelsen 1889: 6 part.

Dichogaster: Omodeo 1955: 224 part.

Dichogaster: Csuzdi 1996: 353.

***Dichogaster (Diplothecondrilus)* Csuzdi, 1996**

Dichogaster: Beddard, 1888: 251 part.

Dichogaster: Michaelsen 1900: 334 part.

Dichogaster: Omodeo 1955: 224 part.

Dichogaster (Diplothecondrilus): Csuzdi 1996: 353.

129. *Dichogaster (Diplothecondrilus) affinis* (Michaelsen, 1890)

- *Benhamia affinis* Michaelsen, 1890: 9.
- *Dichogaster affinis*: Michaelsen 1900: 345.
- *Dichogaster affinis*: Csuzdi & Zicsi 1991: 191.
- *Dichogaster (Diplothecondrilus) affinis*: Csuzdi 1995: 112.

130. *Dichogaster (Diplothecondrilus) andina* Cognetti, 1904

- *Dichogaster andina* Cognetti, 1904: 4.
- *Dichogaster andina evae*: Righi, Ayres & Bittencourt 1978: 39.
- *Dichogaster andina*: Csuzdi & Zicsi 1991: 190
- *Dichogaster (Diplothecondrilus) andina*: Csuzdi 1995: 112.

131. *Dichogaster (Diplothecondrilus) annae* (Horst, 1893)

- *Benhamia annae* Horst, 1893: 32.
- *Dichogaster silvestris cacaois* Righi, 1968: 376.
- *Dichogaster servi* Righi & Ayres, 1975: 311.
- *Dichogaster annae*: Csuzdi & Zicsi 1989: 135.
- *Dichogaster annae*: Csuzdi & Zicsi 1991: 149.
- *Dichogaster (Diplothecondrilus) annae*: Csuzdi 1995: 112.

132. *Dichogaster (Diplothecondrilus) bolau* (Michaelsen, 1891)

- *Benhamia bolau* Michaelsen, 1891: 9.
- *Dichogaster bolau*: Michaelsen 1900: 340.

- *Dichogaster bolau*: Csuzdi & Zicsi 1989: 137

- *Dichogaster bolau*: Csuzdi & Zicsi 1991: 190

- *Dichogaster (Diplothecondrilus) bolau*: Csuzdi 1995: 112.

133. *Dichogaster (Diplothecondrilus) gracilis* (Michaelsen, 1892)

- *Benhamia gracilis* Michaelsen, 1892: 258.
- *Benhamia pallida* Michaelsen, 1892: 258.
- *Dichogaster gracilis* var. *metandra*: Omodeo 1973: 25.
- *Dichogaster gracilis*: Csuzdi & Zicsi 1991: 191.
- *Dichogaster (Diplothecondrilus) gracilis*: Csuzdi 1995: 113.

134. *Dichogaster (Diplothecondrilus) ibaia* Righi, Ayres & Bittencourt, 1978

- *Dichogaster ibaia* Righi, Ayres & Bittencourt, 1978: 42.
- *Dichogaster ibaia*: Csuzdi & Zicsi 1991: 191.
- *Dichogaster (Diplothecondrilus) ibaia*: Csuzdi 1995: 113.

135. *Dichogaster (Diplothecondrilus) modiglianii* (Rosa, 1896)

- *Benhamia modiglianii* Rosa, 1896: 510.
- *Benhamia nana* Eisen, 1896: 127.
- *Benhamia papillata* Eisen, 1896: 135
- *Dichogaster modiglianii*: Csuzdi & Zicsi 1989: 140.
- *Dichogaster modiglianii*: Csuzdi & Zicsi 1991: 191.
- *Dichogaster (Diplothecondrilus) modiglianii*: Csuzdi 1995: 114.

136. *Dichogaster (Diplothecondrilus) saliens* (Beddard, 1893)

- *Microdrilus saliens* Beddard, 1893: 683.
- *Dichogaster saliens*: Gates 1982: 69
- *Dichogaster saliens*: Csuzdi & Zicsi 1991: 191
- *Dichogaster (Diplothecondrilus) saliens*: Csuzdi 1995: 114.

***Eutrigaster (Graffia)* Csuzdi & Zicsi, 1991**

Dichogaster Beddard, 1888: 251 part.

Dichogaster: Michaelsen 1900: 334 part.

Eutrigaster (Graffia): Csuzdi & Zicsi 1991: 182.

Eutrigaster (Graffia): Csuzdi 1996: 359.

137. *Eutrigaster (Graffia) sporadonephra* (Cognetti, 1905)

- *Dichogaster sporadonephra* Cognetti, 1905: 2.
- *Dichogaster sporadonephra*: Csuzdi & Zicsi 1991: 191.
- *Eutrigaster (Graffia) sporadonephra*: Csuzdi 1995: 115.

Pickfordia Omodeo, 1958*Pickfordia* Omodeo, 1958: 29.*Pickfordia*: Csuzdi 1993: 67.**Pickfordia (Omodeoscolex) Csuzdi, 1993***Pickfordia (Omodeoscolex)* Csuzdi, 1993: 67.*Pickfordia (Omodeoscolex)*: Csuzdi 1996: 363.**138. *Pickfordia (Omodeoscolex) divergens divergens* (Cognetti, 1905)**- *Notiodrilus divergens* Cognetti, 1905: 2.- *Neogaster divergens*: Omodeo 1958: 24.- *Wegeneriella divergens*: Jamieson 1974: 77.- *Wegeneriella divergens itapecu*: Righi, Ayres & Bittencourt 1978: 34- *Pickfordia (Omodeoscolex) divergens divergens*: Csuzdi 1993: 67.- *Pickfordia (Omodeoscolex) divergens divergens*: Csuzdi 1995: 117.***Wegeneriona* Černosvitov, 1939***Wegeneriona* Černosvitov, 1939: 116.*Wegeneriona*: Righi & Caballero 1970:*Wegeneriona*: Csuzdi 1993: 67.*Wegeneriona*: Csuzdi 1996: 364.**139. *Wegeneriona cernosvitovi* Righi & Caballero, 1970**- *Wegeneriona cernosvitovi* Righi & Caballero, 1970: 92.- *Wegeneriona cernosvitovi*: Csuzdi 1993: 68.- *Wegeneriona cernosvitovi*: Csuzdi 1995: 117.**Conclusions**

The earthworm fauna of Ecuador is very rich and composed of highly endemic species. Of the 139 known species, only 24 are peregrine, of which 18 are exotics (Table 8.1). The peregrine species are dominant in pastures and plantations, but undisturbed remote areas remain almost untouched by these introduced exotics.

However, collections so far have focused mostly on the Andes mountain range and only

Table 8.1. Generic and species diversity of native and exotic earthworms in Ecuador.

Family	Genus	Autochthonous/Native	Peregrine/Exotic
Glossoscolecidae	<i>Andiodrilus</i>	3	0
	<i>Aptodrilus</i>	11	0
	<i>Botarodrilus</i>	1	0
	<i>Glossodrilus</i>	26	0
	<i>Hexachyloscolex</i>	1	0
	<i>Holoscolex</i>	1	0
	<i>Langioscolex</i>	1	0
	<i>Martiodrilus</i>	57	0
	<i>Onoreodrilus</i>	5	0
	<i>Periscolex</i>	1	1
	<i>Pontoscolex</i>	0	1
	<i>Righiodrilus</i>	1	0
	<i>Zongodrilus</i>	1	0
Ocnerodrilidae	<i>Ocnerodrilus</i>	1	0
	<i>Quechuona</i>	1	0
	<i>Xibaro</i>	2	0
Megascolecidae	<i>Amyntas</i>	0	3
Acanthodrilidae	<i>Microscolex</i>	0	1
	<i>Dichogaster</i>	1	7
	<i>Eutrigaster</i>	0	1
	<i>Pickfordia</i>	0	1
	<i>Wegeneriona</i>	1	0
Lumbricidae		0	9
Total		115	24

scattered samples have been taken in the lowland areas, including the Amazon. It is likely, therefore, that many undescribed species, especially in the Oriente Province, still remain as of yet undiscovered. Further sampling efforts should focus on these areas to reach a better understanding of the Ecuadorian earthworm fauna.

References

- BEDDARD, F. E. On certain points in the structure of *Urochaeta*, E.P., and *Dichogaster*, nov. gen., with further remarks on the nephridia of earthworms. **Quarterly Journal of Microscopical Science**, v. 29, p. 235-282, 1888.
- BEDDARD, F. E. On some species of the genus *Perichaeta* (sensu stricto). **Proceedings of the Zoological Society of London**, p. 153-172, 1892a.
- BEDDARD, F. E. The earthworms of the Vienna Museum. **Annals and Magazine of Natural History**, v. 9, p. 113-134, 1892b.
- BEDDARD, F. E. On some new species of earthworms from various parts of the world. **Proceedings of the Zoological Society of London**, p. 666-706, 1893.
- BEDDARD, F. E. **A monograph of the order of Oligochaeta**. Oxford: Calderon press, 1895. p. 769.
- BENHAM, W. B. An attempt to classify earthworms. **Quarterly Journal of Microscopical Science**, v. 31, p. 201-315, 1890.
- BENHAM, W. B. An earthworm from Ecuador (*Rhinodrilus ecuadoriensis*). **Annals and Magazine of Natural History**, v. 9, p. 237-246, 1892.
- ČERNOSVITOV, L. The Percy Sladen Trust Expedition to Lake Titicaca in 1937 VI. Oligochaeta. **Transactions of the Linnean Society London**, v. 3, n. 1, p. 81-116, 1939.
- COGNETTI DE MARTIIS, L. Oligocheti dell'Ecuador. **Bollettino dei Musei di Zoologia ed Anatomia Comparata della Reale Università di Torino**, v. 19, n. 474, p. 1-18, 1904.
- COGNETTI DE MARTIIS, L. Gli Oligocheti della regione neotropica I. **Memoire della Reale Accademia delle Scienze di Torino**, 55: 1-72, 1905.
- COGNETTI DE MARTIIS, L. Gli Oligocheti della regione neotropica II. **Memoire della Reale Accademia delle Scienze di Torino**, v. 56, p. 147-262, 1906.
- CORDERO, E. H. Oligoquetos Sudamericanos de la Familia Glossoscolecidae VI. – Los generos de la subfamilia Glossoscolecinae, sus probables relaciones filéticas y su distribución geografica actual. **Comunicaciones Zoológicas del Museo de Historia Natural de Montevideo**, v. 1, n. 22, p. 1-28, 1945.
- CSUZDI, Cs. Über die taxonomischen Probleme einiger amphiatlantischer Regenwurm-Gattungen (Oligochaeta, Octochaetidae). Regenwürmer aus Südamerika 18. **Acta Zoologica Hungarica**, v. 39, n. 1-4, p. 61-69, 1993.
- CSUZDI, Cs. A catalogue of Benhamiinae species (Oligochaeta: Acanthodrilidae). **Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien**, v. 97B, p. 99-123, 1993.
- CSUZDI, Cs. Revision der Unterfamilie Benhamiinae Michaelsen, 1897 (Oligochaeta: Acanthodrilidae). **Mitteilungen aus dem Zoologischen Museum Berlin**, v. 72, p. 347-367, 1996.
- CSUZDI, CS.; ZICSI, A. Neue *Dichogaster*-Arten aus der Kongo-Region (Oligochaeta: Octochaetidae). **Mitteilungen aus dem Hamburgischen Zoologischen Museum und Institut**, v. 86, p. 133-152, 1989.
- CSUZDI, CS.; ZICSI, A. Über die Verbreitung neuer und bekannter *Dichogaster* und *Eutrigaster* Arten aus Mittel- und Südamerika (Oligochaeta: Octochaetidae). Regenwürmer aus Südamerika 15. **Acta Zoologica Hungarica**, v. 37, n. 3-4, p. 177-192, 1991.
- DUGES, A. Nouvelles observations sur la zoologie et l'anatomie des Annélides sétigères abranchés. **Annales des Sciences Naturelles**, Paris, v. 8: 15-35, 1837. ser. Zoologie.
- EASTON, E. G. Australian Pheretimoid earthworms (Megascolecidae: Oligochaeta): A synopsis with the description of a new genus and five new species. **Australian Journal of Zoology**, v. 30, p. 711-735, 1982.
- EISEN, G. Pacific Coast Oligochaeta. **Memoires of the California Academy of Sciences**, v. 2, n. 5, p. 123-198, 1896.
- GATES, G. E. Preoccupied names in the Oligochaeta. **Records of the Indian Museum**, v. 43, p. 497, 1941.
- GATES, G. E. On a glossoscolecoid earthworm from Panama and its genus. **Megadrilologica**, v. 1, n. 1, p. 1-15, 1968.
- GATES, G. E. Farewell to North American megadriles. **Megadrilologica**, v. 4, n. 1-2, p. 12-77, 1982.
- HORST, H. Earthworms from the Malay Archipelago. **Zoologische Ergebnisse einer Reise in Niederländisch Ost-Indien**, v. 3, p. 28-77, 1893.

- JAMIESON, B. G. M. Generic type-species and other Megascolecidae (Annelida, Oligochaeta) in the Museum of Systematic Zoology, University of Turin. **Bollettino dei Musei di Zoologia ed Anatomia comparata della Reale Università di Torino**, v. 8, p. 57-88, 1974.
- KINBERG, J. G. Annulata nova (Continuatio). **Öfversigt af Kongliga Vestenskaps-Akademiens Förhandlingar Stockholm**, v. 23, p. 97-103, 1867.
- MICHAELSEN, W. Oligochaeten des Naturhistorischen Museums in Hamburg I.-II. **Mitteilungen aus dem Naturhistorischen Museum in Hamburg**, v. 6, n. 2, p. 3-16, 1889.
- MICHAELSEN, W. Oligochaeten des Naturhistorischen Museums in Hamburg IV. **Jahrbuch der Hamburgischen Wissenschaftlichen Anstalten**, v. 8, p. 1-42, 1891.
- MICHAELSEN, W. Terricolen der Berliner Zoologischen Sammlung II. **Archiv für Naturgeschichte**, v. 1, n. 3, p. 209-261, 1892.
- MICHAELSEN, W. Zur Kenntnis der Oligochaeten. **Abhandlungen aus dem Gebiete der Naturwissenschaften, Herausgegeben vom Naturwissenschaftlichen Verein Hamburg**, v. 13, p. 1-37, 1895.
- MICHAELSEN, W. Oligochaeta. **Das Tierreich**, v. 10, p. 1-575, 1900a.
- MICHAELSEN, W. Die Terricolen-Fauna Columbiens. **Archiv für Naturgeschichte**, v. 1, p. 231-266, 1900b.
- MICHAELSEN, W. Zur Kenntnis der Geoscoleciden Südamerikas. **Zoologischer Anzeiger**, v. 23, p. 53-56, 1900c.
- MICHAELSEN, W. Neue Oligochaeten und neue Fundorte alt-bekannter. **Mitteilungen aus dem Naturhistorischen Museum in Hamburg**, v. 19, p. 3-53, 1902.
- MICHAELSEN, W. Oligochaeten von verschiedenen Gebieten. **Mitteilungen aus dem Naturhistorischen Museum in Hamburg**, v. 27, v. 47-169, 1910a.
- MICHAELSEN, W. Sur quelques Oligochètes de l'Équateur. **Mission de l'Arc Méridien en Amérique du Sud Paris**, v. 9, p. 127-138, 1910b.
- MICHAELSEN, W. Die Oligochaeten Columbias. **Memoires de la Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles**, v. 5, p. 202-252, 1913.
- MICHAELSEN, W. Die Lumbriciden, mit besonderer Berücksichtigung der bisher als Familie Glossoscolecidae zusammengefassten Unterfamilien. **Zoologische Jahrbücher Abteilung für Systematik, Ökologie und Geographie der Tiere**, v. 41, p. 1-398, 1918.
- MICHAELSEN, W. Die Oligochätenfauna Brasiliens. **Abhandlungen herausgegeben von der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft**, v. 40, n. 3, p. 369-374, 1927.
- MICHAELSEN, W. On the genus *Thamnodrilus* Beddard. **Proceedings of the Zoological Society of London**, p. 1171-1173, 1936.
- MÜLLER, F. *Lumbricus corethrurus*, Bürstenschwanz. **Archiv für Naturgeschichte**, v. 23, p. 113-116, 1857.
- OMODEO, P. Eudrilinae e Octochaetinae della Costa d'Avorio (Oligochaeta). **Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona**, v. 4, p. 213-229, 1955.
- OMODEO, P. La réserve naturelle intégrale du Mont Nimba. I. Oligochètes. **Memoire de l'Institut Français de l'Afrique Noire**, v. 53, p. 9-109, 1958.
- OMODEO, P. Oligochètes de l'Angola. **Publicações Culturais da Companhia de Diamantes de Angola**, v. 87, p. 13-58, 1973.
- PICKFORD, G. E. An account of the anatomy of a giant earthworm from Ecuador. **Turtox News**, v. 18, n. 7, p. 14-20, 1940.
- RIGHI, G. Sobre alguns Oligochaeta do Brasil. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 28, n. 4, p. 369-382, 1968.
- RIGHI, G. Sobre a família Glossoscolecidae (Oligochaeta) no Brasil. **Arquivos de Zoologia**, v. 20, n. 1, p. 1-95, 1971.
- RIGHI, G. Some Oligochaeta from the Brazilian Amazonia. **Studies on the Neotropical Fauna**, v. 10, p. 77-96, 1975.
- RIGHI, G. Alguns Oligochaeta cavernícolas do Equador. **Papéis Avulsos de Zoologia**, v. 34, n. 22, p. 235-249, 1981.
- RIGHI, G. Adições ao gênero *Glossodrilus* (Oligochaeta, Glossoscolecidae). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 1, n. 1, p. 55-64, 1982.
- RIGHI, G. On some earthworms (Oligochaeta, Glossoscolecidae) from the Sierra Nevada de Santa Marta (Colombia). In: VAN DER HAMMEN, T.; RUIZ, P. M. (Ed.). **Studies on Tropical Andean ecosystems**. Berlin: Cramer, 1984a. p. 455-468 n. 2.
- RIGHI, G. *Pontoscolex* (Oligochaeta, Glossoscolecidae) a new evaluation. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 19, n. 3, p. 159-177, 1984b.
- RIGHI, G. Colombian earthworms. In: VAN DER HAMMEN, T.; SANTOS, A. G. dos. (Ed.). **Studies on Tropical Andean ecosystems**. Berlin: Cramer, 1995. p. 485-607, n. 4

- RIGHI, G.; AYRES, I. Alguns Oligochaeta sul brasileiros. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 35, n. 2, p. 309-316, 1975.
- RIGHI, G.; AYRES, I.; BITTENCOURT, E. C. R. Oligochaeta (Annelida) do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazonia. **Acta Amazonica**, v. 8, n. 3, p. 1-49, 1978.
- RIGHI, G.; CABALLERO, M. E. S. Duas novas espécies brasileiras dos gêneros *Wegeneriona* e *Neogaster* (Oligochaeta, Octochaetidae). **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 30, p. 91-96, 1970.
- RIGHI, G.; RÖMBKE, J. Alguns Oligochaeta da Bolívia e do Peru. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 47, n. 4, p. 523-533, 1987.
- ROSA, D. Sui generi *Pontodrilus*, *Microscolex* e *Photodrilus*. **Bollettino dei Musei di Zoologia ed Anatomia Comparata della R. Università di Torino**, v. 3, n. 39, p. 1-4, 1887.
- ROSA, D. Die exotischen Terricolen des K.K. Naturhistorischen Hofmuseums. **Annalen des K.K. Naturhistorischen Hofmuseums**, v. 6, p. 379-406, 1891.
- ROSA, D. I lombrichi del Museo di Storia Naturale di Madrid. **Anales de la Sociedad Española de Historia Natural**, Madrid, v. 4, n. 2, p. 151-157, 1895a.
- ROSA, D. Contributa allo studio dei terricoli neotropicali. **Memoire della Reale Academia delle Scienze di Torino**, v. 45, n. 2, p. 89-152, 1895b. (Serie 2).
- ROSA, D. I lombrichi raccolti a Sumatra dal dott. Elio Modigliani. **Annali del Museo Civico di Storia Naturale di Genova**, v. 36, p. 502-532, 1896.
- SCHMARDA, L. K. **Neue wirbellose Tiere, beobachtet und gesammelt auf einer Reise um die Erde, 1853-1857**. Leipzig. v. 1, n. 2, p. 7-14, 1861.
- SIMS, R. W.; EASTON, E. G. A numerical revision of the earthworm genus *Pheretima* auct. (Megascolecidae: Oligochaeta) with the recognition of new genera and an appendix on the earthworms collected by the Royal Society North Borneo Expedition. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 4, n. 3, p. 169-268, 1972.
- ZICSI, A. Weitere neue und bekannte *Martiodrilus*-Arten aus Ekuador und Kolumbien (Oligochaeta: Glossoscolecidae). Regenwürmer aus Südamerika, 7. **Acta Zoologica Hungarica**, v. 34: p. 435-446, 1988a.
- ZICSI, A. Über eine neue Regenwurm-Gattung aus Ekuador (Oligochaeta: Glossoscolecidae). Regenwürmer aus Südamerika, 1. **Acta Zoologica Hungarica**, 1988b, v. 34: 55-63, 1988b.
- ZICSI, A. Beiträge zur Kenntnis einiger *Martiodrilus*-Arten aus Ekuador (Oligochaeta: Glossoscolecidae). Regenwürmer aus Südamerika 6. **Revue Suisse de Zoologie**, v. 95: p. 953-959, 1988c.
- ZICSI, A. Neue *Glossodrilus* Arten aus Ekuador (Oligochaeta, Glossoscolecidae). Regenwürmer aus Südamerika 1. **Acta Zoologica Hungarica**, v. 34, p. 313-320, 1988d.
- ZICSI, A. Neue *Andiodrilus*-Arten aus Kolumbien (Oligochaeta: Glossoscolecidae). Regenwürmer aus Südamerika 5. **Revue Suisse de Zoologie**, v. 95, p. 715-722, 1988e.
- ZICSI, A. Über drei neue *Andiodrilus*-Arten aus Ekuador (Oligochaeta: Glossoscolecidae). Regenwürmer aus Südamerika 12. **Revue Suisse de Zoologie**, v. 96, p. 771-777, 1989a.
- ZICSI, A. Über zwei *Periscolex*-Arten aus dem Andengebiet Kolumbiens und Ekuadors (Oligochaeta: Glossoscolecidae) Regenwürmer aus Südamerika 10. **Revue Suisse de Zoologie**, v. 96, p. 19-24, 1989b.
- ZICSI, A. Weitere neue *Glossodrilus*-Arten aus Ekuador (Oligochaeta: Glossoscolecidae) Regenwürmer aus Südamerika 9. **Acta Zoologica Hungarica**, v. 35, p. 165-190, 1989c.
- ZICSI, A. Weitere neue und bekannte *Onoreodrilus*-Arten aus Ekuador (Oligochaeta: Glossoscolecidae). Regenwürmer aus Südamerika 14. **Mitteilungen aus dem Hamburgischen Zoologischen Museum und Institut**, v. 87, p. 149-155, 1990a.
- ZICSI, A. Über neue Riesenregenwürmer und andere *Martiodrilus*-Arten aus Ekuador (Oligochaeta: Glossoscolecidae). Regenwürmer aus Südamerika, 8. **Acta Zoologica Hungarica**, v. 36, p. 367-380, 1990b.
- ZICSI, A. Über weitere neue und bekannte Arten der Gattung *Periscolex* (Oligochaeta: Glossoscolecidae). Regenwürmer aus Südamerika, 16. **Revue Suisse de Zoologie**, v. 99, p. 211-217, 1992.
- ZICSI, A. Revision der Gattung *Andiodrilus* Michaelsen, 1900 (Oligochaeta: Glossoscolecidae). Regenwürmer aus Südamerika 17. **Acta Zoologica Hungarica**, v. 39: 311-342, 1993.
- ZICSI, A. Regenwürmer aus Bolivien (Oligochaeta). Regenwürmer aus Südamerika, 23. **Revue Suisse de Zoologie**, v. 102, p. 585-608, 1995a.
- ZICSI, A. Revision der Gattung *Glossodrilus* Cognetti, 1905 auf Grund der Arten aus dem Andengebiet (Oligochaeta: Glossoscolecidae). Regenwürmer aus Südamerika, 25. **Opuscula Zoologica Budapest**, v. 27/28, p. 79-116, 1995b.
- ZICSI, A. Revision der Gattung *Aptodrilus* Cognetti, 1904. Regenwürmer aus Südamerika

27. **Opuscula Zoologica Budapest**, v. 29/90, p. 155-170, 1997.
- ZICSI, A. Revision weiterer *Martiodrilus*-Arten (Oligochaeta: Glossoscolecidae) Regenwürmer aus Südamerika 30. **Opuscula Zoologica Budapest**, v. 31, p. 149-164, 1998.
- ZICSI, A. Die Untergattung *Martiodrilus* (*Martiodrilus* Michaelsen, 1936) (Oligochaeta: Glossoscolecidae). Regenwürmer aus Südamerika, 29. **Opuscula Zoologica Budapest**, v. 32, p. 139-167, 2000.
- ZICSI, A. Revision der Untergattung *Martiodrilus* (*Maipure* Righi, 1995) (Oligochaeta: Glossoscolecidae). Regenwürmer aus Südamerika 33. **Opuscula Zoologica Budapest**, v. 33, p. 113-131, 2001.
- ZICSI, A. Eine neue Art der Gattung *Zongodrilus*, Righi, 1995 sowie weitere arten der familie Glossoscolecidae (Oligochaeta) aus Ekuador. Regenwürmer aus Südamerika 37. **Opuscula Zoologica Budapest**, v. 34, p. 113-123, 2002.
- ZICSI, A.; CSUZDI, Cs. Neue und bekannte Glossoscoleciden-Arten aus Südamerika 2. (Oligochaeta: Glossoscolecidae). **Acta Zoologica Hungarica**, v. 33, p. 269-275, 1987.
- ZICSI, A.; CSUZDI, Cs. Über einige *Thamnodrilus*-Arten und andere Regenwürmer aus Ekuador (Oligochaeta: Glossoscolecidae, Lumbricidae, Megascolecidae). Regenwürmer aus Südamerika 3. **Opuscula Zoologica Budapest**, v. 23, p. 209-218, 1988.
- ZICSI, A.; CSUZDI, Cs. Über wietere Riesenregenwürmer aus Ekuador. Regenwürmer aus Südamerika, 28. (Oligochaeta). **Berichte des Naturwissenschaftlich-Medizinischen Vereins in Innsbruck**, v. 84, p. 81-103, 1997.
- ZICSI, A.; CSUZDI, Cs. *Hexachyloscolex* gen. et sp. n.– eine neue Regenwurm-gattung aus Ekuador (Oligochaeta: Glossoscolecidae). Regenwürmer aus Südamerika 31. **Berichte des Naturwissenschaftlich-Medizinischen Vereins in Innsbruck**, v. 86, p. 123-126, 1999a.
- ZICSI, A.; CSUZDI, Cs. Neue und bekannte Regenwürmer aus verschiedenen Teilen Südamerikas. Rgenwürmer aus Südamerika, 26. **Senckenbergiana Biologica**, v. 78: 123-134, 1999b.
- ZICSI, A.; CSUZDI, Cs. Über eine neue *Xibaro* Art aus Ekuador (Oligochaeta: Ocnerodrilidae). Regenwürmer aus Südamerika, 38. **Opuscula Zoologica Budapest**, v. 34, p. 125-127, 2002.
- ZICSI, A.; FEIJOO, A. Regenwürmer aus der Zentralkordillere Kolumbiens (Oligochaeta: Glossoscolecidae). Regenwürmer aus Südamerika, 21. **Mitteilungen aus dem Hamburgischen Zoologischen Museum und Institut**, v. 89, p. 55-62, 1994.
- ZICSI, A.; FEIJOO, A. Neue *Quimbaya*- und andere Regenwurmarten aus Kolumbien und Ekuador (Oligochaeta: Glossoscolecidae) Regenwürmer aus Südamerika 36. **Berichte des Naturwissenschaftlich-Medizinischen Vereins in Innsbruck**, v. 89, p. 111-121, 2002.
- ZICSI, A.; CSUZDI, CS.; FEIJOO, A. Neue und bekannte Riesenregenwürmer aus Kolumbien, Ekuador und Peru (Oligochaeta: Glossoscolecida) Regenwürmer aus Südamerika 35. **Revue Suisse de Zoologie**, v. 109, n. 4, p. 785-796, 2002.

Taxonomy and biogeography of Peruvian earthworms

Jörg Römcke

Abstract

Due to its large surface area and ecological heterogeneity a high number of earthworm species (mainly Glossoscolecidae) should be known from Peru. However, compared with neighbouring countries (Ecuador, Colombia, Brazil, Bolivia), the knowledge on these organisms in Peru is very limited. In total, only 30 species (50% native) belonging to 20 genera and five families have been found so far: 7 spp. of Lumbricidae, 4 spp. of Megascolecidae, 1 Ocneroдрilidae species, 4 spp. of Acanthodrilidae and 14 glossoscolecids. Most species have been collected only once. With the exception of the Glossoscolecidae (13 endemics), one native Acanthodrilid (*Yagansia peruana*) and possibly the peregrine species *Pontoscolex corethrurus*, nearly all of the species of the other families were probably introduced to Peru. The Lumbricidae probably came from Europe, the Megascolecidae from South-East Asia and the *Dichogaster* spp. from Africa. Nearly all descriptions were performed either between 1900 and 1935 (mainly by the German taxonomist Wilhelm Michaelsen) or between the mid-1980's until the mid-1990's by the Brazilian zoologist Gilberto Righi. Afterwards, little taxonomic work but several ecological studies were performed in Peru. Further sampling efforts should concentrate especially in areas where high endemism is combined with the danger of rapid ecosystem destruction, for instance, the lowland rain forests. In addition, more ecological studies are needed in order to understand the importance of earthworms in Peruvian soils.

Resumen

Debido a su gran área y heterogeneidad ecológica, Perú debería tener una alta diversidad de especies de lombrices de tierra, especialmente de la familia Glossoscolecidae. Sin embargo, en comparación con los países vecinos (Ecuador y Colombia), el conocimiento de estos organismos es muy limitado. A la fecha solamente 30 especies (50% nativas) pertenecientes a 20 géneros y cinco familias son conocidos de Perú: 7 spp. de Lumbricidae, 4 spp. de Megascolecidae, 1 sp. de Ocneroдрilidae, 4 spp. de Acanthodrilidae y 14 de Glossoscolecidae. La mayor parte de ellas ha sido colectada solamente una vez. Con la excepción de los glossoscolécidos (13 spp. endémicas), un acanthodrilido (*Yagansia peruana*) y posiblemente la especie peregrina *Pontoscolex corethrurus*, el resto de las demás especies fueron introducidas al Perú. Los lumbrícidos probablemente vinieron de Europa, los megascolecidos del sudeste asiático y los *Dichogaster* spp. de África. Casi todas las especies fueron descritas entre 1900 y 1935 (principalmente por el alemán Wilhelm Michaelsen) o en los años 80 y 90 por el zoólogo brasileño Gilberto Righi. Posteriormente poco trabajo taxonómico ha sido realizado en el país. Futuros muestreos deberán concentrarse especialmente en áreas con alto endemismo y amenaza de desmonte, v.g., la selva amazónica. Además, otros estudios ecológicos aún son necesarios para comprender mejor el papel e importancia de las lombrices de tierra en los suelos de los ecosistemas peruanos.

Introduction

Although earthworms of Peru have been studied since the beginning of the nineteenth century, current knowledge of their taxonomy and biogeography is extremely limited.



Considering the high geographical heterogeneity and assuming that the earthworm community is probably as taxonomically rich as in neighbouring countries such as Ecuador, Colombia, Brazil and Bolivia, it becomes clear that only a tiny fraction of this community has been described so far. On the other hand, in the Eastern lowlands of Peru (Amazonia) several of the very few ecological studies have been performed (see Pashanasi, 2007, chapter 10; Tapia-Coral et al., 2007, chapter 11). In this chapter, the earthworm species described or mentioned from Peru are listed and these findings are discussed, mainly referring to the relationship between endemic and peregrine species.

($n = 20$) species were only collected at one site. The genus with the highest number of species is the glossoscolecid *Martiodrilus* (five species), followed by the acanthodrilid *Dichogaster* with three species. The type material of another species supposedly from Peru (*Trigaster minima*) described by Friend (1911) is lost and Černosvitov (1942) considered it *species incerti generis*, since it was described from an immature individual, and may actually have only two gizzards (therefore belonging to the genus *Dichogaster*, more common in Peru).

Biogeographical regions of Peru

Biogeographically, Peru can roughly be divided into three regions: the Coastal semi-deserts (including some small fertile areas in river valleys) in the western part of the country, the Andean mountains (the eastern and western slopes as well as the Altiplano) in the central part, and the Amazon lowland in the East, close to the borders with Ecuador, Colombia and Brazil (Figure 9.1). Generally speaking, the mainly dry soils of the coastal region are not suitable for earthworms. The same is true for the Altiplano (particularly the high alpine areas). So, it is not astonishing that most of the earthworm samples have been taken along the Andean slopes (in particular those close to the capital Lima; i.e., in the provinces of Junin and Huanuco) and in the Amazon lowlands (provinces of Loreto and Ucayali).

Earthworm species found in Peru

In total, 30 species belonging to 20 genera and five families have been found in Peru so far: seven lumbricid species, four megascolecids, one ocnodrilid, four acanthodrilids and 14 glossoscolecids (Table 9.1). Only seven species were encountered more than once (23%) and most

Discussion

With the exception of the Glossoscolecidae, nearly all species in the other families were introduced into Peru by European settlers (i.e., peregrine species). In fact, 50% of all species found do not belong to the native fauna of Peru, and 14 species are from other continents, mainly Europe (Lumbricidae), South-East Asia (Megascolecidae) and Africa (Octochaetidae). Only one native species of the mainly

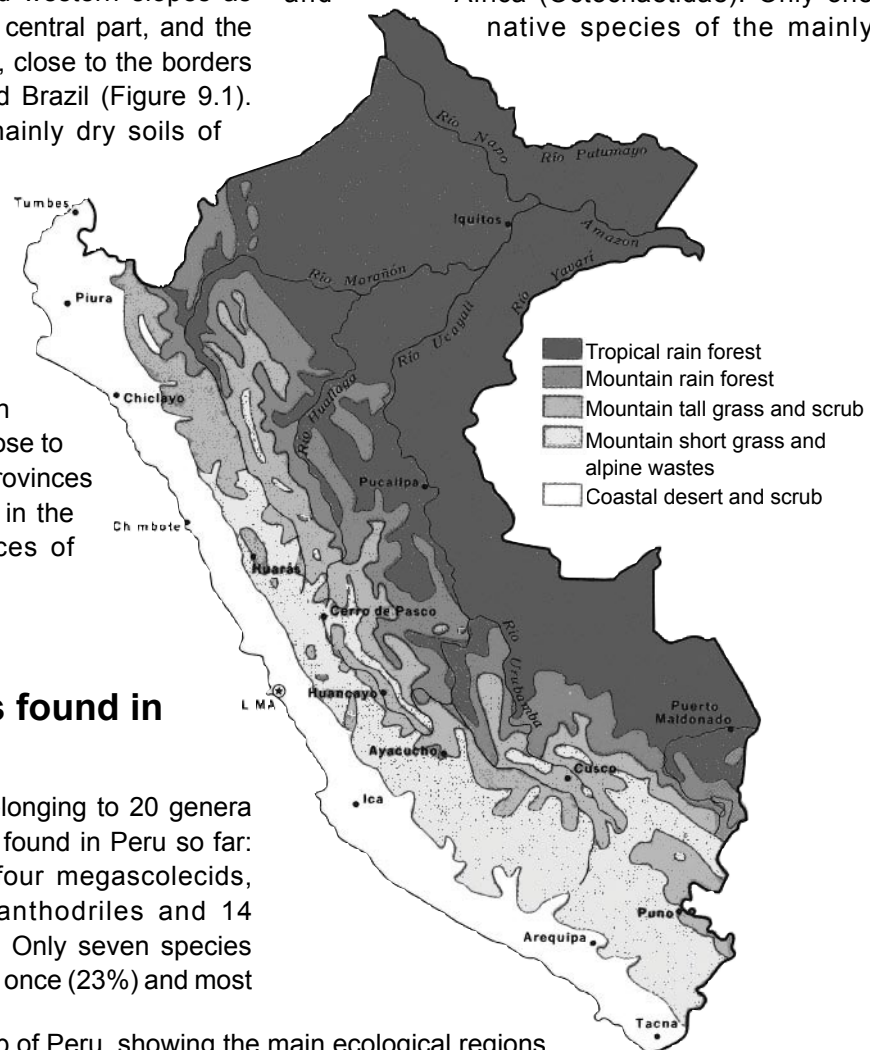


Figure 9.1. Map of Peru, showing the main ecological regions.

Table 9.1. List of earthworm species found in Peru (separated by families).

Family Genus & species	Site (Province) ¹	Author
Lumbricidae		
<i>Allobophora chlorotica</i> (Savigny, 1826)	Lake Titicaca, Cochabamba (Cochabamba)	Gates (1972), Černosvitov (1939)
<i>Aporrectodea caliginosa</i> (Savigny, 1826) ²	Cerro Atocongo (?), Chogosh (Huanuco), Lake Titicaca region	Michaelsen (1923, 1935), Černosvitov (1939)
<i>Aporrectodea rosea</i> (Savigny, 1826)	Huacapistana (Junin)	Michaelsen (1923)
<i>Dendrodrilus rubidus</i> (Savigny, 1826)	?	Michaelsen (1900)
<i>Eisenia fetida</i> (Savigny, 1826)	?	Michaelsen (1900)
<i>Eiseniella tetraeda tetraeda</i> (Savigny, 1826)	Oroya (Puno), Huacapistana, Pachacayo (Junin), Lake Titicaca, Saracocha (Puno), Lake Langui (Cusco), Cochabamba (Cochabamba)	Michaelsen (1923), Černosvitov (1939)
<i>Octolasion lacteum</i> (Örley, 1881)	Pachacayo, Huacapistana (Junin)	Michaelsen (1923)
Megascolecidae		
<i>Amyntas corticis</i> (Kinberg, 1867)	?	Gates (1972, 1982)
<i>Amyntas morrisi</i> (Beddard, 1892)	Negritos (Tumbes)	Gates (1954, 1972)
<i>Metaphire californica</i> (Kinberg, 1867)	Chogosh (Huanuco)	Michaelsen (1935), Gates (1982)
<i>Polypheretima elongata</i> (Perrier, 1872)	Yurimaguas	Černosvitov (1934, 1935), Michaelsen (1900), Pashanasi (2007)
Onerodrilidae		
<i>Quechuona roseni</i> (Michaelsen, 1923)	Laguna of Junin (Junin)	Michaelsen (1923)
<i>Quechuona</i> sp.	Panguana (Ucayali)	Römbke & Verhaagh (1992)
Acanthodrilidae ³		
<i>Dichogaster (Diplotheocodrilus) affinis</i> (Michaelsen, 1890)	Panguana (Ucayali)	Römbke & Verhaagh (1987)
<i>Dichogaster (Diplotheocodrilus) modigliani</i> (Rosa, 1886)	Panguana (Ucayali)	Righi & Römbke (1987)
<i>Dichogaster (Diplotheocodrilus) saliens</i> (Beddard, 1893)	Panguana (Ucayali)	Römbke & Verhaagh (1992)
<i>Yagansia peruana</i> Černosvitov, 1939	Lake Titicaca, Lagunilla (Ayacucho), Saracocha (Puno), Lake Langui (Cusco)	Černosvitov (1939)
Glossoscolecidae		
<i>Aymara voogdi</i> Michaelsen, 1935	Chogosh (Huanuco)	Michaelsen (1935)

Continued...

Table 9.1. Continued...

Family Genus & species	Site (Province) ¹	Author
<i>Diachaeta (Diachaeta) xepe</i> Righi, 1992	Yurimaguas (Loreto)	Righi (1992)
<i>Glossodrilus crucifer</i> Righi & Römbke, 1987	Panguana (Ucayali)	Righi & Römbke (1987)
<i>Inkadrilus aberratus</i> (Michaelson, 1900)	Junin (Junin)	Michaelson (1918)
<i>Inkadrilus octocystis</i> (Michaelson, 1900)	Junin (Junin)	Michaelson (1918, 1923)
<i>Martiodrilus (Botaria) pano</i> Righi, 1992	Yurimaguas (Loreto)	Righi (1992)
<i>Martiodrilus (Cordilleroscolex) pebasiensis</i> (Cognetti, 1914)	Pebas, Rio Maranon (Loreto), Panguana (Ucayali)	Cognetti (1914), Zicsi et al. (2002)
<i>Martiodrilus (Maipure) friderici</i> (Michaelson, 1918) ⁴	Panguana (Ucayali)	Zicsi & Csuzdi (1999), Righi & Römbke (1987), Zicsi (2001), Michaelson (1918)
<i>Martiodrilus (Maipure) micrurus</i> (Cognetti, 1904) ⁵	Cajamarca (Cajamarca)	Michaelson (1918)
<i>Martiodrilus rehbergi</i> (Michaelson, 1903)	Junin (Junin)	Michaelson (1903)
<i>Perisocolex yuya</i> Righi & Römbke, 1987	Panguana (Ucayali)	Righi & Römbke (1987), Zicsi (1992)
<i>Pontoscolex (Pontoscolex) corethrurus</i> (Müller, 1857)	Negritos (Tumbes), Panguana (Ucayali), Yurimaguas, Iquitos, Pucallpa, Jenaro Herrera (Loreto)	Gates (1973), Römbke & Verhaagh (1992), Pashanasi (2007), Tapia-Coral et al. (2007), Jiménez et al. (1997)
<i>Rhinodrilus lavellei</i> Righi, 1992	Yurimaguas (Loreto)	Righi (1992)
<i>Rhinodrilus pashanasii</i> Righi, 1992	Yurimaguas (Loreto)	Righi (1992)

¹ When known province is given. When locality or province are not known, a question mark (?) sign is used.

² All earthworms collected were *A. trapezoides*.

³ *Trigaster minima* Friend, 1911, found in earth from Peru taken to Kew Gardens (U.K.), was considered by Čersnosvitov (1942) as species *incerti generis*. The species was described from an immature individual, and may actually have only two gizzards and belong to the genus *Dichogaster*, more common in Peru.

⁴ Synonym *Martiodrilus ecuadoriensis papillatus* Righi & Römbke, 1987.

⁵ Synonym: *Thamnodrilus huwaldi* Michaelson, 1918.

peregrine family Ocnerodrilidae (*Quechuona roseni*) was found in Peru. In contrast, nearly all glossoscolecids (except *P. corethrurus*) found in Peru are probably endemic, although *Glossodrilus crucifer*, *Periscolex yuya*, *Martiodrilus friderici* and *M. micrurus* have been found in neighbouring countries (Zicsi, 2007, see chapter 8; Römbke & Zicsi, 2007, see chapter 12).

Most of the earthworms in Peru were collected and described/identified during two, relatively short, periods: 1) between 1900 and 1935, when the German taxonomist J. Wilhelm Michaelsen described six endemic species and only two species (*M. pebasiensis*, *M. micrurus*) were described by other Europeans. Afterwards, nearly nothing was published on Peruvian earthworms for about 50 years. 2) Starting in the mid-1980's and until the mid-1990's, several ecological studies were performed in two remote regions in the provinces of Loreto (Yurimaguas) and Ucayali (Panguana). All taxonomic work in this period was done by the Brazilian zoologist Gilberto Righi.

Since then, only few systematic notes have been published and apparently no investigations on oligochaete taxonomy or biogeography have been performed. Only ecological studies have been undertaken.

Therefore, biogeographical trends for Peruvian earthworms are very preliminary due to the few collection sites and available data. With few exceptions the peregrine lumbricids and megascolecids were found in the Western slopes of the Andes, probably as a result of the relatively easy access to these sites in the early 20th century. At present with few exceptions (*Inkadrilus aberratus*, *Aymara voogdi*), the Glossoscolecidae are restricted to the lowland rainforest sites. Ecological considerations on the species found so far are also preliminary, since nearly nothing is known about native Peruvian earthworms and their ecological requirements. For instance, only at Yurimaguas and Iquitos were samples taken more than once (Pashanasi, 2007, chapter 10; Tapia-Coral et al., 2007, chapter 11).

Compared to other South American countries with similar climates and ecosystems (mainly Ecuador and Colombia), knowledge of the earthworm fauna of Peru is extremely poor (compare with Zicsi, 2007, chapter 8, and Feijoo, 2007, chapter 6). Recommendations for monitoring programs or inventories are difficult to determine, because nearly all of the country still must be sampled (even the river valleys of the coastal plains). However, monitoring and inventory efforts could begin in areas

where high earthworm endemism is combined with the danger of rapid ecosystem destruction, such as in the lowland (Amazonian) rain forests. In addition, more ecological studies are needed in order to understand the role of earthworms in Peruvian soils.

References

- ČERNOSVITOV, L. Les Oligochetes de la Guayane Francaise et d'autres pays de l'Amerique du Sud. **Bulletin du Muséum Nationale d'Histoire Naturelle de Paris**, v. 6, p. 47-59, 1934.
- ČERNOSVITOV, L. Oligochaeten aus dem tropischen Süd-Amerika. **Capita Zoologica**, v. 6, n. 1, p. 5-37, 1935.
- ČERNOSVITOV, L. The Percy Sladen trust expedition to Lake Titicaca in 1937. VI. Oligochaeta. **Transactions of the Linnean Society**, London, n. 3, n. 1, p.81-116, 1939.
- ČERNOSVITOV, L. Revision of Friend's types and descriptions of British Oligochaeta. **Proceedings of the Zoological Society**, v. 111, p. 237-280, 1942. Series B.
- COGNETTI DI MARTIIS, L. Descrizione di un nuovo Glossoscolecino del Peru. **Bolletino delle Museo di Torino**, v. 29, n. 687, 1914.
- FEIJOO, A. Registros históricos y listado de las lombrices de tierra de Colombia. In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. (Ed.). **Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. Chapter 6.
- FRIEND, H. New records for British Annelids. **The Naturalist**, v. 659, p. 411-417, 1911.
- GATES, G. E. Exotic earthworms of the United States. **Bulletin of the Museum of Comparative Zoology at Harvard College**, v. 111, v. 6, p. 219-258, 1954.
- GATES, G. E. Burmese earthworms: an introduction to the systematics and biology of Megadrile oligochaetes with special reference to South-East Asia. **Transactions of the American Philosophical Society**, v. 62, p. 1-326, 1972.
- GATES, G. E. Contributions to a revision of the earthworm family Glossoscolecidae. I. *Pontoscolex corethrurus*. **Bulletin of the Tall Timber Research Station**, v. 14, p. 1-12, 1973.
- GATES, G. E. Farewell to North American megadriles. **Megadrilogica**, v. 4, n. 1-2, p. 12-77, 1982.
- JIMÉNEZ, J. J.; DECAËNS, T.; SCHNEIDMADL, J.; AYARZA, M.; RODRIGUES, L.; VILELA, L.;

- BROSSARD, M.; LAVELLE, P.; MORENO, A.; ZECH, W.; GUGGNBERGER, G.; REATEGUI, K.; AVILES, J.; CELI, G.; SANCHEZ, G.; SANZ, J.; THOMAS, R. Output 2 - Activity v) determine the effects of soil biota on soil fertility and structure. In: **Project PE2: Confronting soil degradation. Annual Report 1997**. Cali: CIAT, p. 76-87, 1997.
- MICHAELSEN, W. **Oligochaeta. Das Tierreich 10**. Berlin: R. Friedländer Verlag, 1900. 575 p.
- MICHAELSEN, W. Neue Oligochaeten und neue Fundorte alt-bekannter. **Mitteilungen aus dem Naturhistorischen Museum Hamburg**, v. 19, p. 1-54, 1903.
- MICHAELSEN, W. Die Lumbriciden, mit besonderer Berücksichtigung der bisher als Familie Glossoscolecidae zusammengefassten Unterfamilien. **Zoologische Jahrbücher Abteilung für Systematik, Geographie und Biologie der Tiere**, v. 41, p. 1-398, 1918.
- MICHAELSEN, W. Oligochaeten von Peru und West-Patagonien. **Meddelanden Göteborgs Musei Zoologiska Avdelning**, v. 32, p. 1-12, 1923.
- MICHAELSEN, W. Oligochaeten aus Peru. **Capita Zoologica**, v. 6, p. 1-12, 1935.
- PASHANASI, B. Las lombrices de tierra em diferentes ecosistemas de la Amazonía Peruana. In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. (Ed.). **Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. Chapter 10.
- RIGHI, G. Four new Peruvian Earthworms. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 24: p. 1223-1230, 1992.
- RIGHI, G.; RÖMBKE, J. Alguns Oligochaeta da Bolivia e do Peru. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 47: p. 523-533, 1987.
- RÖMBKE, J.; VERHAAGH, M. Regenwürmer in wald-und weideböden in Ost-Peru. **Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie**, v. 6, p. 491-495, 1987.
- RÖMBKE, J.; VERHAAGH, M. About earthworm communities in a rain forest and an adjacent pasture in Peru. **Amazoniana**, v. XII, p. 29-49, 1992.
- RÖMBKE, J.; ZICSI, A. Present state of knowledge of earthworm ecology and taxonomy in Bolivia. Earthworms from South America 41. In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. (Ed.). **Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. Chapter 12.
- TAPIA-CORAL, S. C.; PASHANASI, B.; LUIZÃO, F.; BARROS, E.; DEL CASTILLO, D. Oligoquetos em diferentes tipos de vegetação de terra firme na Amazônia Peruana. In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. (Ed.). **Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. Chapter 11.
- ZICSI, A. Über weitere neue und bekannte Arten der Gattung *Periscollex* (Oligochaeta: Glossoscolecidae). Regenwürmer aus Südamerika, 16. **Revue Suisse de Zoologie**, v. 99: 211-217, 1992.
- ZICSI, A. Revision der Untergattung *Martiodrilus* (*Maipure*) (Oligochaeta: Glossoscolecidae). Regenwürmer aus Südamerika, 33. **Opuscula Zoologica Budapest**, v. 33: 113-131, 2001.
- ZICSI, A. An annotated checklist of the earthworms of Ecuador (Oligochaeta). Earthworms from South America 42. In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. (Ed.). **Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. Chapter 8.
- ZICSI, A.; CSUZDI, C. Neue und bekannte Regenwürmer aus verschiedenen Teilen Südamerikas. Regenwürmer aus Südamerika, 26. **Senckenbergiana Biologica**, v. 78, p. 123-134, 1999.
- ZICSI, A.; CSUZDI, C.; FEIJOO MARTINEZ, A. Neue und bekannte Riesenregenwürmer aus Kolumbien, Ekuador und Peru (Oligochaeta: Glossoscolecidae). Regenwürmer aus Südamerika, 35. **Revue Suisse de Zoologie**, v. 109, p. 785-796, 2002.

Las lombrices de tierra en diferentes ecosistemas de la Amazonia Peruana

Beto Pashanasi

Abstract

The density and biomass of earthworms have been evaluated in various land use systems of the Peruvian Amazon. In the present study, earthworm communities were sampled near Yurimaguas and Pucallpa, using the standard method recommended by the Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF) Program, during the months of greatest precipitation ($n = 5$ to 10 samples of 25 x 25 cm x 30 cm depth, in a linear transect). Additional data from the literature were collected and compared, to synthesize the present knowledge on earthworm diversity and populations in the region. In the primary forests, earthworm diversity was high (10 spp. total), but populations low (26-37 individuals m^{-2}). In the secondary forests, density was higher (28-102 indiv. m^{-2}), but diversity lower (4 spp. total). In the cultivated agroecosystems, diversity was lowest (3 spp. total) and the population ranged from 13 to 125 indiv. m^{-2} . The agroforestry systems with cover crops had higher diversity (5 spp.) and the highest densities (55-717 indiv. m^{-2}), due to the conservation of native, primary forest species and the presence of opportunists like *Pontoscolex corethrus*. In the pastures, higher density (144-665 indiv. m^{-2}) and diversity (6 spp. total) were also found with predominance of exotic species (5 spp.), especially *P. corethrus*. Fourteen species have been identified from the Peruvian Amazon up to the present date from samples taken in various places and on various occasions, but many more species are expected to be found with further sampling efforts.

Resumen

La densidad y biomasa de lombrices de tierra han sido estudiadas en diversos diferentes sistemas de uso del suelo en la Amazonia Peruana. En el presente estudio las comunidades de lombrices de tierra fueron muestreadas cerca de las ciudades de Yurimaguas y Pucallpa, usando el método de colecta manual recomendado por el Programa "Tropical Soil Biology and Fertility" (TSBF), en los meses de mayor precipitación ($n = 5$ a 10 muestras de 25 x 25 cm y 30 cm de profundidad en un transecto lineal). Datos adicionales de la literatura fueron colectados y comparados, para sintetizar el conocimiento actual de la diversidad y poblaciones de lombrices de tierra en la región. En los bosques primarios se encontró una diversificada (10 spp. total) pero poco abundante (26-37 individuos/ m^2) comunidad de lombrices de tierra. En los barbechos la densidad fue mayor (28-102 individuos/ m^2) pero la diversidad menor (4 spp. total). En cultivos agrícolas la diversidad fue muy baja (3 spp. total) y la abundancia de lombrices varió de 13 a 125 individuos/ m^2 . Los sistemas agroforestales, con cobertura de malezas y leguminosas tuvieron diversidad (5 spp.) y densidad (55-717 individuos/ m^2) más altas, debido a la conservación de gran parte de las especies nativas del bosque primario y a la presencia de especies oportunistas como *Pontoscolex corethrus*. En los pastizales la densidad (144-665 individuos/ m^2) y diversidad (6 spp. total) fueron también mayores, con predominancia de especies exóticas (5 spp.), especialmente *P. corethrus*. En la Amazonia Peruana hasta la fecha se han identificado 14 especies de lombrices, en muestreos efectuados en diferentes épocas y localidades. Se espera que existan muchas mas especies conforme se incrementen los esfuerzos de muestreo.



Introducción

Las lombrices de tierra juegan un papel importante en la fertilidad de los suelos en los sistemas de agricultura tradicional (Lavelle et al., 1999). Sin embargo, a medida que el sistema se intensifica por prácticas y usos más intensivos del suelo, la biomasa y densidad de lombrices puede ser afectada, generalmente de forma negativa (Fragoso et al., 1997). En los sistemas tradicionales y en agroecosistemas menos intensivos las especies nativas pueden sobrevivir, aunque generalmente están ausentes de los cultivos anuales y de algunas plantaciones perennes, por no estar adaptadas a las condiciones de suelos cultivados (Lavelle & Pashanasi, 1989; Lavelle et al., 1994). En estos sistemas, las especies exóticas suelen invadir y predominar (Fragoso et al., 1997).

En los bosques tropicales de la Amazonia Peruana se encuentran varias especies nativas de lombrices de tierra, pero estas suelen desaparecer cuando los bosques son talados para sembrar cultivos o pastizales (Fragoso et al., 1997). Estos sistemas generalmente son invadidos por lombrices exóticas (por ejemplo, *Pontoscolex corethrurus*), aunque su colonización puede ser extremadamente lenta (10 m por año en promedio) y detenida o retrasada por algunos obstáculos pequeños como ríos o bosques.

Los pocos estudios realizados sobre las comunidades de lombrices en la Amazonia Peruana; se encuentran esparcidos en la literatura (Lavelle & Pashanasi, 1989; Römbke & Verhaagh, 1987; 1992; Jiménez et al., 1997; Pashanasi, 2001; Tapia-Coral et al., 2007; ver cap. 11) y hasta la fecha no se ha sintetizado la información disponible. El presente capítulo sintetiza con base en datos bibliográficos y datos aún no publicados del autor, el conocimiento de la diversidad y distribución de lombrices de tierra en diversos ecosistemas y usos del suelo de la Amazonia Peruana.

Materiales y métodos

Localidades muestreadas

Entre los meses de noviembre de 1996 y marzo de 1997 (estación lluviosa), se realizaron inventarios de las poblaciones de lombrices de tierra y macroinvertebrados del suelo cerca de las ciudades de Yurimaguas y Pucallpa (Sarita Colonia a unos 30 km de Pucallpa y

Von Humboldt, a unos 80 km de Pucallpa) en la Amazonia Peruana.

Yurimaguas esta situado en la provincia de Alto Amazonas, departamento de Loreto, a 5°56' S, 76°5' O y 184 m.s.n.m. El clima es húmedo tropical, con temperatura media y precipitación anual de 26°C y 2200 mm, respectivamente, y con una estación seca entre los meses de julio a septiembre. Los suelos son ultisoles con un pH muy ácido (4.2 a 4.9), contenido de arcilla entre 4 y 20%, contenido de materia orgánica de 1.7 a 3% y un índice de saturación de aluminio de 19 a 90%.

Pucallpa está ubicado en el departamento de Ucayali en las cordenasdas 8°23' S y 74°50' O, a una elevación de 154 msnm. El clima es muy cálido, moderadamente lluvioso y con amplitud térmica moderada. La temperatura media anual es de 27°C y la precipitación media es de 1500 a 2000 mm. Los suelos son inceptisoles con un pH muy ácido (4.5 a 4.7), alto índice de saturación de aluminio y bajo contenido de materia orgánica.

Los muestreos se realizaron en diferentes tipos de uso del suelo y vegetación, incluyendo bosque primario, bosque secundario, cultivos, pastizales y sistemas agroforestales (Cuadro 10.1). En los bosques primarios (Yurimaguas, Von Humboldt) hubo extracción de madera de alto valor comercial (*Swietenia macrophylla*, *Cedrela odorata* y otras maderas). Los bosques secundarios (Yurimaguas, Von Humboldt, Pucallpa) presentaron una regeneración natural de especies pioneras como *Cecropia* sp., *Guazuma* sp., *Pollalestra* sp., *Inga* sp. y *Heliconia*. Uno de los bosques secundarios (Yurimaguas) se caracterizó por una inundación anual debida al aumento de caudal del río Huallaga. Los cultivos anuales (arroz, maíz, yuca y plátano en Sarita Colonia) fueron establecidos en barbechos de 5 a 8 años de edad en ambas localidades. Los pastizales tradicionales presentaron las especies nativas *Axonopus cupressus*, *Paspalum conjugatum* y *Homolepsis* spp., mientras que en los pastizales mejorados dominó *Brachiaria decumbens*. Los sistemas agroforestales muestreados incluyeron sistemas multi-estratos (asociación de árboles de *Cedrelinga catenaeformis*, *Bactris gasipaes*, *Collubrina* sp. e *Inga edulis* con cobertura de *Centrosema macrocarpum*), plantación de *Hevea* sp. de 30 años con cobertura de maleza, plantación de *Bactris gasipaes* de 20 años, con cobertura de plantas herbáceas y plantación de *Elais guianensis* con cobertura de *Pueraria phaseoloides*.

Los datos de especies y poblaciones de lombrices en las localidades de Pucallpa, Panguana,

Cuadro 10.1. Lugares de muestreo de lombrices de tierra en la Amazonia Peruana y los diferentes ecosistemas y tipos de uso del suelo muestreados.

Localidad	Latitud	Longitud	Precipitación (mm)	Suelo (USDA)	Ecosistemas y tipos de uso del suelo ¹	Referencia
Yurimaguas	5°56' S	76°05' O	2,200	Ultisol	BP, BS, BSA, BG, MST, PN, PM, CUL	Pashanasi (2001)
Pucallpa	8°23' S	74°50' O	1500-2000	Inceptisol	PHB	Pashanasi (2001)
Sarita Colonia	8°20' S	75°10' O	1500-2000	Inceptisol	CRZ, CMZ, CYC, CPL, PM	Pashanasi (2001)
Von Humboldt	9°15' S	75°14' O	3792	Entisol	BP, PEG, BS	Pashanasi (2001)
Panguana	9°37' S	74°56' O	1998-3007	Inceptisol	BP, PM	Römbke & Verhaagh (1987, 1992)
Iquitos	3°53' S	73°25' O	2900	Espodozol	CAM	Tapia-Coral et al. (2007)
Jenaro Herrera	4°54' S	73°40' O	2674	Espodozol	BP, BS, CAM, PSA, PCC	Tapia-Coral et al. (2007)

¹ Los tipos de vegetación muestreados fueron: BP = Bosque primario; BS = Bosque secundario; BSA = Bosque secundario aluvial; MST = Sistema agroforestal de multiestratos; PN = Pastizal natural (especies nativas); PM = Pastizal mejorado (especies exóticas); CUL = Cultivos anuales; PHB = Plantación de *Hevea brasiliensis*; CRZ = Cultivo de arroz; CMZ = Cultivo de maíz; CYC = Cultivo de yuca; CPL = Cultivo de plátano; PEG = Plantación de *Elais guianensis*; PCC = Plantación de *Cedrelinga catenaeformis*; PSA = Plantación de *Simarouba amara*; CAM = Varrillales y Chamizales.

Iquitos y Jenaro Herrera se tomaron de la literatura. En Panguana se hicieron muestreos en un pastizal de *Brachiaria* de 4 años y en bosque primario (Römbke & Verhaagh, 1987; 1992). En Iquitos y Jenaro Herrera, Tapia-Coral et al. (2007; ver cap. 11) realizaron muestreos en bosque primario y secundario, plantaciones de *Cedrelinga catenaeformis* y *Simarouba amara*, varrillales y chamizales.

Metodología de muestreo

En todas las localidades menos Panguana, se tomaron 5-10 muestras a intervalos de 5 m, a lo largo de transecto cuyo origen y dirección fue escogido al azar. El método de muestreo utilizado fue el recomendado por el Programa "Tropical Soil Biology and Fertility" (TSBF) (Anderson & Ingram, 1993), en donde cada muestra es de 25 cm x 25 cm x 30 cm de profundidad. Los monolitos fueron divididos en cuatro estratos sucesivos (hojarasca; 0-10; 10-20; 20-30 cm) y las lombrices colectadas fueron conservadas en formol al 4%. En el laboratorio fueron separadas en categorías y especies. La densidad fue medida en individuos/m² y la biomasa en gramos de peso fresco/m².

En Panguana (Römbke & Verhaagh, 1992) se realizaron muestreos usando el método de colecta manual y extracción con formol de una superficie de 0.1 m². Se tomaron cuatro muestras en cada área en tres épocas distintas durante la estación lluviosa. Las lombrices colectadas fueron conservadas en alcohol al 70%. La densidad fue medida en individuos/m² y la biomasa en gramos de peso fresco/m².

Resultados y discusión

La especie más común encontrada fue la exótica *Pontoscolex corethrurus*. Esta especie dominó en los pastizales y en algunos agroecosistemas, llegando a alcanzar hasta 95.2% del total de los individuos encontrados (Cuadro 10.2). Las especies nativas predominaron en el bosque primario (9 especies), y varias sobrevivieron en los sistemas agroforestales de multiestratos, bosques secundarios y plantaciones arbóreas (Cuadro 10.3). En cultivos de maíz en Yurimaguas, dos especies nativas sobrevivieron por un periodo de algunos años, aunque con el paso del tiempo desaparecieron (Fragoso et al., 1997). Solamente en los pastizales se encontraron más especies exóticas que nativas (Cuadro 10.3).

Cuadro 10.2. Distribución en porcentaje (%) de las categorías ecológicas de lombrices de tierra en diferentes tipos de uso del suelo en las localidades de Yurimaguas, Pucallpa, Sarita Colonia y Von Humboldt, Amazonia Peruana.

Sistema de uso del suelo	Porcentaje del total				Densidad total (individuos m ⁻²)	Biomasa total (g p. fr. m ⁻²)
	Epigeas	Polihúmicas	Mesohúmicas	Anécicas		
Yurimaguas.....						
Bosque primario	15.4	23.1	11.5	46.2	3.8	51.59
B. secundario (20 años)	7.1	10.7	0.0	3.6	78.6	22.07
B. secundario (10 años)	4.9	1.0	0.0	1.0	93.1	24.81
B. secundario aluvial	72.0	28.8	0.0	0.0	0.0	1.77
Cultivo (maíz)	3.6	3.6	10.7	64.3	17.9	19.77
Plantación <i>Bactris gasipaes</i>	6.0	2.8	14.0	0.9	76.3	74.05
Sistema multiestratos	0.0	12.7	38.2	5.5	43.6	47.23
Pastizal tradicional	5.5	33.8	1.3	0.0	59.4	54.11
Pastizal mejorado (<i>Bacharia decumbens</i>)	2.7	0.5	1.7	0.0	95.2	161.62
Pucallpa.....						
Plantación <i>Hevea brasiliensis</i>	15.8	40.2	0.3	0.0	43.8	106.29
Sarita Colonia.....						
Cultivo (arroz)	0.0	2.4	0.0	0.0	97.6	24.96
Cultivo (maíz)	38.5	30.8	0.0	0.0	30.8	0.25
Cultivo cassava	6.4	0	0.0	0.0	93.6	28.42
Cultivo banana	17.6	76.5	0.0	0.0	5.9	1.06
Pastizal mejorado (<i>B. decumbens</i>)	9.0	5.6	0.0	0.0	85.4	32.15
Von Humboldt.....						
Bosque primario	13.5	18.9	56.8	10.8	0.0	64.25
B. secundario (20 años)	4.5	0.0	9.0	11.9	74.6	74.82
B. secundario (3 años)	34.4	57.0	3.2	0.0	5.4	2.19
Plantación <i>E. guianensis</i>	36.3	50.8	0.0	0.0	12.9	11.71

Cuadro 10.3. Número de especies de lombrices de tierra encontradas en distintos ecosistemas de la Amazonia Peruana.

Ecosistema y sistema de uso del suelo	No. de especies		
	Nativas	Exóticas	Total
Bosque primario	9	1	10
Bosque secundario	3	1	4
Sistemas multi-estratos, plantaciones arbóreas	4	1	5
Cultivos agrícolas	2	1	3
Pastizales	1	5	6

En cuanto a las categorías ecológicas encontradas (Cuadro 10.2), predominaron las endogeas (polihúmicas y mesohúmicas) en la mayor parte de los sitios. Solamente en el bosque primario y en el cultivo de maíz de Yurimaguas las anécicas representaron más del 40% de la abundancia total. En la región de Pucallpa sólo se encontraron anécicas en la vegetación natural (bosques en Von Humboldt). En el bosque secundario aluvial de Yurimaguas, las epigeas representaron arriba del 70% de la abundancia total. En los pastizales, suelos aluviales y en cultivos más intensivos de largo plazo las especies anécicas desaparecieron (Cuadro 10.2).

La cantidad de lombrices encontradas en los sitios muestreados (Cuadro 10.2), varió entre 13 (cultivo maíz- sarita colonia) y 717 individuos m⁻² (plantación de *H. brasiliensis*). La baja densidad de lombrices encontrada en los bosques primarios (26 y 37 indiv. m⁻²) y la densidad intermedia (26-102 indiv. m⁻²) en los barbechos de Yurimaguas y Von Humboldt fue parecida a lo encontrado en otras selvas tropicales (ver Fragoso & Lavelle, 1992). En los cultivos agrícolas la cantidad de lombrices encontrada (13-125 indiv. m⁻²) también fue muy similar a los muestreos anteriores en la región (Lavelle & Pashanasi, 1989). El altísimo número de lombrices encontrado en el sistema de producción de caucho (*H. brasiliensis*) contrasta con los valores menores típicamente encontrados en este sistema en otros países como Costa de Marfil (Gilot et al., 1995), Brasil (Barros et al., 2002) e Indonésia (Bignell et al., 2005). Por otro lado, la abundancia de lombrices en los pastizales (144-665 indiv. m⁻²) fue parecida a lo encontrado en muchas regiones tropicales (Lavelle et al., 1994; Brown et al., 2004; Decaëns et al., 2004; Brown & James, 2007, ver cap. 20).

La diversidad de lombrices encontrada en

cada localidad fue generalmente pequeña (Cuadro 10.4), pero debe tomarse en cuenta que en todas las localidades varios individuos no fueron identificados hasta el nivel específico. Hasta la fecha, se han identificado en la región de Yurimaguas seis especies, siendo cuatro de ellas nativas y dos exóticas. En Panguana, se han encontrado nueve especies, de las cuales cuatro son exóticas y cinco nativas (Römbke, 2007; ver cap. 9). En Jenaro Herrera se encontraron dos especies, una nativa y otra exótica. En Iquitos se encontraron varias especies nativas, aunque solamente la especie exótica *Pontoscolex corethrurus* ha sido identificada hasta la fecha (Tapia-Coral et al., 2007, ver cap. 11).

Consideraciones generales

Los bosques nativos y los ecosistemas modificados de la Amazonia Peruana albergan abundantes poblaciones de lombrices de tierra, aunque la biodiversidad encontrada en cada localidad normalmente es pequeña. Hasta la fecha se han identificado 14 especies de lombrices de tierra en la Amazonia Peruana (Cuadro 10.4). Las especies exóticas (*Pontoscolex corethrurus*, *Dichogaster* spp. y *P. elongata*) predominaron principalmente en los ecosistemas manejados, mientras que las especies nativas se encontraron tanto en vegetación natural como en los agroecosistemas y plantaciones arbóreas. Considerando el reducido número de muestreos realizados y la pequeña área estudiada, es evidente la necesidad de un mayor esfuerzo de colecta (más muestreos y localidades cubriendo una mayor superficie) para conocer la diversidad y ecología de las lombrices de tierra de de la Amazonia Peruana.

Cuadro 10.4. Especies de lombrices identificadas de la Amazonia Peruana y su distribución en los diferentes ecosistemas amazónicos.

Localidad	Especie	Categoría ecológica	Origen	Ecosistema y sistema de uso del suelo ¹						Referencia
				BP	BS	SMP	P	C		
Yurimaguas	<i>Rhinodrilus lavellei</i>	Anécica	Nativa	X	X	X	X	X	X	Este estudio, Lavelle & Pashanasi (1989)
	<i>Rhinodrilus pashanasi</i>	Anécica	Nativa	X	X	X		X		
	<i>Martiodrilus pano</i>	Anécica	Nativa	X	X	X				
	<i>Diachaeta xepe</i>	Epigea	Nativa		X	X	X			
	<i>Pontoscolex corethrurus</i>	Endogea	Exótica	X	X	X	X	X		
	<i>Polypheretima elongata</i>	Endogea	Exótica				X			
Pucallpa	<i>Pontoscolex corethrurus</i>	Endogea	Exótica	X	X	X	X			Este estudio, Jiménez et al. (1997)
Von Humboldt	<i>Pontoscolex corethrurus</i>	Endogea	Exótica		X	X				Este estudio
Sarita Colonia	<i>Pontoscolex corethrurus</i>	Endogea	Exótica				X	X		Este estudio
Panguana	<i>Dichogaster affinis</i>	Epiendogea	Exótica	X			X			Römbke (2007), Römbke & Verhaagh (1987, 1992), Righi & Römbke (1987)
	<i>Dichogaster modiglianii</i>	Epiendogea	Exótica				X			
	<i>Dichogaster saliens</i>	Epiendogea	Exótica				X			
	<i>Glossodrilus crucifer</i>	Endogea	Nativa	X						
	<i>Martiodrilus friderici</i>	Epigea	Nativa	X						
	<i>Periscollex yuya</i>	Epigea	Nativa	X						
	<i>Quechuona</i> sp.	?	Nativa	X						
	<i>Pontoscolex corethrurus</i>	Endogea	Exótica				X			
	<i>Martiodrilus pebasiensis</i>	Anécica	Nativa	X						Zicsi et al. (2002)
Jenaro Herrera	<i>Pontoscolex corethrurus</i>	Endogea	Exótica		X	X	X			Tapia-Coral et al. (2007)
	<i>Rhinodrilus</i> sp.	Anécica	Nativa	X						
Iquitos y alrededores	<i>Pontoscolex corethrurus</i>	Endogea	Exótica		X	X	X			Tapia-Coral et al. (2007)

¹ BP = Bosque primario; BS = bosque secundario; SMP = sistemas multi-estratos y plantaciones agroforestales diversas (*Bactris gasipaes*, *Hevea brasiliensis*, *Simarouba amara*, *Cedrelinga catenaeformis*); P = pastizales; C = cultivos anuales y perenes (arroz, plátano, maíz, cassava)

Referências

- ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. **Tropical soil biology and fertility**: a handbook of methods. 2. ed. Wallingford: CAB International, 1993. 256 p.
- BARROS, E.; PASHANASI, B.; CONSTANTINO, R.; LAVELLE, P. Effects of land-use system on the soil macrofauna in western Brazilian Amazonia. **Biology and fertility of soils**, v. 35, p. 338-347, 2002.
- BIGNELL, D. E.; TONDOH, J.; DIBOG, L.; HUANG, S. P.; MOREIRA, F.; NWAGA, D.; PASHANASI, B.; SUSILO, F. X.; SWIFT, M. Belowground biodiversity assessment: Developing a key functional group approach in best-bet alternatives to slash and burn. In: PALM, C. A.; VOSTI, S. A.; SANCHEZ, P. A.; ERICKSEN, P. J. (Ed.). **Slash-and burn agriculture**: the search for alternatives. New York: Columbia University Press, p. 119-142, 2005.
- BROWN, G. G.; JAMES, S. W. Ecologia, biodiversidade e biogeografia das minhocas no Brasil. In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. (Ed.). **Minhocas na América Latina**: biodiversidade e ecologia. Londrina: Embrapa Soja, 2007. Capítulo 20.
- BROWN, G. G.; MORENO, A. G.; BAROIS, I.; FRAGOSO, C.; ROJAS, P.; HERNÁNDEZ, B.; PATRÓN, J. C. Soil macrofauna in SE Mexican pastures and the effect of conversion from native to introduced pastures. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 103, p. 313-327, 2004.
- DECAËNS, T.; JIMÉNEZ, J. J.; BARROS, E.; CHAUVEL, A.; BLANCHART, E.; FRAGOSO, C.; LAVELLE, P. Soil macrofaunal communities in permanent pastures derived from tropical forest or savanna. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 103, p. 301-312, 2004.
- FRAGOSO, C.; LAVELLE, P. Earthworm communities of tropical rain forests. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 24, n. 12, p. 1397-1408, 1992.
- FRAGOSO, C.; BROWN, G. G.; PATRÓN, J. C.; BLANCHART, E.; LAVELLE, P.; PASHANASI, B.; SENAPATI, B. K.; KUMAR, T. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics: the role of earthworms. **Applied Soil Ecology**, v. 6, p. 17-35, 1997.
- GILOT, C.; LAVELLE, P.; BLANCHART, E.; KELI, J.; KOUASSI, P.; GUILLAUME, G. Biological activity of soil under rubber plantations in Cote d'Ivoire. **Acta Zoologica Fennica**, v. 196, p. 186-189, 1995.
- JIMÉNEZ, J. J.; DECAËNS, T.; SCHNEIDMADL, J.; AYARZA, M.; RODRIGUES, L.; VILELA, L.; BROSSARD, M.; LAVELLE, P.; MORENO, A.; ZECH, W.; GUGGNBERGER, G.; REATEGUI, K.; AVILES, J.; CELI, G.; SANCHEZ, G.; SANZ, J.; THOMAS, R. Output 2 - Activity v) determine the effects of soil biota on soil fertility and structure. In: **Project PE2: Confronting soil degradation. Annual Report 1997**. Cali: CIAT, p. 76-87, 1997.
- LAVELLE, P.; PASHANASI, B. Soil macrofauna and land management in Peruvian Amazonia (Yurimaguas, Loreto). **Pedobiologia**, v. 33, p. 283-291, 1989.
- LAVELLE, P.; DANGERFIELD, M.; FRAGOSO, C.; ESCHENBRENNER, V.; LÓPEZ-HERNÁNDEZ, D.; PASHANASI, B.; BRUSSAARD, L. The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. In: WOOMER, P. L.; SWIFT, M. J. (Ed.). **The biological management of tropical soil fertility**. Chichester: Wiley, 1994. p.137-169.
- LAVELLE, P.; BRUSSAARD, L.; HENDRIX, P. F. (Ed.) **Earthworm management in tropical agroecosystems**. Wallingford: CAB International, 1999.
- PASHANASI, B. Estudio cuantitativo de la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de uso de la tierra en la Amazonia Peruana. **Folia Amazonica**, v. 12, n. 1-2, p. 75-97, 2001.
- RIGHI, G.; RÖMBKE, J. Alguns Oligochaeta da Bolívia e do Perú. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 47, n. 4, p. 523-533, 1987.
- RÖMBKE, J. Taxonomy and biogeography of Peruvian earthworms. In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. (Ed.). **Minhocas na América Latina**: biodiversidade e ecologia. Londrina: Embrapa Soja, 2007. Capítulo 9.
- RÖMBKE, J.; VERHAAGH, M. Regenwürmer in wald-und weideböden in Öst-Peru. **Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie**, v. 6, p. 491-495, 1987.
- RÖMBKE, J.; VERHAAGH, M. About earthworm communities in a rain forest and an adjacent pasture in Peru. **Amazoniana**, v. 12, n. 1, p. 29-49, 1992.
- TAPIA-CORAL, S.; PASHANASI, B.; LUIZÃO, F.; BARROS, E.; DEL CASTILLO, D. Populações de minhocas e macroinvertebrados do solo em diferentes tipos de vegetação de terra firme na Amazônia Peruana. In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. (Ed.). **Minhocas na América Latina**: biodiversidade e ecologia. Londrina: Embrapa Soja, 2007. Capítulo 11.
- ZICSI, A.; CSUZDI, C.; FEIJOO MARTÍNEZ, A. Neue und bekannte Riesenregenwurer aus Kolumbien, Ecuador und Peru (Oligochaeta: Glossoscolecidae). Regenwürmer aus Südamerika 35. **Revue Suisse de Zoologie**, v. 109, n. 4, p. 785-796, 2002.

Populações de minhocas em diferentes tipos de vegetação de terra firme na Amazônia Peruana¹

Sandra C. Tapia-Coral; Beto Pashanasi; Flávio Luizão; Eleusa Barros; Dennis del Castillo

Abstract

The present study was conducted to characterize the macroinvertebrate community (especially earthworms) under various natural (native forest, campina, campinarana) and managed (secondary forest or fallow, agroforestry systems and plantations of *Cedrelinga catenaeformis* and *Simarouba amara*) vegetation types of the Peruvian Amazônia in Jenaro Herrera and the National Reserve Allpahuayo-Mishana. In all vegetation types earthworms and the remaining soil macrofauna were collected using the TSBF (Tropical Soil Biology and Fertility) method during the rainy (March/April, 2001) season; in the campina and campinarana samples were also taken in the dry (September, 2001) season.

Total macrofauna density was high in the campinarana and campina of both sites, followed by the agroforestry (AF) system 1. These systems also had higher group diversity of macrofauna in the rainy season, which decreased in the dry season. Earthworm density was also higher in the AF systems of Jenaro Herrera, with the presence of glossoscoleids (*Pontoscolex corethrurus* and *Rhinodrilus* sp. in the primary forest). Nevertheless, earthworm density was also high in the campina and campinarana of Jenaro Herrera followed by the campinarana of Allpahuayo. Therefore, in these native ecosystems and especially in the AF systems the high density and biomass of *P. corethrurus* always occurred together with a variety of other soil animals that can benefit the soil.

Resumo

O objetivo desse trabalho foi caracterizar a comunidade dos macro-invertebrados do solo, principalmente de minhocas sob diferentes tipos de vegetação de terra firme naturais (floresta primária, campina, campinarana), e manejados (floresta secundária ou capoeira, sistemas agroflorestais e plantios florestais de *Cedrelinga catenaeformis* e *Simarouba amara*) em Jenaro Herrera e na Reserva Nacional Allpahuayo-Mishana, ambos na Amazônia peruana. Em todos os tipos de vegetação, as minhocas e os demais macro-invertebrados foram coletados com o método do TSBF (Tropical Soil Biology and Fertility) durante a estação chuvosa (março e abril, 2001); na campina e campinarana realizaram-se também coletas na estação seca (setembro, 2001).

A densidade total de macro-invertebrados foi alta nas áreas de campinarana e campina de ambos os lugares, seguida do Sistema Agroflorestal (SAF 1). Nestas áreas também, encontrou-se uma maior diversidade de grupos taxonômicos na estação chuvosa, diminuindo na estação seca. A densidade de minhocas foi maior nos SAFs de Jenaro Herrera, com espécies da família Glossoscolecidae (*Pontoscolex corethrurus*) e exemplares do gênero *Rhinodrilus*, principalmente na floresta primária. No entanto, a densidade de minhocas também foi maior na campina e campinarana de Jenaro Herrera seguida da campinarana de Allpahuayo. Assim, nestas áreas e principalmente nos SAFs a alta densidade e biomassa de *P. corethrurus* foi sempre acompanhada de vários outros macro-invertebrados que podem beneficiar o solo.

¹ Financiado pelo IIAP e Projeto LBA/INPA



Introdução

As minhocas estão entre os principais macro-invertebrados do solo em diferentes sistemas de uso da terra (Lavelle & Pashanasi, 1989; Decaëns et al., 1994), contribuindo para a manutenção da fertilidade do solo por meio de três ações principais: (i) constroem e mantêm a estrutura do solo, baseada em macroagregados resistentes; (ii) liberam os nutrientes contidos na matéria orgânica do solo (MO); e, (iii) protegem fisicamente a MO dentro de coprólitos compactos (Lavelle et al., 1994). Sua presença e atividade variam consideravelmente com o tipo de vegetação que cobre o solo.

O objetivo do presente trabalho foi caracterizar a comunidade de minhocas sob diferentes tipos de vegetação de terra firme (floresta primária, floresta secundária, campina, campinarana, sistemas agroflorestais e plantios florestais), aumentando assim o conhecimento sobre a ecologia das minhocas em ambientes naturais e manejados na Amazônia peruana.

Material e métodos

Área de estudo

O trabalho foi desenvolvido no Centro de Investigaciones de Jenaro Herrera do Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP) e na Reserva Nacional Allpahuayo-Mishana (Allpahuayo), ambos na Amazônia peruana (Figura 11.1).

O Centro de Investigaciones de Jenaro Herrera localiza-se no município de Jenaro Herrera, 200 km acima da cidade de Iquitos, na margem direita do Rio Ucayali (Região de Loreto-Perú), nas coordenadas 73°40'O e 4°54'S; a reserva Allpahuayo situa-se muito próxima da cidade de Iquitos (73°25'O e 3°53'S). Durante as coletas, em Jenaro Herrera registrou-se uma precipitação anual de 2674 mm e uma temperatura média de 22-30°C e, em Allpahuayo uma precipitação de 2900 mm e uma temperatura de 21-33°C.

Delineamento experimental

O delineamento experimental, em todos os tipos de vegetação, foi estabelecido em parcelas de 50 x 50 m, com três repetições (blocos), todas em terra firme: floresta primária do tipo floresta úmida tropical de terras baixas; floresta secundária ou capoeira, estabelecida sobre pastagens abandonadas

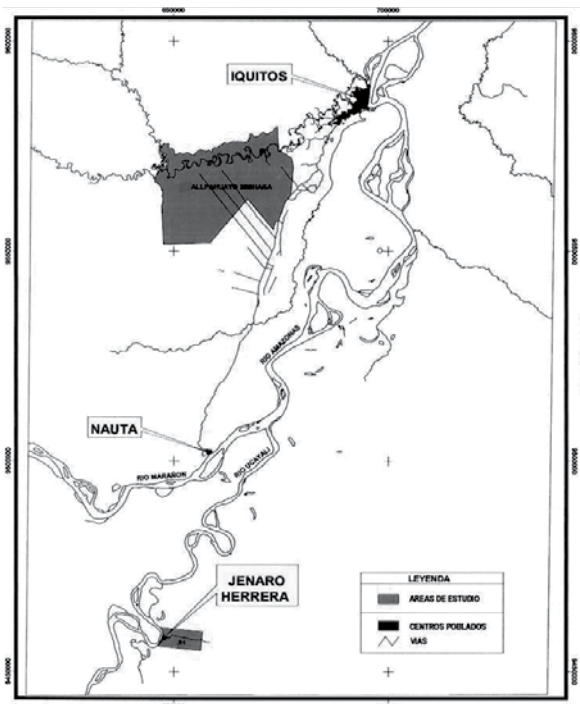


Figura 11.1. Reserva Nacional Allpahuayo-Mishana, perto de Iquitos e o Centro de Investigaciones de Jenaro Herrera na localidade de Jenaro Herrera, Amazônia peruana.

de 16 anos com uma vegetação pioneira típica das capoeiras da Amazônia, dominada por *Vismia* sp. e *Cecropia* sp.; campina e campinarana sobre areia branca (Fotos 11.1 e 11.2); plantações florestais de *Cedrelinga catenaeformis* e de *Simarouba amara* com 15 e 16 anos de idade, respectivamente, instaladas em áreas de florestas primárias derrubadas; sistemas agroflorestais (SAFs), instalados em 1986 sobre pastagens degradadas de aproximadamente 17 anos. O SAF1 incluía as espécies *Bactris gasipaes*, *Eugenia stipitata* e cobertura de



Foto 11.1. Vista de uma campinarana em Jenaro Herrera, Amazônia Peruana. (Foto S. Tapia-Coral)



Foto 11.2. Aspecto de campina em Jenaro Herrera, Amazônia Peruana. (Foto S. Tapia-Coral)

Desmodium ovalifolium; o SAF2 tinha as espécies *Bertholletia excelsa*, *Myrciaria dubia* e *Theobroma grandiflorum*.

Amostragem

As minhocas foram amostradas usando a metodologia recomendada pelo Programa TSBF (Tropical Soil Biology and Fertility) (Anderson & Ingram, 1993), coletando-se cinco monólitos de solo de 25 x 25 x 30 cm, determinados ao acaso ao longo de um transecto de 30 m (Foto 11.3). Os monólitos foram subdivididos em quatro estratos: liteira e camadas do solo de 0-10, 10-20 e 20-30 cm de profundidade. Os animais foram separados por triagem manual diretamente no campo e armazenados em frascos com álcool a 70% + 1% de formol. No laboratório, os invertebrados foram separados em nível de ordem, contados e pesados para obter densidade (ind.m⁻²) e biomassa (g.m⁻²). As coletas



Foto 11.3. Um dos monólitos de solo preparado para ser retirado (após triagem da liteira) para triagem manual de minhocas e outros macro-invertebrados na área de campina em Jenaro Herrera, Amazônia Peruana. (Foto S. Tapia-Coral)

foram feitas durante a estação chuvosa (março e abril de 2001) em todos os tipos de vegetação; na campina e na campinarana de ambos os lugares, foram feitos também coletas na estação seca (setembro de 2001).

Resultados e discussão

A densidade de minhocas foi maior nos SAFs 2 e 1, seguida da campina e da floresta secundária de Jenaro Herrera (Tabela 11.1). Nos SAFs e na floresta secundária, verificou-se a presença de espécies da família Glossoscolecidae, como *P. corethrurus* (115 ind.m⁻²) e, na floresta primária exemplares do gênero *Rhinodrilus*, conhecidos como minhocoçu, de até 50 cm de comprimento.

A densidade total de macro-invertebrados do solo nos sistemas naturais foi mais alta na área de campinarana de Allpahuayo, seguida do SAF2, campina e a floresta primária de Jenaro Herrera respectivamente. Nos sistemas manejados, encontraram-se densidades altas dos macro-invertebrados, principalmente no SAF1, seguida do plantio de *S. amara*, SAF2 e do plantio de *C. catenaeformis* (Tabela 11.1). A biomassa de minhocas foi maior na campina e campinarana de Allpahuayo, seguida dos SAFs 2 e 1 de Jenaro Herrera (Tabela 11.1).

Durante a estação chuvosa, as campinaranas de Jenaro Herrera apresentaram uma diversidade de 15 grupos taxonômicos, com uma densidade de 2.781 ind.m⁻² e uma biomassa de 30,3 g.m⁻² (Tabela 11.2). Na estação seca, houve 12 grupos taxonômicos, com uma densidade de 1.611 ind.m⁻² e uma biomassa de 42,7 g.m⁻² (Tabela 11.2). As campinaranas de Allpahuayo apresentaram 21 grupos taxonômicos na estação chuvosa, com uma densidade de 10.209 ind.m⁻², dominada (65%) pelos cupins (Isoptera). A biomassa total foi de 237 g.m⁻², dos quais 62% corresponderam às minhocas, seguidos de Isoptera com 20%. Na estação seca, houve 15 grupos taxonômicos, com uma densidade de 768 ind.m⁻², dominada pelos Formicidae (24%) e Coleoptera (21%). A biomassa foi de 96,2 g.m⁻² e foi dominada pelas larvas de Coleoptera (67%).

Nas campinas de Jenaro Herrera, durante a estação chuvosa, só foi possível amostrar até a camada de 0-10 cm, já que as demais camadas estavam saturadas de água, encontrando-se uma diversidade de 19 grupos taxonômicos, com uma densidade de 4.205 ind.m⁻², dos quais os Formicidae representaram 71%. A biomassa foi de 31,3 g.m⁻², dos quais 36% era de formigas e 26% de

Tabela 11.1. Densidade (ind.m^{-2}) e biomassa (g.m^{-2}) de minhocas e total de macro-invertebrados (macrofauna) do solo em sistemas naturais e manejados de terra firme em Jenaro Herrera e Allpahuayo, na Amazônia peruana. Os valores são as médias de três blocos ($n = 3$) e os desvios-padrão estão representados entre parênteses.

Local	Sistemas de uso da terra	Densidade de minhocas	Densidade de macrofauna	Biomassa de minhocas	Biomassa de macrofauna
J. Herrera	Floresta primária	106 (± 33)	2482 (± 528)	10,60 ($\pm 1,1$)	43,30 ($\pm 17,8$)
	Floresta secundária (16 anos)	115 (± 44)	2281 (± 800)	8,60 ($\pm 4,4$)	24,20 ($\pm 7,6$)
	SAF1 (15 anos)	1177 (± 503)	5252 (± 377)	52,30 ($\pm 19,2$)	96,50 ($\pm 16,4$)
	SAF2 (15 anos)	1657 (± 234)	2498 (± 444)	79,50 ($\pm 14,9$)	94,90 ($\pm 19,7$)
	<i>Simarouba amara</i> (16 anos)	40 (± 13)	3702 (± 686)	2,21 ($\pm 1,1$)	9,39 ($\pm 4,8$)
	<i>Cedrelinga catenaeformis</i> (16 anos)	67 ($\pm 19,6$)	2176 (± 308)	0,80 ($\pm 0,1$)	7,02 ($\pm 2,1$)
	Campinarana*	93 (± 13)	2196 (± 373)	0,35 ($\pm 0,1$)	36,50 ($\pm 7,7$)
	Campina*	288 (± 18)	2966 (± 651)	4,40 ($\pm 0,9$)	36,70 ($\pm 7,5$)
Allpahuayo	Campinarana*	61 (± 21)	5488 (± 732)	79,00 (± 18)	166,00 (± 36)
	Campina*	35 ($\pm 7,3$)	924 (± 131)	35,00 ($\pm 7,1$)	65,00 ($\pm 9,45$)

* Valores correspondentes à média das estações chuvosa e seca

Tabela 11.2. Densidade (ind.m^{-2}) e biomassa (g.m^{-2}) de minhocas e total dos macro-invertebrados (macrofauna) nas vegetações de campinarana e campina em Jenaro Herrera e Allpahuayo, na Amazônia peruana. Os valores representam as médias de três blocos ($n = 3$).

Localidades: Vegetação	Nº de grupos taxonômicos da macrofauna Chuvosa↔Seca	Densidade de minhocas Chuvosa↔Seca	Densidade total da fauna Chuvosa↔Seca	Biomassa de minhocas Chuvosa↔Seca	Biomassa total da fauna Chuvosa↔Seca
J. Herrera:					
Campinarana	15↔12	106↔80	2781↔1611	0,5↔0,2	30↔43
Campina	15↔10	368↔208	4205↔1728	8,8↔0,8	31↔42
Allpahuayo:					
Campinarana	21↔15	96↔27	10209↔768	148↔9,8	237↔96
Campina	15↔12	70↔0	669↔1179	70↔0	100↔31

minhocas. Na estação seca, o número de grupos taxonômicos foi o mais baixo (10) de todas as áreas amostradas, com uma densidade de 1.728 ind.m^{-2} , sendo dominantes os cupins (43%), e as formigas (36%). A biomassa foi de 42,0 g.m^{-2} , onde 2/3 da biomassa foi formada pelas larvas de Coleoptera.

As campinas de Allpahuayo, durante a estação chuvosa, apresentaram uma diversidade de 15 grupos taxonômicos, com uma densidade de 670 ind.m^{-2} , sendo 23% de formigas e 21% de cupins. A biomassa total foi de 100 g.m^{-2} , com dominância de minhocas (70%). Na estação seca, houve somente 12 grupos taxonômicos, com uma densidade de 1.179 ind.m^{-2} , dominados pelas formigas (48%). A biomassa foi de 31,5 g.m^{-2} , dominada pelas larvas de Coleoptera (60%).

A densidade dos macro-invertebrados foi maior na campinarana de Allpahuayo durante a estação chuvosa do que na campinarana de Jenaro Herrera; porém, na estação seca ocorreu o contrário (Tabela 11.2). A alta densidade na campinarana de Allpahuayo, na estação chuvosa, deveu-se aos grupos Formicidae e Isoptera, que representaram 93% do total da população, contra 74% na campinarana de Jenaro Herrera. As densidades e biomassas dos macro-invertebrados nos sistemas de campina e campinarana foram baixas, em comparação com outros trabalhos realizados em sistemas similares na Amazônia central (Luizão, 1995, Oliveira, 1996). A composição vegetal pouco diversificada e com espécies de difícil decomposição nestas áreas pode afetar a diversidade e densidade dos macro-

invertebrados do solo, devido à sua influência nas propriedades físico-químicas edáficas. As campinarianas de ambos os lugares têm um alto conteúdo de húmus na camada superior, porém este é maior em Allpahuayo (até aproximadamente 20 cm), o que favoreceria a presença da fauna, por manter as condições de umidade mais apropriadas para sua atividade (Luizão, 1995; Tapia-Coral et al., 2002). A menor densidade encontrada nas campinas de Allpahuayo pode dever-se à pobreza da vegetação, que não é uniforme (Anderson et al., 1975); isto é importante porque a vegetação favorece a criação de microhabitats que atuam diretamente na diversidade e distribuição da comunidade dos invertebrados do solo (Oliveira, 1996; Tapia Coral et al., 2002).

A densidade e biomassa de grupos selecionados dos macro-invertebrados do solo foi maior nos SAFs 1 e 2 do que nos demais tipos de vegetação amostrados em Jenaro Herrera. A explicação para a maior densidade e biomassa no SAF1 pode estar relacionada à cobertura de *D. ovalifolium*, plantada desde o início da instalação do SAF, proporcionando um microclima mais favorável ao estabelecimento das comunidades dos macro-invertebrados (Tian et al., 1997). Os resultados encontrados neste sistema concordam com aqueles encontrados por Barros et al. (2003), quem encontraram maior densidade e biomassa de macro-invertebrados do solo em sistemas agrossilvopastoris de três anos de idade, com coberturas de *D. ovalifolium* e *Brachiaria* sp., do que em sistemas agroflorestais sem cobertura do solo, implantados sobre pastagens degradadas na Amazônia central (Manaus). Nesses mesmos sistemas, dois anos depois, Tapia-Coral et al. (1999) encontraram maior densidade e biomassa de macro-invertebrados na liteira do SAF "multiestrato", mais diversificado. Isto ocorreu principalmente nas liteiras de *T. grandiflorum*, palmeiras e nas entrelinhas, que tinham restos de podas e adubo verde de *Gliricidia sepium*, mantendo, portanto, uma boa cobertura morta sobre o solo por mais tempo.

A densidade dos macro-invertebrados do solo dentro do SAF1 foi maior sob a espécie *B. gasipaes*, com uma média de 1.565 ind.m⁻², em sua maioria Isoptera. Resultados similares foram encontrados por Barros et al. (2003), em sistemas agroflorestais com presença de *B. gasipaes* na Amazônia central. No SAF2, a maior densidade dos macro-invertebrados do solo ocorreu sob a espécie arbórea *B. excelsa*, com 749 ind.m⁻², sendo as minhocas o grupo mais abundante nas três espécies perenes plantadas nesse sistema.

Isso concorda com a maior densidade e biomassa de minhocas encontrada em linhas de árvores de sistemas agrossilviculturais na Amazônia central (Barros et al., 2003; 2006). A biomassa de minhocas foi também sempre maior nos dois SAFs (52,3 g.m⁻² no SAF1 e 79,5 g.m⁻² no SAF2) do que nos outros tipos de vegetação amostrados em Jenaro Herrera. As minhocas sempre foram encontradas nas camadas de 10-30 cm de profundidade, sendo, portanto, espécies endogeas (animais que vivem e se alimentam dentro do solo), concordando com os resultados encontrados em sistemas agroflorestais na divisa de Acre e Rondônia (Barros et al., 2002).

Assim, sistemas agroflorestais diversificados, como os aqui estudados, apresentam uma maior diversidade e abundância de macro-invertebrados (Tapia-Coral et al., 1999) do que os outros tipos de usos da terra, indicando que estes sistemas podem sustentar densidades e diversidades de macro-invertebrados suficientes para aperfeiçoar os benefícios dos organismos do solo nestes sistemas (Brown et al., 1999).

Comparando a densidade e biomassa de minhocas nos diferentes sistemas de uso da terra em Allpahuayo e Jenaro Herrera (Tabela 11.1) com as de Yurimaguas e Pucallpa (Lavelle & Pashanasi, 1989, Pashanasi, 2002; 2007; ver cap. 10) (Tabela 11.3), observa-se que as maiores densidades de minhocas foram encontradas nos SAFs diversificados de Jenaro Herrera, seguida das pastagens de *B. humidicola* + *D. ovalifolium* em Yurimaguas e o plantio de *Hevea brasiliensis* em Pucallpa. No entanto, a maior biomassa de minhocas e do total de macroinvertebrados foi encontrada nas pastagens úmidas de Yurimaguas, seguida pelo plantio de *H. brasiliensis* em Pucallpa (Tabela 11.3). Altas biomassas de minhocas têm sido geralmente encontradas em áreas de pastagens na Amazônia peruana (Lavelle & Pashanasi, 1989; Pashanasi, 2002), brasileira (Barros et al., 2006; James & Brown, 2006; Decaëns et al., 2004), nas savanas e sob diferentes sistemas de uso da terra na Colômbia (Decaëns et al., 1994; 2004; Feijoo, 2001) e no México (Brown et al., 2004). No entanto, Fragozo et al. (1997) observaram também uma alta biomassa de minhocas com diferentes categorias ecológicas em plantações de *B. gasipaes* (Tabela 11.3).

A alta biomassa de minhocas principalmente nas áreas manejadas (SAF 1 e 2) foi devida geralmente a uma só espécie: *P. corethrus*. Em princípio, isto poderia ser um problema, já que observou-se que altas biomassas de *P. corethrus* podem causar compactação superficial do solo

Tabela 11.3. Densidade (ind.m^{-2}) e biomassa (ind.m^{-2}) de minhocas e total de macro-invertebrados coletados pelo método TSBF em diferentes sistemas de uso da terra na Amazônia peruana.

Localidade	Sistemas de uso da terra	Densidade		Biomassa de minhocas	Densidade total da macrofauna	Biomassa de minhocas	Biomassa total da macrofauna	Referências
		de minhocas	total da macrofauna					
Yurimaguas	Floresta primária	120	4304	28,2	53,9	Lavelle & Pashanasi (1989)		
Yurimaguas	Floresta primária	26	446	51,59	57,88	Pashanasi (2002)		
Pucallpa	Floresta primária	37	382	64,25	84,95	Pashanasi (2002)		
Pucallpa	Floresta primária perturbada	283	853	85,75	91,14	Pashanasi (2002)		
Yurimaguas	Floresta secundária	102	703	24,81	33,0	Pashanasi (2002)		
Yurimaguas	Floresta secundária	181	838	92,37	101,96	Pashanasi (2002)		
Yurimaguas	Floresta secundária	56	485	59,76	72,75	Pashanasi (2002)		
Pucallpa	Floresta secundária	93	338	2,19	4,20	Pashanasi (2002)		
Yurimaguas	Floresta secundária (15 anos)	85	4099	11,3	24,1	Lavelle & Pashanasi (1989)		
Yurimaguas	Floresta secundária (20 anos)	28	806	22,07	42,9	Pashanasi (2002)		
Pucallpa	Floresta secundária (20 anos)	67	523	74,82	105,24	Pashanasi (2002)		
Yurimaguas	<i>Brachiara humidicola</i> + <i>Desmodium ovalifolium</i>	740	922	153	159,2	Lavelle & Pashanasi (1989)		
Yurimaguas	<i>Centrosema pubescens</i>	546	1856	87,4	93,9	Lavelle & Pashanasi (1989)		
Yurimaguas	Pastagem úmida (10 anos)	573	1768	116,4	121,2	Lavelle & Pashanasi (1989)		
Yurimaguas	Pastagem seca (10 anos)	474	2347	78	82,3	Lavelle & Pashanasi (1989)		
Yurimaguas	Cultivos "high-input" (milho)	14	730	1,5	3,1	Lavelle & Pashanasi (1989)		
Yurimaguas	Cultivos "low-input" (arroz)	10	3683	0,6	8,5	Lavelle & Pashanasi (1989)		
Yurimaguas	Sistema tradicional (milho)	13	1197	4,8	8,0	Lavelle & Pashanasi (1989)		
Yurimaguas	<i>Bactris gasipaes</i> + Kudzu	341	2214	7,0	15,9	Lavelle & Pashanasi (1989)		
Yurimaguas	<i>Bactris gasipaes</i> (monocultivo)	218	1546	87,4	1110,9	Lavelle & Pashanasi (1989)		
Yurimaguas	<i>Bactris gasipaes</i> (15 anos)	215	900	74,0	85,0	Pashanasi (2002)		
Pucallpa	<i>Elaeis brasiliensis</i> (>30 anos)	256	560	11,71	18,5	Pashanasi (2002)		
Pucallpa	<i>Hevea brasiliensis</i> (>30 anos)	717	2896	106,29	170,46	Pashanasi (2002)		

numa pastagem na Amazônia central (Chauvel et al., 1999; Barros et al., 2004). A possibilidade de ocorrência desse fenômeno em outros locais (especialmente pastagens) merece mais atenção. No presente estudo, a alta densidade e biomassa de *P. corethrurus* esteve sempre acompanhada por uma alta e diversa população de outros macro-invertebrados, encontrada em ambos os SAFs. Nesse caso esses organismos poderiam estar trazendo um efeito benéfico ao solo dos SAFs (Barros et al., 2004), que precisa ser melhor estudado.

Referências

- ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. **Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods**. 2.ed. Wallingford: CAB International, 1993. 221 p.
- ANDERSON, A. B.; PRANCE, G. T.; ALBUQUERQUE, B. W. P. Estudos sobre a vegetação das campinas amazônicas. III. A vegetação lenhosa da campina da Reserva Biológica INPA -SUFRAMA (Manaus-Caracará, km 62). **Acta Amazonica**, v. 5, p. 225-246, 1975.
- BARROS, E.; PASHANASI, B.; CONSTANTINO, R.; LAVELLE, P. Effects of land-use system on the soil macrofauna in western Brazilian Amazonia. **Biology and Fertility of Soils**, v. 35, p. 338-347, 2002.
- BARROS, E.; NEVES, A.; BLANCHART, E.; FERNANDES, E. C. M.; WANDELLI, E.; LAVELLE, P. Development of the soil macrofauna community under silvopastoral and agrosilvicultural systems in Amazonia. **Pedobiologia**, v. 47, p. 273-280, 2003.
- BARROS, E.; GRIMALDI, M.; SARRAZIN, M.; CHAUVEL, A.; MITJA, D.; DESJARDINS, T.; LAVELLE, P. Soil physical degradation and changes in macrofaunal communities in Central Amazonia. **Applied Soil Ecology**, v. 26, p. 157-168, 2004.
- BARROS, E.; MATHIEU, J.; TAPIA-CORAL, S.; NASCIMENTO, A. R. L.; LAVELLE, P. Soil macrofauna communities in Brazilian Amazonia. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. (Ed.). **Soil biodiversity in Amazonian and other Brazilian ecosystems**. Wallingford: CABI, 2006. p. 43-55.
- BROWN, G.; PASHANASI, B.; GILOT, C.; PATRON, J. C.; SENAPATI, B. K.; GIRI, S.; BAROIS, I.; LAVELLE, P.; BLAKEMORE, A. V.; SPAIN, A. V.; BOYER, J. Effects of earthworms on plant production in the tropics. In: LAVELLE, P.; BRUSSARD, L.; HENDRIX, P. (Ed.). **Earthworm management in tropical agroecosystems**. Wallingford: CAB International, 1999. p. 87-147
- BROWN, G. G.; MORENO, A. G.; BAROIS, I.; FRAGOSO, C.; ROJAS, P.; HERNÁNDEZ, B.; PATRÓN, J. C. Soil macrofauna in SE Mexican pastures and the effect of conversion from native to introduced pastures. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 103, p. 313-327, 2004.
- CHAUVEL, A.; GRIMALDI, M.; BARROS, E.; BLANCHART, E.; SARRAZIN, M.; LAVELLE, P. An Amazonian earthworm compacts more than a bulldozer. **Nature**, v. 398, p. 32-33, 1999.
- DECAENS, T.; LAVELLE, P.; JIMÉNEZ JAEN, J. J.; ESCOBAR, G.; RIPPSTEIN, G. Impact of land management on soil macrofauna in the Oriental Llanos of Colombia. **European Journal of Soil Biology**, v. 30, p. 157-168, 1994.
- DECAENS, T.; JIMÉNEZ, J. J.; BARROS, E.; CHAUVEL, A.; BLANCHART, E.; FRAGOSO, C.; LAVELLE, P. Soil macrofaunal communities in permanent pastures derived from tropical forest or savanna. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 103, p. 301-312, 2004.
- FEIJOO, A. M. **Impacto del uso de la tierra en áreas de laderas sobre comunidades de macrofauna del suelo (Caldono, Cauca, Colombia)**. 2001. 196 f. Tesis (Doctorado) - Universidad Nacional de Colombia, Palmira
- FRAGOSO, C.; BROWN, G. G.; PATRÓN, J. C.; BLANCHART, E.; LAVELLE, P.; PASHANASI, B.; SENAPATI, B.; KUMAR, T. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics: the role of earthworms. **Applied Soil Ecology**, v. 6, p. 17-35, 1997.
- JAMES, S. W.; BROWN, G. G. Earthworm ecology and diversity in Brazil. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. (Ed.). **Soil biodiversity in Amazonian and other Brazilian ecosystems**. Wallingford: CABI, 2006. p. 56-116.
- LAVELLE, P.; PASHANASI, B. Soil macrofauna and land management in Peruvian Amazonia (Yurimaguas, Loreto). **Pedobiologia**. v. 33, p. 283-291, 1989.
- LAVELLE, P.; DANGERFIELD, M.; FRAGOSO, C.; ESCHENBRENNER, V.; LÓPEZ-HERNÁNDEZ, D.; PASHANASI, B.; BRUSSAARD, L. The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. In: WOOLMER, P. L.; SWIFT, M. J. (Ed.). **The biological management of tropical soil fertility**. Chichester: Wiley, 1994. p. 137-169
- LUIZÃO, F. J. **Ecological studies in contrasting forest types in Central Amazonia**. 1995. 288 f. Tese (Doutorado). University of Stirling. Stirling.

- OLIVEIRA, E. P. Estudo dos invertebrados terrestres e distribuição vertical em diferentes ecossistemas da Amazônia Central. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., 1996. Campinas. Campinas: Software Gráfico Ltda., 1996. 1 CD ROM.
- PASHANASI, B. Estudio cuantitativo de la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de uso de la tierra en la Amazonia Peruana. **Folia Amazonica**, v. 12, p. 75-97, 2002.
- PASHANASI, B. Las lombrices de tierra en diferentes ecosistemas de la amazonia peruana. In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. (Ed.). **Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. Capítulo 10.
- TAPIA-CORAL, S. C.; LUIZÃO, F. ; WANDELLI, E. Macrofauna da liteira em sistemas agroflorestais sobre pastagens abandonadas na Amazônia central. **Acta Amazonica**, v. 29, p. 477-495, 1999.
- TAPIA-CORAL, S. C.; PASHANASI, B.; DEL CASTILLO, D. Estudio preliminar de la macrofauna del suelo en áreas de varillales y chamizales de la Amazonía peruana. **Folia Amazonica**, v. 13, n. 1-2, p. 63-84, 2002.
- TIAN, G.; BRUSSAARD, L.; KANG, B.T.; SWIFT, M. J. Soil fauna-mediated decomposition of plant residues under constrained environmental and residue quality conditions. In: CADISH, G.; GILLER, K. E. (Ed.). **Driven by nature: plant litter quality and decomposition**. Wallingford: CAB International, p. 125-134, 1997.

Present state of knowledge of earthworm ecology and taxonomy in Bolivia. Earthworms from South America 41¹

Jörg Römcke; András Zicsi

Abstract

In this chapter, the occurrence of species of the oligochaete families Glossoscolecidae, Acanthodrilidae, Lumbricidae, Megascolecidae and Ocnerodrilidae in Bolivia is described. Of the 45 species (including those which were not determinable to the species level) found thus far, 18 (40%) are peregrine (i.e. distributed by man in many parts of the world) and 27 (60%) are native and/or endemic, occurring only in South America or Bolivia (9 species). However, most of these species have been collected only once or twice; therefore all biogeographic considerations are preliminary. Introduced Lumbricidae are probably restricted to the Andes region, while other peregrine species are found in the Bolivian lowlands. The ecology of earthworms has only been studied three times, and mainly focused on the role of (mainly lumbricid) earthworms in agricultural soils in the vicinity of La Paz. These studies indicate that vegetation as well as land-use practices clearly influence abundance and biomass of these worms. For the future, more taxonomic, biogeographic and ecological research is recommended. In these studies, sampling of undisturbed sites (in particular the Southern and Eastern parts of the country), investigation of the population dynamics of native species and the assessment of the relationship between peregrine and native species should receive priority attention.

Resumen

En este capítulo se presenta la distribución y diversidad de lombrices de tierra de las familias Glossoscolecidae, Acanthodrilidae, Lumbricidae, Megascolecidae y Ocnerodrilidae en Bolivia. De las 45 especies encontradas hasta la fecha (incluyendo aquellas que no fueron determinadas a nivel específico), 18 (40%) son peregrinas y 27 (60%) son nativas y/o endémicas, encontradas solamente en Sudamérica o en Bolivia (9 especies). Debido a que la mayor parte de éstas lombrices han sido colectadas solo una o dos veces, todas las consideraciones biogeográficas son preliminares. Las especies introducidas de la familia Lumbricidae están probablemente restringidas a los Andes, mientras que las demás especies peregrinas han sido encontradas en las partes bajas bolivianas. La ecología de las lombrices ha sido estudiada apenas tres ocasiones en Bolivia, enfocando especialmente los lumbrícidos de agroecosistemas en los alrededores de La Paz. Estos estudios indican que la vegetación y las prácticas agrícolas influyen en la abundancia y biomasa de estas lombrices. Para el futuro, es prioritario realizar mas investigación taxonómica, biogeográfica y ecológica. Estos estudios deben enfocar áreas poco perturbadas con vegetación nativa, principalmente en el sur y el este del país, incluyendo la evaluación de la dinámica poblacional de las especies nativas y su relación con la presencia/ausencia de especies peregrinas.

¹ This contribution is dedicated to the memory of Dr. Werner Hanagarth (1948 – 2003), who worked for many years at the Institute of Ecology in La Paz, Bolivia.



Introduction

This contribution reviews the taxonomic and ecological knowledge of earthworms in Bolivia. Besides the Glossoscolecidae family, the Acanthodrilidae, Lumbricidae, Megascolecidae and Ocnerodrilidae families are also present in Bolivia. However, up to now, no systematic work has been done with earthworms in this country. From a taxonomic point of view, the results of several sampling surveys are presented, performed mainly by European scientists (e.g. L. Černosvitov, W. Hanagarth, A. Zicsi), travelling more or less by chance within the country. Therefore, the distribution of earthworms is better known from some sites, especially close to the capital La Paz, while wide regions of the country are still virtually unknown. Ecological work is even rarer: only three master degree studies (all supervised by W. Hanagarth and focussing on the population biology of introduced lumbricids) have been performed in Bolivia so far. Besides a species list, this chapter also provides an overview on the biogeography of Bolivian earthworms and a short summary of the ecological studies performed with peregrine lumbricids is given. This compilation is an update of the previous review on Bolivian earthworms (Römbke & Hanagarth 1994).

Geographic background

Geographically, Bolivia can be divided into four regions: the Andes (western part of the country), the Amazon lowland in the North-East, the Cerrados and the Gran Chaco in the central and Southeastern parts (for a detailed description see Killeen et al., 1993; Hanagarth, 1993). The main properties (altitude plus mean annual temperature and precipitation) of these regions are listed below, separated according to subregions:

The Andes:

- Altiplano (2500 - 4000 m. a.s.l.), 10°C, 600 - 1000 mm rain
- Eastern slopes: Yungas (cloud forest), 17-24°C, 2000-3500 mm rain,

The Amazon lowland:

- Northern part: true rainforest, 26-27°C, 1800-2000 mm rain
- Central/Southern parts: Similar climate but covered by humid forests (Beni)

The Cerrados:

- Dry savannas (North) and inundation savannas (South)

The Gran Chaco:

- Southern lowlands, 22-26°C, 500-1000 mm

In Figure 12.1, these regions of Bolivia are shown. In addition, the main sampling sites are given, classified into three groups: Sites where only native species were found, those only with peregrine species and those where the two groups were found together. As can be clearly seen, the vast majority of sampling was done around the capital La Paz, likely because of the easier access to collection sites in this region.

In the Beni savannah, vast areas are dominated by one species (*Enantiodrilus borellii*). These worms build small earthen towers with their casts (20 - 40 cm high called sartenajales), during the rainy season (Photo 12.1).

In total, 30 sites (often several plots at one site) have been sampled so far (Table 12.1). Twenty are in the Andes, and the other three regions have only two sites each. Three sites at the Eastern edge of the Andes could not be classified. Referring to ecological groups, eleven sites belong to the puna (dry and moist) type, seven are humid mountain forest sites and five are tropical rain forests. From the remaining six sites, two each are classified as paramo, chaco woodland and inundation savannah.

Species list and biogeography

In more than 90% of all taxonomic/biogeographic sampling, the worms were found more or less by chance. Various modifications of the hand-sorting method were used (Lee, 1985). In most cases, the sample sites lacked data on parameters such as soil characteristics, land use and ecology.

An overview of the number of earthworm species per family and the percentage of peregrine species in each family found in Bolivia is presented in Table 12.2. According to this table, 45 species are known from Bolivia up to the present date. Eighteen species (40% of the total) are peregrine, mainly lumbricids coming originally from Europe with Spanish colonists. The dominant native species belong to the Glossoscolecidae (16 spp.) and Ocnerodrilidae (9 spp.) families, both with just one peregrine species known in each family. Table 12.3 presents a list of the species known from each family in Bolivia, including details on the sample sites and, when available taxonomic or ecological notes (for more details see Zicsi, 1995).

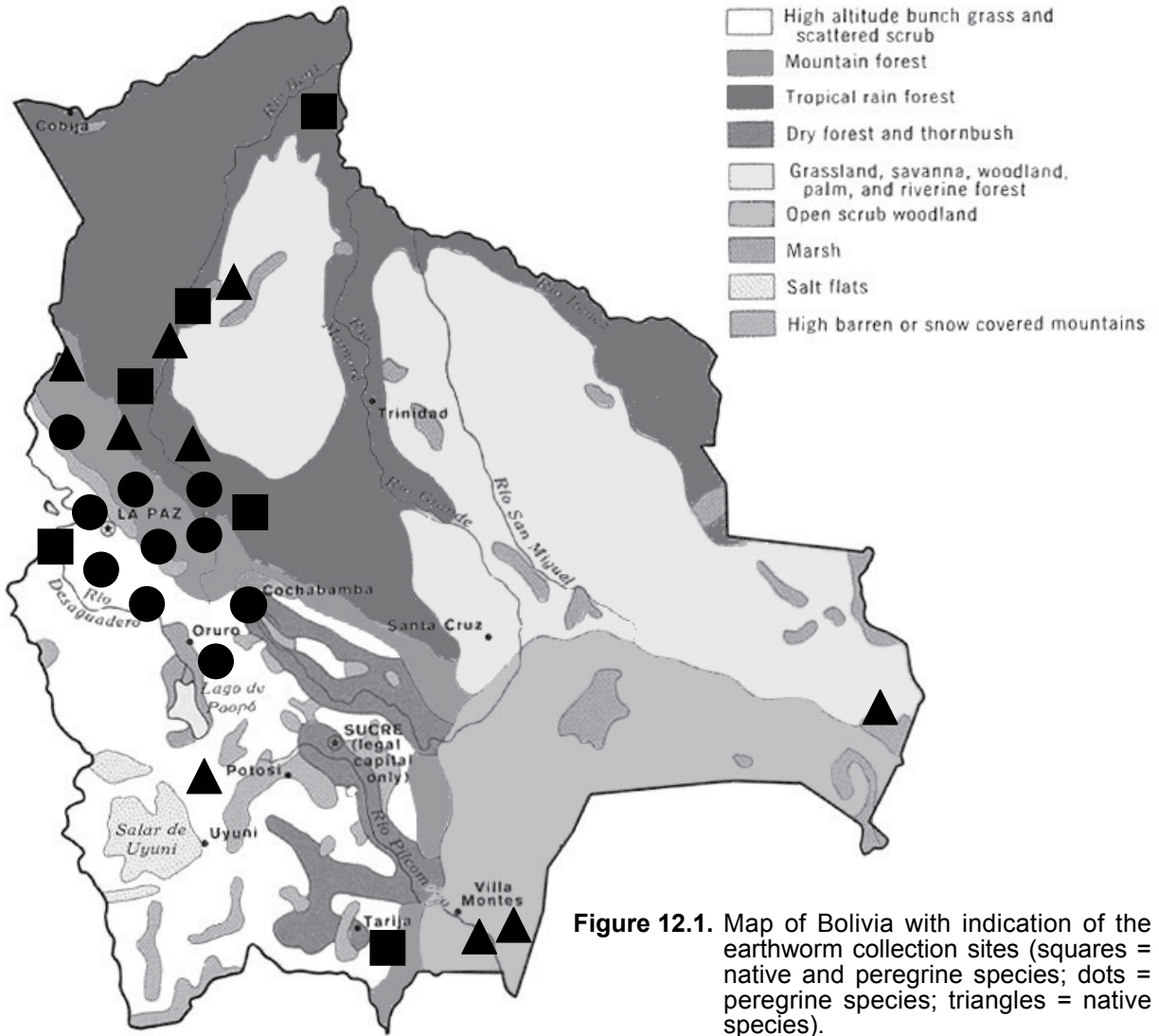


Figure 12.1. Map of Bolivia with indication of the earthworm collection sites (squares = native and peregrine species; dots = peregrine species; triangles = native species).



Photo 12.1. Earthen towers (Sartenajales) built by *Enantiodrilus borellii* in the Beni savannah. (Photo W. Hanagarth)

The eighteen peregrine species can be divided into two groups: 1) species of European origin (9 Lumbricidae spp.), probably introduced by early settlers; 2) species that originated in tropical regions of Latin America, Africa or Asia, and with a pantropical distribution due to human activities (1

sp. Glossoscolecidae, 1 sp. Megascolecidae, 1 sp. Ocneroдрilidae and 6 spp. Acanthodrilidae).

The native species can also be divided into two groups (see Table 12.3): 1) species found in at least two Latin American countries (7 spp. Glossoscolecidae, 8 spp. Ocneroдрilidae and 2 spp. Acanthodrilinae); 2) species endemic to Bolivia (8 spp. Glossoscolecidae and 1 sp. Ocneroдрilidae).

Of the 45 species (including those which were not determinable to the species level) listed here, 18 (40%) belong to the peregrine group and 27 (60%) to the native species group. One-half (i.e., 9 out of 18) of the peregrine species come from Europe, while one-third of the native species appear to be endemic to Bolivia and 17 spp. are found in several Latin American species. Therefore, more than one third of all earthworms found in Bolivia up to now were introduced by man during the last centuries. However, it is very likely that this ratio will change in favour of South American species when more collecting has been done.

Table 12.1. Sampling sites of *Oligochaeta* in Bolivia, listed according to altitude and classified using political and ecological criteria. For more details on the sites see Römbke & Hanagarth (1994) and Zicsi (1995).

No.	Site	Altitude	Department	Region	Ecological zone
1	Near Unduavi	4650 m	La Paz	Andes	Moist puna
2	Road to Zongo	4100 m	La Paz	Andes	Moist puna
3	Serrania Macho Pelechuco	4060 and 3600 m	La Paz	Andes	Moist puna
4	Unduavi	3850 m	La Paz	Andes	Yungas-paramo
5	Huacullani	3875 m	La Paz	Andes	Moist puna
6	Copacabana	3810 m	La Paz	Andes	Moist puna
7	At Lake Titicaca	3825 m	La Paz	Andes	Moist puna
8	Laguna Viscachani	3750 m	La Paz	Andes	Moist puna
9	Rio Pazna	3850 m	Oruro	Andes	Dry puna
10	Caiza	3750	Potosi	Andes	Dry puna
11	Huaraco	3650	Oruro	Andes	Dry puna
12	Chasquipampa	3600 m	La Paz	Andes	Dry puna
13	Near La Paz	3600 m	La Paz	Andes	Dry puna
14	Cambaya	3250 m	La Paz	Andes Yungas	Elfin forest
15	Cotapata	2900 m	La Paz	Andes Yungas	Elfin forest
16	Sorata	2680	La Paz	Andes Yungas	Humid mountain forest
17	Cambaya	2500	La Paz	Andes Yungas	Humid mountain forest
18	Valle de Zongo	1150-2000 m	La Paz	Andes Yungas	Humid mountain forest
19	Near Tarija	1860 m	Tarija	Andes Yungas	Humid mountain forest
20	Mapiri	610 m	La Paz	?	Tropical rain forest
21	Between Teo-ponte and Alcoche	550 m	La Paz	?	Tropical rain forest
22	Obrajes	1500 m	La Paz	?	?
23	Rio Quiquibey	300 m	Beni	Amazon	Tropical rain forest
24	Guayaramerin	125 m	Beni	Amazon	Tropical rain forest
25	Espiritu	170 m	Beni	Cerrados	Inundation savannah
26	North of River Yata	~150 m	Beni	Amazon	Tropical rain forest?
27	Puerto Suarez	145 m	Santa Cruz	Cerrados	Inundation savannah
28	Aguairenda	200 m	Tarija	Gran Chaco	Chaco woodland
29	Rio Pilcomayo	200 m	Tarija	Gran Chaco	Chaco woodland
30	Cochabamba	2560 m	Cochabamba	Andes Yungas	Humid mountain forest

Table 12.2. Number of species per family and the percentage of peregrine species known from Bolivia.

Family	Total species n ^o	%	Peregrine species n ^o	%
Glossoscolecidae	17	37.8	1	6
Ocnerodrilidae	10	22.5	1	10
Acanthodrilidae	8	17.8	6	75
Megascolecidae	1	2.2	1	100
Lumbricidae	9	20.0	9	100
Total	45	100	18	40

Table 12.3. Earthworm species known from Bolivia, with details on collection sites (according to Table 12.1) and references to each species.

N°	Family Genus & species	Distribution			References
		Bolivia ¹	Other countries		
Glossoscolecidae					
1	<i>Andiorrhinus (Amazonidrilus) aberratus</i> Zicsi & Csuzdi, 1999	26			Zicsi & Csuzdi (1999)
2	<i>Andiorrhinus (Amazonidrilus) bolivianus</i> Zicsi, 1995	24			Zicsi (1995)
3	<i>Andiorrhinus (Amazonidrilus) holmgreni</i> ² Michaelsen, 1918	4	Brazil		Michaelsen (1918), Righi (1990)
4	<i>Andiorrhinus (Andiorrhinus) montanus</i> Zicsi, 1995	4			Zicsi (1995)
5	<i>Anteoides rosae</i> Cognetti, 1902	28	Argentina		Cognetti (1902)
6	<i>Diachaeta</i> sp. ³	23, 24			Zicsi (1995)
7	<i>Enantiodrilus borellii</i> ⁴ Cognetti, 1902	23, 24, 25	Brazil, Argentina		Cognetti (1902), Zicsi (1995)
8	<i>Glossodrilus peregrinus</i> ⁵ (Michaelsen, 1897)	28	Caribbean		Cognetti (1902)
9	<i>Goiascolex vanzolinii</i> Righi, 1984	24	Brazil		Zicsi (1995), Righi (1984)
10	<i>Inkadrilus hanagarthi</i> ⁶ Zicsi, 1995	6			Zicsi (1995)
11	<i>Periscolex guayamerinensis</i> Zicsi & Csuzdi, 1999	24			Zicsi & Csuzdi (1999)
12	<i>Periscolex yuya</i> Righi & Römbke, 1987	21	Peru		Zicsi (1992), Righi & Römbke (1987)
	<i>Periscolex</i> ⁷ sp.	25			Zicsi (1995)
13	<i>Pontoscolex corethrurus</i> (Müller, 1857)	24, 25	Throughout South America and the tropics		Zicsi (1995), Fragoso & Brown (2007)
14	<i>Rhinodrilus parvus</i> (Rosa, 1895)	10	Argentina		Cognetti (1902), Rosa (1895)
15	<i>Tamayodrilus roembkei</i> Zicsi, 1995	3			Zicsi (1995)
16	<i>Zongodrilus bolivianus</i> ⁸ (Righi & Römbke, 1987)	14			Zicsi & Csuzdi (1999), Righi & Römbke (1987)
17	<i>Zongodrilus silvestris</i> Zicsi, 1995	15			Zicsi (1995)
Onerodrilidae					
18	<i>Belladrilus vaucheri</i> Zicsi, 1995	19			Zicsi (1995)
19	<i>Eukerria asuncionis</i> (Rosa, 1895)	24	Argentina, Paraguay		Zicsi (1995), Rosa (1895), Mischis (2007)

Continued...

Table 12.3. Continuation...

N°	Family Genus & species	Distribution		References
		Bolivia ¹	Other countries	
20	<i>Eukerria eiseniana</i> (Rosa, 1895)	24, 27	Argentina, Brazil, Paraguay	Zicsi (1995), Rosa (1895), Mischis (2007)
21	<i>Eukerria garmani</i> (Rosa, 1895)	24	Paraguay	Zicsi (1995), Rosa (1895)
22	<i>Eukerria halophila</i> (Beddard, 1892)	29	Argentina	Mischis (2007)
23	<i>Eukerria saltensis</i> (Rosa, 1895)	19, 21	Argentina, Brazil, Chile, Cuba, Mexico	Zicsi (1995), Fragoso & Brown (2007)
24	<i>Eukerria subandina</i> (Rosa, 1895)	10, 28	Argentina, Brazil	Cognetti (1902), Rosa (1895), Mischis (2007)
25	<i>Ilyogenia paraguayensis</i> (Rosa, 1895)	28	Argentina, Paraguay	Cognetti (1902), Rosa (1895), Mischis (2007)
26	<i>Ilyogenia tuberculatus</i> (Eisen, 1900)	24	Guatemala	Zicsi (1995), Eisen (1900)
27	<i>Ocnerodrilus occidentalis</i> Eisen, 1878	24	Throughout Latin America, worldwide	Zicsi (1995), Fragoso & Brown (2007)
Acanthodrilidae				
28	<i>Dichogaster affinis</i> (Michaelson, 1890)	24	Throughout Latin America, worldwide	Zicsi (1995), Fragoso & Brown (2007)
29	<i>Dichogaster bolau</i> (Michaelson, 1891)	24	Throughout Latin America, worldwide	Csuzdi & Zicsi (1991), Fragoso & Brown (2007)
30	<i>Dichogaster modiglianii</i> (Rosa, 1896)	20	Throughout Latin America, worldwide	Zicsi (1995), Fragoso & Brown (2007)
31	<i>Dichogaster saliens</i> (Beddard, 1892)	24	Throughout Latin America, worldwide	Zicsi (1995), Fragoso & Brown (2007)
32	<i>Microscolex dubius</i> (Fletcher, 1887)	3, 13	Argentina, Brazil, Chile, Mexico, Paraguay, Uruguay, worldwide	Zicsi (1995), Michaelson (1916), Fragoso & Brown (2007)
33	<i>Microscolex phosphoreus</i> (Dugès, 1837)	13	Argentina, Brazil, Chile, Colombia, Ecuador, El Salvador, Paraguay, Mexico, worldwide	Zicsi (1995), Fragoso & Brown (2007)
34	<i>Yagansia parinacotana</i> ⁹ Zicsi, 1989	7	Chile	Zicsi (1989), Zurita (1997)
35	<i>Yagansia peruana</i> Černosvitov, 1939	1, 7	Peru	Zicsi (1995), Černosvitov (1939)
Megascolecidae				
36	<i>Amyntas corticis</i> (Kinberg, 1867)	18	Throughout Latin America, worldwide	Zicsi (1995), Fragoso & Brown (2007), Righi & Römbke (1987)
Lumbricidae				
37	<i>Allolobophora chlorotica</i> (Dugès, 1828)	30	Chile, México, Guatemala, Uruguay, Peru	Černosvitov (1939), Fragoso & Brown (2007)

38	<i>Aporrectodea caliginosa</i> ¹⁰ (Savigny, 1826)	4, 6, 7, 9, 13, 16, 19, 22	Argentina, Brazil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Mexico, Paraguay, Peru, Uruguay, worldwide	Zicsi (1995), Černosvitov (1934, 1935), Römbeke & Hanagarth (1994), Fragoso & Brown (2007), Cordero (1942)
39	<i>Aporrectodea rosea</i> (Savigny, 1826)	2, 4, 5, 6, 8, 11, 13, 17	Argentina, Brazil, Chile, Colombia, Ecuador, Mexico, Peru, Uruguay, worldwide	Zicsi (1995), Fragoso & Brown (2007), Righi & Römbeke (1987), Römbeke & Hanagarth (1994)
40	<i>Dendrobaena octaedra</i> (Savigny, 1826)	4, 17	Chile, Colombia, Ecuador, Mexico, worldwide	Zicsi (1995), Römbeke & Hanagarth (1994), Fragoso & Brown (2007)
41	<i>Dendrodriilus rubidus</i> (Savigny, 1826)	1, 7, 17, 19	Throughout Latin America, worldwide	Römbeke & Hanagarth (1994), Zicsi (1995), Fragoso & Brown (2007)
42	<i>Eisenia andrei</i> Bouché, 1972	La Paz (city)	Throughout Latin America, worldwide (mainly in vermiculture)	Brown & James (unpublished data), Fragoso & Brown (2007)
43	<i>Eiseniella tetraedra</i> (Savigny, 1826)	6, 8	Argentina, Brazil, Chile, Colombia, Ecuador, Mexico, Peru, Venezuela, worldwide	Römbeke & Hanagarth (1994), Černosvitov (1939), Fragoso & Brown (2007)
44	<i>Lumbricus rubellus</i> Hoffmeister, 1843	8	Argentina, Chile, Colombia, Mexico, worldwide	Römbeke & Hanagarth (1994), Fragoso & Brown (2007)
45	<i>Octolasion lacteum</i> ¹¹ (Savigny, 1826)	1, 6, 17	Argentina, Brazil, Chile, Colombia, Ecuador, Mexico, Panama, Peru, Uruguay, worldwide	Zicsi (1995), Fragoso & Brown (2007), Righi & Römbeke (1987), Römbeke & Hanagarth (1994)

¹ Department & Province or sample site from Table 12.1.

² The taxonomic relationship between *A. (A.) holmgreni*, *A. (A.) paraguayensis* are not yet clear (Zicsi, 1995).

³ Stated as *Diaguita* sp. in Römbeke & Hanagarth (1994). Only juveniles were found so it was not possible to determine the species.

⁴ Taxonomically interesting since it is isolated within the Glossoscolecidae.

⁵ The species, originally described as *Tykorus peregrinus* by Michaelisen and later named *Andioscolex peregrinus*, is now in the genus *Glossodrilus* (Righi, 1975).

⁶ Species of *Inkadriilus* closely related to those found in Bolivia were described from Peru (Michaelisen, 1900).

⁷ Only softened juveniles were found so it was not possible to determine the species.

⁸ This species was originally described as *Martiodrilus bolivianus* Righi & Römbeke, 1987.

⁹ The only non-peregrine species for which some ecological data are available (Zurita, 1997).

¹⁰ There is a long discussion about the taxonomic status of the different forms of this species. For details see Zicsi (1982).

¹¹ *O. tyrtaeum* in Righi & Römbeke (1987) and Römbeke & Hanagarth (1994).

Glossoscolecidae

Glossoscolecids were found in all the main eco-regions of Bolivia where samples were taken (Table 12.3). The absence of records from southern and eastern Bolivia is due to the lack of samples in these regions. In the adjacent Brazilian states of Mato Grosso, Rondonia and Mato Grosso do Sul, many glossoscolecid species have been collected and new species described (Righi, 1990). Of the 17 known glossoscolecids, eight species are known only from Bolivia, and may be endemic (Table 12.3).

Ocnerodrilidae

Although ocnerodrilids are usually found in more or less limnic habitats they can also live in very moist soils. Most of the *Eukerria* species are widely distributed throughout Latin America and *Ocnerodrilus occidentalis* is pantropical peregrine species, sometimes occurring in temperate zones (Lee, 1985). Only *Belladrilus vaucheri* seems to be endemic to Bolivia.

Acanthodrilidae

All *Dichogaster* species reported from Bolivia so far are pantropical peregrine species that might have come originally from West Africa (Lee, 1985). The two *Microscolex* species known from Bolivia (Table 12.3) probably originated in the Patagonian region, and are now peregrine species throughout the Southern temperate zone and also in parts of North America and Europe. The only native acanthodrilids in Bolivia (Table 12.3) belong to the genus *Yagansia*, which has its centre of diversity in Chile (Zicsi, 1989).

Megascolecidae

Several species of this family belonging to the "Pheretima"-group have been introduced to South America, coming originally from South-East Asia. Among these, *Amyntas corticis* is one of the most wide-spread species in South America, often found close to the edge of natural forests and in particular close to horse dung.

Lumbricidae

Of the close to 20 species of peregrine Lumbricidae originally from Europe and now distributed worldwide, nine are found in Bolivia (Table 12.3). *Aporrectodea caliginosa* seems to be the most successful species, probably due to its broad ecological tolerance and relatively

long individual reproductive lifespan rather than rapid and short reproduction (Bengtsson et al., 1979). In many Andean sites suitable for agriculture, lumbricids reach a dominance of up to 100% (Ergueta, 1985; Zurita, 1997).

Biogeography and taxonomy

Despite a few recent species descriptions, the knowledge on the biogeography of the earthworm fauna of Bolivia has not changed much since the last review in 1994. In any case it is far from being comprehensive. Only preliminary considerations on the biogeography of Bolivian earthworms can be made at present, given the small sampling effort performed thus far. Most species have only been encountered once (Table 12.4). For example, only three out of 17 glossoscolecid species were found more than once. Only some peregrines, in particular *P. corethrurus* and the lumbricids *A. caliginosa* and *A. rosea* have been found more often.

Regarding the geographical distribution it seems evident, even with limited data collected thus far, that the introduced lumbricid species are most common in the Andes, especially in agricultural areas, whereas the pantropical species live in all warmer parts of Bolivia. Although the means of dispersal and reasons for their advantages compared to non-peregrine species are relatively well-known (Lee, 1985), it is still a matter of debate whether they have displaced native species or whether they mainly inhabit areas formerly free of native earthworms.

The geographical distribution of terrestrial Oligochaeta in Bolivia is far from being well investigated. When compared to other parts of Latin America, the number of species encountered

Table 12.4. Number of times earthworm species from different families have been encountered in Bolivia.

Family	Frequency of encounters			Total
	Once	Two-four	>Four	
.....n° species.....				
Glosscolecidae	14	3	–	17
Ocnerodrilidae	7	3	–	10
Lumbricidae	3	4	2	9
Acanthodrilidae	6	2	–	8
Megascolecidae	1	–	–	1
Total	31	12	2	45
Peregrines	9	6	2	

and knowledge regarding their distribution is still minimal. Considering the diversity of earthworms in the neighbouring countries, it can be expected that more collecting will significantly increase the number of known species. Since the proportion of natural habitat is quickly decreasing (e.g., for agriculture) the investigation of these ecologically very important organisms should be promoted.

Ecological studies

Only three (unpublished) diploma thesis have been performed in Bolivia, but the one of Gemio (1995) is not available. Summaries of these two studies are given.

Abundance of lumbricid earthworms in the dry Puna (Ergueta, 1985)

The aim of this study was to identify the interactions between earthworm abundance and biomass and abiotic as well as biotic factors in several sites with different plant cover: *Parastrephia lepidophylla*, *Baccharis incarum*, *Stipa ichu*, *Trifolium amabile*, *Medicago sativa* (including a site cultivated with potato and alfalfa). Between November 1982 and October 1983, the earthworms from five sites, located in the area of Huaraco, Province of Aroma, Department La Paz (Central Altiplano), i.e. in the dry puna, were sampled via hand-sorting (25 x 25 cm in two depths). In addition, climatic and pedological parameters were measured.

The earthworm community at these sites was mostly (95% of total) composed of the lumbricid species *A. caliginosa*. In addition, some juveniles of another lumbricid (*Octolasion* sp.) and a non-lumbricid (acanthodrilid?) species were found. Up to 150 ind/m² and a biomass of 12.1 - 21.3 g/ m² were encountered. The population dynamics of the earthworms was determined by soil moisture and temperature (limiting factor: temperatures below 0°C). Consequently, abundance and biomass fluctuated considerably during the course of the year. The animals reacted by vertical migrations, i.e. retracting to a depth of 20 - 30 cm or by going into quiescence (inactivity).

Plant cover had a marked influence on the earthworms: abundance was higher in sites with bushes and scrubs (*P. lepidophylla*, *B. incarum*), due to the higher soil moisture and organic matter content compared with the other sites. The lowest abundance was found in the cultivated site, particularly in bare soil.

Earthworms of different agricultural sites (Zurita, 1997)

In this study the earthworms in two pre-columbian agricultural systems located near Lake Titicaca (Northern Altiplano) and their correlation with physico-chemical factors were investigated. These systems, called "Suka kollus" were developed by pre-hispanic Aymara cultures and contain crop areas intermingled with small channels (Erickson, 1985). At both study sites, which were similar except for organic matter and salt contents, monocultures and rotating cultures were compared. The worms were sampled by hand-sorting (25 x 25 cm; depth: 10 cm) during six months (October 1995 to April 1996). Various climatic and soil parameters were also measured.

In total, five lumbricid species (*A. caliginosa*, *A. rosea*, *Dendrodrilus rubidus*, *Eiseniella tetraeda* and *Lumbricus* sp.) and one acanthodrilid (*Yagansia parinacotana*) were found; i.e. five peregrine and one native species. Earthworm abundance (mainly of the two *Aporrectodea* species) ranged from 180 to 500 ind/m², with lower values in the monocultures. Compared with other non-tropical agricultural sites (e.g. of temperate regions in Europe), these abundance values are very high. In addition, there was a significant correlation between soil moisture and worm abundance at the two sites. Other important factors governing abundance were the salt content (negative) and the amount of organic matter (positive).

This is the first study addressing such specific agricultural sites in Bolivia or comparable Andean sites. Given the presence of both native and exotic species together, further work is warranted in this and other traditional/indigenous agroecosystems that may still permit survival of native earthworm species.

Summary

The current situation concerning earthworms in Bolivia can be summarised as follows:

- Up to the present, 45 earthworm species have been found in Bolivia; 60% are native, and 40% exotic species;
- Except for a few lowland sites, only the highland areas around the capital La Paz have been well sampled;
- Nearly nothing is known about the ecology of earthworms in Bolivia (only a few agricultural sites in the Altiplano, dominated by peregrine lumbricids have been sampled).

Research is recommended in the following areas:

- Biogeography: Sampling of undisturbed sites (in particular the Southern and Eastern parts of the country);
- Ecology: Population dynamics of native species;
- Relationship between peregrine and native species.

References

- BENGTSON, S. A.; NILSSON, A.; NORDSTÖM, S.; RUNDGREN, S. Short term colonization success of founder lumbricid populations. **Oikos**, v. 33, p. 308-315, 1979.
- ČERNOSVITOV, L. Les Oligochetes de la Guyane Française et d'autres pays de l'Amérique du Sud. **Bulletin du Muséum Nationale d'Histoire Naturelle de Paris**, v. 6, n. 1, p. 47-59, 1934.
- ČERNOSVITOV, L. Oligochaeten aus dem tropischen Süd-Amerika. **Capita Zoologica**, v. 6, n. 1, p. 5-37, 1935.
- ČERNOSVITOV, L. The Percy Sladen Trust Expedition to Lake Titicaca in 1937. VI. Oligochaeta. **Transactions of the Linnean Society**, London, v. 3, n. 1, p. 81-116, 1939.
- COGNETTI, L. Viaggio del Dr. A. Borelli nel chaco boliviano e nella Repubblica Argentina XVII. Terricoli boliviano ed argentini. **Bollettino dei Musei di Zoologia ed Anatomia Comparata della Reale Università di Torino**, v. 17, n. 420, p. 1-11, 1902.
- CORDERO, E. H. Oligoquetos terrícolas del Museo Argentino de Ciencias Naturales. **Anales del Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia"**, v. 40, p. 269-298, 1942.
- CSUZDI, C.; ZICSI, A. Über die Verbreitung neuer und bekannter *Dichogaster* und *Eutrigaster* Arten aus Mittel- und Südamerika (Oligochaeta, Octochaetidae). Regenwürmer aus Südamerika, 15. **Acta Zoologica Hungarica**, v. 37, n. 3-4, 177-192, 1991.
- EISEN, G. Researches in American Oligochaeta, with especial reference to those of the Pacific Coast and adjacent islands. **Proceedings of the California Academy of Sciences**, v. 2, p. 85-276, 1900. Third Series.
- ERGUETA, P. **Estudios sobre abundancia y actividad de las lombrices (Annelida: Oligochaeta) de la puna seca de Huaraco (Altiplano Central), Bolivia**. 1985. 78 f. Tesis (Licenciatura) - Facultad de Ciencias Naturales Puras, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz.
- ERICKSON, L. C. Waru-Waru, una tecnología agrícola del Altiplano pre-hispanico. **Boletín Instituto Estudios Aymaras**, Chuquito, n. 18, p. 1-11, 1985.
- FRAGOSO, C.; BROWN, G. G. Ecología y taxonomía de las lombrices de tierra en Latinoamérica: el primer Encuentro Latino-Americano de Ecología y Taxonomía de Oligoquetas (ELAETAO1). In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. (Ed.). **Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. Chapter 1.
- GEMIO, E. **Estudio de la actividad y abundancia de las lombrices (Annelida - Oligochaeta) en la capa arable de los sukos kollus**. 1995. Tesis (Licenciatura en Agronomía) - Universidad Mayor de San Andrés, La Paz.
- HANAGARTH, W. **Acerca de la geocología de las sabanas del beni en el noreste de Bolivia**. La Paz: Instituto de Ecología, 1993. 186 p.
- KILLEEN, T. J.; GARCIA, E. E.; BECK, S. G. **Guía de arboles de Bolivia**. La Paz: Instituto de Ecología, 1993. 958 p.
- LEE, K. E. **Earthworms: their ecology and relationships with soils and land use**. Sydney: Academic Press, 1985. 411 p.
- MICHAELSEN, W. **Oligochaeta. Das Tierreich**. Berlin: R. Friedländer Verlag, 1900. v. 10, 575 p.
- MICHAELSEN, W. Oligochäten aus dem Naturhistorischen Reichsmuseum zu Stockholm. **Arkiv för Zoologi**, v. 10, n. 9, p. 1-21, 1916.
- MICHAELSEN, W. Die Lumbriciden, mit besonderer Berücksichtigung der bisher als Familie Glossocolecidae zusammengefasster Unterfamilien. **Zoologische Jahrbücher Abteilung für Systematik, Geographie und Biologie der Tiere**, v. 41, p. 1-398, 1918.
- MISCHIS, C. C. Catálogo de las lombrices de tierra de tierra de la Argentina (Annelida, Oligochaeta). In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. (Ed.). **Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. Chapter 14.
- RIGHI, G. Some Oligochaeta from the Brazilian Amazonia. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 10, p. 77-96, 1975.
- RIGHI, G. On a collection of Neotropical Megadrili Oligochaeta. II. Glossocolecidae, Lumbricidae. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 19, n. 2, p. 99-120, 1984.
- RIGHI, G. **Minhocas de Mato Grosso e de Rondônia**. São Paulo: 158 S.; SCT/PRCNPq, Programa do Trópico Úmido, 1990. Relatório de pesquisa n. 12

- RIGHI, G.; RÖMBKE, J. Alguns Oligochaeta da Bolívia e do Peru. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 47, p. 523-533, 1987.
- RÖMBKE, J.; HANAGARTH, W. The present faunistic knowledge on terrestrial Oligochaeta from Bolivia. **Andrias**, v. 13, p. 7-16, 1994.
- ROSA, D. Viaggio del dottor Alfredo Borelli nella Repubblica Argentina e nel Paraguay XV. Oligocheti terricoli (inclusi quelli raccolti nel Paraguay dal Dr. Paul Jordan). **Bollettino di Zoologia ed Anatomia Comparata della Reale Università di Torino**, v. 10, n. 204, p.1-3, 1895.
- ZICSI, A. Verzeichnis der bis 1971 beschriebenen und revidierten Taxa der Familie Lumbricidae. **Acta Zoologica, Academy of Sciences**, Budapest, v. 28, p. 421-454, 1982.
- ZICSI, A. Revision der Gattung *Yagansia* (Oligochaeta, Acanthodrilidae). Regenwürmer aus Südamerika 11. **Acta Zoologica Hungarica**, v. 35: 413-430, 1989.
- ZICSI, A. Über weitere neue und bekannte Arten der Gattung *Periscolex* (Oligochaeta: Glossoscolecidae). Regenwürmer aus Südamerika, 16. **Revue Suisse de Zoologie**, v. 99, p. 211-217, 1992.
- ZICSI, A. Regenwürmer aus Bolivien (Oligochaeta). Regenwürmer aus Südamerika 23. **Revue Suisse de Zoologie**, v. 102, p. 585-608, 1995.
- ZICSI, A.; CSUZDI, C. Neue und bekannte Regenwürmer aus verschiedenen Teilen Südamerikas Regenwürmer aus Südamerika 26. **Senckenbergiana Biologica**, v. 78, p. 123-134, 1999.
- ZURITA, G. L. **Composición taxonómica y abundancia poblacional de lombrices en sistemas de monocultivo y rotación de cultivos en suka collos**. 1997. 125 f. Tesis (Licenciatura en Biología) - Universidad Mayor de San Andrés, La Paz.

An annotated checklist of the earthworms of Chile (Oligochaeta). Earthworms from South America 43

András Zicsi; Csaba Csuzdi

Abstract

On the basis of the available literature data the earthworm fauna of Chile is summarized and critically analyzed. Altogether 77 earthworm species were recorded, distributed in five families and 18 genera. In addition to 54 autochthonous species (all belonging to the family Acanthodrilidae), 23 widely distributed peregrine species are also present in the country.

Resumen

Este trabajo presenta un listado de las lombrices de tierra nativas y exóticas de Chile, con base en una revisión crítica de la literatura disponible. Se encontraron 77 especies, pertenecientes a 5 familias y 18 géneros. De éstas, 54 especies son autóctonas (nativas, todas de la familia Acanthodrilidae) y 23 son especies peregrinas ampliamente distribuidas en el país.

Introduction

The earthworm fauna of Southern South America (including Chile) is very different from that of the northern part. While in Northern South America the earthworm family Glossoscolecidae predominates, in the southern part of the continent it is absent (except for the peregrine species *Pontoscolex corethrurus*) and replaced by the family Acanthodrilidae (Figure 13.1). The typical genera of this region are *Chilota*, *Parachilota*, *Yagansia* and *Microscolex*, also partly shared by Southern Africa (Figure 13.2).

The first reference to the Chilean earthworm fauna was presented by Beddard (1895, 1896) who identified the material collected by Wilhelm Michaelsen during a collecting trip to Southern South America ("Magalhaenische Expedition"). Later (1889, 1892, 1898, 1899a, b, 1900, 1904, 1910, 1921, 1923, 1936) Michaelsen himself published 11 papers on Chilean earthworms. During this period Cognetti (1904) was the only other taxonomist to contribute to the knowledge of the Chilean earthworm fauna. After a long period with no information or studies on Chilean earthworms, the present authors returned to the region and performed a very rich earthworm collection from more than 120 localities. Fifteen new species were described and a further 12 new records to Chile were presented (Zicsi, 1989, 1993a, b, 2004; Zicsi & Csuzdi, 2001). The species encountered in these collections, as well as the remaining species known from Chile (from the literature) are presented in the following section.

List of the species

Family ACANTHODRILIDAE Claus, 1880

Recently, thorough revisions of the earthworm genera *Chilota*, *Yagansia* and *Eodrilus* have been carried out on the basis of investigations of type material and other collections (Zicsi,



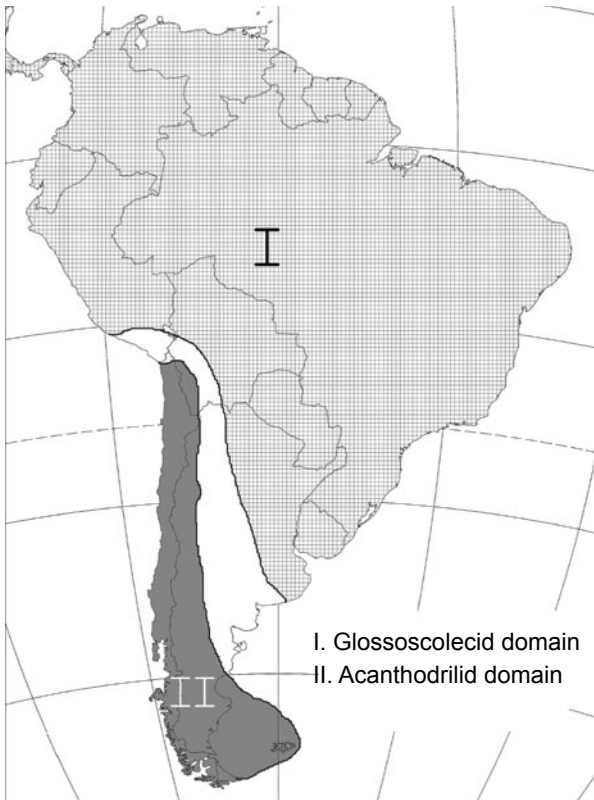


Figure 13.1. Biogeographic division of South America according to the distribution of earthworms (after Michaelsen, 1903).

1989, 1993a, 2004). Nevertheless, even these genera are thought to be taxonomically complicated, because most of the species were described using single specimens, complicating the identification of new materials.

***Chilota* Michaelsen, 1899**

Chilota Michaelsen, 1899b: 237.

Chilota Michaelsen 1900: 144, 1904: 266, 1910: 73.

Chilota Zicsi 1993a: 155.

Chilota Zicsi & Csuzdi 2001: 130.

1. *Chilota bicinctus* (Beddard, 1895)

- *Acanthodrilus bicincta* Beddard, 1895: 217.
- *Acanthodrilus purpureus* Beddard, 1895: 218.
- *Acanthodrilus bicinctus* + *A. purpureus* + *A. dalei* part. Beddard 1896: 28, 29.
- *Acanthodrilus purpureus* Michaelsen 1898: 471.
- *Chilota bicincta* Michaelsen 1899a: 17, 1900: 145, 1903: 74, 1904: 275.
- *Chilota bicinctus* Zicsi 1993a: 160.

2. *Chilota bidiverticulatus* Zicsi, 1993

- *Chilota bidiverticulatus* Zicsi, 1993a: 168.

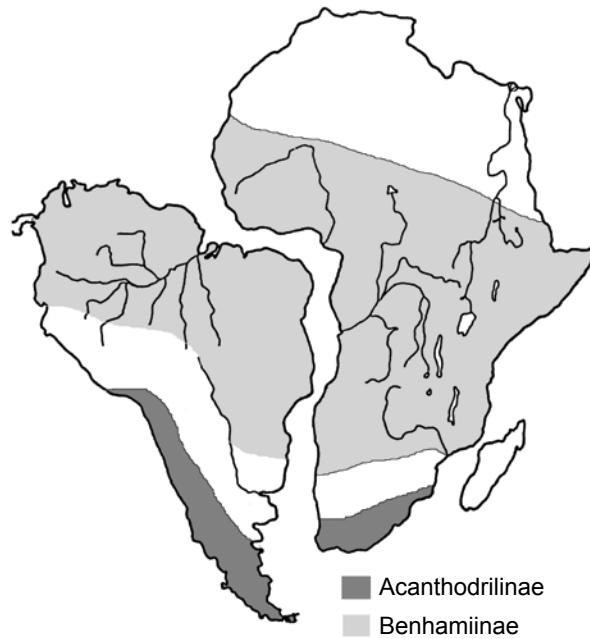


Figure 13.2. Distribution of Acanthodrilinae and Benhamiinae earthworms in South America and Africa.

- *Chilota bidiverticulatus* Zicsi & Csuzdi 2001: 132.

3. *Chilota carneus* (Beddard, 1895)

- *Acanthodrilus carneus* Beddard, 1895: 221.
- *Chilota carneus* Michaelsen 1899a: 12, 1900: 152, 1903: 75, 1904: 277.
- *Chilota bertelseni* Michaelsen, 1899: 12.
- *Chilota bertelseni* Zicsi 1993a: 164.
- *Chilota carneus* Zicsi 1993a: 164.

4. *Chilota chilensis* (Beddard, 1895)

- *Acanthodrilus chilensis* Beddard, 1895: 218, 1896: 29.
- *Chilota chilensis* Michaelsen 1899a: 9, 1900: 151, 1904: 276, 1910: 80.
- *Chilota chilensis* Zicsi 1993a: 165.

5. *Chilota cingulatus* (Beddard, 1895)

- *Acanthodrilus cingulatus* Beddard, 1895: 219, 1896: 30.
- *Chilota cingulata* Michaelsen 1899a: 9, 1900: 151, 1903: 75, 1904: 274.
- *Chilota beckmani* Michaelsen, 1899a: 9.
- *Chilota cingulatus* Zicsi 1993a: 166.

6. *Chilota corralensis* (Beddard, 1895)

- *Acanthodrilus corralensis* Beddard, 1895: 222, 1896: 55.
- *Chilota corralensis* Michaelsen 1899a: 12, 1900: 152, 1904: 273.
- *Chilota corralensis* Zicsi 1993a: 167.

7. *Chilota dalei* (Beddard, 1890)

- *Acanthodrilus dalei* Beddard, 1890: 433, 1896: 30 part.

- *Chilota dalei* Michaelsen 1899a: 18, 1900: 155.
 - *Chilota dalei* Zicsi 1993a: 161.
 - 8. *Chilota decipiens* (Beddard, 1895)**
 - *Acanthodrilus decipiens* Beddard, 1895: 433, 1896: 21.
 - *Chilota decipiens* Michaelsen 1899a: 12, 1900: 153, 1904: 276.
 - *Chilota decipiens* Zicsi 1993a: 165.
 - 9. *Chilota farellonensis* Zicsi, 1993**
 - *Chilota farellonensis* Zicsi, 1993a: 163.
 - 10. *Chilota fehlandti* Michaelsen, 1899**
 - *Chilota fehlandti* Michaelsen, 1899a: 14.
 - *Chilota fehlandti* Michaelsen 1900: 158, 1904: 275, 1910: 79.
 - *Chilota fehlandti* Zicsi 1993a: 168.
 - 11. *Chilota hilgeri* (Michaelsen, 1889)**
 - *Mandane hilgeri* Michaelsen, 1889: 8.
 - *Acanthodrilus hilgeri* Beddard 1896: 29.
 - *Chilota hilgeri* Michaelsen 1899a: 15, 1900: 154, 1904: 266.
 - *Chilota hilgeri* Zicsi 1993a: 162.
 - 12. *Chilota lossbergi* Michaelsen, 1899**
 - *Chilota lossbergi* Michaelsen, 1899a: 15.
 - *Chilota lossbergi* Michaelsen 1900: 154, 1904: 266.
 - *Chilota lossbergi* Zicsi 1993a: 167.
 - 13. *Chilota mahunkai* Zicsi, 1993**
 - *Chilota mahunkai* Zicsi, 1993a: 157.
 - 14. *Chilota minutus* (Beddard, 1895)**
 - *Acanthodrilus minutus* Beddard, 1895: 216, 1896: 26.
 - *Chilota minuta* Michaelsen 1899a: 9, 1900: 151, 1904: 274.
 - *Chilota minutus* Zicsi 1993a: 166.
 - 15. *Chilota osornoi* Zicsi & Csuzdi, 2001**
 - *Chilota osornoi* Zicsi & Csuzdi, 2001: 132.
 - 16. *Chilota paessleri* Michaelsen, 1904**
 - *Chilota paessleri* Michaelsen, 1904: 266.
 - *Chilota paessleri* Michaelsen 1910: 73.
 - *Chilota paessleri* Zicsi 1993a: 156.
 - 17. *Chilota patagonicus* (Kinberg, 1867)**
 - *Mandane patagonica* Kinberg, 1867: 100.
 - *Mandane litoralis* Kinberg, 1876: 109.
 - *Mandane litoralis* Rosa 1889: 138.
 - *Acanthodrilus pictus* Beddard 1896: 34. part.
 - *Chilota litoralis* Michaelsen 1899a: 424.
 - *Chilota patagonica* Michaelsen 1900: 155, 1904: 278 part., 1910: 80.
 - *Chilota patagonica* v. *belgicae* Černosvitov, 1934a. 254.
 - *Chilota patagonicus* Zicsi 1993a: 161.
 - *Chilota patagonicus* Zicsi & Csuzdi 2001: 132.
 - 18. *Chilota pictus* (Michaelsen, 1889)**
 - *Mandane picta* Michaelsen, 1889: 5.
 - *Acanthodrilus pictus* Beddard 1896: 34 part.
 - *Acanthodrilus pictus* Michaelsen 1898: 472.
 - *Chilota patagonica* Michaelsen 1899a: 11 part.
 - *Chilota pictus* Zicsi & Csuzdi 2001: 139.
 - 19. *Chilota platei* (Michaelsen, 1898)**
 - *Acanthodrilus platei* Michaelsen, 1898: 475.
 - *Chilota platei* Michaelsen 1899a: 15, 1900: 154, 1904: 266.
 - *Chilota platei* Zicsi 1993a: 163.
 - 20. *Chilota platurus* (Michaelsen, 1892)**
 - *Acanthodrilus platurus* Michaelsen, 1892: 226.
 - *Acanthodrilus platurus* Beddard 1896: 31.
 - *Chilota platura* Michaelsen 1899a: 8, 1900: 150, 1904: 267.
 - *Chilota platurus* Zicsi 1993a: 158.
 - *Chilota platurus* Zicsi & Csuzdi 2001: 132.
 - 21. *Chilota porteri* Michaelsen, 1904**
 - *Chilota porteri* Michaelsen, 1904: 266.
 - *Chilota porteri* Michaelsen 1910: 76.
 - *Chilota porteri* Zicsi 1993a: 157.
 - 22. *Chilota putablensis* (Beddard, 1895)**
 - *Acanthodrilus putablensis* Beddard, 1895: 220, 1896: 32.
 - *Chilota putablensis* Michaelsen 1899: 8, 1900: 150, 1904: 270.
 - *Chilota putablensis* Zicsi 1993a: 159.
 - 23. *Chilota simulans* (Beddard, 1895)**
 - *Acanthodrilus simulans* Beddard, 1895: 222, 1896: 36.
 - *Chilota simulans* Michaelsen 1899a: 12, 1900: 153, 1904: 273.
 - *Chilota simulans* Zicsi 1993a: 167.
 - 24. *Chilota strandi* Michaelsen, 1936**
 - *Chilota strandi* Michaelsen 1936: 31.
 - *Chilota strandi* Zicsi 1993a: 156.
 - 25. *Chilota valdiviensis* (Beddard, 1895)**
 - *Acanthodrilus valdiviensis* Beddard, 1895: 538.
 - *Chilota valdiviensis* Michaelsen 1899a: 8, 1900: 150, 1904: 277.
 - *Chilota valdiviensis* Zicsi 1993a: 159.
- Although the *Chilota* species are distributed across the country, most are known from Southern Chile as far south as Tierra del Fuego. The species richness is highest around Valdivia from where 15 species have been described (although seven spp. were described each from only one individual). The Valdivian rain forest represents an ideal biotope for these mostly epigeic red worms, but further

sampling efforts are needed to clarify the taxonomic status of several species listed above.

***Eodrilus* Michaelsen, 1907**

Eodrilus Michaelsen, 1907: 141.

Eodrilus Pickford 1937: 285.

Eodrilus Zicsi 1933b: 630.

Eodrilus Zicsi & Csuzdi 2001: 138.

Pickford (1937) established the genus *Eodrilus* based on its holoandric male system and meganephridia without nephridial bladders. Using these characters, the following Chilean species belong to genus *Eodrilus*:

26. *Eodrilus albus* (Beddard, 1895)

- *Acanthodrilus albus* Beddard, 1895: 22, 1896: 37.
- *Notiodrilus albus* Michaelsen 1899a: 5, 1900: 185, 1904: 265.
- *Eodrilus albus* Michaelsen 1907: 141, 1910: 60.
- *Eodrilus albus* Pickford 1937: 285.
- *Eodrilus albus* Zicsi 1993b: 636.
- *Eodrilus albus* Zicsi & Csuzdi 2001: 138.

27. *Eodrilus andrassyi* Zicsi, 1993

- *Eodrilus andrassyi* Zicsi, 1993b: 631.

28. *Eodrilus irregularis* Zicsi, 1993

- *Eodrilus irregularis* Zicsi, 1993b: 171.

29. *Eodrilus loksai* Zicsi, 1993

- *Eodrilus loksai* Zicsi, 1993b: 633.

30. *Eodrilus magellanicus* (Beddard, 1895)

- *Acanthodrilus magellanicus* Beddard, 1895: 215, 1896: 25.
- *Notiodrilus magellanicus* Michaelsen 1899a: 6, 1900: 131, 1904: 265.
- *Acanthodrilus doello-juradoi* Cordero, 1942: 272. syn. nov.

31. *Eodrilus occidentalis* (Beddard, 1895)

- *Acanthodrilus occidentalis* Beddard, 1895: 214, 1896: 5.
- *Notiodrilus occidentalis* Michaelsen 1899a: 5, 1900: 135, 1904: 265.
- *Eodrilus occidentalis* Zicsi 1993b: 630.

32. *Eodrilus philippii* (Michaelsen, 1899)

- *Notiodrilus philippii* Michaelsen, 1899a: 6.
- *Notiodrilus philippii* Michaelsen 1900: 135, 1904: 265.

The earthworm species *Acanthodrilus doello-juradoi* was described by Cordero (1942) from Tierra del Fuego. It's presumed distinguishing criteria, i.e., the clitellum on segments 13-17 and the abruptly truncated penial setae are similar to *E. magellanicus*, described from the same region.

The large-bodied species of this taxonomically complicated genus are found from the coastal

mountains to the central valley up to 130 km north of Santiago de Chile, where they live in hard, clayey soils. The smaller species such as *E. albus* are found as far south as the Magellan region.

***Microscolex* Rosa, 1887**

Microscolex Rosa, 1887: 1.

Microscolex Michaelsen 1900: 139.

Microscolex Pickford 1937: 424.

Microscolex Zicsi 1993b: 636.

33. *Microscolex bovei* (Rosa, 1889)

- *Mandane bovei* Rosa, 1889: 143.
- *Acanthodrilus bovei* Beddard 1896: 38.
- *Notiodrilus bovei* Michaelsen 1899a: 4, 1904: 265.
- *Microscolex bovei* Zicsi 1993b: 637.

34. *Microscolex dubius* (Fletcher, 1887)

- *Eudrilus dubius* Fletcher, 1887: 378.
- *Microscolex dubius* Rosa 1890: 511.
- *Microscolex dubius* Michaelsen 1900: 141, 1904: 266.
- *Microscolex dubius* Zicsi 1993b: 636.
- *Microscolex dubius* Gates 1962: 8.

35. *Microscolex michaelseni* (Beddard, 1895)

- *Microscolex michaelseni* Beddard, 1895: 231, 1896: 52.
- *Yagansia michaelseni* Michaelsen 1899: 24, 1900: 161, 1904: 283.
- *Yagansia michaelseni* Zicsi 1989: 429.
- *Microscolex michaelseni* Zicsi 1993b: 637.

36. *Microscolex phosphoreus* (Dugès, 1837)

- *Lumbricus phosphoreus* Dugès, 1837: 17.
- *Microscolex modestus* Rosa, 1887: 1.
- *Microscolex phosphoreus* Michaelsen 1900: 141, 1904: 266.
- *Microscolex phosphoreus* Zicsi 1993b: 637.

M. dubius and *M. phosphoreus* are two widely-distributed peregrine species (supposedly of South American origin) found throughout the Mediterranean region. *M. phosphoreus* is even known from Hungary!

***Parachilota* Pickford, 1937**

Parachilota Pickford, 1937: 180.

Parachilota Zicsi 1993a: 153.

37. *Parachilota coquimboensis* (Michaelsen, 1904)

- *Chilota coquimboensis* Michaelsen, 1904: 266.
- *Parachilota coquimboensis* Pickford 1937: 596.
- *Parachilota coquimbensis* (laps.) Zicsi 1993: 153.

38. *Parachilota papillatus* Zicsi, 1993

- *Parachilota papillatus* Zicsi, 1993: 153.
The genus *Parachilota* differs from *Chilota* only by the absence of nephridial bladders. Most of the *Parachilota* species live in South Africa. Up until now these two species were only known from South America; therefore homoplasy of this character cannot be excluded.
- Yagansia Michaelsen, 1899**
Yagansia Michaelsen, 1899b: 237.
Yagansia Michaelsen 1899a: 19, 1900: 156, 1904: 279, 1936: 196.
Yagansia Pickford 1937: 600.
Yagansia Jamieson 1974: 66.
Yagansia Zicsi 1989: 414.
Yagansia Zicsi & Csuzdi 2001: 133.
- 39. Yagansia chiloensis Michaelsen, 1921**
- *Yagansia chiloensis* Michaelsen, 1921: 4.
- *Yagansia chiloensis* Zicsi 1989: 427.
- 40. Yagansia corralensis (Beddard, 1895)**
- *Acanthodrilus corralensis* Beddard, 1895: 222, 1896: 56.
- *Yagansia corralensis* Michaelsen 1899a: 19, 1900: 158, 1904: 282.
- *Yagansia corralensis* Zicsi 1989: 420.
- 41. Yagansia covarrubiasi Zicsi, 1989**
- *Yagansia covarrubiasi* Zicsi, 1989: 420.
- 42. Yagansia delfini Michaelsen, 1899**
- *Yagansia delfini* Michaelsen, 1899a: 20.
- *Yagansia delfini* Michaelsen 1900: 160, 1904: 285.
- *Yagansia delfini* Zicsi 1989: 426
- 43. Yagansia dicastrii Zicsi, 1989**
- *Yagansia dicastrii* Zicsi, 1989: 418.
- 44. Yagansia diversicolor (Beddard, 1895)**
- *Microscolex diversicolor* Beddard, 1895: 23, 1896: 59.
- *Yagansia diversicolor* Michaelsen 1899a: 20, 1900: 159, 1904: 282.
- *Yagansia diversicolor* Pickford 1937: 600.
- *Yagansia diversicolor* Zicsi 1989: 423.
- *Yagansia diversicolor* Zicsi & Csuzdi 2001: 137.
- 45. Yagansia gracilis (Beddard, 1895)**
- *Microscolex gracilis* Beddard, 1895: 234, 1896: 54.
- *Yagansia gracilis* Michaelsen 1899: 22, 1904: 284.
- *Yagansia gracilis* Zicsi 1989: 424.
- 46. Yagansia grandis Zicsi, 1993**
- *Yagansia grandis* Zicsi, 1993a: 170.
- 47. Yagansia grisea (Beddard, 1895)**
- *Microscolex griseus* Beddard, 1895: 228, 1896: 48.
- *Yagansia grisea* Michaelsen 1899: 19, 1900: 158, 1904: 181, 1936: 199.
- *Yagansia grisea* Jamieson 1974: 70.
- *Yagansia grisea* Zicsi 1989: 417.
- 48. Yagansia hajeki Zicsi, 1989**
- *Yagansia hajeki* Zicsi, 1989: 425.
- 49. Yagansia lajaensis Zicsi & Csuzdi, 2001**
- *Yagansia lajaensis* Zicsi & Csuzdi, 2001: 136.
- 50. Yagansia longiseta (Beddard, 1895)**
- *Microscolex longiseta* Beddard, 1895: 229, 1896: 49.
- *Microscolex papillosus* Beddard, 1895: 230.
- *Yagansia longiseta* Michaelsen 1899a: 23, 1900: 160, 1904: 280.
- *Yagansia longiseta* Zicsi 1989: 427.
- 51. Yagansia pallida Michaelsen, 1898**
- *Microscolex pallidus* Michaelsen, 1898: 477.
- *Yagansia pallida* Michaelsen 1899a: 19, 1900: 158, 1904: 281.
- *Yagansia pallida* Zicsi 1989: 429.
- 52. Yagansia parinacotana Zicsi, 1989**
- *Yagansia parinacotana* Zicsi, 1989: 427.
- 53. Yagansia rahmi Michaelsen, 1936**
- *Yagansia rahmi* Michaelsen, 1936: 194.
- *Yagansia rahmi* Zicsi 1989: 425.
- 54. Yagansia robusta (Beddard, 1895)**
- *Microscolex robustus* Beddard, 1895: 236, 1896: 56.
- *Yagansia robusta* Michaelsen 1899a: 19, 1900: 159, 1904: 282.
- *Yagansia robusta* Zicsi 1989: 422.
- 55. Yagansia spatulifera (Michaelsen, 1889)**
- *Cryptodrilus spatulifer* Michaelsen, 1889: 10.
- *Cryptodrilus spatulifer* Beddard 1894: 31.
- *Microscolex spatulifer* Beddard 1896: 48.
- *Yagansia spatulifer* Michaelsen 1899a: 19, 1899b: 237, 1900: 157, 1904: 280, 1936: 196.
- *Yagansia chilensis* Cognetti, 1905: 25.
- *Yagansia spatulifer* Pickford 1937: 602.
- *Yagansia spatulifer* Jamieson 1974: 66.
- *Yagansia spatulifera* Zicsi 1989: 415.
- *Yagansia spatulifera* Zicsi & Csuzdi 2001: 133.
- 56. Yagansia villarricai Zicsi & Csuzdi, 2001**
- *Yagansia villarricai* Zicsi & Csuzdi, 2001: 137.
- Yagansia* is the second most species-rich genus in Chile. Its representatives are distributed throughout the country, occurring even in the northernmost arid region. With the exception of the widely distributed *Y. spatulifera*, most species are found north of Chiloé Island (Figure 13.3).



Figure 13.3. Distribution of some *Yagansia* species in Chile.

***Dichogaster* Beddard, 1888**

Dichogaster Beddard, 1888: 251.

Dichogaster Michaelsen 1900: 334. part.

Dichogaster Omodeo 1955: 224. part.

Dichogaster Csuzdi 1996: 354.

57. *Dichogaster affinis* (Michaelsen, 1890)

- *Benhamia affinis* Michaelsen, 1890: 9.

- *Dichogaster affinis* Zicsi 1993b: 637.

- *Dichogaster affinis* Csuzdi 1995: 102.

Family GLOSSOSCOLECIDAE Michaelsen, 1900

***Pontoscolex* Schmarda, 1861**

Pontoscolex Schmarda, 1861: 11.

Pontoscolex Zicsi 1993a: 637.

58. *Pontoscolex corethrurus* (Müller, 1857)

- *Lumbricus corethrurus* Müller, 1857: 113.

- *Pontoscolex corethrurus* Zicsi 1993a: 637

Family MEGASCOLECIDAE Rosa, 1891

***Amyntas* Kinberg, 1867**

Amyntas Kinberg, 1867: 97.

Amyntas Sims & Easton 1972: 217.

Amyntas Easton 1982: 726.

Amyntas Zicsi 1993a: 637.

59. *Amyntas gracilis* (Kinberg, 1867)

- *Nitocris gracilis* Kinberg, 1867: 102.

- *Perichaeta hawayana* Rosa 1891: 396.

- *Pheretima hawayana* Michaelsen 1904: 285.

60. *Amyntas morrisi* (Beddard, 1892)

- *Perichaeta morrisi* Beddard, 1892: 166.

- *Amyntas morrisi* Zicsi 1993a: 637.

Family OCNERODRILIDAE Beddard, 1891

***Phoenicodrilus* Eisen, 1895**

Phoenicodrilus Eisen, 1895: 63.

Phoenicodrilus Zicsi 1993a: 172.

61. *Phoenicodrilus taste* Eisen, 1895

- *Phoenicodrilus taste* Eisen, 1895: 64.

- *Phoenicodrilus taste* Zicsi 1993a: 172.

***Eukerria* Michaelsen, 1935**

Kerria Beddard, 1895: 553.

Kerria Michaelsen 1904: 286.

Eukerria Michaelsen 1935: 102.

62. *Eukerria saltensis* (Beddard, 1895)

- *Kerria saltensis* Beddard, 1895: 225, 1896: 42.

- *Kerria saltensis* Michaelsen 1899a: 42, 1900: 371, 1904: 286.

Family LUMBRICIDAE Rafinesque- Schmaltz, 1815

***Allolobophora* Eisen, 1874**

Allolobophora Eisen, 1873: 46.

Helodrilus (*Allolobophora*) (part.) Michaelsen 1900: 479.

Allolobophora Pop 1941: 518. part.

Allolobophora Easton 1983: 475–476. part.

Allolobophora Csuzdi & Zicsi 2003: 48.

63. *Allolobophora chlorotica* (Savigny, 1826)

- *Enterion chloroticum* Savigny, 1826: 182.

- *Allolobophora chlorotica* Gates 1980: 180

- *Allolobophora chlorotica* Zicsi 1993b: 638.

***Aporrectodea* Örley, 1885**

Aporrectodea Örley, 1885: 22.

Allolobophora (part.): Pop 1941: 518.

Nicodrilus Bouché, 1972: 315.

Aporrectodea Easton 1983: 476–477.

Aporrectodea Csuzdi & Zicsi 2003: 73.

- 64. *Aporrectodea caliginosa* (Savigny, 1826)**
 - *Enterion caliginosum* Savigny, 1826: 180.
 - *Allolobophora caliginosa* Beddard 1896: 62.
 - *Helodrilus (Allolobophora) caliginosus* Michaelsen 1899a: 27, 1904: 288.
 - *Allolobophora caliginosa* Zicsi 1993b: 638.
 - *Aporrectodea caliginosa caliginosa* Zicsi & Csuzdi 2001: 139.
 - *Aporrectodea caliginosa trapezoides* Zicsi & Csuzdi 2001: 139.
- 65. *Aporrectodea rosea* (Savigny, 1826)**
 - *Enterion roseum* Savigny, 1826: 182.
 - *Allolobophora rosea* Beddard 1896: 12.
 - *Eisenia rosea* Michaelsen 1899a: 27, 1904: 288.
 - *Allolobophora rosea* Zicsi 1993b: 639.
 - *Aporrectodea rosea* Zicsi & Csuzdi 2001: 139.
- Dendrobaena* Eisen, 1874**
Dendrobaena Eisen, 1874: 53.
Helodrilus (Dendrobaena) (part.) Michaelsen 1900: 488.
Dendrobaena (part.) Pop 1941: 518.
Dendrobaena Easton 1983: 478–479.
- 66. *Dendrobaena cognettii* (Michaelsen, 1903)**
 - *Helodrilus cognettii* (nom. nov. pro *H. (H.) ribacourti*) Michaelsen, 1903: 130.
 - *Dendrobaena cognettii* Zicsi 1993b: 639.
- 67. *Dendrobaena hortensis* (Michaelsen, 1889)**
 - *Allolobophora subrubicunda* var. *hortensis* Michaelsen, 1890: 15.
 - *Allolobophora veneta* Beddard 1896: 12.
 - *Eisenia veneta* v. *hortensis* Michaelsen 1899a: 27, 1904: 288.
 - *Dendrobaena hortensis* Zicsi 1993b: 639.
- 68. *Dendrobaena octaedra* (Savigny, 1826)**
 - *Enterion octaedrum* Savigny, 1826: 183.
 - *Dendrobaena octaedra* Zicsi 1993b: 639.
 - *Dendrobaena octaedra* Zicsi & Csuzdi 2001: 140.
- Dendrodrilus* Omodeo, 1956**
Dendrobaena (Dendrodrilus) Omodeo, 1956: 175.
Dendrodrilus Easton 1983: 479.
- 69. *Dendrodrilus rubidus rubidus* (Savigny, 1826)**
 - *Enterion rubidum* Savigny, 1826: 182.
 - *Allolobophora constricta* Beddard 1896: 12.
 - *Helodrilus (Bimastus) constrictus* Michaelsen 1889: 27, 1904: 289.
 - *Dendrodrilus rubidus tenuis* Gates 1979: 159.
 - *Dendrodrilus rubidus* Zicsi 1993b: 639.
- *Dendrodrilus rubidus* Zicsi & Csuzdi 2001: 139.
- 70. *Dendrodrilus rubidus subrubicundus* (Eisen, 1874)**
 - *Allolobophora subrubicunda* Eisen, 1874: 51.
 - *Allolobophora subrubicunda* Rosa 1889: 146.
 - *Allolobophora puter* Beddard 1896: 12.
 - *Allolobophora puter forma subrubicunda* Michaelsen 1899a: 27.
 - *Helodrilus (Dendrobaena) rubidus* v. *subrubicundus* Michaelsen 1904: 289.
 - *Dendrodrilus rubidus subrubicunda* Gates 1979: 154.
 - *Dendrodrilus rubidus subrubicundus* Zicsi 1993b: 639.
- Eisenia* Malm, 1877**
Eisenia Malm, 1877: 45.
Eisenia (part.) Pop 1941: 518.
Eisenia Easton 1983: 480.
- 71. *Eisenia fetida* (Savigny, 1826)**
 - *Enterion fetidum* Savigny, 1826: 182.
 - *Allolobophora foetida* Michaelsen 1889: 12.
 - *Allolobophora foetida* Beddard 1896: 62.
 - *Eisenia foetida* Michaelsen 1899a: 27, 1904: 288.
 - *Eisenia foetida* Zicsi 1993b: 639.
- Eiseniella* Michaelsen, 1900**
Eiseniella Michaelsen, 1900: 471.
Eiseniella Perel 1979: 226.
- 72. *Eiseniella tetraedra cerni* Blakemore, 2004**
 - *Eiseniella tetraedra intermedia* Černosvitov, 1934b: 17.
 - *Eiseniella tetraedra intermedia* Zicsi 1993b: 639.
 - *Eiseniella tetraedra cerni* Blakemore, 2004: 99. (nom. nov. pro *Eiseniella tetraedra intermedia* Černosvitov, 1934 non *Eiseniella intermedius* Jackson, 1931 = *Eis. tetraedra tetraedra*)
- 73. *Eiseniella tetraedra tetraedra* (Savigny, 1826)**
 - *Enterion tetraedrum* Savigny, 1826: 184.
 - *Allurus tetraedrus* Michaelsen 1889: 12.
 - *Eiseniella tetraedra* Beddard 1896: 62.
 - *Eiseniella tetraedra* Michaelsen 1899a: 27, 1904: 288.
 - *Eiseniella tetraedra tetraedra* Zicsi 1993b: 639.
- Lumbricus* Linnaeus, 1758**
Lumbricus Linnaeus, 1758
Lumbricus Linnaeus, 1758: 647.

Lumbricus Eisen 1874: 45.

74. *Lumbricus rubellus* (Hoffmeister, 1843)

- *Lumbricus rubellus* Hoffmeister, 1843: 187.
- *Lumbricus rubellus* Gates 1978: 102.
- *Lumbricus rubellus* Zicsi 1993b: 639
- *Lumbricus rubellus* Zicsi & Csuzdi 2001: 139.

75. *Lumbricus terrestris* (Linnaeus, 1758)

- *Lumbricus terrestris* Linnaeus, 1758: 647.
- *Lumbricus terrestris* Zicsi 1993b: 639.

***Octolasion* Örley, 1885**

Octolasion Örley, 1885: 13.

Octolasion (part.) Michaelsen 1900: 504.

Octolasion (*Octolasion*) Omodeo 1956: 175.

Octolasion Gates 1975: 4.

76. *Octolasion cyaneum* (Savigny, 1826)

- *Enterion cyaneum* Savigny, 1826: 181.
- *Octolasion cyaneum* Zicsi 1993b: 638.
- *Octolasion cyaneum* Zicsi & Csuzdi 2001: 139.

77. *Octolasion lacteum* (Örley, 1881)

- *Lumbricus terrestris* var. *lacteus* Örley, 1881: 584.
- *Octolasion lacteum* Zicsi 1993b: 139.
- *Octolasion lacteum* Zicsi & Csuzdi 2001: 139.

Summary

The present list of earthworms from Chile adds a further 24 species to the first list of Michaelsen (1904), that included 53 species. However, considering that four species (*C. purpureus*, *C. beckmanni*, *C. bertelseni* and *Y. papillosa*) have been synonymized, the present list of earthworms of Chile contains 77 species/subspecies in five families and 18 genera (Table 13.1). All the species of the families Lumbricidae (15), Ocnerodrilidae (2), Glossoscolecidae (1) and Megascolecidae (2) are widely distributed peregrine forms, probably introduced by humans. Two species of the genus *Microscolex* (*M. dubius* and *M. phosphoreus*) are also widely distributed but they are probably of Chilean origin.

Interestingly, the number of Lumbricid species reported nearly doubled since the first census of Michaelsen (1904), and today they can be found even in the most remote mountain regions of Chile (Figure 13.4). Additional sampling efforts, particularly in more remote areas of the country, are likely to reveal more species, as well as enhance the knowledge on the range of the currently known autochthonous (native) and peregrine (exotic) Chilean earthworms.

Table 13.1. Species diversity of the native and exotic Chilean earthworm fauna

Family		Autochthonous/Native	Peregrine/Exotic
Acanthodrilidae	<i>Chilota</i>	25	0
	<i>Eodrilus</i>	7	0
	<i>Microscolex</i>	2	2
	<i>Parachilota</i>	2	0
	<i>Yagansia</i>	18	0
	<i>Dichogaster</i>	0	1
Glossoscolecidae	<i>Pontoscolex</i>	0	1
Megascolecidae	<i>Amyntas</i>	0	2
Ocnerodrilidae	<i>Phoenicodrilus</i>	0	1
	<i>Eukerria</i>	0	1
Lumbricidae	<i>Allolobophora</i>	0	1
	<i>Aporrectodea</i>	0	2
	<i>Dendrobaena</i>	0	3
	<i>Dendrodrilus</i>	0	2
	<i>Eisenia</i>	0	1
	<i>Eiseniella</i>	0	2
	<i>Lumbricus</i>	0	2
	<i>Octolasion</i>	0	2
Total		54	23



Figure 13.4. Distribution of the lumbricid species in Chile.

References

- BEDDARD, F. E. On certain points in the structure of *Urochaeta*, E.P., and *Dichogaster*, nov.gen., with further remarks on the nephridia of earthworms. **Quarterly Journal of Microscopical Science**, v. 29, p. 235-282, 1888.
- BEDDARD, F. E. Contributions to the anatomy of earthworms, with descriptions of some new species. **Quarterly Journal of Microscopical Science**, v. 30, p. 421-479, 1890.
- BEDDARD, F. E. On some species of the genus *Perichaeta* (sensu stricto). **Proceedings of the Zoological Society of London**, p. 153-172, 1892.
- BEDDARD, F.E. Some new or little known Oligochaeta. **Proceedings of the Royal Physical Society, Edinburgh**, v. 12, p. 30-45, 1894.
- BEDDARD, F. E. **A monograph of the order of Oligochaeta**. Oxford: Calderon press, p. 769.
- BEDDARD, F. E. Naiden, Tubificiden und Terricolen. **Hamburger Magalhaensische Sammelreise**, v. 28, p. 1-62, 1896.
- BOUCHÉ, M. B. **Lombriciens de France. Écologie et systématique**. Paris: Institut National de la Recherche Agronomique, 1972. p. 671.
- BLAKEMORE, R. A provisional list of valid names of Lumbricoidea (Oligochaeta) after Easton, 1983. In: MORENO, A. G.; BORGES, S. (Ed.). **Advances in earthworm taxonomy (Annelida: Oligochaeta)**. Madrid: Editorial Complutense, 2004. p. 75-120.
- ČERNOSVITOV, L. Oligochètes de la Mission du Cap Horn en 1882-1883. **Bulletin du Musée National d'Histoire Naturelle**, v. 2, n. 6, p. 252-256, 1934a.
- ČERNOSVITOV, L. Sur les Oligochètes terricoles de Crète. **Sbornik Zoologického Oddeleni Narodního Musea v Praze**, v. 1, p. 17-20, 1934b.
- COGNETTI DE MARTIIS, L. Diagnosi di un nuovo lombrico del Chile. **Bollettino dei Musei di Zoologia ed Anatomia comparata della Reale Università di Torino**, v. 191, p. 1-2, 1904.
- COGNETTI DE MARTIIS, L. Gli Oligocheti della regione neotropica I. **Memoire della Reale Accademia delle Scienze di Torino**, v. 56, p. 1-72, 1905.
- CORDERO, E.H. Oligoquetos terrícolas del Museo Argentino de Ciencias Naturales. **Anales del Museo Argentino de Ciencias Naturales**, v. 40, p. 269-293, 1942.
- CSUZDI, Cs. A catalogue of Benhamiinae species (Oligochaeta: Acanthodrilidae). **Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien**, v. 97B, p. 99-123, 1995.
- CSUZDI, Cs. Revision der Unterfamilie Benhamiinae Michaelsen, 1897 (Oligochaeta: Acanthodrilidae). - **Mitteilungen aus dem Zoologischen Museum Berlin**, v. 72, p. 347-367, 1996.
- CSUZDI, Cs.; ZICSI, A. **Earthworms of Hungary**. Budapest: Hungarian Natural History Museum, 2003. p. 271.
- DUGÈS, A. Nouvelles observations sur la zoologie et l'anatomie des Annales des Annélides sétigères abranchedes. **Annales des Sciences Naturelles**, Paris, v. 8, p. 15-35, 1837. Serie 2, Zoologie
- EASTON, E.G. Australian Pheretimid earthworms (Megascolecidae: Oligochaeta): a synopsis with the description of a new genus and five new species. **Australian Journal of Zoology**, v. 30, p. 711-735, 1982.
- EASTON, E. G. A guide to the valid names of Lumbricidae (Oligochaeta). In: SATCHELL, J. E. (Ed.). **Earthworm ecology from Darwin to vermiculture**. London: Chapman and Hall, 1983. p. 475-485

- Eisen, G. Om Skandinaviens Lumbricider. **Öfversigt af Kongliga Vetenskaps-Akademiens Förhandlingar**, v. 30, n. 8, p. 43-56, 1874.
- EISEN, G. Pacific Coast Oligochaeta I. **Memoirs of the California Academy of Sciences**, v. 2, n. 4, p. 63-122, 1895.
- FLETCHER, J. J. Notes on Australian earthworms III. **Proceedings of the Linnean Society of New South Wales**, v. 2, n. 2, p. 375-402, 1887.
- GATES, G. E. On an exotic earthworm now domiciled in Louisiana. **Proceedings of the Louisiana Academy of Sciences**, v. 25, p. 7-15, 1962.
- GATES, G. E. Contributions to a revision of the earthworm family Lumbricidae XII. *Enterion mammale* Savigny, 1826 and its position in the family. **Megadrilologica**, v. 2, n. 1, p. 1-5, 1975.
- GATES, G.E. The earthworm genus *Lumbricus* in North America. **Megadrilologica**, v. 3, n. 6, p. 81-116, 1978.
- GATES, G. E. Contributions to a revision of the earthworm family Lumbricidae XXIII. The genus *Dendrodrilus* Omodeo, 1956 in North America. **Megadrilologica**, v. 3, n. 9, p. 151-162, 1979.
- GATES, G.E. Contributions to a revision of the earthworm family Lumbricidae XXV. The genus *Allolobophora* Eisen, 1974, in North America. **Megadrilologica**, v. 3, n. 11, p. 177-184, 1980.
- HOFFMEISTER, W. Beitrag zur Kenntnis deutscher Landanneliden. **Archiv für Naturgeschichte**, v. 91, p. 183-198, 1843.
- JAMIESON, B. G. M. Generic type-species and other Megascolecidae (Annelida, Oligochaeta) in the Museum of Systematic Zoology, University of Turin. **Bollettino dei Musei di Zoologia ed Anatomia Comparata della Reale Università di Torino**, v. 8, p. 57-88, 1974.
- KINBERG, J. G. Annulata nova (Continuatio). **Öfversigt af Kongliga Vestenskaps-Akademiens Förhandlingar Stockholm**, v. 23, p. 97-103, 1867.
- LINNAEUS, C. **Systema naturae**. Stockholm: Laurentii Salvii Holmiae, 1758. p. 824.
- MALM, A. W. Om Dagmaskar, Lumbricina. **Öfversigt af Sällskapet Hortikulturens Vänners i Göteborg Förhandlingar**, v. 1, p. 34-47, 1877.
- MICHAELSEN, W. Oligochaeten des Naturhistorischen Museums in Hamburg I.-II. **Mitteilungen aus dem Naturhistorischen Museum in Hamburg**, v. 6, n. 2, p. 3-16, 1889.
- MICHAELSEN, W. Terricolen der Berliner Zoologischen Sammlung II. **Archiv für Naturgeschichte**, v. 1, n. 3, p. 209-261, 1892.
- MICHAELSEN, W. Die Oligochaeten der Sammlung Plate. **Zoologische Jahrbücher Abteilung für Systematik, Ökologie und Geographie der Tiere**, v. 4, p. 471-480, 1898.
- MICHAELSEN, W. Terricolen (Nachtrag). **Hamburger Magalhaenische Sammelreise**, v. 3, p. 1-28, 1899a.
- MICHAELSEN, W. Oligochäten von den Inseln des Pacific, nebst Erörterungen zur Systematik der Megascoleciden. **Zoologische Jahrbücher Abteilung für Systematik, Ökologie und Geographie der Tiere**, v. 12, p. 211-246, 1896b.
- MICHAELSEN, W. Revision der Kinberg'schen Oligochaeten-Typen. **Öfversigt af Kongl. Vetenskaps-Akademiens Förhandlingar**, Stockholm, v. 5, p. 413-447, 1899c.
- MICHAELSEN, W. Oligochaeta. **Das Tierreich**, v. 10, p. 1-575, 1900.
- MICHAELSEN, W. **Die geographische Verbreitung der Oligochaeten**. Berlin: Friedländer & Sohn, 1903. p. 186.
- MICHAELSEN, W. Catálogo de los Oligoquetos del territorio Chileno-Magallánico y descripción de especies nuevas. **Revista Chilena de Historia Natural**, v. 8, n. 6, p. 262-292, 1904.
- MICHAELSEN, W. Neue Oligochäten von Vorder-Indien, Ceylon, Birma und den Andaman-Inseln. **Mitteilungen aus dem Naturhistorischen Museum in Hamburg**, v. 24, n. 2, p. 143-188, 1907.
- MICHAELSEN, W. Oligochäten von verschiedenen Gebieten. **Mitteilungen aus dem Naturhistorischen Museum in Hamburg**, v. 27, p. 47-169, 1910.
- MICHAELSEN, W. Neue und wenig bekannte Oligochäten aus skandinavischen Sammlungen. **Arkiv för Zoologi**, v. 13, n. 19, p. 1-25, 1921.
- MICHAELSEN, W. Oligochaeta from Christmas Island south of Java. **Annals and Magazine of Natural History**, v. 10, p. 100-108, 1935.
- MICHAELSEN, W. Oligochaeten aus Chile und von der Osterinsel. **Zoologischer Anzeiger**, v. 113, p. 193-200, 1936.
- MÜLLER, F. *Lumbricus corethrurus*, Burstenschwanz. **Archiv für Naturgeschichte**, v. 23, n. 1, p. 113-116, 1857.
- OMODEO, P. Contributo alla revisione dei Lumbricidae. **Archivio Zoologico Italiano**, v. 41, p. 129-212, 1956.
- ÖRLEY, L. A magyarországi Oligochaeták faunája. I. Terricolae. **Mathematikai és Természettudományi Közlemények**, v. 16, p. 562-611, 1881.
- ÖRLEY, L. A palaearktikus övben élő Terrikoláknak revíziója és elterjedése. **Értekezések a Természettudományok Köréből**, v. 15, p. 1-34, 1885.

- PICKFORD, G. E. **A monograph of the Acanthodriline earthworms of South Africa**. Cambridge: Heffer & Sons, 1937. p. 612.
- PEREL, T. S. **Range and regularities in the distribution of earthworms of the USSR fauna**. Moscow: Nauka, 1979. p. 272. (in Russian).
- POP, V. Zur Phylogenie und Systematik der Lumbriciden. **Zoologische Jahrbücher Abteilung für Systematik, Ökologie und Geographie der Tiere**, v. 74, p. 487-522, 1941.
- ROSA, D. Sui generi *Pontodrilus*, *Microscolex* e *Photodrilus*. **Bollettino dei Musei di Zoologia ed Anatomia comparata della Reale Università di Torino**, v. 3, n. 39, p. 1-4, 1887.
- ROSA, D. I Lombrichi raccolti nell'isola Nias dal Signor E. Modigliani e descritti dal Dott. Daniele Rosa. **Annali del Museo Civico di Storia Naturale di Genova**, v. 27, p. 125-146, 1889.
- ROSA, D. I terricoli argentini raccolti dal Dott. Carlo Spegazzini. **Annali del Museo Civico di Storia Naturale di Genova**, v. 29, p. 511, 1890.
- ROSA, D. Die exotischen Terricolen des K.K. Naturhistorischen Hofmuseums. **Annalen des (K.K.) Naturhistorischen Hofmuseums Wien**, v. 6, p. 379-406, 1891.
- SAVIGNY, J. C. Analyse d'un mémoire sur les lombrics par Cuvier. La multiplicité des espèces de ver de terre. In: CUVIER, G. Analyse des travaux de l'Académie Royale des Sciences, pendant l'année 1821, partie physique. **Mémoires de l'Académie des Sciences de l'Institut de France**, Paris, v. 5, p. 176-184, 1826.
- SCHMARDA, L. K. **Neue wirbellose Tiere beobachtet und gesammelt auf eine Reise um die Erde 1853-7**. Leipzig, v. 1, n. 2, p. 7-14, 1861.
- SIMS, R. W.; EASTON, E. G. A numerical revision of the earthworm genus *Pheretima* auct. (Megascolecidae: Oligochaeta) with the recognition of new genera and an appendix on the earthworms collected by the Royal Society North Borneo Expedition. **Biological Journal of the Linnean Society**, 4, n. 3, p. 169-268, 1972.
- ZICSI, A. Revision der Gattung *Yagansia* Michaelsen, 1899 (Oligochaeta, Acanthodrilidae). Regenwürmer aus Südamerika 11. **Acta Zoologica Hungarica**, v. 35, n. 3-4, p. 413-430, 1989.
- ZICSI, A. Revision der Gattung *Chilota* Michaelsen sowie weitere neue Angaben zur Regenwurmfauna Chiles (Oligochaeta: Acanthodrilidae, Ocnerodrilidae) Regenwürmer aus Südamerika 20. **Mitteilungen aus dem Hamburgischen Zoologischen Museum und Institut**, v. 90, p. 151-173, 1993a.
- ZICSI, A. Neue und bekannter Regenwürmer aus Chile (Oligochaeta). Regenwürmer aus Südamerika 19. **Revue Suisse de Zoologie**, v. 100, n. 3, n. 627-640, 1993b.
- ZICSI, A. Die Regenwurmfauna Chiles mit Bestimmungsschlüsseln der *Chilota*-, *Yagansia*- und *Eodrilus*-Arten (Oligochaeta: Acanthodrilidae). Regenwürmer aus Südamerika 40. **Berichte des Naturwissenschaftlich-Medizinischen Vereins in Innsbruck**, v. 91, p. 111-128, 2004.
- ZICSI, A.; CSUZDI, Cs. Weitere Angaben zur Regenwurmfauna Chiles (Oligochaeta: Acanthodrilidae, Lumbricidae) Regenwürmer aus Südamerika 33. **Berichte des Naturwissenschaftlich-Medizinischen Vereins in Innsbruck**, v. 88, p. 129-140, 2001.

Catálogo de las lombrices de tierra de tierra de la Argentina (Annelida, Oligochaeta)

Catalina C. Mischis

Abstract

This chapter presents an updated check-list of Oligochaete fauna from Argentina with an extension of the geographical ranges of several species. Argentina is home to 79 terrestrial and amphibious earthworm species and subspecies (50 native, 29 exotic), distributed among 34 genera and six families.

Resumen

Este capítulo presenta una lista actualizada de las lombrices de tierra de la Argentina y se amplía la distribución geográfica de varias especies. Se señalan 79 especies y subespecies terrestres y anfibia (50 nativas, 29 exóticas) incluidas en 34 géneros pertenecientes a seis familias.

Biodiversidad y distribución de lombrices en Argentina

El inventario de la diversidad biológica en lombrices de tierra ha sido como en otros muchos seres vivos un proceso carente de organización. En la Argentina, las primeras referencias sobre lombrices de tierra se remontan al Siglo XIX, realizadas por naturalistas procedentes de Europa, quienes llevaron los ejemplares a especialistas del viejo continente para su identificación. La mayoría de las muestras están depositadas en Museos Europeos, sólo unos pocos ejemplares están en Museos e Instituciones Argentinas, cuyo listado puede consultarse en Mischis (2003).

El grado de conocimiento de las especies de nuestro país es disperso e incompleto, algunas son apenas conocidas mientras otras se han estudiado más detalladamente. Esta disparidad puede deberse a la escasa visibilidad, exposición y comportamiento poco llamativo de estos animales, aunque la carencia de popularidad no justifica su desconocimiento. La ausencia de datos preliminares sobre las especies nativas hace prácticamente imposible conocer las variaciones experimentadas por las mismas en tiempos históricos. En cambio, los estudios poblacionales y ecológicos en general, tratan principalmente a especies introducidas y asociadas a la actividad humana. Por ser eurioicas y tener un amplio rango en sus requerimientos habitacionales, estas especies han colonizado diversos ambientes naturales y perturbados.

Las lombrices de tierra forman un grupo de invertebrados edáficos muy importante no solo desde el punto de vista de su biodiversidad o de su participación en las redes tróficas y procesos edáficos, sino también por su uso en la biotecnología. Resulta alentador el auge adquirido en las últimas décadas en la Argentina sobre diferentes aspectos de esta fauna como resultado de proyectos llevados a cabo mayoritariamente por investigadores argentinos. No obstante el conocimiento aportado, desde un punto de vista taxonómico y biogeográfico aún está lejos de ser completo. Actualmente, quedan amplias zonas en el territorio argentino que no han sido estudiadas, por lo que es altamente probable el hallazgo de taxa nuevas para la ciencia. Además deberían revisarse y completarse numerosas descripciones originales para aclarar aspectos taxonómicos, sistemáticos y consecuentemente biogeográficos.

Este catálogo (Cuadro 14.1) de especies de Argentina se ha realizado usando la bibliografía disponible (ver Bibliografía al final del capítulo), las sugerencias de otros especialistas,



Cuadro 14.1. Lista actualizada de las especies de lombrices de tierra conocidas de Argentina y su distribución en las provincias del país¹.

Familias, géneros y especies	Distribución geográfica (Provincias)
Glossoscolecidae Michaelsen, 1900	
<i>Anteoides rosae</i> Cognetti de Martiis, 1902	Jujuy
<i>Diachaeta (Opisthocordis) exul</i> Stephenson, 1931	Corrientes
<i>Enantiodrilus borellii</i> Cognetti de Martiis, 1902	Jujuy, Tucumán
<i>Glossodrilus parecis</i> Righi & Ayres, 1975	Córdoba
<i>Glossoscolex bergi</i> (Rosa, 1900)	Misiones
<i>Glossoscolex bonariensis</i> Cordero, 1942	Buenos Aires, Entre Ríos
<i>Glossoscolex corrientus</i> Righi, 1984	Corrientes, Misiones
<i>Glossoscolex forguesi</i> (Perrier, 1881)	Solamente citada como proveniente de la "República de la Plata".
<i>Glossoscolex uruguayensis uruguayensis</i> ² Cordero, 1943	Córdoba, Entre Ríos, Misiones, Santa Fe
<i>Glossoscolex uruguayensis ljungstromi</i> Righi, 1978	Santa Fe, Misiones
<i>Opisthodrilus borellii</i> Rosa, 1895	Chaco, Misiones
<i>Pontoscolex corethrurus</i> (Müller, 1857)	Córdoba, Corrientes, Jujuy, Tucumán
<i>Rhinodrilus parvus</i> (Rosa, 1895)	Chaco
<i>Righiodrilus tinga</i> (Righi, 1971)	Tucumán
Almidae Duboscq, 1902	
<i>Drilocrius buergeri</i> (Michaelsen, 1900)	Entre Ríos, Misiones
Ocnodrilidae Beddard, 1891	
<i>Belladrilus auka</i> Righi & Mischis, 1999	Córdoba
<i>Belladrilus emilianii</i> Righi, 1984	Córdoba, Santa Fe
<i>Belladrilus jimi</i> Righi, 1984	Córdoba, Corrientes
<i>Eukerria asuncionis</i> (Rosa, 1895)	Corrientes, Jujuy, Santa Fe
<i>Eukerria eiseniana</i> (Rosa, 1895)	Corrientes, Jujuy, Santa Fe
<i>Eukerria garmani argentinae</i> Jamieson, 1970	Misiones
<i>Eukerria halophila</i> (Beddard, 1892)	Santa Fe
<i>Eukerria mcdonaldii</i> (Eisen, 1893)	Córdoba
<i>Eukerria rosae</i> (Beddard, 1895)	Buenos Aires
<i>Eukerria saltensis</i> (Beddard, 1895)	Catamarca, Córdoba, Entre Ríos, La Rioja, San Luís, Santa Fe, Tucumán
<i>Eukerria santafesina</i> Ljungström, 1971	Santa Fe
<i>Eukerria stagnalis</i> (Kinberg, 1867)	Buenos Aires, Corrientes, Santa Fe
<i>Eukerria subandina</i> (Rosa, 1895)	Salta, Santa Fe, Tucumán
<i>Eukerria tucumana</i> Cordero, 1942	Tucumán
<i>Eukerria weyenberghi</i> Cordero, 1942	Buenos Aires
<i>Eukerria</i> sp.nov.	Jujuy
<i>Haplodrilus (Gatesia) unica</i> Jamieson, 1962	Misiones
<i>Ilyogenia comondui</i> Eisen, 1900	Santa Fe
<i>Ilyogenia paraguayensis</i> (Rosa, 1895)	Jujuy
<i>Ocnodrilus occidentalis</i> Eisen, 1878	Córdoba, Santa Fe
<i>Quechuona michaelseni</i> Jamieson, 1962	Misiones
Acanthodrilidae Claus, 1880	
<i>Chilota bicincta</i> (Beddard, 1895)	Tierra del Fuego
<i>Chilota dalei</i> (Beddard, 1890)	Tierra del Fuego, Isla Picton
<i>Chilota patagonica</i> (Kinberg, 1867)	Isla de los Estados, Islas Picton y Lennox

Continuación...

Cuadro 14.1. Continuación...

Familias, géneros y especies	Distribución geográfica (Provincias)
<i>Dichogaster bolau</i> (Michaelsen, 1891)	Chaco, Santa Fe
<i>Dichogaster saliens</i> (Beddard, 1892)	Santa Fe
<i>Eodrilus magellanicus</i> (Beddard, 1895)	Tierra del Fuego
<i>Eodrilus silvestrii</i> (Rosa, 1901)	Santa Cruz
<i>Microscolex anderssoni</i> Michaelsen, 1905	Islas Georgias del Sur
<i>Microscolex beddardi</i> (Rosa, 1895)	Tucumán
<i>Microscolex bovei</i> (Rosa, 1889)	Buenos Aires, Tierra del Fuego, Antártica e Islas del Atlántico Sur
<i>Microscolex collislupi</i> Michaelsen, 1910	Mendoza
<i>Microscolex dubius</i> (Fletcher, 1887)	Buenos Aires, Chubut, Córdoba, La Pampa, Río Negro, Santa Cruz, Santa Fe, San Luís, Tierra del Fuego, Tucumán
<i>Microscolex falclandicus</i> (Beddard, 1893)	Islas Malvinas
<i>Microscolex georgianus</i> (Michaelsen, 1888)	Santa Cruz, Islas Georgias del Sur
<i>Microscolex michaelseni</i> (Beddard, 1895)	Tierra del Fuego
<i>Microscolex phosphoreus</i> (Dugès, 1837)	Buenos Aires, Jujuy, Salta, Santa Fe, Tierra del Fuego, Tucumán
<i>Yagansia gracilis</i> (Beddard, 1895)	La Pampa, Tierra del Fuego
<i>Yagansia longiseta</i> (Beddard, 1895)	Tierra del Fuego
Megascolecidae Rosa, 1891	
<i>Amyntas corticis</i> (Kinberg, 1867)	Buenos Aires, Catamarca, Córdoba, Misiones, Santa Fe, Tucumán
<i>Amyntas gracilis</i> (Kinberg, 1867)	Buenos Aires, Catamarca, Chubut, Córdoba, Neuquén, San Luís, Tucumán
<i>Amyntas morrissi</i> (Beddard, 1892)	Buenos Aires, Catamarca, Córdoba, Santa Fe
<i>Metaphire californica</i> (Kinberg, 1867)	Córdoba, Santa Fe, Tucumán
<i>Metaphire posthuma</i> (Vaillant, 1868)	Buenos Aires
<i>Pithemera bicincta</i> (Perrier, 1875)	Jujuy
<i>Polypheretima taprobanae</i> (Beddard, 1892)	Tucumán
Lumbricidae Rafinesque-Schmaltz, 1815	
<i>Aporrectodea caliginosa</i> (Savigny, 1826)	Buenos Aires, Córdoba, La Pampa, Río Negro, San Luís, Santa Cruz, Santa Fe, Tucumán
<i>Aporrectodea georgii</i> (Michaelsen, 1890)	Córdoba, Tierra del Fuego
<i>Aporrectodea rosea</i> (Savigny, 1826)	Córdoba, Jujuy, La Pampa, La Rioja, Salta, San Luís, Santa Cruz, Santa Fe, Tierra del Fuego, Tucumán
<i>Aporrectodea trapezoides</i> (Dugès, 1828)	Buenos Aires, Catamarca, Córdoba, Chubut, Entre Ríos, Jujuy, La Pampa, La Rioja, Río Negro, Salta, San Luís, Santa Cruz, Santa Fe, Tierra del Fuego, Tucumán
<i>Bimastos beddardi sophiae</i> (Mercadal de Barrio & Barrio, 1988)	Córdoba
<i>Bimastos parvus</i> (Eisen, 1874)	Entre Ríos, Jujuy, Santa Fe, Tucumán
<i>Dendrobaena hortensis</i> Michaelsen, 1890	? (Michaelsen, 1900: 477)
<i>Dendrobaena octaedra</i> (Savigny, 1826)	Tierra del Fuego
<i>Dendrodrilus rubidus rubidus</i> (Savigny, 1826)	Córdoba, Chubut, La Rioja, La Rioja, Santa Cruz, Tierra del Fuego e Islas Malvinas
<i>Dendrodrilus rubidus subrubicundus</i> (Eisen, 1874)	Patagonia, Tierra del Fuego
<i>Eisenia andrei</i> Bouché, 1972	Buenos Aires, Córdoba
<i>Eisenia fetida</i> (Savigny, 1826)	Buenos Aires, Chubut, Córdoba, Entre Ríos, Río Negro, Santa Fe, Tucumán

Continuación...

Cuadro 14.1. Continuación...

Familias, géneros y especies	Distribución geográfica (Provincias)
<i>Eiseniella tetraedra tetraedra</i> (Savigny, 1826)	Córdoba, Río Negro, San Luís, Santa Fe
<i>Lumbricus rubellus</i> Hoffmeister, 1843	Santa Cruz, Tierra del Fuego
<i>Octodrilus complanatus</i> (Dugès, 1828)	Buenos Aires, Río Negro
<i>Octodrilus transpadanus</i> (Rosa, 1884)	Córdoba, Río Negro, San Luís
<i>Octolasion cyaneum</i> (Savigny, 1826)	Buenos Aires, Chubut, Córdoba, Río Negro, Santa Cruz, Tierra del Fuego
<i>Octolasion tyrtaeum</i> (Savigny, 1826)	Buenos Aires, Córdoba, La Rioja, Río Negro, San Luís, Santa Fe, Tucumán

¹ Para un listado complementario, con diversas *species inquirenda*, ver Blakemore (2005).

² Se han determinado tres subespecies de *Glossoscolex uruguayensis*: *Glossoscolex uruguayensis uruguayensis*, *Glossoscolex uruguayensis corderoi*, *Glossoscolex uruguayensis jungstromi*. Mayores detalles en Righi (1979).

los datos obtenidos por el autor y su grupo de trabajo a lo largo del desarrollo de proyectos de investigación y un considerable número de muestras legadas por colaboradores cuyas investigaciones a veces estuvieron centradas en otros grupos zoológicos.

Las especies se colectaron en las provincias Argentinas mencionadas en este inventario, las cuales abarcan diversos ambientes, tanto naturales como artificiales. Por razones de espacio no se detallan los nombres de las localidades, aunque información adicional puede solicitarse al autor. La cantidad de muestras analizadas por cada sitio de colecta fue dispar, estando algunas representadas sólo por un par de ejemplares.

La última enumeración sistemática de lombrices de tierra de la Argentina fue realizada por Mischis (2000). En este trabajo se efectuaron modificaciones a la misma usando documentación taxonómica y biogeográfica adicional. En síntesis, se conocen en el país 79 especies y subespecies terrestres y anfibias de lombrices de tierra: 50 nativas y 29 exóticas. Las 79 especies pertenecen a 33 géneros y seis familias. Para varias especies, se amplía la distribución geográfica con nuevos registros.

Es importante notar que los resultados aquí expuestos no representan un conocimiento completo de la oligoquetofauna argentina; solamente se da a conocer una actualización de los datos disponibles hasta la fecha.

Agradecimientos

El autor desea agradecer de manera especial al Dr. Csaba Csuzdi (Eötvös Loránd University, Budapest. Hungría) y al Dr. Robert Blakemore

(Yokohama University, Japan) por sus sugerencias taxonómicas y nomenclaturales. Igualmente al Dr. Carlos Fragoso (Instituto Ecología, México) y Dr. George Brown (Embrapa Florestas, Brasil) por aclaraciones taxonómicas y biogeográficas. Dicha información permitió completar este catálogo.

Referencias

BLAKEMORE, R. J. A series of searchable texts on earthworm biodiversity, ecology and systematics from various regions of the world. In: KANEKO, N.; ITO, M. T. (Ed.). **COE soil ecology research group**. Yokohama: Yokohama National University, 2005. 1 CD-ROM.

MISCHIS, C. C. Las lombrices de tierra (Annelida, Oligochaeta) de la República Argentina. **Natura Neotropicalis**, v. 31, n. 1 y 2, p. 17-21, 2000.

MISCHIS, C. C. Antecedentes sobre el conocimiento de las lombrices de tierra de la república Argentina. In: WORKSHOP O USO DA MACROFAUNA EDÁFICA NA AGRICULTURA DO SÉCULO XXI: A IMPORTÂNCIA DOS ENGENHEIROS DO SOLO, 2003, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja: Instituto de Ecologia, A.C., 2003. p. 20-28. (Embrapa Soja. Documentos, 224). Organizado por George Gardner Brown, Carlos Fragoso, Lenita Jacob Oliveira.

RIGHI, G. Introducción al estudio de las lombrices del suelo (Oligoquetos, Megadrilos) de la Provincia de Santa Fe (Argentina). **Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral**, v. 10, p. 89-155, 1979.

Bibliografía adicional usada para el Cuadro 14.1.

BURELA, S.; CAZZANIGA, N. J. Earthworms

- from southern Buenos Aires province, Argentina. **Megadrillogica**, v. 8, n. 9, p. 49-52, 2001.
- DI PERSIA, D. Aportes a la oligoquetofauna acuática y terrestre de la provincia de Entre Ríos. **Historia Natural**, v. 1, n. 12, p. 77-83, 1980.
- EISEN, G. Researches in American Oligochaeta, with special reference to those of the Pacific coast and adjacent islands. **Proceedings of the California Academy of Sciences**, v. 3, n. 2, p. 85-276, 1900.
- GATES, G. Records of the Indian Museum. **Journal of Indian Zoology**, v. 43, p. 497, part 4, 1941.
- GAVRILOV, K. Oligochaeta: In: HURLBERT, S.H. (Ed.). **Biota acuática de Sudamérica Austral**. San Diego: San Diego State University, 1977. p. 99-121.
- JAMIESON, B. G. M.; TILLIER, S.; TILLIER, A.; JUSTINE, J. L.; LING, E.; JAMES, S.; MCDONALD, K.; HUGALL, A. F. Phylogeny of the Megascolecidae and Crassicitellata (Annelida, Oligochaeta): combined versus partitioned analysis using nuclear (28S) and mitochondrial (12S, 16S) rDNA. **Zoosystema**, v. 24, n. 4, p. 707-734, 2002.
- LAHILLE, F. **Enumeración sistemática de los Anélidos Oligoquetos encontrados en la República Argentina**. Buenos Aires: Ministerio de Agricultura de la Nación, 1922.
- LJUNGSTRÖM, P. O. Sistemática de los Oligoquetos santafesinos. **Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral**, v. 2, p. 39-42, 1971.
- LJUNGSTRÖM, P. O. Biology of *Glossoscolex uruguayensis* (Glossoscolecidae, Oligochaeta). A new species for Argentina. **Studies on Neotropical Fauna**, v. 7, p. 195-205, 1972.
- LJUNGSTRÖM, P. O. On a new species of the Ocnero-drilidae earthworm genus *Eukerria* from Argentina. **Revue d'Ecologie et Biologie du Sol**, v. 9, p. 215-227, 1972.
- LJUNGSTRÖM, P. O.; EMILIANI, F.; RIGHI, G. Notas sobre los Oligoquetos (lombrices de tierra) argentinos. **Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral**, v. 6, p. 1-42, 1975.
- MERCADAL, I. Estudio morfológico y taxonómico de *Octolasion complanatum* (Oligochaeta, Lumbricidae). **Physis**, v. 37, n. 93, p. 197-216, 1977.
- MERCADAL DE BARRIO, I.; BARRIO, A. Nuevos hallazgos y otras citas para la oligoquetofauna de Argentina. **Physis**, v. 46, n. 110, p. 1-4, 1988.
- MICHAELSEN, W. **Oligochaeta. Das Tierreich**. Berlin: P. Friedlander & Sohn, 1900. v. 10.
- MISCHIS, C. C. Las lombrices de tierra (Annelida, Oligochaeta) de la Provincia de Córdoba (Argentina). **Boletín de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba**, v. 59, n. 3 y 4, 187-237, 1991.
- MISCHIS, C. C. The first record of the species *Amyntas diffringens* (Baird, 1869) (Oligochaeta: Megascolecidae) in the Province of Córdoba (Argentina). **Megadrillogica**, v. 4, n. 8, p. 143-144, 1992.
- MISCHIS, C. C. A contribution to the knowledge of Megascolecidae fauna (Annelida, Oligochaeta) from the province of Córdoba, Argentina. **Megadrillogica**, v. 5, n. 2, p. 9-12, 1993.
- MISCHIS, C. C. La Oligoquetofauna de la Provincia de Córdoba (Annelida, Oligochaeta) In: DI TADA, I. E.; BUCHER, E. H. (Ed.). **Biodiversidad de la Provincia de Córdoba: fauna**. v. 1. Río Cuarto: Universidad Nacional de Río Cuarto. p. 63-70, 1996.
- MISCHIS, C. C. Lombrices de tierra de Argentina: aspectos faunísticos y biogeográficos/ earthworms in Argentina: faunistic and biogeographic aspects: In: MORENO, A. G.; BORGES, S. (Ed.). **Avances en taxonomía de lombrices de tierra (Annelida: Oligochaeta)**. Madrid: Editorial Complutense, 2004. p. 261-274.
- MISCHIS, C. C.; BRIGADA, A. M. The earthworms (Annelida, Oligochaeta) from the province of San Luis (Argentina). Part I. **Megadrillogica**, v. 4, n. 6, p. 133-134, 1985.
- MISCHIS, C. C.; BRIGADA, A. M. *Octodrilus transpadanus* (Rosa, 1884) (Oligochaeta, Lumbricidae), from the province of San Luis (Argentina). Part II. **Megadrillogica**, v. 4, n. 7, p. 139-140, 1988.
- MISCHIS, C. C.; HERRERA, J. A. D. *Dendrodrilus rubidus* (Savigny, 1826) (Annelida, Oligochaeta, Lumbricidae) found in Córdoba, Argentina, with notes on its morphology and ecology. **Megadrillogica**, v. 6, n. 7, p. 70-72, 1995.
- MISCHIS, C. C.; GLEISER, R. First record of Oligochaete fauna (Annelida, Oligochaeta) from the province of La Rioja. **Megadrillogica**, v. 7, n. 9, p. 61-64, 1999.
- MISCHIS, C. C.; G. MORENO, A. A preliminary survey of the oligochaete fauna of Tierra del Fuego, Argentina. **Megadrillogica**, v. 9, n. 8, p. 49-51, 2003.
- MISCHIS, C. C.; RIGHI, G. Contribution to knowledge of the Oligochaetofauna (Annelida, Oligochaeta) from Argentina. **Gayana**, v. 63, n. 2, p. 11-13, 1999.
- MISCHIS, C. C.; CSUZDI, C.; ARGUELLO, G.; HERRERA, J.A.D. A contribution to the knowledge of the earthworm fauna (Annelida, Oligochaeta) of Argentinian Patagonia. In: POP, V. V.; Pop, A. A.

- (Eds.). **Advances in Earthworm Taxonomy II**. Cluj Napoca: Cluj University Press, p. 173-182, 2005.
- RIGHI, G. On a collection of Neotropical Megadrili Oligochaeta I: Ocnerothricidae, Acanthodrilidae, Octochaetidae, Megascolecidae. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 19, n. 1, p. 9-31, 1984a.
- RIGHI, G. On a Collection of Neotropical Megadrili Oligochaeta II. Glossoscolecidae, Lumbricidae. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 19, n. 2, p. 99-120, 1984b.
- RIGHI, G. **Minhocas de Mato Grosso e Rondônia**. Brasília: CNPq, 1990. 157 p.
- RIGHI, G.; MISCHIS, C. C. *Belladrilus (Santomesia) auka* n.sp. (Oligochaeta, Ocnerothricidae) from Argentina. **Miscellanea Zoológica**, v. 22, n. 2, p. 77-80, 1999.
- ROLDÁN, I. A.; TEISAIRE, E. S. New record and redescription of *Enantiodrilus borellii* (Oligochaeta: Glossoscolecidae) for Tucumán Province, Argentina. **Megadrilogica**, v. 8, n. 1, p. 1-3, 2000.
- ROSA, D. I terricoli Argentini raccolti dal Dott. Carlo Spegazini. **Annali dei Museo di Genova**, v. 9, p. 509-521, 1890.
- ROSA, D. Contributo allo studio dei terricoli neotropicali. **Memories della Accademia Reale de Scienze di Torino**, v. 45, n. 2, p. 89-152, 1895.
- STEPHENSON, J. **The Oligochaeta**. Oxford: Clarendon Press, 1930. XVI +978p.
- STEPHENSON, J. The Oligochaeta from Brazil and Paraguay. **Journal of the Linnean Society**, London, v. 37, p. 291-326, 1931.
- TEISAIRE, E. S.; ROLDÁN, A. **Lombrices de tierra de la provincia de Tucuman. Annelida: Oligochaeta: guía para la recolección e identificación**. Tucumán: Fundación Miguel Lillo, 1996. 24 p. (Miscelanea, 101).
- TEISAIRE, E. S.; ROLDÁN, A. Redescription and new record of *Andioscolex tinga* (Oligochaeta: Glossoscolecidae) for Tucumán, Argentina. **Megadrilogica**, v. 7, n. 4, p. 29-31, 1998.
- ZICSI, A. Revision der Gattung *Glossodrilus* Cognetti, 1905 auf grund der arten aus dem andengebiet (Oligochaeta: Glossoscolecidae). Regenwürmer aus Südamerika, 25. **Opuscula Zoologica Budapest**, v. 27-28, p. 79-116, 1995.
- ZICSI, A.; CSUZDI, C. Neue und bekannte regenwürmer aus verschiedenen Teilen Südamerikas. Regenwürmer aus Südamerika 26. **Senckenbergiana Biologica**, v. 78, p. 123-134, 1987.
- ZICSI, A.; CSUZDI, C. Weitere Angaben zur Regenwurmfauna Chiles (Oligochaeta: Acanthodrilidae, Lumbricidae). Regenwürmer aus Südamerika 33. **Berichte des Naturwissenschaftlich-Medizinischen Vereins in Innsbruck**, v. 88, p. 129-140, 2001.

Ecología y biogeografía de las lombrices de tierra en la Argentina

Liliana Beatriz Falco; Fernando Roberto Momo; Catalina C. Mischis

Abstract

The first data on earthworms in Argentina came from the XIX century and was contributed by scientific expeditions of European naturalists to South America. This chapter presents information on native and introduced families, biogeography and ecological aspects and the relationship between earthworms and soil characteristics, as well as their spatial and temporal inter-species association. Data are also contributed regarding the technological use of earthworms in Argentina.

Resumo

Los primeros datos de lombrices de tierra en la Argentina datan del siglo XIX y fueron aportados por naturalistas europeos que realizaron excursiones científicas a Sud América. Este capítulo ofrece información sobre las familias nativas e introducidas, aspectos biogeográficos y ecológicos y la relación entre lombrices y características edáficas, así como asociaciones inter-específicas y espacio-temporales. Además, se aportan datos sobre el uso tecnológico de lombrices en el país.

Introducción: los inicios

Los primeros trabajos sobre lombrices de tierra en la Argentina datan de fines del siglo diecinueve y fueron de carácter sistemático y zoogeográfico fundamentalmente. Weyenbergh (1879) y Cognetti de Martiis (1901) realizaron las primeras descripciones de lombrices en el país, pero el conocimiento sistemático de nuestras lombrices también se debe a los trabajos realizados por Alfredo Borelli, Carlo Spegazzini y Filippo Silvestre. Ellos colectaron material que remitían a especialistas europeos quienes determinaron el material tal como fue documentado por Rosa (1890, 1895, 1896) y Michaelsen (1900), entre los más destacados. En 1922 Fernando Lahille presentó la "Enumeración Sistemática de los Anélidos Oligoquetos en la Argentina" citando 50 especies (entre nativas y exóticas) y la distribución geográfica de las mismas en el territorio. En ese mismo año Fesquet (1922) brindó información sobre la especie exótica *Pheretima hawayana* (= *Amyntas gracilis*), de amplia distribución en Argentina. Veinte años más tarde en 1942, el zoólogo Uruguayo Ergasto Cordero, estudió los oligoquetos del Museo Argentino de Ciencias Naturales, describiendo 17 especies Argentinas que forman parte de la colección. En la provincia de Tucumán (Noroeste Argentino), Gavrilov realizó numerosos estudios, entre ellos, sobre la reproducción de los oligoquetos (1948), especialmente *Eukerria saltensis* (1952) y más tarde resumió la distribución de los oligoquetos en la parte Sur de América del Sur (1977).

Liebermann (1970), señaló que Ringuelet (1955) en su trabajo sobre zoogeografía de Las Islas Malvinas reportó siete especies de lombrices de tierra; esta cifra fue incrementada por Jones (2006) a 12 especies. Los primeros trabajos netamente ecológicos y biogeográficos aparecieron en el siglo pasado (década del 70) y llamaron la atención a las potencialidades de las lombrices como recurso natural (Emiliani et al., 1971; Ljungström, 1971, 1972a,b; Ljungström & Emiliani, 1971; Lauría de Cidre, 1972; Emiliani, et al., 1973; Ljungström et al., 1973, 1975; Herrera & Mischis, 1994, 1995).



En años recientes, otros autores (Mischis & Brigada, 1985, 1988; Mischis, 1982, 1991, 1992, 1993, 1996; Teisaire & Roldán, 1998; Mischis & Righi, 1999; Righi & Mischis, 1999; Roldán & Teisaire, 2000; Mischis & Moreno, 2003) realizaron nuevos aportes a la sistemática de nuestra fauna con el invaluable apoyo del Dr. Righi de Brasil.

Biogeografía histórica de las lombrices de Argentina

De la Argentina se conocen cuatro familias de lombrices de tierra de origen Gondwánico: Glossoscolecidae, Almidae, Ocnerodrilidae y Acanthodrilidae (Figura 15.1). Además, están ampliamente distribuidas las familias exóticas Lumbricidae y Megascolecidae. En la Región Neotropical correspondiente a la Argentina, se encuentran las seis familias mencionadas pero en la Región Antártica (estrecha franja en el extremo sur de Sudamérica) sólo se han encontrado Acanthodrilidae y Lumbricidae (Ljungström et al., 1975; Mischis, 2000; Mischis & Moreno, 2003).

Las familias Sudamericanas Ocnerodrilidae y

Glossoscolecidae son las que presentan la mayor cantidad de especies, siguiéndolas Acanthodrilidae y Almidae esta última con escasa riqueza taxonómica. Las familias introducidas Megascolecidae y Lumbricidae están bien representadas, con 24 especies y una amplia distribución en el país (Mischis, 2007; ver cap. 14). Por su condición de eurioicas estas especies han colonizado gran variedad de ambientes.

Ljungström & Emiliani (1971) señalaron que probablemente con la colonización europea se introdujeron lombrices en la provincia de Buenos Aires y luego en forma gradual se extendieron a todo el país por la acción de horticultores, floricultores y pescadores. Mischis & Brigada (1985) observaron la presencia de la lombriz europea *Octodrilus transpadanus* en el paredón de tierra del Dique Cruz de Piedra (San Luis). Estos individuos probablemente se hayan introducido junto a la tierra que rodeaba las raíces de *Cupressus sempervirens*, especie exótica de la Familia Cupressaceae que fue plantada para fijar el muro de tierra.

Los géneros exóticos más comunes en la Argentina son *Allolobophora*, *Aporrectodea*, *Bismastos*, *Dendrobaena*, *Dendrodrilus*, *Eisenia*, *Octodrilus* y *Octolasion*, todos de la familia

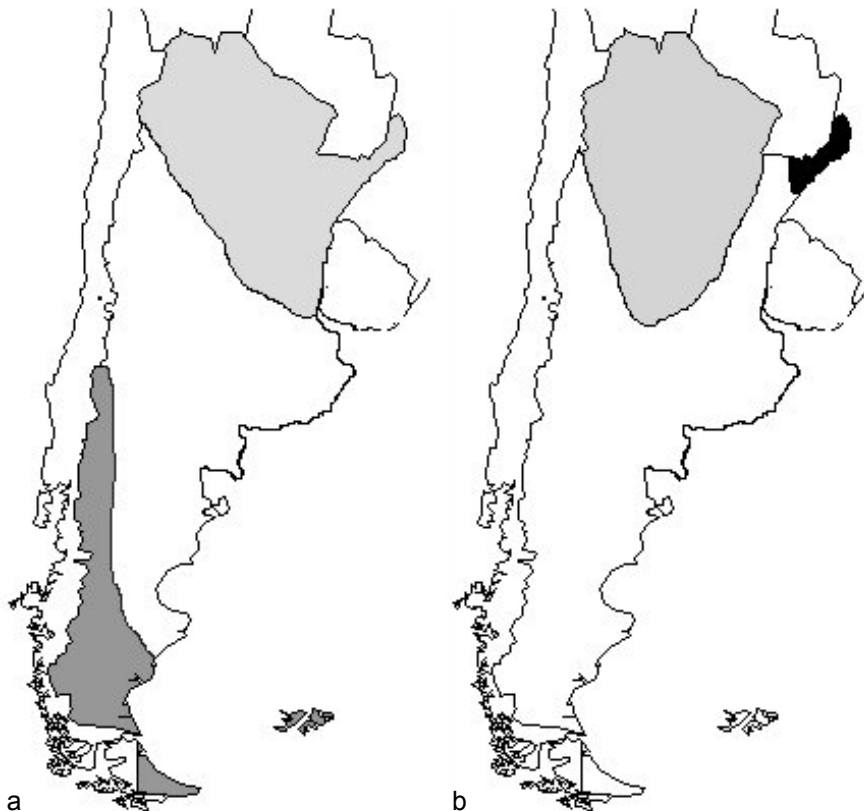


Figura 15.1. Distribución originaria de las familias de oligoquetos nativos en Argentina. (a) En gris claro Ocnerodrilidae, en gris oscuro Acanthodrilidae. (b) En gris claro Glossoscolecidae, en negro Almidae.

Lumbricidae, dispersados desde Europa probablemente por la acción voluntaria o involuntaria del hombre. Actualmente, se pueden encontrar como especies dominantes en tierras de pastoreo, de uso agrícola y jardines de la zona templada de Argentina. Este grupo tiene una habilidad mayor que otras lombrices de tierra para adaptarse a nuevos ambientes, y una vez introducidas en un área, pueden causar la desaparición de las especies locales (Stephenson, 1930).

Especies del género *Amyntas* (Megascolecidae) originarias del este y sudeste asiático, se han establecido en regiones tropicales y templadas y están ampliamente difundidas en Argentina. El género *Microscolex* (Acanthodrilidae), probablemente originario de América del Sur, se ha establecido en América del Norte y Europa. *Ocnerodrilus* (Ocnerodrilidae) y *Pontoscolex* (Glossoscolecidae) posiblemente originarias de América Central y norte de América del Sur, se encuentran también en regiones templadas del cono sur.

En la actualidad, *Microscolex* constituye el único género nativo que vive en la provincia de Buenos Aires. La familia Acanthodrilidae ya ocupaba la zona correspondiente a la Patagonia actual a principios del Cretácico (hace 120 millones de años). En dicho período Lumbricidae habitaba el sur de Laurasia, mientras que Megascolecidae lo que actualmente es el sudeste asiático y Australia. El retroceso de *Microscolex* frente a las especies invasoras podría deberse por un lado a las condiciones climáticas actuales del sur de América muy diferentes a las que hubo en Gondwana. Además, en el Cretácico, la Cordillera de los Andes convirtió casi en un desierto a la zona patagónica; por lo cual, es probable que la familia Acanthodrilidae se hallase en un período de contracción cuando arribaron las lombrices exóticas. Éstas ya habían demostrado capacidad para recolonizar los suelos europeos luego de la última glaciación. Por otra parte, *Microscolex dubius*, una especie endogea oligohúmica, tiene baja capacidad migratoria y poca resistencia a la desecación, lo cual determina que tanto su capacidad de dispersión activa como su probabilidad de dispersión pasiva sean bajas.

Biogeografía y ecología

El estudio biogeográfico de las lombrices de tierra proporciona también información ambiental; particularmente se ha señalado el hecho de que la

relación entre el número de especies de lombrices y el área explorada no sigue un patrón típico de acuerdo a la teoría de biogeografía de islas (Judas, 1988). Una posible explicación sugiere que el factor preponderante en la distribución de estos organismos es la disponibilidad de microhabitats, por lo cual la tasa de incremento en el número de especies sería muy alta en áreas pequeñas, estabilizándose a nivel meso geográfico, tal como pasa con algunas plantas (Quinn & Harrison, 1988).

Mischis (1996) comprobó que especies de Lumbricidae fueron mayoritarias en sistemas de cultivo en la provincia de Córdoba; igual tendencia se ha registrado en ensayos realizados en la Provincia de Buenos Aires (Momo et al., 1993). Esto es congruente con lo señalado por Frago et al. (1999) en el sentido de que las especies exóticas están mejor adaptadas que las nativas a los cambios a nivel continental-regional (lluvias, temperatura) y a nivel local (cambios edáficos, cobertura vegetal), mientras que la mayoría de las nativas son incapaces de adaptarse a las variaciones regionales, aunque algunas especies son capaces de tolerar pequeñas variaciones a nivel local.

La presencia de determinadas especies de lombrices en un suelo puede estar influenciada por el tipo de vegetación dominante (Falco et al., 1995), además, la asociación entre especies puede ser positiva o negativa según el sitio (espacial) o el sitio y la época del año (espacio-temporal) tal como se resume en el Cuadro 15.1.

Relación entre las lombrices y las características y uso del suelo

En la Provincia de Santa Fe, Ljungström et al. (1972) tomaron muestras de lombrices y de suelo en 100 puntos de muestreo incluyendo siete tipos diferentes de suelo. No encontraron una relación directa entre la acidez del mismo y la presencia de las especies a excepción de Ocnerodrilidae, familia que registraron en suelos con pH menores que 4.6. Ellos encontraron mayor diversidad en suelos ricos en fósforo y potasio y pobres o medianamente pobres en materia orgánica y nitrógeno, en tanto los suelos sódicos presentaron la menor diversidad. En cuanto a la humedad, a diferencia de los datos registrados en Europa, encontraron lombrices en actividad en suelos con un contenido de agua

Cuadro 15.1. Tipos posibles de asociación entre dos especies de lombrices como resultado de sus requerimientos y ciclos de vida.

Características de las dos especies	Tipo de Asociación	
	Espacial	Espacio-temporal
Requerimientos similares: - ciclos de vida sincrónicos, tasa de competencia baja	positiva	positiva
Requerimientos similares: - ciclos de vida sincrónicos, competencia intensa	negativa	negativa
Requerimientos similares: - ciclos de vida asincrónicos, competencia intensa	positiva	negativa
Requerimientos diferentes	Positiva o negativa	negativa

inferior al 20%. En lo que respecta a la textura, los suelos con alto contenido de arena mostraron menor riqueza. En el estudio mencionado, los autores hallaron dieciocho especies, siendo *Aporrectodea trapezoides* y *A. rosea* las especies más frecuentes.

En un suelo argiudol con diferentes fases de la Provincia de Buenos Aires, Momo et al. (1993) analizaron la abundancia de las especies y su relación con variables físico-químicas. Los parámetros que resultaron más útiles en la predicción de las especies fueron el pH, el contenido de materia orgánica, el nivel de fósforo asimilable, el nivel de nitrógeno y la resistencia eléctrica de la pasta. Las especies encontradas fueron siete y en todas las muestras estuvo presente *Aporrectodea caliginosa*. El grupo *Octolasion-Microsclex* fue encontrado en sitios con alto contenido de materia orgánica, fósforo y nitrógeno. No se hallaron lombrices en áreas deprimidas y anegadizas ni en potreros sometidos a agricultura intensiva.

La diversidad específica (índice de Shannon-Wiener) de la comunidad de lombrices varía con el uso del suelo y con su historia. Falco & Momo (1998) comprobaron que la labranza convencional produce disminuciones más dramáticas de la diversidad que otros sistemas de labranza (reducida o directa) y que el efecto del sistema de labranza depende también de la historia del uso del suelo. En efecto, las diferencias entre labranza reducida y directa son importantes cuando se aplican a un suelo virgen pero se tornan no significativas cuando se aplican a un suelo previamente perturbado (pastura).

Las lombrices como indicadores de impactos ambientales

Las lombrices de tierra, especialmente *Eisenia fetida*, se utilizan como organismos para

bioensayos de pesticidas y otros xenobióticos (Neuhauser & Callahan, 1990; Antón et al., 1993).

También se la utiliza como especie de referencia para evaluar el efecto de la radiación ultravioleta en ecosistemas edáficos demostrando que un aumento en las dosis de radiación UV (a partir del adelgazamiento de la capa de ozono) afecta la dinámica de las poblaciones de *E. fetida*, sobre todo por una disminución en la fertilidad de los capullos (Hammann et al., 2003).

En Argentina, esta línea de investigación tiene un desarrollo incipiente. Falco & Momo (1991) demostraron que concentraciones comerciales de heptacloro producen mortalidad en *Allolobophora* (= *Aporrectodea*) *caliginosa* y que dicha mortalidad está en relación con el tamaño de los individuos; el pesticida también afectó la producción de capullos en esta especie.

E. fetida se ha usado en nuestro país como indicador biológico de contaminación y como auxiliar en procesos de biorremediación (Oneto et al., 1999; Fuchs et al., 2001). Recientemente se ha utilizado la estructura de las comunidades de lombrices para detectar el deterioro físico de los suelos en argiudoles de la provincia de Buenos Aires (Momo et al., 2003).

El estudio científico de la lombricultura

Los primeros pasos en la producción de humus de lombriz utilizando *E. fetida* (o *E. andrei*) en la Argentina fueron dados por Roth (1969), quien en su granja ubicada en el noreste del país, comenzó a difundir las prácticas de manejo de residuos de granja o del cultivo de yerba mate (*Ilex paraguariensis*) con la incorporación de dichas especies.

En Argentina, se realizaron también estudios sobre *E. fetida* respecto al ciclo biológico en relación a la dieta suministrada (Herrera & Mischis, 1994, 1995). Calvente et al. (1999) calcularon la tasa de mineralización de la materia orgánica por parte de *A. hawayanus* (= *A. gracilis*) y *E. fetida*, no detectando diferencias entre ambas; sin embargo *Amyntas* resultó ser más sensible a la falta de humedad (estrés hídrico).

Debido a su gran plasticidad *Eisenia* también ha sido usada en nivel familiar e industrial, para el manejo de residuos orgánicos domiciliarios e industriales (Schuldt, 2001).

Comentario final

El nivel de conocimiento ecológico de algunas especies de lombrices en Argentina es bueno y existen líneas de investigación que cubren amplios espectros de sumo interés. Sin embargo aún es incompleto el relevamiento faunístico de base y hay amplias regiones del país cuya oligoquetofauna se ignora totalmente. Es por ello, que el conocimiento taxonómico y ecológico, el descubrimiento tanto de especies nativas como de las introducidas y de los grupos funcionales, entre otros estudios, son imprescindibles para la interpretación y manejo sostenible de los ecosistemas y el suelo en Argentina.

Referencias

- ANTÓN, F. A.; LABORDA, E.; LABORDA, P.; RAMOS, E. Carbofuran acute toxicity to *Eisenia foetida* (Savigny). earthworms. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 50, p. 407-412, 1993.
- COGNETTI DE MARTIIS, L. Oligocheti raccolti dal Dott. F. Silvestri nel Chile e nella Republica Argentina. **Bollettino di Zoologia ed Anatomia Comparata della Reale Università di Torino**, v. 16, p. 1-2, 1901.
- CORDERO, E. H. Oligoquetos terrícolas del Museo Argentino de Ciencias Naturales. **Anales del Museo Argentino de Ciencias Naturales de Buenos Aires**, v. 40, p. 269-293, 1942.
- EMILIANI, F.; LJUNGSTRÖM, P. O.; PRIANO, L.; GUTIERREZ, T.; CALAMANTE, R. Sobre la ecología de *Eukerria halophila* (Oligochaeta, Acanthodrilidae) **Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Biología)**, v. 69, p. 19-22, 1971.
- EMILIANI, F.; ORELLANA, J.; LJUNGSTRÖM, P. O. Sobre la ecología de *Eukerria eiseniana*. **IDIA**, Suplemento 29, p. 50-54, 1973.
- FALCO, L. B.; MOMO, F. Farming practice of soil fauna: changes in earthworms communities. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON EARTHWORM ECOLOGY, 6., 1998. **Abstracts...** Vigo: Universidad de Vigo y Universidad Complutense de Madrid, 1998. p. 99.
- FALCO, L. B.; MOMO, F. R. Effects of heptachlor on *Allolobophora caliginosa*. **Revista Brasileira de Biología**, v. 51, p. 681-684, 1991.
- FALCO, L. B.; MOMO, F. R.; CRAIG, E. B. Asociaciones de lombrices de tierra y su relación con la cobertura vegetal en suelos forestados. **Revista Chilena de Historia Natural**, v. 68, p. 523-528, 1995.
- FESQUET, A. E. J. **Notas sobre la presencia en Buenos Aires de un terrícola del género Pheretima**. Buenos Aires: Ministerio de Agricultura de la Nación, 1922. 15 p.
- FRAGOSO, C.; KANYONYO, J.; MORENO, A. G.; SENAPATI, B. K.; BLANCHART, E.; RODRÍGUEZ, C. A survey of tropical earthworms: taxonomy, biogeography and environmental plasticity. In: LAVELLE, P.; HENDRIX, P.; BRUSSAARD, L. (Ed.). **Earthworm management in tropical agroecosystems**. Wallingford: CAB International, 1999. p. 1-26,
- FUCHS, J. S.; ONETO, M. L.; CASABÉ, N. B.; GÓMEZ SEGURA, O.; TARULLA, R.; VACCAREZZA, M.; SÁNCHEZ-RIVAS, C.; KESTEN, E. M.; WOOD, E. J. Ecotoxicological characterization of a disposal lagoon from a munition plant. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 67, p. 696-703, 2001.
- GAVRILOV, K. Reproducción uni y biparental de los Oligoquetos. **Acta Zoológica Lilloana**, v. 5, p. 221-311, 1948.
- GAVRILOV, K. Sobre *Eukerria saltensis* (Beddard) y su reproducción. **Acta Zoológica Lilloana**, v. 10, p. 673-708, 1952.
- GAVRILOV, K. Oligochaeta. In: HURLBERT, S.H., RODRÍGUEZ, G.; SANTOS, N. D. (Ed.). **Biota acuática de Sudamérica Austral**. San Diego: San Diego State University, 1977. p. 99-121
- HAMMANN, A.; MOMO, F. R.; DUHOUR, A.; FALCO, L.; SAGARIO, M. C.; CUADRADO, M. E. Effect of UV radiation on *Eisenia fetida* populations. **Pedobiología**, v. 43, p. 842-845, 2003.
- HERRERA, J. A.; MISCHIS, C. C. Influence of feeding in the biological cycle of *Eisenia*

- foetida* (Savigny) (Annelida, Lumbricidae). Part I. **Megadrilologica**, v. 5, n. 11, p. 117-122, 1994.
- HERRERA, J. A.; MISCHIS, C. C. Influence of feeding in the biological cycle of *Eisenia foetida* (Savigny) (Annelida, Lumbricidae). Part II. **Megadrilologica**, v. 6, n. 5, p. 47-50, 1995.
- JONES, A. G. A focus on Falkland island earthworms (Phylum Annelida, class Oligochaeta). **Invertebrata Falklandica**, v. 7, 2006.
- JUDAS, M. The species-area relationships of european Lumbricidae (Annelida: Oligochaeta). **Oecologia**, v. 76, p. 579-587, 1988.
- LAHILLE, F. **Enumeración sistemática de los Anélidos Oligoquetos encontrados en la República Argentina**. Buenos Aires: Ministerio de Agricultura de la Nación, 1922. 31 p.
- LAURÍA DE CIDRE, L. Consideraciones anatómo-histopatológicas del tubo digestivo de *Pheretima hawayana* (Oligochaeta, Megascolecidae). **Physis**, v. 31, p. 551-558, 1972.
- LIEBERMANN, J. Las lombrices de tierra (Oligoquetos) como recurso natural renovable no utilizado en la Argentina. **IDIA**, p. 56-60, 1970.
- LJUNGSTRÖM, P. O. Sistemática de los Oligoquetos santafesinos. **Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral**, v. 2, p. 39-42, 1971.
- LJUNGSTRÖM, P. O. Biology of *Glossoscolex uruguayensis* (Glossoscolecidae, Oligochaeta). A new species for Argentina. **Studies on Neotropical Fauna**, v. 7, p. 195-205, 1972a.
- LJUNGSTRÖM, P. O. On a new species of the Ocnoderilidae earthworm genus *Eukerria* from Argentina. **Revue d'Ecologie et Biologie du Sol**, v. 9, p. 215-227, 1972b.
- LJUNGSTRÖM, P. O.; EMILIANI, F. Contribución al conocimiento de la ecología y distribución geográfica de las lombrices de tierra (oligoquetos) de la Provincia de Santa Fe (Argentina). **IDIA**, p. 19-32, 1971.
- LJUNGSTRÖM, P. O.; PRIANO, J. J.; ORELLANA, J. Relación entre lombrices y composición del suelo. **Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral**, v. 3, p. 93-99, 1972.
- LJUNGSTRÖM, P. O.; ORELLANA, J. A.; PRIANO, J. J. Influence of some edaphic factors on earthworms distribution in Santa Fe Province, Argentina. **Pedobiología**, v. 13, p. 236-247, 1973.
- LJUNGSTRÖM, P. O.; EMILIANI, F.; RIGHI, G. Notas sobre los oligoquetos (lombrices de tierra) argentinos. **Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral**, v. 6, p. 1-42, 1975.
- MICHAELSEN, W. **Oligochaeta. Das Tierreich 10**. Berlin: R. Friedländer Verlag, 1900. 575 p.
- MISCHIS, C. C. Nota previa sobre las lombrices de tierra (Annelida, Oligochaeta) de la provincia de Córdoba, Argentina. **Historia Natural**, v. 2, p. 145-150, 1982.
- MISCHIS, C. C. Las lombrices de tierra (Annelida, Oligochaeta) de la Provincia de Córdoba (Argentina). **Boletín de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba**, v. 59, p. 187-237, 1991.
- MISCHIS, C. C. The first record of the species *Amyntas diffringens* (Baird, 1869) (Oligochaeta: Megascolecidae) in the Province of Córdoba (Argentina). **Megadrilologica**, v. 4, p. 143-144, 1992.
- MISCHIS, C. C. A contribution to the knowledge of *Megascolecidae fauna* (Annelida, Oligochaeta) from the province of Córdoba, Argentina. **Megadrilologica**, v. 5, p. 9-12, 1993.
- MISCHIS, C. C. La Oligoquetofauna de la Provincia de Córdoba (Annelida, Oligochaeta). In: DI TADA, I.E.; BUCHER, E. H. (Ed.). **Biodiversidad de la provincia de Córdoba**. Fauna. v. 1. Rio Cuarto: Universidad Nacional de Río Cuarto. p. 63-70, 1996.
- MISCHIS, C. C. Catálogo de las lombrices de tierra de tierra de la Argentina (Annelida, Oligochaeta). In: BROWN, G. G. ; FRAGOSO, C. (Ed.). **Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia**. Londrina: Embrapa Soja, Capítulo 14.
- MISCHIS, C. C.; BRIGADA, A. M. The earthworms (Annelida, Oligochaeta) from the province of San Luis (Argentina). Part I. **Megadrilologica**, v. 4, p. 133-134, 1985.
- MISCHIS, C. C.; BRIGADA, A. M. *Octodrilus transpadanus* (Rosa, 1884) (Oligochaeta, Lumbricidae), from the province of San Luis (Argentina). Part II. **Megadrilologica**, v. 4, p. 139-140, 1988.
- MISCHIS, C. C.; RIGHI, G. Contribution to knowledge of the Oligochaetofauna (Annelida, Oligochaeta) from Argentina. **Gayana**, v. 63, p. 11-13, 1999.
- MISCHIS, C. C.; MORENO, A. G. A preliminary survey of the oligochaete fauna of Tierra del Fuego, Argentina. **Megadrilologica**, v. 9, n. 8, p. 49-51, 2003.
- MOMO, F.; FALCO, L. B.; CRAIG, E. B. Las lombrices de tierra como indicadores del deterioro del suelo. **Revista de Ciencia y Tecnología**, v. 8, p. 55-63, 2003. Serie Científica.
- MOMO, F. R.; GIOVANETTI, C. M.; MALACALZA, L. Relación entre la abundancia de distintas especies de lombrices de tierra (Annelida: Oligochaeta) y algunos parámetros físicoquímicos en un suelo típico de la estepa pampeana. **Ecología Austral**, v. 3, p. 7-14, 1993.

- NEUHAUSER, E. F.; CALLAHAN, C. A. Growth and reproduction of the earthworm *Eisenia fetida* exposed to sublethal concentrations of organic chemicals. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 22, p. 175-179, 1990.
- ONETO, M. L.; FUCHS, J. S.; BASACK, S. B.; KESTEN, E. M.; WOOD, E. J. Biomarcadores en *Eisenia foetida*: herramientas en la caracterización de riesgos en ecosistemas terrestres. **Ingeniería Sanitaria y Ambiental**, v. 47, p. 42-51, 1999.
- QUINN, J. F.; HARRISON, S. Effects of habitat fragmentation and isolation on species richness: evidence from biogeographic patterns. **Oecologia**, v. 75, p. 132-140, 1988.
- RIGHI, G.; MISCHIS, C. C. *Belladrilus (Santomesia) auka* sp. n. Oligochaeta, Ocnerodrilidae, from Argentina. **Miscellanea Zoologica**, v. 22, n. 2, p. 77-80, 1999.
- RINGUELET R. Ubicación zoogeográfica de las Islas Malvinas. **Revista del Museo de La Plata Zoología**, v. 6, p. 416-464, 1955. (Nueva Serie).
- ROLDÁN, I. A.; TEISAIRE, E. S. New record and redescription of *Enantiodrilus borellii* (Oligochaeta: Glossoscolecidae) for Tucumán Province, Argentina. **Megadrilologica**, v. 8, p. 1-3, 2000.
- ROSA, D. I terricoli Argentinini raccolti dal Dott. Carlo Spegazini. **Annali dei Museo di Genova**, v. 9, p. 509-521, 1890.
- ROSA, D. Viaggio del dottor Alfredo Borelli nella Repubblica Argentina e nel Paraguay XV. Oligocheti terricoli (inclusi quelli raccolti nel Paraguay dal Dr. Paul Jordan). **Bollettino di Zoologia ed Anatomia Comparata della Reale Università di Torino**, v. 10, n. 204, p. 1-3, 1895.
- ROSA, D. Contributo allo studio dei terricoli neotropici. **Memorie della Reale Accademia delle Scienze di Torino**, v. 45, n. 2, p. 89-152, 1896. Serie Seconda.
- ROTH, A. Instrucciones para la cría de lombrices de tierra. **IDIA**, v. 253, p. 37-46, 1969.
- SCHULDT, M. **Lombricoltura**: teoría y práctica en el ámbito agropecuario, industrial y doméstico. La Plata: Imprelyf, 2001. 135 p.
- STEPHENSON, J. **The Oligochaeta**. Oxford: Clarendon Press, 1930. 978 p.
- TEISAIRE, E. S.; ROLDÁN, I. A. Redescription and new record of *Andioscolex tinga* (Oligochaeta: Glossoscolecidae) for Tucumán, Argentina. **Megadrilologica**, v. 7, p. 29-31, 1998.
- WEYENBERGH, D. H. Descripciones de nuevos gusanos. **Boletín de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba**, v. 3, p. 213-218, 1879.

Lombrices de tierra de las Yungas: Taxonomía, biogeografía y ecología en áreas de selva subtropical (Provincia de Jujuy, Argentina)

Julio Alfredo Daniel Herrera; Catalina C. Mischis

Abstract

The present study was undertaken to describe the geographic and ecological characteristics of earthworm species from a subtropical forest in the province of Jujuy, Argentina. The study area was located in the Calilegua National Park and other sites in the biogeographic region of the Yungas. The study was carried out in 15 sites in four areas with altitudinal transects using the hand sorting earthworm collection method. Twelve earthworm species (three native and nine exotic) were collected, belonging to nine genera in six families: Glossoscolecidae, *Pontoscolex corethrurus*; Ocnerodrilidae, *Belladrilus (Santomesia) emilianii* and *Ocnerodrilus occidentalis*; Acanthodrilidae, *Microscolex dubius* and *M. phosphoreus*; Octochaetidae, *Dichogaster bolau bolau* and *D. saliens*; Lumbricidae: *Dendrodrilus rubidus*, *Octolasion cyaneum* and *O. tyrtaeum*; Megascolecidae, *Amyntas gracilis* and *Pithemera bicincta*. Taxonomic, ecological and biogeographic information on the species are herein reported.

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue conocer la diversidad y características geográficas y ecológicas de las lombrices de tierra, en ambientes de selva subtropical en la provincia de Jujuy, Argentina. El área de estudio estuvo localizada en el Parque Nacional de Calilegua y otros ambientes en la Provincia Biogeográfica de las Yungas. El estudio fue llevado a cabo en 15 sitios ubicados en cuatro áreas conformadas por transectas altitudinales y el material fue recolectado usando el método de extracción manual. Fueron encontradas 12 especies (nueve exóticas y tres nativas) pertenecientes a nueve géneros incluidos en seis familias: Glossoscolecidae, *Pontoscolex corethrurus*; Ocnerodrilidae, *Belladrilus (Santomesia) emilianii* y *Ocnerodrilus occidentalis*; Acanthodrilidae, *Microscolex dubius* y *M. phosphoreus*; Octochaetidae, *Dichogaster bolau bolau* y *D. saliens*; Lumbricidae, *Dendrodrilus rubidus*, *Octolasion cyaneum* y *O. tyrtaeum*; Megascolecidae, *Amyntas gracilis* y *Pithemera bicincta*. Se reporta en este trabajo información taxonómica, ecológica y biogeográfica de cada una de las especies.

Introducción

Los estudios sobre las lombrices de tierra en ambientes de selva no son numerosos (Fragoso & Lavelle, 1992); sin embargo, todos los autores concuerdan en que las lombrices de tierra constituyen un "grupo clave", principalmente en los ecosistemas de selva tropical. La razón es que, en dichos ambientes provocan cambios físicos, químicos y biológicos en el suelo donde habitan y además comprenden hasta el 51% de la biomasa total respecto de otros invertebrados edáficos (Lavelle & Kohlmann, 1984; Lee, 1985; Fragoso & Lavelle, 1987; Fragoso, 1992; Fragoso & Lavelle, 1992; Lavelle et al., 1994a, b; Edwards & Bohlen, 1996).

Mischis (2007, ver cap. 14), registró en la Argentina, 79 especies de lombrices de tierra pertenecientes a las siguientes familias: Glossoscolecidae, Ocnerodrilidae, Acanthodrilidae,



Almidae, Lumbricidae y Megascolecidae y algunas de ellas han sido citadas para las áreas de selva del país. La selva subtropical de montaña (Yungas) es, en la Argentina, un ecosistema rico en diversidad florística y faunística, pero seriamente amenazado por la polución, la tala, cría de ganado y los cultivos agrícolas, entre otros factores. A pesar de la existencia de datos aislados, no hay estudios concretos sobre las especies de lombrices de tierra que habitan los suelos de las Yungas en la provincia de Jujuy y cuáles son sus requerimientos ecológicos. Debido a esta carencia de conocimientos se propuso, en este estudio, conocer las especies de lombrices de tierra, su distribución geográfica y requerimientos ecológicos en diferentes ambientes de selva subtropical de la provincia de Jujuy.

Materiales y métodos

El estudio se situó en el Parque Nacional Calilegua (PNC) y otras áreas de selva en la provincia de Jujuy (Argentina). Todas las áreas tratadas están cubiertas por Selva Subtropical de Montaña, la cual pertenece a la Provincia Biogeográfica de las Yungas (Cabrera & Willink, 1973; Brown & Grau, 1995; Morrone, 1999) (Foto 16.1). Las Yungas se extienden entre los 300 y 3000 m.s.n.m. y se reconocen en ella tres distritos principales: la selva pedemontana (o selva de transición) entre los 400 y 600 m.s.n.m., la selva montana entre los 600 y 1500 m.s.n.m. y el bosque montano entre 1500 y 2500 m.s.n.m. La precipitación anual varía entre 1000 y 3000 mm con un marcado gradiente estacional, presentando

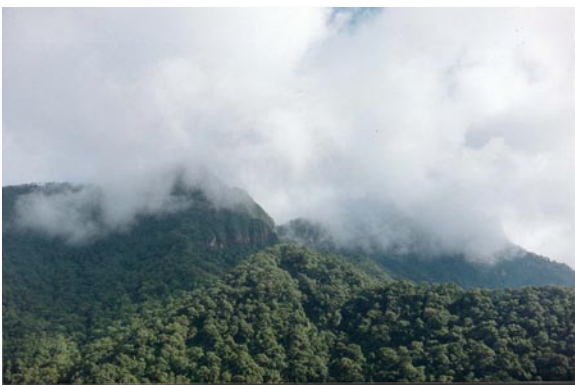


Foto 16.1. Vista panorámica de la Selva Subtropical de Montaña (Yungas) en el área de estudio. (Foto J.A.D. Herrera)

un período húmedo entre Noviembre y Abril. La temperatura media anual es cercana a los 17°C en el sur y 22°C en el norte (Brown, 1995).

Para caracterizar el ambiente donde se encontraron las especies, los valores de precipitación anual en las áreas de recolección fueron tomadas de la bibliografía (Brown & Grau, 1995)

Las lombrices de tierra se recolectaron en el mes de Febrero de 1997, en 15 sitios ubicados en cuatro áreas o perfiles altitudinales (Figura 16.1). Dichas áreas fueron fijadas teniendo en cuenta el gradiente altitudinal y los distritos de vegetación mencionados. **Area 1. PNC:** es un área protegida que se extiende sobre las sierras de Calilegua (Departamento de Ledesma). Tiene una superficie de 76.306 hectáreas y comprende los tres distritos de vegetación. Se seleccionaron siete sitios de muestreos, entre los 585 y 1650 m.s.n.m. **Area 2. Pueblo de Calilegua- PNC:** se eligieron tres sitios de muestreo entre los 470 y 530 m.s.n.m. **Area 3. Palma Sola- Santa Clara:** se escogieron tres sitios de muestreo entre los 1130 y 1330 m.s.n.m. **Area 4. San Salvador de Jujuy-San Antonio:** se eligieron dos sitios de muestreo entre los 1570 y 1670 m.s.n.m.

En los diferentes sitios se realizaron cinco unidades de muestreo (0,50 m x 0,50 m x 0,30 m de profundidad), y la extracción de las lombrices se realizó por el método manual (Satchell, 1969), recolectándose ejemplares clitelados, adultos no clitelados y juveniles. Las unidades se tomaron al azar en diferentes hábitats dentro de cada área: a) suelo sin cubierta vegetal, b) con hojarasca, c) con troncos caídos, d) con rocas. En estos dos últimos se consideraron las lombrices localizadas dentro y/o sobre dichos ambientes. Los especímenes se narcotizaron y fijaron en una solución de Formol (10%) y Etanol (96%) en partes iguales y se preservaron en Formol (10%).

El material biológico está depositado en la colección de lombrices de tierra localizada en la Cátedra de Diversidad Animal I, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Resultados y discusión

Se recolectaron doce especies de lombrices de tierra, pertenecientes a nueve géneros incluidos en seis familias, distribuidas en los distintos ambientes de selva subtropical (Cuadro 16.1).

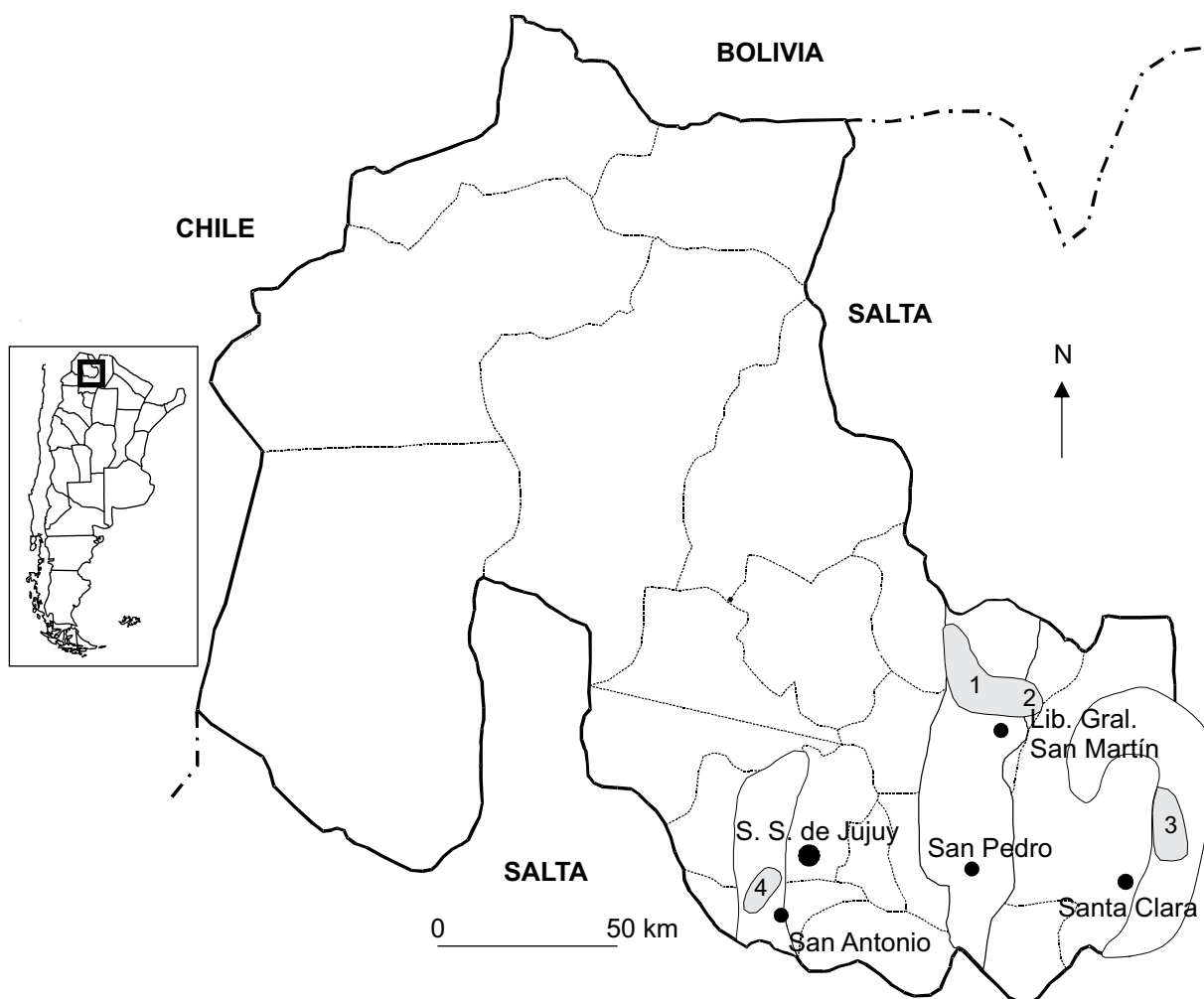


Figura 16.1. Localización geográfica del área de estudio (blanco) y los sitios de muestreo (gris). El número corresponde a la identificación de los sitios de muestreo.

Biogeografía y ecología

Pontoscolex corethrurus se encontró en el norte de las Yungas, en las áreas bajas de la ladera este de las sierras de Calilegua (Area 1), entre los 510 y 530 m.s.n.m. en el distrito de selva pedemontana (Figura 16.2A). En la Argentina, *P. corethrurus* está registrado en la provincia de Córdoba (Mischis & Righi, 1999), Corrientes (Righi, 1984b), Jujuy (Zicsi & Csuzdi, 1987) y Tucumán (Roldán et al., 2003) (ver Mischis, 2007; cap. 14). El género es endémico de América Central y del norte de América del Sur (Omodeo, 1955). De acuerdo con Righi (1984b), el origen de *P. corethrurus*, probablemente sea del norte de América del Sur.

P. corethrurus es una especie endogea mesohúmica (Fragoso & Lavelle, 1987; Fragoso et al., 1999) y fue encontrada raramente, en baja densidad poblacional y abundancia relativa (Cuadro 16.1), habitando el suelo de áreas bajas con una

precipitación anual de 1500 mm. En las zonas bajas y altas, estuvo asociada con *Dichogaster saliens* y con *D. bolau*, respectivamente.

Belladrilus (S.) emilianii fue recolectada a 1300 m.s.n.m. en el Area 3, situada entre las sierras de Santa Bárbara y El Centinela, en la parte norte de las Yungas (Figura 16.2B). Es el primer registro de esta especie en la provincia de Jujuy. Actualmente *B. emilianii* está citada únicamente en las provincias de Córdoba y Santa Fe (Mischis, 2000, 2007, cap. 14).

B. emilianii es una especie endogea con un gran contenido orgánico en su intestino (polihúmica). Fue encontrada raramente y en baja densidad poblacional y abundancia relativa (Cuadro 16.1), estando presente en áreas elevadas y con una precipitación anual de 2000 mm. Se la recolectó sólo en hábitats terrestres y especialmente en los primeros centímetros del perfil edáfico y en la rizósfera de árboles. *B. emilianii* estuvo asociada con las especies *M. phosphoreus* y *D. rubidus*.

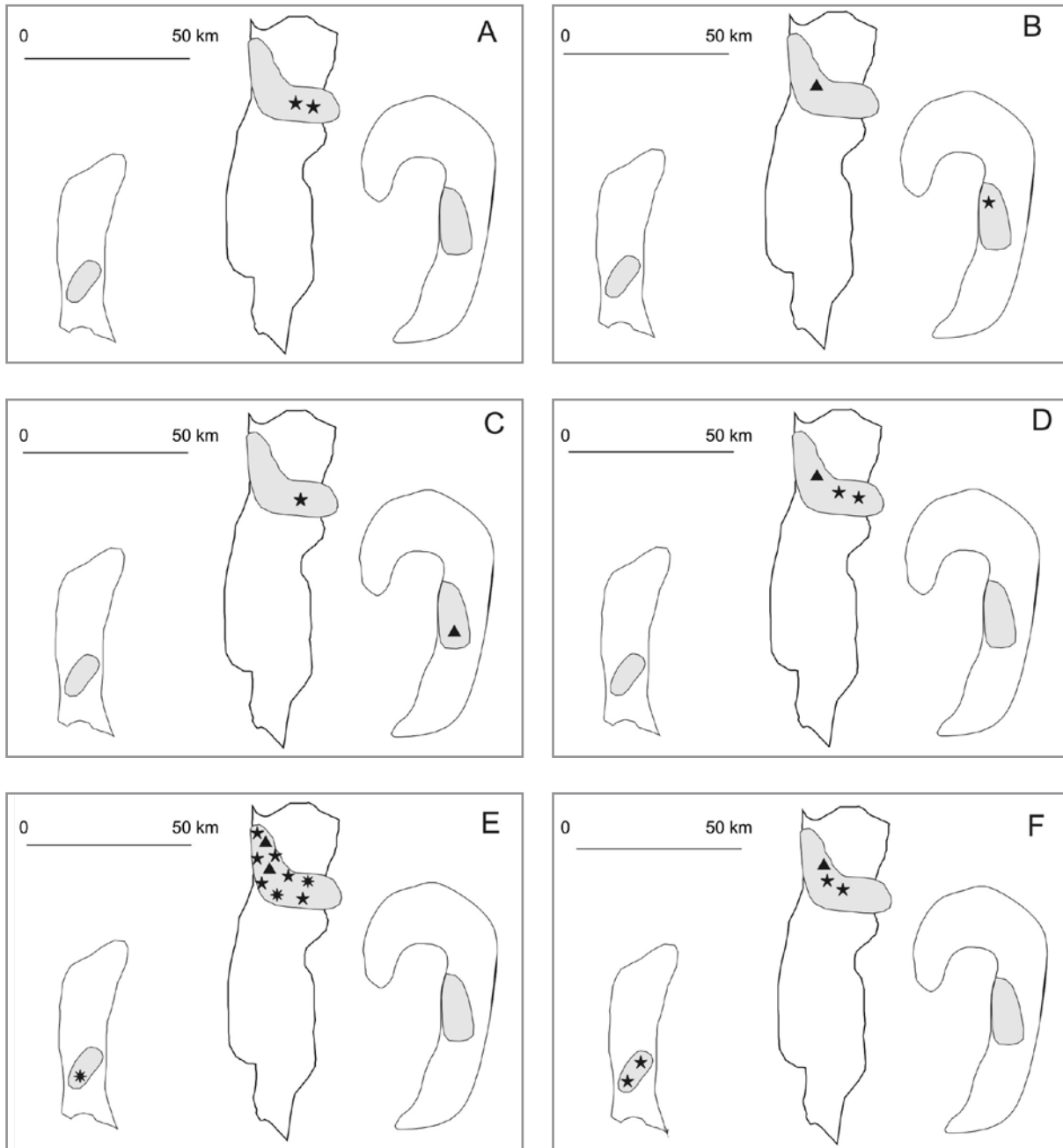


Figura 16.2. Mapas de distribución de las especies recolectadas. A) Glossoscolecidae: ★ *P. corethrus*; B) Ocnerodrilidae: ★ *B. (S.) emilianii*, ▲ *O. occidentalis*; C) Acanthodrilidae: ▲ *M. dubius*, ★ *M. phosphoreus*; D) Octochaetidae: ★ *D. saliens*, ▲ *D. bolau*; E) Lumbricidae: ▲ *D. rubidus*, * *O. cyaneum*, ★ *O. tyrtaeum*; F) Megascolecidae: ★ *A. gracilis*, ▲ *P. bicincta*.

El género *Belladrilus* incluye dos subgéneros: *Belladrilus s.s.* y *Santomesia* (Righi, 1984a). Aunque ambos están presentes en la Argentina, la descripción de *Santomesia* se basó en el estudio de especímenes de este país. Las diferencias taxonómicas entre ambos subgéneros están sustentadas en las diferencias de estructura de las glándulas calcíferas (Righi, 1984a). El género *Belladrilus* tiene tres especies en Argentina: *B. (B.) jimi*, *B. (S.) emilianii* y *B. (B.) auka*, distribuidas en

la provincia de Córdoba, Corrientes y Santa Fe (Mischis, 2000; 2007, ver cap. 14). Aunque este género se describió hace más de 20 años, su distribución aún no es bien conocida; por lo tanto, los presentes datos contribuyen a la geonemia de este taxón.

Ocnerodrilus occidentalis fue recolectada a los 1100 m.s.n.m. en el Area 1 en la selva montana (Figura 16.2B). En las Yungas es una especie endogea polihúmica (Lavelle et al., 1999; Fragoso,

Cuadro 16.1. Especies de lombrices encontradas en las distintas áreas muestreadas y sus categorías ecológicas, origen, densidad y abundancia relativa en ambientes con selva subtropical en la Provincia de Jujuy, Argentina.

Familia	Especie	Categoría ecológica	Origen	Area de muestreo	Densidad (Indiv. m ⁻²)	Abundancia relativa
Glossoscolecidae	<i>Pontoscolex corethrurus</i> (Müller, 1857)	Endogea mesohúmica	Exótica	1	4	0.005
Ocnerodrilidae	<i>Belladrius (Santomesia) emiliani</i> (Righi, 1984)	Endogea polihúmica	Nativa	3	76	0.091
	<i>Ocnerodrilus occidentalis</i> Eisen, 1878	Endogea polihúmica	Exótica	1	100	0.120
Acanthodrilidae	<i>Microscolex dubius</i> (Fletcher, 1887)	Epiendogea	Nativa	3	16	0.019
	<i>Microscolex phosphoreus</i> (Dugés, 1837)	Endogea polihúmica	Nativa	1	32	0.038
	<i>Dichogaster bolau bolau</i> (Michaelsen, 1891)	Endogea polihúmica	Exótica	2	64	0.077
	<i>Dichogaster saliens</i> (Beddard, 1892)	Endogea polihúmica	Exótica	2	4	0.005
Lumbricidae	<i>Dendrodrius rubidus</i> (Savigny, 1826)	Epigea	Exótica	1	120	0.144
	<i>Octolasion cyaneum</i> (Savigny, 1826)	Endogea mesohúmica	Exótica	1, 4	160	0.191
	<i>Octolasion tyrtaeum</i> (Savigny, 1826)	Endogea polihúmica	Exótica	1	136	0.163
Megascolecidae	<i>Amyntas gracilis</i> (Kinberg, 1867)	Epiendogea	Exótica	1, 4	96	0.115
	<i>Pithemera bincta</i> (Perrier, 1875)	Endogea polihúmica	Exótica	1	28	0.033

2001), en contraste con lo observado por Frago & Lavelle (1987) quienes la mencionan como una especie epigea. Sin embargo, en los especímenes estudiados, el contenido intestinal incluyó partículas minerales y orgánicas en igual proporción. Fue una especie común con una elevada densidad y abundancia relativa (Cuadro 16.1) en áreas de elevada altitud y precipitación anual de 2000 mm. Colonizó especialmente los primeros centímetros del suelo bajo rocas y estuvo asociada con *A. gracilis*.

Este es el primer registro en la provincia de Jujuy. *O. occidentalis* está citada para las provincias de Córdoba y Santa Fe (Mischis, 2000, 2007; ver cap. 14). Es una especie peregrina, cuyo origen, probablemente sea América Central y luego fue introducida en numerosas áreas tropicales y templadas del mundo. *O. occidentalis* no posee espermatecas y tiene un elevado polimorfismo en su sistema genital masculino (Righi, 1984a). Estas características podrían deberse a la partenogénesis mencionada por varios autores.

Microscolex phosphoreus se recolectó a 585 m.s.n.m. en la parte baja de las sierras de Calilegua (Area 1) y a los 1300 m.s.n.m. entre las sierras del Centinela y Santa Bárbara (Figura 16.2C) y *M. dubius* se encontró a los 1200 m.s.n.m. entre las sierras del Centinela y Santa Bárbara, al este de las Yungas (Area 3) (Figura 16.2C), siendo esta la primera mención de *M. dubius* en la provincia de Jujuy. Está registrada en las provincias de Buenos Aires, Córdoba, Santa Fe, San Luis y Tucumán (Mischis, 2000, 2007; ver cap. 14) mientras que *M. phosphoreus*, se menciona por primera vez en PNC, ya que está citada para la provincia de Jujuy y también las provincias de Salta, Santa Fe y Tierra del Fuego (Mischis, 2000, 2007; ver cap. 14).

M. dubius es una especie epiendogea (Bouché, 1972) aunque, Frago (2001) la menciona como una especie endogea. En los especímenes estudiados, el tubo digestivo estuvo relleno de materia orgánica, especialmente fibras y fragmentos vegetales. En las Yungas fue una especie común con alta densidad y abundancia relativa (Cuadro 16.1) presente en áreas de elevada altitud y precipitación anual de 2000 mm. En otros ecosistemas de la Argentina, se la recolectó en áreas elevadas entre los 1970 y 2.200 m.s.n.m. (Mischis et al., 1997), también a diferentes alturas en hábitats naturales y artificiales (Mischis, 1998) y bajo excremento o

en suelo con abundante materia orgánica (Momo et al., 1993). En este estudio se la encontró en suelo suspendido y especialmente bajo la cubierta de musgos sobre las rocas y fue la única especie presente en su área de distribución.

M. phosphoreus es una especie endogea polihúmica (Fragoso, 2001; Bouché, 1972; Calvin & Diaz Cosin, 1985). Fue encontrada raramente y tuvo baja densidad y abundancia relativa (Cuadro 16.1), en concordancia con Bouché (1972). El gradiente altitudinal, no afectó su distribución y se recolectaron ejemplares en áreas de selva hasta los 1300 m.s.n.m. con una precipitación anual de 800 a 2000 mm. *M. phosphoreus* habitó los primeros centímetros del suelo y su alimento fue materia orgánica especialmente de troncos en descomposición. Se recolectó *M. phosphoreus* en la parte baja del límite altitudinal, mientras que en el límite superior estuvo asociada con *B. emilianii*, y *D. rubidus*.

De acuerdo a Beddard (1895) *Microscolex* tiene su origen en América del Sur. En la Argentina este género está representado por 9 especies distribuidas a lo largo del país (Mischis, 2007, ver cap. 14). Si bien, las dos especies recolectadas en este estudio son Sudamericanas, actualmente son consideradas peregrinas (Michaelsen, 1900). En los especímenes aquí estudiados, observó la falta de espermatecas y en disposición alternada. Probablemente esta condición sea causada por la reproducción partenogénica frecuente en estas especies.

Dichogaster bolau fue recolectada a los 530 m.s.n.m. en el distrito de selva pedemontana y próximo a las sierras de Calilegua (Area 2) y *D. saliens* fue encontrada entre los 470 y 510 m.s.n.m. en la selva pedemontana (Area 2) (Figura 16.2D). Ambas especies se mencionan por primera vez para la provincia de Jujuy. *D. bolau* está registrada en la Argentina en las provincias de Chaco y Santa Fe y *D. saliens* en la provincia de Santa Fe (Mischis, 2000, 2007, ver cap. 14). *Dichogaster* es endémico de las áreas tropicales y ecuatoriales de África, América Central y el noreste de América del Sur e India (Omodeo, 1955).

D. bolau es una especie endogea (Fragoso, 2001) y polihúmica (Lavelle, 1983b) aunque Martínez (2002) la consideró una especie epiendogea. En las Yungas fue encontrada raramente y en baja densidad, siendo recolectada en áreas de baja altitud y precipitación anual de 1500 mm. Los individuos recolectados se distribuyeron uniformemente en el perfil del suelo, tal como lo menciona Fragoso (1992, 1997) en la selva tropical

de México. Sin embargo, esta especie es capaz de explorar hábitats aéreos, viviendo sobre troncos (Eisen, 1896; Lavelle, 1983b), o habitando en el suelo suspendido sobre palmas en la selva lluviosa de México (Fragoso & Lavelle, 1995).

D. saliens es una especie endogea polihúmica (Fragoso et al., 1999; Fragoso, 2001) y en este estudio fue recolectada en todo el perfil del suelo. Tuvo una alta densidad y abundancia relativa (Cuadro 16.1) en áreas bajas con una precipitación anual entre los 300 y 1500 mm. Los individuos encontrados se distribuyeron tanto en hábitats aéreos como terrestres así como fue observado por Wasawo & Omodeo (1963), Lavelle (1983a) y Lavelle & Kohlmann (1984). En las Yungas fue encontrada en suelos ricos en materia orgánica y en ambientes naturales de selva próximos a asentamientos humanos, coincidiendo con lo observado por Fragoso (1992), Fragoso & Lavelle (1995) y Fragoso (1997).

Dendrodrilus rubidus fue encontrada entre los 1630 y 1650 m.s.n.m. en las sierras de Calilegua (Area 1) en el distrito de selva montana (Figura 16.2E). Este es el primer registro de la especie en la provincia de Jujuy. En la Argentina está citada de la provincia de Córdoba, Chubut, La Rioja, Santa Cruz, Tierra del Fuego e Islas Malvinas (Mischis, 2000; 2007; ver cap. 14). *D. rubidus* es de origen Europeo y fue introducida en América del Norte y Sur, básicamente, por el transporte de suelo (Bouché, 1972).

Es una especie epigea (Calvin & Diaz Cosin, 1985; Fragoso, 2001) y fue abundante en áreas de elevada altitud y con una precipitación anual de 1600 y 1650 mm (Cuadro 16.1). La recolección de capullos de esta especie demostró una activa reproducción durante el período de estudio. *D. rubidus* estuvo presente especialmente en la capa superior del suelo, donde se observó la mayor densidad poblacional. Esta especie también fue recolectada en hábitats aéreos (dentro de troncos en descomposición). En los suelos de la provincia de Córdoba habita micrositios específicos (bajo excremento animal y entre las raíces de Bromeliaceas) entre los 1240 y 2000 m.s.n.m. (Mischis & Herrera, 1995).

Octolasion cyaneum se recolectó entre los 1100 y 1670 m.s.n.m. en las sierras de Calilegua (Area 1) y en la ladera este de las montañas de Chañi (Area 4) (Figura 16.2E). También se encontró *O. tyrtaeum* entre los 1100 y 1600 m.s.n.m. en las sierras de Calilegua (Area 1) (Figura 16.2E). Esta es la primera mención de estas especies en la provincia de Jujuy. Las dos especies de *Octolasion*

en Argentina están distribuidas en las provincias de Buenos Aires, Córdoba, La Rioja, Río Negro, San Luis, Santa Fe y Tucumán (Mischis, 2000, 2007; ver cap. 14).

Los individuos adultos estudiados de *O. cyaneum*, poseen "in vivo" una atractiva coloración azul ceniciento con el clitelo amarillento y se observó en su intestino materia orgánica de fina granulometría, características ecológicas observadas por diversos autores en otros ecosistemas (Michaelsen, 1900; Ljungström, 1972, Mischis, 1997, 1998; Martínez, 2002). En las Yungas fue encontrada en elevada densidad y abundancia relativa (Cuadro 16.1) en áreas elevadas de la selva con un rango de precipitación entre 500 y 2000 mm. Con respecto a la altitud, según Mischis (1998), esta especie no es sensible al gradiente altitudinal. Vive especialmente en los primeros centímetros del suelo de áreas cubiertas por bosques de alisos (*Alnus acuminata*) cerca de cursos de agua, pero también puede vivir bajo y dentro de troncos caídos. En referencia a este último hábitat, es probable que esta especie tenga una dieta exclusivamente xilófaga. En ecosistemas tropicales de México fue observada sólo dentro del suelo (Fragoso, 2001).

En las Yungas estuvo asociada con tres especies: *A. gracilis*, *O. occidentalis* y *O. tyrtaeum* siendo el mayor solapamiento con *A. gracilis*.

O. cyaneum tiene su origen en el Sudeste de Europa y el Sudoeste de Asia. Es una especie endogea mesohúmica (Calvin & Diaz Cosin, 1985), así como *O. tyrtaeum* (Fragoso, 2001). En las Yungas esta última presentó alta densidad y abundancia relativa (Cuadro 16.1), y estuvo presente en áreas elevadas y con un rango de precipitación anual entre 270 y 2000 mm. Su alimentación fue básicamente materia orgánica con fina granulometría y partículas minerales. Fue recolectada en el suelo bajo rocas, en la hojarasca y también dentro de troncos caídos y en descomposición. En el suelo tuvo elevada densidad.

Amyntas gracilis se recolectó entre los 800 y 1700 m.s.n.m. en las sierras de Calilegua y en la ladera este de las montañas de Chañi (Areas 1 y 4) (Figura 16.2F). Es el primer registro de esta especie en la provincia de Jujuy. En la Argentina, *A. gracilis* es conocida de las provincias de Buenos Aires, Catamarca, Córdoba, Misiones, Santa Fe y Tucumán (Mischis, 2000, 2007; ver cap. 14).

A. gracilis podría considerarse una especie epiendozea de acuerdo con Mischis (1997, 1998). Fue encontrada en alta densidad poblacional

y abundancia relativa (Cuadro 16.1) en áreas elevadas y con un rango de precipitación anual entre 800 y 1700 mm. En su intestino se encontró materia orgánica de fina granulometría, junto con fibras y fragmentos vegetales. Los especímenes adultos estudiados tenían una coloración verde musgo en la parte dorsal y amarillenta pálida ventralmente. Esta coloración, debida al contenido del tubo digestivo fue observada solamente hasta la altura de los ciegos intestinales en ejemplares recolectados en el PNC; además, muchos de ellos evidenciaron la presencia de esporozoarios parásitos en su cuerpo, especialmente sobre las glándulas prostáticas y espermatecas. En las Yungas, *A. gracilis* fue recolectada en los centímetros superficiales del suelo y bajo rocas en donde se registró la mayor densidad de individuos. Pero también se recolectaron ejemplares dentro de troncos caídos, bajo madera en descomposición y en el suelo suspendido bajo musgos y plantas vasculares.

Pithemera bicincta fue encontrada a 1620 m.s.n.m. en las sierras de Calilegua (Area 1) en suelos con una cobertura vegetal de bosque montano (Figura 16.2F). Esta es la primera cita de la especie para Argentina, lo cual permite ampliar el número de géneros y especies no sólo en el país, sino también para la provincia de Jujuy. Las especies del género *Pithemera* difieren de aquellas pertenecientes a géneros relacionados por presentar los ciegos intestinales en o cerca del segmento 22 (Sims & Easton, 1972).

P. bicincta es una especie endogea polihúmica que fue encontrada raramente, en baja densidad y abundancia relativa (Cuadro 16.1) en áreas elevadas y con una precipitación anual de 800 mm. Fue encontrada sólo en pilas de materia orgánica en descomposición y en troncos caídos junto con *O. tyrtaeum*.

Conclusiones

La fauna de lombrices de América del Sur no está suficientemente conocida. Los datos que existen pertenecen a estudios puntuales llevados a cabo en varios países (Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Chile, Perú y Uruguay). Como ya se señaló se registraron en la Argentina 79 especies y particularmente de la provincia de Jujuy, se conocían solamente nueve especies en ocho géneros pertenecientes a cuatro familias: Glossoscolecidae, Acanthodrilidae, Ocnerodrilidae

y Lumbricidae (Mischis, 2000). A partir del presente trabajo, el número de especies de lombrices de tierra en la provincia de Jujuy aumentó a 20, en 16 géneros y seis familias. Además, se cita por primera vez en la provincia de Jujuy 11 especies de las cuales *P. bicincta* se menciona por primera vez en la Argentina. De las 12 especies colectadas, nueve son exóticas y tres nativas para la Argentina.

Los resultados obtenidos incrementan substancialmente el conocimiento de la fauna de lombrices en algunos ecosistemas de selva de la Argentina desde un punto de vista taxonómico, biogeográfico y funcional. La fauna recolectada fue diversa, con especies endogeas, epiendogeas, anécicas y epigeas, lo que sumado al incremento de la distribución zonal y regional y a la información ecológica obtenida, representa el primer aporte al conocimiento de la oligoquetofauna de la selva de montaña de la provincia de Jujuy.

Agradecimientos

Los autores recuerdan y agradecen al Dr Gilberto Righi (Universidad de São Paulo, Brasil) por la corrección de la versión inicial del manuscrito. Además, expresan su reconocimiento a la Dra. Ernestina S. Teisaire (Universidad Nacional de Tucumán) y a la Dra. Ana G. Moreno (Universidad Complutense, Madrid) por las sugerencias y aportes científicos.

Referencias

- BEDDARD, F. E. **A monograph of the order of Oligochaeta**. Oxford: Clarendon Press, 1895.
- BOUCHE, M. B. **Lombriciens de France: écologie et systematique**. Paris: INRA, 1972.
- BROWN, A. D. Fitogeografía y conservación de las selvas de montaña del noroeste de Argentina. In: CHURCHILL, S. P.; BALSLEV, H.; FORERO, E.; LUTEYN, J. L. (Ed.). **Biodiversity and conservation on Neotropical Montane Forests**. New York: The New York Botanical Garden, p. 663-672, 1995.
- BROWN, A. D.; GRAU, H. R. **Investigación, conservación y desarrollo en Selvas Subtropicales de Montaña**. Tucumán: Universidad Nacional de Tucumán, 1995.
- CABRERA, A. L.; WILLINK, A. **Biogeografía de América Latina**. Washington, D. C.: Secretaría General de la OEA, Primera Serie de Biología. Monografía N° 13, 1973.
- CALVIN, E. B.; DIAZ COSIN, D. J. Lombrices de tierra del Valle del Tambre. (Galicia, España). I. Relación con los factores del suelo. **Revue d'Écologie et Biologie du Sol**, v. 22, p. 341-351, 1985.
- EDWARDS, C. A.; BOHLEN, P. J. **Biology and ecology of earthworms**. 3 ed. London: Chapman & Hall, 1996.
- EISEN, G. Pacific Coast Oligochaeta II. **Memoirs of the California Academy of Sciences**, v. 2, p. 123-198, 1896.
- FRAGOSO, C. Las lombrices terrestres de la Selva Lacandona: sistemática, ecología y potencial práctico. In: VÁSQUEZ- SÁNCHEZ, M. A.; RAMOS, M. A. (Ed.). **Reserva de la biósfera Montes Azules, Selva Lacandona: investigación para su conservación**. San Cristóbal de la Casas: Publicaciones Especiales Ecosfera, v. 1, p. 101-118, 1992.
- FRAGOSO, C. Annelida (Oligochaeta). In: GONZÁLEZ, E.; DIRZO, R.; VOGT, R. C. (Ed.). **Historia natural de Los Tuxtlas**. México: UNAM-CONABIO, p. 395-399, 1997.
- FRAGOSO, C. Las lombrices de tierra de México (Annelida, Oligochaeta): diversidad, ecología y manejo. **Acta Zoológica Mexicana** (nueva serie), Número especial 1, p. 131-171, 2001.
- FRAGOSO, C.; LAVELLE, P. The earthworm community of a Mexican tropical rain forest (Chajul, Chiapas). In: BONVICINI, A.; OMODEO, P. (Ed.). **On earthworms**. Bologna: Mucchi Editore, p. 281-295, 1987.
- FRAGOSO, C.; LAVELLE, P. Earthworm communities of tropical rain forest. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 24, p. 1397-1408, 1992.
- FRAGOSO, C.; LAVELLE, P. Are earthworms important in the decomposition of tropical litter? In: REDDY, M.V. (Ed.). **Soil organisms and litter decomposition in the tropics**. New Delhi: Oxford & IBH, p. 104-112, 1995.
- FRAGOSO, C.; KANYONYO, J.; MORENO, A. G.; SENAPATI, B. K.; BLANCHART, E.; RODRÍGUEZ, C. A survey of tropical earthworms: Taxonomy, biogeography and environmental plasticity. In: LAVELLE, P.; BRUSSAARD, L.; HENDRIX, P. F. (Ed.). **Earthworm management in tropical agroecosystems**. Wallingford: CAB International, p. 1-26, 1999.
- LAVELLE, P. The structure of earthworm communities. In: SATCHELL, J. E. (Ed.). **Earthworm ecology: from darwin to vermiculture**. London: Chapman and Hall, p. 449-466, 1983a.

- LAVELLE, P. The soil fauna of tropical savannas. I. The community structure. In: BOURLIÈRE, F. (Ed.). **Tropical savannas**. Amsterdam: Elsevier, p. 477-484, 1983b.
- LAVELLE, P.; KOHLMANN, B. Étude quantitative de la macrofaune du sol dans une forêt tropicale du Mexique (Bonampak, Chiapas). **Pedobiologia**, v. 27, p. 377-393, 1984.
- LAVELLE, P.; BRUSSAARD, L.; HENDRIX, P. F. **Earthworm management in tropical agroecosystems**. Wallingford: CAB International, 1999.
- LAVELLE, P.; DANGERFIELD, M.; FRAGOSO, C.; ESCHENBRENNER, V.; LÓPEZ-HERNÁNDEZ, D.; PASHANASI, B.; BRUSSAARD, L. The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. In: WOOPER, P. L.; SWIFT, M. J. (Ed.). **The biological management of tropical soil fertility**. New York: Wiley-Sayce, p. 137-169, 1994a.
- LAVELLE, P.; GILOT, C.; FRAGOSO, C.; PASHANASI, B. Soil fauna and sustainable land use in the Humid Tropics. In: GREENLAND, D. J.; SZABOLCS, I. (Ed.). **Soil resilience and sustainable land use**. Wallingford: CAB International, p. 291-308, 1994b.
- LEE, K. E. **The earthworm fauna of New Zealand**. Auckland: New Zealand Department of Scientific and Industrial Research, Bulletin, No. 130, 1959.
- LEE, K. E. **Earthworms**: their ecology and relationships with soils and land use. Sydney: Academic Press, 1985.
- LJUNGSTRÖM, P. O. On a new species of the Ocnodrilinae earthworm genus *Eukerria* from Argentina. **Revue d'Écologie et Biologie du Sol**, v. 9, p. 215-227, 1972.
- MARTÍNEZ, M. A. **Comunidades de oligoquetos (Annelida: Oligochaeta) en tres ecosistemas con diferente grado de perturbación en Cuba**. Tesis (Doctoral) - Instituto de Ecología y Sistemática, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, Havana. 2002.
- MICHAELSEN, W. **Das Tierreich**. Berlin: Verlag Von J. Cramer, 1900. v. 10.
- MISCHIS, C. C. Earthworms (Annelida, Oligochaeta) of a provincial reserve in Córdoba, Argentina: a preliminary survey. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 29, p. 235-236, 1997.
- MISCHIS, C. C. **Diversidad, patrones de distribución y estructura comunitaria de la oligoquetofauna terrestre de las Sierras Chicas de la provincia de Córdoba, Argentina**. Tesis (Doctoral) - Facultad de Ciencias Exáctas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, 1998.
- MISCHIS, C. C. Las lombrices de tierra (Annelida, Oligochaeta) de la República Argentina. **Natura Neotropicalis**, v. 3, p. 17-27, 2000.
- MISCHIS, C. C. Catálogo de las lombrices de tierra de tierra de la Argentina (Annelida, Oligochaeta). In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. (Ed.). **Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. Capítulo 14.
- MISCHIS, C. C.; HERRERA, J. A. D. *Dendrodrilus rubidus* (Savigny, 1826) (Annelida, Oligochaeta, Lumbricidae) found in Córdoba, Argentina, with notes on its morphology and ecology. **Megadrillogica**, v. 6, p. 70-72, 1995.
- MISCHIS, C. C.; RIGHI, G. Contribution to knowledge of the Oligochaete fauna (Annelida, Oligochaeta) from Argentina. **Gayana**, v. 63, p. 11-13, 1999.
- MISCHIS, C. C.; HERRERA, J. A. D.; FREGUGLIA, M. A. Earthworm community distribution (Annelida, Oligochaeta) along an altitudinal gradient on Altas Cumbres Road (Córdoba, Argentina). **Megadrillogica**, v. 6, p. 98-102, 1997.
- MOMO, R.; GIOVANETTI, C. M.; MALACALZA, L. Relaciones entre la abundancia de distintas especies de lombrices de tierra (Annelida, Oligochaeta) y algunos parámetros fisicoquímicos en un suelo típico de la estepa pampeana. **Ecología Austral**, v. 3, p. 7-14, 1993.
- MORRONE, J. J. Presentación preliminar de un nuevo esquema biogeográfico de América del Sur. **Biogeografica**, v. 75, p. 1-16, 1999.
- OMODEO, P. Oligocheti terricoli del Venezuela, raccolti dal Dr. Marcuzzi. **Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona**, v. 4, p. 199-212, 1955.
- RIGHI, G. On a collection of Neotropical Megadrili Oligochaeta I : Ocnodrilidae, Acanthodrilidae, Octochaetidae, Megascolecidae. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 19, p. 9-31, 1984a.
- RIGHI, G. On a Collection of Neotropical Megadrili Oligochaeta II. Glossoscolecidae, Lumbricidae. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 19, p. 99-120, 1984b.
- ROLDÁN I. A.; MEDINA M.; FERNANDEZ, F.; TEISAIRE, E. S. Estudio comparativo de proteínas de ganglios cerebrales y subesofágicos en diferentes estadios de *Pontoscolex corethrurus* (Oligochaeta, Glossoscolecidae). In: JORNADAS CIENTÍFICAS DE LA ASOCIACIÓN DE BIOLOGÍA DE TUCUMÁN, 20., Tafí del Valle, Tucumán. 2003.
- SATCHELL, J. E. Methods of sampling earthworm populations. **Pedobiologia**, v. 9, p. 20-25, 1969.

SIMS, R. W.; EASTON, E. G. A numerical revision of the earthworms genus *Pheretima* (Megascolecidae: Oligochaeta) with the recognition of new genera and an appendix on the earthworms collected by the Royal Society North Borneo Expedition. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 4, p. 169-268, 1972.

WASAWO, D. P. S.; OMODEO, P. Some arboricolous

Oligochaeta from Ivory Coast. **Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona**, v. 11, p. 211-223, 1963.

ZICSI, A; CSUZDI, C. Neue und bekannte glossoscoleciden-arten aus Südamerika. 2. (Oligochaeta: Glossoscolecidae). **Acta Zoologica Hungarica**, v. 33, p. 269-275, 1987.

Diversidad, abundancia y distribución de la oligoquetofauna (Annelida) en áreas protegidas de Selva Subtropical de Montaña: La Reserva Fiscal Parque la Florida (Tucumán, Argentina)

Julio Alfredo Daniel Herrera; Catalina C. Mischis

Abstract

The present chapter is the result of work conducted in the Reserva Fiscal Parque la Florida during February and March of 1997 and 1999. Ten collection sites were chosen, along an altitudinal gradient in different habitats: in soil and streambanks, under rocks, bark and moss and in or under fallen trunks. Earthworms were collected by hand sorting and the soil pH and moisture were measured at each site. Six species were collected: one native (*Eukerria* sp. nov.) and five exotics (*Octolasion cyaneum*, *Amyntas gracilis*, *Amyntas corticis*, *Amyntas morrisoni* and *Metaphire californica*). All are new records for the area. The earthworm community was composed of epiendogeic and endogeic species; greatest specific diversity was found in the soil profile, while most individuals were found in habitats above the soil per se. Biogeographic and ecological data are given for each species.

Resumen

El presente trabajo se realizó en la Reserva Fiscal Parque la Florida entre Febrero y Marzo de 1997 y 1999. Se seleccionaron 10 áreas de muestreo siguiendo un gradiente altitudinal y se tomaron en cuenta los siguientes hábitats: suelo propiamente dicho (incluyendo en las márgenes de cursos de agua); bajo rocas, musgos y corteza; sobre troncos, en galerías dentro de troncos, bajo troncos caídos y sobre troncos en pie. La recolección de las lombrices se realizó usando el método manual y conjuntamente se tomaron muestras de suelo para valorar el pH y la humedad. Se recolectaron seis especies: una nativa (*Eukerria* sp. nov.) y cinco exóticas (*Octolasion cyaneum*, *Amyntas gracilis*, *Amyntas corticis*, *Amyntas morrisoni* y *Metaphire californica*). Todas se mencionan por primera vez para la Reserva Fiscal Parque La Florida. La comunidad estuvo representada por especies epiendogeas y endogeas. La mayor diversidad específica se concentró en el perfil edáfico mientras que la abundancia fue mayor en el suelo suspendido. De todas las especies se aportan datos biogeográficos y ecológicos.

Introducción

La mayoría de los estudios sobre la fauna de oligoquetos terrestres en la Argentina son fragmentados y discontinuos (Michaelsen, 1900; Jamieson, 1962; Ljungström et al., 1972; Righi, 1978, 1984a, b). Sin embargo, estos autores contribuyeron de manera importante al conocimiento de este grupo. La primera lista completa con las sinonimias y distribución de las lombrices de tierra en la República Argentina fue la de Ljungström et al. (1975). Posteriormente se actualizó dicho listado contabilizando 76 especies y una subespecie, pertenecientes a seis familias: Acanthodrilidae, Almididae (cita dudosa), Glossoscolecidae, Ocnerodrilidae, Octochaetidae, Lumbricidae y Megascolecidae (Mischis, 2000). En el capítulo 14 de este libro se actualiza una vez más el listado, contabilizando 79 especies (Mischis, 2007).



Para la provincia de Tucumán, el listado más reciente es de Teisaire & Roldán (1996) que registra 13 especies de tres familias (Acanthodrilidae, Megascolecidae y Lumbricidae). Posteriormente se adicionaron dos especies pertenecientes a la familia Glossoscolecidae, endémica de América del Sur (Teisaire & Roldán, 1998; Roldán & Teisaire, 2000).

En Argentina existe poca información sobre las especies de lombrices de tierra que habitan los ambientes de Selva Subtropical de Montaña (Yungas) (ver Herrera & Mischis, 2007; cap. 16). Los estudios taxonómicos, de distribución, ecología, reproducción y citología realizados por Cognetti de Martiis (1902), Gavrilov (1952, 1967a, b), Alderete de Majo (1988, 2003), Teisaire (1988), Teisaire & Roldán (1995), Teisaire et al. (1996, 2003), Roldán & Teisaire (2000) y Roldán et al. (2001, 2003) indirectamente muestran la riqueza de especies presentes en determinados ambientes de selva subtropical. Sin embargo, teniendo en cuenta

la gran extensión que ocupa las Yungas en la Argentina, es necesario completar el conocimiento sobre este grupo, por lo que el presente trabajo tuvo como objetivo conocer la diversidad, ecología y aspectos biogeográficos de la oligoquetofauna presente en los ambientes de selva subtropical de montaña de la Reserva Fiscal Parque la Florida, localizada en la provincia de Tucumán, Argentina.

Materiales y métodos

Área de estudio

La Reserva Fiscal Parque La Florida (Figura 17.1) pertenece a la Provincia Biogeográfica de las Yungas (Cabrera & Willink, 1973). Las selvas pedemontanas, sometidas a la agricultura intensiva, representan el 25% de las Yungas y se encuentran

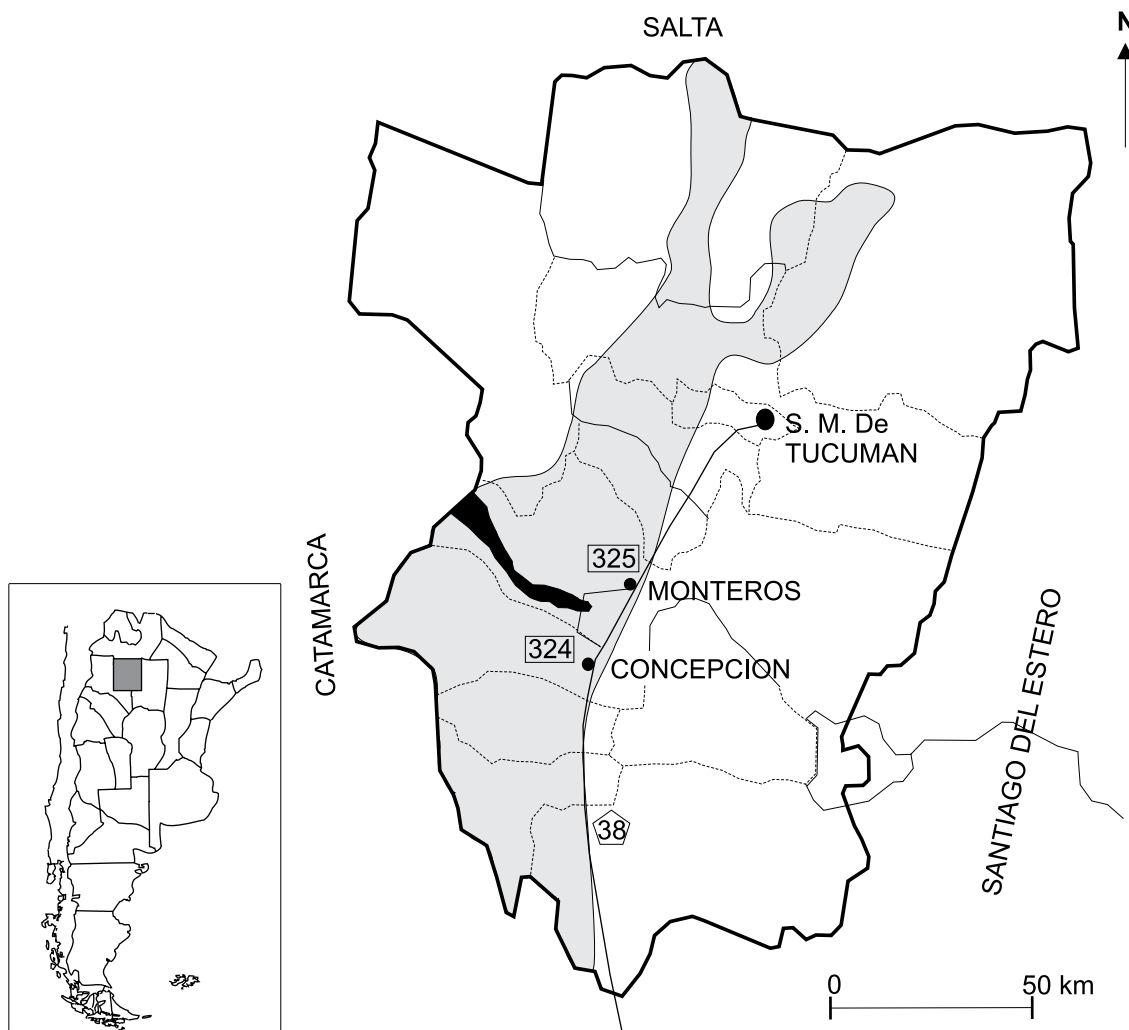


Figura 17.1. Ubicación geográfica de la Reserva Fiscal Parque la Florida (sombreado negro) y las vías de acceso al área de estudio. El área sombreada de gris corresponde a la distribución de las Yungas en la provincia de Tucumán (modificada de Ayarde, 1995)

fuera del esquema de áreas protegidas. La Reserva Fiscal Parque La Florida es un núcleo remanente; un área protegida creada en 1936, situada en el departamento Monteros de la provincia de Tucumán. Tiene una superficie de 9880 hectáreas y se extiende por la vertiente oriental del Aconquija, formando una estrecha franja en el sentido este-oeste, diferenciándose en tres pisos de vegetación: selva pedemontana, montana y bosque montano (Ayarde, 1995). El sector bajo de la reserva entre los 27°13'21" S y 65°38'46" W, presenta la mayor parte de su superficie cubierta por vegetación arbórea cerrada. Este sector está sujeto a la explotación extractiva, limitada a la obtención de leña, y se suma a su deterioro la construcción de la ruta 344 que separó en dos el área boscosa existente.

Climáticamente la zona está regida por el tipo Cwah, mesotermal con invierno seco. La temperatura media anual es de 19°C y las precipitaciones anuales superan los 1100 mm, concentrándose entre noviembre y marzo (Torres Bruselman, 1978).

Áreas de muestreo y metodología

Los muestreos se realizaron entre Febrero y Marzo de 1997 y 1999, meses lluviosos y de elevadas temperaturas en la región (Brown, 1995). El estudio se llevó a cabo en 10 áreas seleccionadas en base a: facilidad de acceso, gradiente altitudinal y diversidad de ambientes (Cuadro 17.1). En cada una de ellas, siguiendo un gradiente altitudinal, se seleccionaron los siguientes hábitats: suelo propiamente dicho (s); suelo en la margen de cursos de agua (sma); bajo rocas (br); sobre troncos y bajo musgos (bmt); bajo troncos caídos (bt); en galerías dentro del tronco (dt); bajo corteza (bc) y sobre troncos en pie (ta).

La recolección de las lombrices se realizó en cada uno de los hábitats usando el método de extracción manual (Satchell, 1969), tomándose unidades muestrales al azar de 0.3 m x 0.3 m x 0.3

m. El material vivo fue fijado y conservado en una solución de formalina 10% y las lombrices están depositadas en la Cátedra de Diversidad Animal I, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba.

Las categorías mesológicas empleadas en el presente trabajo fueron asignadas de acuerdo al rango de tolerancia, según Bouché (1977), de las diferentes especies a las variables edáficas consideradas. Para humedad se consideraron especies hidrófilas aquellas presentes en suelos con valores superiores al 19%, xerófilas inferior al 13% y mesófilas entre 13 y 19%. Para pH se consideraron especies basófilas a las que habitan suelos con valores superiores a 7, acidófilas por debajo de 6 y neutrófilas las de suelos con pH entre 6 y 7.

Resultados

En total se recolectaron seis especies, pero su distribución varió según la altitud de las diferentes áreas de muestreo (Cuadros 17.1 y 17.2). Se observaron diversas asociaciones de especies (Phillipson et al., 1976) en cada localidad. A continuación, presentamos la lista de especies encontradas y algunas observaciones sobre su ecología y biogeografía.

Familia Ocnerodrilidae

1. *Eukerria* sp. nov.

Fue encontrado sólo un ejemplar adulto clitelado en el área 1, en el suelo superficial (0-20 cm) de selva pedemontana a los 430 m.s.n.m (Cuadro 17.2). Esta especie nueva fue recolectada por primera vez en la Argentina durante este estudio. Por sus rasgos morfológicos, de alimentación y de hábitat es endógea, mesófila y neutrófila (Cuadros 17.1 y 17.3). Fue encontrada asociada solamente a *Amyntas gracilis* (Cuadros 17.2 y 17.3).

Cuadro 17.1. Especies recolectadas en la Reserva Fiscal Parque La Florida, incluyendo su origen y categoría ecológica.

Familia	Especie	Origen	Categoría ecológica
Ocnerodrilidae	<i>Eukerria</i> sp. nov.	América del Sur	Endógea
Lumbricidae	<i>Octolasion cyaneum</i> (Savigny, 1826)	Europa	Epiendógea
Megascolecidae	<i>Amyntas gracilis</i> (Kinberg, 1867)	Asia	Epiendógea
	<i>Amyntas corticis</i> (Kinberg, 1867)	Asia	Epiendógea
	<i>Amyntas morrissi</i> (Beddard, 1892)	Asia	Epiendógea
	<i>Metaphire californica</i> (Kinberg, 1867)	Asia	Epiendógea

Cuadro 17.2. Abundancia de las especies de lombrices de tierra encontradas en cada área de muestreo y conforme el gradiente de altitud en la Reserva Fiscal Parque La Florida.

Áreas	Altitud (m.s.n.m.)	<i>Eukerria</i> sp. nov.	<i>O. cyaneum</i>	<i>A. gracilis</i>	<i>A. corticis</i>	<i>A. morrisi</i>	<i>M. californica</i>	Diversidad (No. especies)	Densidad total (No./m ²)
1	430	1	2	19	1	5	1	6	47
2	430							-	-
3	650			7				1	12
4	730							-	-
5	850			21	2			2	38
6	900			3			1	2	7
7	1000							-	-
8	1000			21		3		2	40
9	1010		1	12	6			3	32
10	1100					2		1	3
No. individuos		1	3	83	9	10	2		
Densidad (No. m ²)		2	5	138	15	17	3		
Abundancia relativa (Pi)		0.009	0.028	0.776	0.084	0.093	0.019		

Cuadro 17.3. Nichos ocupados por las distintas especies y la diversidad específica abundancia total (No. individuos) y relativa en cada nicho. Abreviaturas: en suelo propiamente dicho (s), suelo en la margen de cursos de agua (sma), bajo rocas (br), sobre troncos bajo musgos (bmts), bajo tronco caído (bt), en galerías dentro de tronco (dt), bajo corteza (bc) y sobre troncos en pie (ta).

Especies	s	sma	ta	bmts	bmd	bt	br	dt	No. total	Total de nichos
<i>A. gracilis</i>	32	3	11		8	13	27	10	104	7
<i>O. cyaneum</i>	1	1				2		2	6	4
<i>A. corticis</i>	1	6			2				9	3
<i>A. morrisi</i>	6		1	2	4		4	4	17	5
<i>M. californica</i>	1		2			1			4	3
<i>Eukerria</i> sp. nov.	1								1	2
No. especies	6	3	3	1	2	3	1	3		
Abundancia relativa (Pi)	0.33	0.078	0.11	0.015	0.078	0.15	0.22	0.12		

Familia Lumbricidae

2. *Octolasion cyaneum* (Savigny, 1826)

Fueron estudiados dos ejemplares adultos clitelados y dos juveniles provenientes de las áreas 1 (sbt, dt) y 9 (s). Es una especie epiendogea y tiene una alimentación basada en material orgánico con algunos restos minerales, además de ser mesófila y neutrófila (Bouché, 1972).

Fue encontrada en baja densidad (No./m² = 5) (Cuadro 17.2), en la parte baja de la reserva (área 1; 430 m.s.n.m.), correspondiendo al distrito pedemontano. Colonizó especialmente los primeros centímetros del suelo en bosques de alisos (*Alnus acuminata*) en hábitats cercanos a cursos de agua, dentro y debajo de troncos en descomposición, por lo que aparenta tener una dieta exclusivamente xilófaga (Cuadro 17.3). Reynolds (1977) también la recolectó en ambientes límnicos bajo piedras y troncos. Se la encontró asociada a *A. gracilis* y *A. corticis* (Cuadro 17.2).

O. cyaneum es una especie originaria del sudeste de Europa y sudoeste de Asia. En Argentina es encontrada en las provincias de Buenos Aires, Catamarca, Córdoba, San Luis y Tucumán (Mischis, 2007; ver cap. 14).

Familia Megascolecidae

3. *Amyntas gracilis* (Kinberg, 1867)

Fueron estudiados 50 ejemplares adultos clitelados, 10 subadultos y 29 juveniles provenientes de las áreas 1 (s, dt, bmd), 3 (s, sma), 5 (s, sbt, br, bmd), 6 (br), 8 (s) y 9 (sma, s).

A. gracilis es una especie epiendogea (Cuadro 17.1), mesófila y neutrófila a levemente acidófila. Fue encontrada en elevada abundancia (No./m² = 138) (Cuadro 17.2) en ambientes de selva pedemontana y montana entre los 430 y 1010 m.s.n.m. Tuvo una amplia distribución vertical, horizontal y altitudinal, ocupando la mayor parte de los hábitats presentes en las áreas muestreadas. Fue colectada en los primeros centímetros del perfil edáfico en las márgenes de cursos de agua y por encima del suelo, en lo que Wallwork (1976) denomina "suelo suspendido". En este último, colonizó especialmente los troncos caídos y en descomposición, formando túneles y galerías y alimentándose de madera (Cuadro 17.3). Estuvo asociada con las demás especies recolectadas, excepto a los 650 m.s.n.m. donde fue la única especie presente.

A. gracilis es una especie originaria de China y considerada peregrina, antropocora,

partenogenética, poliploide y euritópica. Además es muy utilizada como carnada para la pesca, lo que favorece su dispersión. Su distribución geográfica en la Argentina incluye las provincias de Buenos Aires, Catamarca, Córdoba, Santa Fe, Tucumán (Mischis, 2007; ver cap. 14) y Misiones (Righi, 1979).

4. *Amyntas corticis* (Kinberg, 1867)

Se encontraron nueve ejemplares adultos clitelados en las áreas 1 (s), 5 (bmd) y 9 (sma). *A. corticis* es una especie epiendogea, mesófila y basófila (Cuadro 17.1), y fue encontrada en baja abundancia relativa (Pi = 0.084) y densidad (No./m² = 15) en ambientes de selva pedemontana y montana entre los 430 y 1010 m.s.n.m. (Cuadro 17.2), prefiriendo los primeros centímetros del suelo en las márgenes de cursos de agua y los acúmulos de material vegetal en descomposición (Cuadro 17.3). En ambientes serranos de la provincia de Córdoba (Herrera, datos no publicados) fue observada en hábitat idéntico. La especie (originaria de China) estuvo siempre asociada con *A. gracilis*. Es partenogenética y no puede sobrevivir en regiones polares o de bajas temperaturas (Reynolds, 1974; Reynolds & Reinecke, 1976). En la Argentina es conocida en las provincias de Buenos Aires, Catamarca, Córdoba, San Luis y Tucumán (Mischis, 2007; ver cap. 14).

5. *Amyntas morrisoni* (Beddard, 1892)

Se estudiaron cinco ejemplares adultos clitelados, uno subadulto y cuatro juveniles de las áreas 1 (s, ta), 8 (s, bmts) y 10 (bt, dt). *A. morrisoni* es una especie epiendogea, mesófila, neutrófila y fue recolectada en suelos con valores muy bajos de humedad (Cuadro 17.4). Fue encontrada en baja abundancia relativa y densidad (Pi = 0.093; No./m² = 17) en ambientes de selva pedemontana y montana entre los 430 y 1100 m.s.n.m. (Cuadro 17.2). Presentó amplia distribución horizontal y vertical, especialmente en los primeros centímetros del suelo, por sobre el perfil, debajo y dentro de troncos caídos y en el suelo suspendido debajo del tapiz de musgos. En el área 1 se recolectaron individuos adultos sobre árboles a los 3 m de altura y en el área 10 sólo estuvo presente en bosques de alisos (Cuadro 17.3). Fue encontrada en la parte más baja, junto con todas las especies recolectadas, mientras que en el nivel altitudinal máximo fue la única especie. En las áreas 1 y 10 estuvo asociada a *A. gracilis*.

A. morrisoni es una especie asiática originaria de China que vive en suelos neutros y no sobrevive en suelos que se congelan temporariamente.

Cuadro 17.4. Valores promedio y rangos de humedad y pH del suelo en cada área de muestreo donde se encontraron lombrices de tierra en la Reserva Fiscal Parque La Florida.

Área	Altitud	Humedad (%)		pH	
		Promedio	Rango	Promedio	Rango
1	430	34.3	21.1-47.5	6.36	5.40-7.08
3	650	30.0	22.2-37.7	5.82	5.08-6.57
5	850	40.7	30.8-46.8	6.64	6.41-6.81
6	900	45.1	-	6.10	-
8	1000	20.4	-	6.63	-
9	1010	33.2	22.4-42.8	6.15	6.10-6.22
10	1100	22.2	-	6.22	-

Tiene reproducción anfimíctica y partenogenética (Reynolds, 1974; Reynolds & Reinecke, 1976). Es una especie peregrina, antropocora, poliploide y euritópica, utilizada frecuentemente como carnada en la pesca.

En la Argentina es conocida en las provincias de Buenos Aires, Catamarca, Córdoba, Santa Fe y Tucumán (Mischis, 2007; ver cap. 14).

6. *Metaphire californica* (Kinberg, 1867)

Se encontraron dos ejemplares adultos clitelados en las áreas 1 (s) y 6 (br). *M. californica* es una especie epíndogea, mesófila y neutrófila y fue encontrada en baja abundancia relativa y densidad ($P_i = 0.019$; $No./m^2 = 3$), distribuida entre los 430 y los 1000 m.s.n.m. (Cuadro 17.2). La especie estuvo restringida a los primeros centímetros del perfil edáfico, además de estar presente bajo rocas y hasta los 3 m de altura sobre árboles en pie (Cuadro 17.3). En el área baja de la reserva fue encontrada con todas las especies recolectadas y en el área 8 con *A. gracilis* (Cuadro 17.2).

M. californica es una especie originaria de China, siendo por lo tanto peregrina, antropocora, partenogenética, poliploide y euritópica; además, no sobrevive en suelos que se congelan temporariamente. Estas características, sumadas a su frecuente empleo como carnada para la pesca, favorecen su dispersión. En la Argentina es conocida en las provincias de Córdoba, Santa Fe y Tucumán (Mischis, 2007; ver cap. 14).

Discusión

Diversidad, abundancia y distribución geográfica

En el área de estudio se recolectaron seis especies, una nativa (*Eukerria* sp. nov.) y cinco exóticas:

O. cyaneum, *A. gracilis*, *A. corticis*, *A. morrissi* y *M. californica*; todas ellas son nuevas citas para la Reserva. La recolección de más especímenes y estudios detallados de *Eukerria* sp. nov. son aún necesarios para describir formalmente a la especie.

Probablemente, las especies exóticas fueron introducidas en forma pasiva principalmente por actividades humanas. Su dispersión fue favorecida por la antropización de los ambientes naturales y por sus características fisiológicas y de comportamiento, como la reproducción partenogenética, poliploidía y gran plasticidad ecológica (Lee, 1987).

La presencia de estas especies introducidas en los ambientes de selva de la Reserva puede ser debido a la explotación agrícola y forestal del área en el pasado, modificando la composición florística (Ayarde, 1995); la introducción de ganado; la presencia de un vivero forestal en la parte baja de la reserva; la construcción de la Ruta Provincial 344 que divide en dos el área boscosa; y la utilización de algunas de estas especies como carnada para la pesca. Todas estas razones están apoyadas por estudios realizados en ecosistemas de selva en distintas latitudes (Lee, 1987; Brown & Grau, 1995; Fragoso et al., 1999a, b).

La mayor diversidad específica (seis especies) y densidad poblacional se concentró en la parte baja de la Reserva a los 430 m.s.n.m., la menor diversidad (una especie) se encontró a los 650 y 1100 m.s.n.m. y la menor densidad a los 1100 m.s.n.m. (Cuadro 17.2). Curiosamente estos son los extremos del gradiente altitudinal. *A. gracilis* fue la especie encontrada en mayor densidad poblacional y abundancia relativa.

Diversidad de hábitats y distribución espacial

A lo largo del gradiente altitudinal, la mayor diversidad de hábitats estudiados se concentró

entre los 430 y los 850 m.s.n.m., en donde también se registró la mayor diversidad específica de lombrices de tierra. Esto coincide con estudios semejantes en selvas lluviosas tropicales, en donde la mayor heterogeneidad ambiental permite una mejor separación de nichos y en donde la cantidad, calidad y distribución de la hojarasca son muy importantes para determinar la abundancia y distribución de las lombrices de tierra (Fragoso & Lavelle, 1995).

Dentro del suelo se encontraron más especies que en los hábitats por encima del perfil edáfico ("suelo suspendido"). Sin embargo, la mayor abundancia estuvo siempre relacionada con hábitats aéreos y preferentemente debajo de rocas. La mayor parte de las especies tuvieron una distribución vertical amplia y solamente la *Eukerria* sp. nov. fue recolectada solamente en el suelo, probablemente debido a sus características morfo-funcionales y de alimentación. Además esta especie fue encontrada solamente en la región de menor altura, por lo que la altitud pueda ser un factor de limitación para la colonización por esta especie de otros hábitats a mayor altura, con características fisonómicas, pH y humedad similares. Sin embargo, esto solamente podrá ser comprobado con mayores esfuerzos de colecta en la región.

Las especies que demostraron tener mayor plasticidad para colonizar una amplia diversidad de hábitats fueron *A. gracilis*, *A. morrissi* y *O. cyaneum* (Cuadro 17.3). La distribución vertical por encima del suelo se ha visto también en otros ambientes de selva, en donde las lombrices de tierra ascienden a la vegetación circundante o migran a troncos caídos como una estrategia de supervivencia, especialmente en tiempos de inundación (Adis y Righi, 1989; Fragoso & Rojas, 1996).

Categorías ecológicas

La oligoquetofauna de la Reserva resultó en una comunidad epiendogea-endogea, con mayor diversidad y densidad relativa de las especies epiendogreas (*A. gracilis*, *A. morrissi*, *A. corticis*, *M. californica* y *O. cyaneum*) (Cuadro 17.1). En la selva, la entrada de materia orgánica al sistema se realiza especialmente a partir de la hojarasca y por la descomposición de troncos y ramas. El hecho de que en la reserva el 72% de las especies arbóreas son caducifolias (Ayarde, 1995) puede ayudar a explicar la mayor densidad de especies que viven en el suelo pero se alimentan de la hojarasca (epiendogreas) depositada en la superficie. Este comportamiento también protege a las lombrices

contra depredadores y de variaciones en la temperatura y humedad del ambiente (Lee, 1985). Esta comunidad difiere de las registradas por Fragoso & Lavelle (1992) en ambientes similares de América del Sur, donde predominaron las especies epigeas y endogreas.

Sin embargo, la concentración de la humedad en los primeros centímetros del suelo, aún en el período de máximas precipitaciones y de temperaturas extremas, posiblemente actúe como condicionante para que la comunidad de lombrices prefiera microambientes como troncos y rocas como una estrategia de supervivencia.

Respecto al gradiente latitudinal estos resultados coinciden con Lavelle (1983) quien menciona que las comunidades se vuelven predominantemente endogreas hacia el Ecuador. Es probable que la comunidad presente en las localidades de estudio juegue un rol muy importante en la dinámica del suelo, ya que se alimentan de una mezcla de suelo y material orgánico de superficie. Esto hace que el material ingerido (con un alto contenido microbiano) ingrese a los horizontes del perfil edáfico a través de las galerías que cavan, consecuentemente aumentando su tasa de descomposición.

Agradecimientos

Agradecemos a la Dra. Ernestina Teisaire (Universidad Nacional de Tucumán) por su permanente apoyo, comentarios y sugerencias. Este estudio fue realizado por el autor principal como Becario de la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina y publicado como Becario del CONICET.

Referencias

- ADIS, J.; RIGHI, G. Mass migration and life cycle adaptation - a survival strategy of terrestrial earthworms in Central Amazonian inundation forest. *Amazoniana*, v. 11, p. 23-30, 1989.
- ALDERETE de MAJO, A. M. **Estudios citológicos en oligoquetos terrícolas de la provincia de Tucumán**. 1988. 217 f. Tesis (Doctoral) - Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Tucumán.
- ALDERETE de MAJO, A. M. Gametogénesis masculina en Oligochaeta, Megascolecidae.

- V. Espermatogénesis anormal en ejemplares parasitados por gregarinas (Sporozoa, Eugregarinida) de *Amyntas hawayanus* (Rosa, 1891), *Amyntas morrissi* (Beddard, 1892) y *Methapire californica* (Kinberg, 1867) de la provincia de Tucumán, Argentina. **Acta Zoológica Lilloana**, v. 47, n. 1-2, p. 53-69, 2003.
- AYARDE, H. R. Estructura de un sector de Selva Pedemontana. Reserva Fiscal Parque La Florida. In: BROWN, A. D.; GRAU, H. R. (Ed.). **Investigación, conservación y desarrollo en selvas subtropicales de montaña**. Horco Molle: Laboratorio de investigaciones ecológicas de las Yungas, 1995. p. 69-78.
- BOUCHÉ, M. B. **Lombriciens de France** : écologie et systématique. Versailles: INRA, 1972. 671 p.
- BROWN, A. D. Fitogeografía y conservación de las selvas de montaña del noroeste de Argentina. In: CHURCHILL, S. P.; BALSLEV, H.; FORERO, E.; LUTEYN, J. L. (Ed.). **Biodiversity and conservation of neotropical montane forests**. New York: The New York Botanical Garden, 1995. p. 663-672.
- BROWN, A. D.; GRAU, H. R. **Investigación, conservación y desarrollo en selvas subtropicales de montaña**. Horco Molle: Laboratorio de investigaciones ecológicas de las Yungas. 1995.
- CABRERA, A. L.; WILLINK, A. **Biogeografía de América Latina**. Washington: Secretaría General de la OEA, 1973. 120 p. (Monografía N° 13. Primera Serie de Biología).
- COGNETTI de MARTIIS, L. Viaggio del Dr. A. Borelli nel chaco boliviano e nella Repubblica Argentina XVII. Terricoli boliviani ed argentini. **Bollettino dei Musei di Zoologia ed Anatomia Comparata della Reale Università di Torino**, v. 17, n. 420, p. 1-11, 1902.
- FRAGOSO, C. Las lombrices de tierra de la Reserva "El Cielo": aspectos ecológicos y sistemáticos. **Biotam**, v. 1, n. 1, p. 38-44, 1989.
- FRAGOSO, C.; LAVELLE, P. Earthworm communities of tropical rain forests. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 24, n. 12, p. 1397-1408, 1992.
- FRAGOSO, C.; LAVELLE, P. Are earthworms important in the decomposition of tropical litter? In: REDDY, V. K. R. (Ed.). **Soil organisms and litter decomposition in the tropics**. New Delhi: Oxford & IBH, 1995. p. 103-112
- FRAGOSO, C.; ROJAS-FERNÁNDEZ, P. Earthworms inhabiting bromeliads in Mexican tropical rain forests: ecological and historical determinants. **Journal of Tropical Ecology**, v. 12, p. 729-734, 1996.
- FRAGOSO, C.; JAMES, S. W.; BORGES, S. Native earthworms of the North Neotropical Region: current status and controversies. In: HENDRIX, P. F. (Ed.). **Earthworm ecology and biogeography in North America**. Boca Raton: CRC Press, p. 67-115, 1995.
- FRAGOSO, C.; KANYONYO, J.; MORENO, A.; SENAPATI, B.; BLANCHART E.; RODRÍGUEZ, C. A survey of tropical earthworms: taxonomy, biogeography and environmental plasticity. In: LAVELLE, P.; BRUSSAARD, L.; HENDRIX, P. F. (Ed.). **Earthworm management in tropical agroecosystems**. Wallingford: CAB International, 1999a. p. 1-26.
- FRAGOSO C.; LAVELLE P.; BLANCHART, E.; SENAPATI, B.; JIMÉNEZ, J. J.; MARTÍNEZ, M. A.; DECAËNS T.; TONDOH, J. Earthworm communities of tropical agroecosystems: origin, structure and influence of management practices. In: LAVELLE, P.; BRUSSAARD, L.; HENDRIX, P. F. (Ed.). **Earthworm management in tropical agroecosystems**. Wallingford: CAB International, 1999b. p. 27-55.
- GAVRILOV, K. Sobre *Eukerria saltensis* (Beddard, 1895) y su reproducción. **Acta Zoológica Lilloana** (Tucumán), v. 10, p. 673-716, 1952.
- GAVRILOV, K. Datos complementarios sobre *Eukerria subandina* (Rosa, 1895) (Oligochaeta, Ocnoderilidae). **Acta Zoológica Lilloana**, v. 22, p. 255-306, 1967a.
- GAVRILOV, K. Acerca de un representante del género *Eukerria*. **Acta Zoológica Lilloana**, v. 23, p. 139-146, 1967b.
- HERRERA, J. A. D.; MISCHIS, C. C. Lombrices de tierra de las Yungas: taxonomía, biogeografía y ecología en áreas de selva subtropical (Provincia de Jujuy, Argentina). In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. (Ed.). **Minhocas na América Latina**: biodiversidade e ecologia. Londrina: Embrapa Soja, 2007. Capítulo 16.
- JAMIESON, B. G. M. New species of Ocnoderilinae (Oligochaeta). **Proceedings of the Zoological Society London**, v. 139, n. 4, p. 607-626, 1962.
- LAVELLE, P. The structure of earthworm communities. In: SATCHELL, J. E. (Ed.). **Earthworm ecology**: from Darwin to vermiculture. London: Chapman and Hall, p. 449-466, 1983.
- LEE, K. E. **Earthworms**: their ecology and relationships with soils and land use. Sydney: Academic Press, 1985. 414 p.
- LEE, K. E. Peregrine species of earthworms. In: BONVICINI, A. M.; OMODEO, P. (Ed.). **On earthworms**. Modena: Mucchi Editore, 1987. p. 315-328. Selected Symposia and Monographs.

- LJUNGSTRÖM, P. O.; PRIANO, L. J. J.; ORELLANA, J. A. Relación entre lombrices y composición del suelo. **Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral**, v. 3, p. 93-99, 1972.
- LJUNGSTRÖM, P. O.; EMILIANI, F.; RIGHI, G. Nota sobre los oligoquetos (lombrices de tierra) argentinos. **Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral**, v. 6, p. 1-42, 1975.
- MICHAELSEN, W. **Das Tierreich**. Berlin: Verlag Von J. Cramer Weinheim, 1900. v. 10.
- MISCHIS, C. C. Las lombrices de tierra (Annelida, Oligochaeta) de la República Argentina. **Natura Neotropicalis**, v. 3, n. 1-2, p. 17-27, 2000.
- MISCHIS, C. C. Catálogo de las lombrices de tierra de la Argentina (Annelida, Oligochaeta). In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. (Ed.). **Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. Capítulo 14.
- PHILLIPSON, J.; ABEL, R.; STEEL, J.; WOODSELL, S. R. J. Earthworms and the factors governing their distributions in an English beechwood. **Pedobiologia**, v. 16, p. 258-285, 1976.
- REYNOLDS, J. W. Are oligochaetes really hermaphroditic amphimictic organisms? **Biologist**, v. 56, n. 2, p. 90-99, 1974.
- REYNOLDS, J. W. **The earthworms (Lumbricidae and Sparganophilidae) of Ontario**. Toronto: Royal Ontario Museum, 1977. (Life Sciences Miscellaneous Publication). 141 p.
- REYNOLDS, J. W.; REINECKE, A. J. A preliminary survey of the earthworms of the Kruger National Park, South Africa (Oligochaeta: Glossoscolecidae, Megascolecidae and Octochaetidae). **Naturwetenskap**, n. 89, 1976.
- RIGHI, G. Algunos Oligochaeta megadriles de Argentina. **Fave**, v. 1, n. 3, p. 167-178, 1978.
- RIGHI, G. Introducción al estudio de las lombrices del suelo (Oligoquetos, Megadrilos) de la Provincia de Santa Fe (Argentina). **Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral**, v. 10, p. 89-155, 1979.
- RIGHI, G. On a collection of Neotropical megadrili Oligochaeta I: Ocnodrilidae, Acanthodrilidae, Octochaetidae, Megascolecidae. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**. v. 19, n. 1, p. 9-31, 1984a.
- RIGHI, G. On a collection of Neotropical megadrili Oligochaeta II. Glossoscolecidae, Lumbricidae. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 19, n. 2, p. 99-120, 1984b.
- ROLDÁN, I. A.; TEISAIRE, E. S. New record and redescription of *Enantiodrilus borellii* (Oligochaeta: Glossoscolecidae) for Tucumán province, Argentina. **Megadrilologica**, v. 8, n. 1, p. 1-3, 2000.
- ROLDÁN, I. A.; MEDINA, M.; TEISAIRE, E. S. Neuroganglionic proteins in juvenile and adult of *Andioscolex tinga* (Oligochaeta, Glossoscolecidae). **Biocell**, v. 25, n. 1, p. 64, 2001.
- ROLDÁN, I. A.; MEDINA, M.; FERNÁNDEZ, F.; TEISAIRE, E. S. Estudio comparativo de proteínas de ganglios cerebrales y subesofágicos en diferentes estadios de *Pontoscolex corethrurus* (Oligochaeta, Glossoscolecidae). In: JORNADAS CIENTÍFICAS DE LA ASOCIACIÓN DE BIOLOGÍA DE TUCUMÁN, 20., 2003, Tafí del Valle. **Actas...**
- SATCHELL, J. K. Methods of sampling earthworm populations. **Pedobiologia**, v. 9, p. 20-25, 1969.
- TEISAIRE, E. S. **Reproducción y biología de una especie del género *Amynthas* (= *Pheretima*) Kinberg (Megascolecidae: Oligochaeta)**. 1988. 178 f. Tesis (Doctoral) – Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Tucumán.
- TEISAIRE, E. S.; ROLDÁN, I. A. Ultrastructure and histochemistry of the spermathecae of *Amynthas* Kinberg and *Metaphire* Sims and Easton (Megascolecidae, Oligochaeta). **Comunicaciones Biológicas**, v. 14, n. 1, p. 169-181, 1995.
- TEISAIRE, E. S.; ROLDÁN, I. A. **Lombrices de tierra de la provincia de Tucumán (Annelida: Oligochaeta)**. San Miguel de Tucumán: Fundación Miguel Lillo, 1996. 24 p. (Miscelanea, 101).
- TEISAIRE, E. S.; ROLDÁN, I. A. Redescription and new records of *Andioscolex tinga* (Oligochaeta: Glossoscolecidae) for Tucumán, Argentina. **Megadrilologica**, v. 7, n. 4, p. 29-31, 1998.
- TEISAIRE, E. S.; ROLDÁN, I. A.; NAVARRO, C. Oligochaeta of the Tucumán province. I: In intensive cultivation zone. **Comunicaciones Biológicas**, v. 14, n. 1, p. 116, 1996.
- TEISAIRE, E. S.; ROLDÁN, I. A.; GARCIA MORENO, A.; LÓPEZ DE ARAGON, M. Registros preliminares sobre la oligoquetofauna de Los Toldos, Depto. Santa Victoria, Salta, (Argentina). In: JORNADAS CIENTÍFICAS DE LA ASOCIACIÓN DE BIOLOGÍA DE TUCUMÁN, 20., 2003, Tafí del Valle. **Actas ...**
- TORRES BRUSCHMAN, E. **La clasificación climática de Köppen y Thornthwaite**. Tucumán: Universidad Nacional de Tucumán, Facultad de Agronomía y Zootecnia, 1979. 27p. (Serie Didáctica, 48).
- WALLWORK, J. A. **The distribution and diversity of soil fauna**. London: Academic Press, 1976. 355 p.

Biodiversidad y ecología de las lombrices de tierra en el Uruguay

Enzo G. Grosso; George G. Brown

Abstract

Knowledge on the terrestrial oligochaetes of Uruguay is scarce, and is mainly due to the work Professor Ergasto Cordero, who collected and identified various oligochaetes from 1931-1951, studying mainly the taxonomy and biogeography of the Glossoscolecidae family. During the 19th Century, taxonomists such as Kinberg, Rosa, Michaelsen, Beddard and Ude, and in the 20th Century Righi identified and cited various earthworm species from Uruguay. At present, 19 species (11 exotics), belonging to six families and 12 genera are known from Uruguay. The collection in the Natural History Museum will soon again be available to researchers, although its present state is unknown. Since 1987 at the Science Faculty of Montevideo and at the National Institute of Agronomic Research (INIA), studies have been underway on the ecology, technology and identification of earthworms; the main contributions have been on earthworms in agroecosystems under various degrees of disturbance (horticulture, rice, pastures and no-tillage systems) and on various uses of the composting earthworms *Eisenia fetida*. However, to further increase the knowledge on earthworm biodiversity and the practical application of earthworms in Uruguay, taxonomic training and the formation of new experts is necessary in collaboration with foreign researchers and institutions.

Resumen

El conocimiento de los oligoquetos terrestres del Uruguay es escaso, y se debe en gran parte al Profesor Ergasto Cordero, quien durante los años 1931-1951 realizó colectas e identificación de varias especies de la Familia Glossoscolecidae, incluyendo, estudios taxonómicos y biogeográficos. Anteriormente, durante el siglo XIX, taxónomos como Kinberg, Rosa, Michaelsen, Beddard, Ude, y en el siglo XX Righi, identificaron y citaron especies de lombrices para Uruguay. Se conocen actualmente 19 especies (11 exóticas), pertenecientes a seis familias y 12 géneros. La colección existente en el Museo de Historia Natural, volverá a estar en breve disponible para los investigadores, desconociéndose su estado actual. Desde fines de los años 80, se han realizado trabajos de colecta, taxonomía, ecología y tecnología de lombrices en la Facultad de Ciencias de Montevideo y en el INIA; los aportes principales han sido la identificación y ecología de lombrices en agroecosistemas con diferentes grados de perturbación (hortifruticultura, arrozales, pastizales y cultivos extensivos) y en diversos estudios sobre las técnicas y la utilidad de las lombrices de tierra epigeas composteras (*Eisenia fetida*). Sin embargo, el desarrollo y aplicación de los conocimientos sobre la biodiversidad de las lombrices de tierra del Uruguay requiere del entrenamiento en taxonomía y la formación de nuevos investigadores en asociación con expertos de instituciones académicas y técnicas extranjeras.

Introducción

La historia de la oligoquetología en Uruguay es reducida y está basada principalmente en trabajos de taxonomía, aunque en los últimos años (1987-2006), se han realizado también diversos trabajos de ecología y biotecnología de lombrices de tierra (ver Grosso et al., 2006; Zerbino et al., 2006; ver cap. 19). Existen apenas dos investigadores en el país (E. Grosso



y S. Zerbino) que están actualmente dedicados al estudio de las lombrices de tierra.

Kinberg (1867) fue el primer taxónomo a identificar lombrices de Uruguay, reportando dos especies (*Lumbricus pampicola* y *Eukerria stagnalis*), a pesar de la primera ser considerada *nomen dubium* por Michaelsen (1900), y probablemente sea una especie de *Aporrectodea*. Posteriormente, hacia el final del siglo XIX, otros taxónomos (Rosa, Michaelsen, Beddard, Ude) citaron solamente especies exóticas para el país, principalmente de la familia Lumbricidae.

El conocimiento de la taxonomía de oligoquetos terrestres de Uruguay fue más tarde ampliado por el trabajo del Profesor Dr. Ergasto Cordero entre 1931 y 1951. Cordero (1942, 1943) describió varias especies de lombrices de tierra del país, pero su principal aporte fue en los estudios sobre la familia Glossoscolecidae, describiendo especies de Uruguay, Argentina, Brasil y Venezuela. Cordero (1945) también presentó diversas hipótesis sobre las relaciones filéticas de los géneros de la subfamilia Glossoscolecinae y su distribución en Sudamérica.

Más recientemente, Grosso et al. (datos no publicados) realizaron estudios sobre la identificación de las lombrices usando técnicas de genética molecular (RAPD), el uso de las lombrices para la producción de abonos orgánicos (vermicompuesto) y la alimentación de animales (ver Grosso et al. 2007) y la evaluación de la calidad y características biológicas de varios vermicompuestos. En el Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas (INIA) también se han desarrollado diversos estudios usando las lombrices como bioindicadora del manejo del suelo. Zerbino (2005, 2006, 2007; ver capítulo 19) presentan los resultados de sus trabajos sobre el efecto de diferentes prácticas de manejo y sistemas de uso del suelo sobre las comunidades de lombrices de tierra, mostrando su utilidad como bioindicadora ambientales.

A continuación presentamos los datos de la diversidad y distribución de las lombrices de tierra de Uruguay, basados principalmente en los trabajos de Cordero, pero también de otros autores y colectas propias del primer autor.

Biodiversidad de lombrices de tierra en el Uruguay

Se conocen del Uruguay, 19 especies de lombrices de tierra, pertenecientes a seis familias

y doce géneros (Cuadro 18.1). Del total, 11 son especies exóticas y ocho (probablemente) son especies nativas. Los trabajos que sintetizan las especies del Uruguay son los de Cordero (1931a, b, 1942, 1943) y Righi (1979). La colección de lombrices más importante en el país, que contiene ejemplares colectados por el Dr. Cordero, se encuentra en el Museo de Historia Natural en Montevideo. Esta colección podrá ser revisada en el 2007 (luego de muchos años de estar inaccesible a los investigadores), aunque no se sabe el estado actual de la misma.

Las especies de la Familia Glossoscolecidae están principalmente restringidas a la mitad norte del país, y los ocneroдрилidos están presentes principalmente en las regiones bajas, donde se acumula agua o en los arrozales, en la región leste y cerca de la frontera con Brasil (Figura 18.1). Los lumbrícidos se encuentran distribuidos principalmente en la porción sur y centro-sur del país. Los megascolecídeos están fundamentalmente asociados a centros urbanos donde han sido encontrados principalmente en jardines (Grosso et al., 2006).



Figura 18.1. Distribución geográfica aproximada de las principales familias de lombrices de tierra en Uruguay.

En los agroecosistemas con diferentes grados de perturbación de maquinaria y agroquímicos (pastizales y plantaciones de manzanos y *Eucalyptus* sp.), se ha constatado principalmente la presencia de lumbrícidos (*Lumbricus terrestris*, *Aporrectodea caliginosa*, *A. rosea*, *Allolobophora chlorotica* y *Octolasion cyaneum*) cuyos números, biomasa y asociación de especies varía con el

Cuadro 18.1. Las especies de lombrices de tierra del Uruguay, su distribución geográfica, procedencia (nativa o exótica) y las principales referencias bibliográficas incluyendo datos sobre lombrices en Uruguay.

Familia Género especie	Localidades	Procedencia	Referencia
Glossoscolecidae			
<i>Glossoscolex (Glossoscolex) bonariensis</i> Cordero, 1942	Paysandú	Nativa	Cordero (1943)
<i>Glossoscolex (Glossoscolex) colonorum</i> Michaelsen, 1918	Tacuarembó	Nativa	Cordero (1931a)
<i>Glossoscolex (Glossoscolex) rione</i> Cordero, 1943	Tacuarembó	Nativa	Cordero (1943)
<i>Glossoscolex (Glossoscolex) uruguayensis uruguayensis</i> Cordero, 1943	Paysandú, Tacuarembó	Nativa	Cordero (1943)
Onerodrilidae			
<i>Eukerria stagnalis</i> (Kinberg, 1867)	Montevideo, Rocha	Nativa?	Kinberg (1867), Cognetti (1905), Ljungström et al. (1975), Michaelsen (1900), Cordero (1931a, 1942)
<i>Eukerria</i> sp.	INIA Treinta y Tres	Nativa?	Grosso et al. (2006)
Criodrilidae			
<i>Gen. nov.? sp.nov.?</i> ¹	INIA Treinta y Tres	Nativa	Grosso et al. (datos no publicados)
Acanthodrilidae			
<i>Yagansia epiphana</i> Cordero, 1942	Atlántida	Nativa?	Cordero (1942)
<i>Microscolex dubius</i> (Fletcher, 1887)	Colón, Montevideo, Joanicó	Nativa?	Cordero (1931a), Rosa (1898), Grosso et al. (2006)
Megascolecidae			
<i>Amynthas gracilis</i> (Kinberg, 1867)	Montevideo	Exótica	Cordero (1931a), Ljungström et al. (1975)
<i>Amynthas</i> sp.	Salto, La Teja, Treinta y Tres	Exótica	Grosso (1990, datos no publicados), Grosso et al. (2006)
Lumbricidae			
<i>Allobophora chlorotica</i> (Savigny, 1826)	Montevideo, Melilla, Joanicó	Exótica	Cordero (1931a), Beddard (1896), Grosso et al. (2006)
<i>Aporrectodea caliginosa</i> (Savigny, 1826)	Montevideo, Colón, San José, Melilla, Joanicó, Colonia Treinta y Tres	Exótica	Michaelsen (1900), Cordero (1931a), Rosa (1898), Beddard (1896), Grosso et al. (2006)
<i>Aporrectodea rosea</i> (Savigny, 1826)	Montevideo, Melilla, Joanicó	Exótica	Michaelsen (1900), Cordero (1931a), Ljungström et al. (1975), Grosso et al. (2006)

Continuación...

Cuadro 18.1. Continuación...	Familia Género especie	Localidades	Procedencia	Referencia
	<i>Aporrectodea trapezoides</i> (Dugès, 1828)	Montevideo	Exótica	Cordero (1931a)
	<i>Dendrodrilus rubidus</i> (Savigny, 1826)	Montevideo	Exótica	Cordero (1931a), Beddard (1896)
	<i>Eisenia fetida</i> (Savigny, 1826)	Montevideo, Colonia, Tacuarembó, La Teja	Exótica	Michaelsen (1900), Cordero (1931a), Ljungström et al. (1975), Grosso (datos no publicados), Beddard (1896), Grosso et al. (2006)
	<i>Lumbricus terrestris</i> Linnaeus, 1758	Montevideo, Melilla	Exótica	Cordero (1931a), MZUSP ² , Grosso et al. (2006)
	<i>Lumbricus friendi</i> Cognetti, 1904	Montevideo, Rocha	Exótica	Cordero (1931a)
	<i>Octolasion cyaneum</i> (Savigny, 1826)	Montevideo, Cabaña, Melilla, Joanicó	Exótica	Cordero (1931a), Grosso et al. (2006)
	<i>Octolasion lacteum</i> (Örley, 1881)	Montevideo	Exótica	Ljungström et al. (1975), Cordero (1931a), Rosa (1898)

¹ Esta especie de lombriz tiene cuerpo aproximadamente cuadrado con unos 12 cm de largo y produce ootecas. Probablemente pertenezca a la familia Criodrilidae, como las lombrices encontradas por Ana Lima en Rio Grande do Sul, Brasil (Lima & Rodríguez, 2007).

² MZUSP = Museo de Zoología de la Universidad de São Paulo, Brasil.



Foto 18.1. Cultivos experimentales de arroz en la Estación Experimental del Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas (INIA) en Paso de la Laguna (Departamento de Treinta y Tres). En este local, predominan lombrices pertenecientes al género *Eukerria* (Ocnodrilidae), en la zona de raíces del arroz (Grosso et al., 2006). Sin embargo, también se encuentra en los arrozales otra especie limícola (aún no identificada), probablemente perteneciente a la familia Criodrilidae, de color verde oscuro y mayor tamaño. (Foto E. Grosso)

grado de perturbación y con condiciones climáticas puntuales (Grosso et al., 2006). En los sistemas con siembra directa se constató la presencia de *A. caliginosa* en cantidades importantes (Grosso et al., 2006; Zerbino et al., 2006). En sistemas de producción intensivos de hortifruticultura se ha observado la presencia de varias especies de Lumbricidae: *L. terrestris*, *A. caliginosa*, *A. rosea* y *O. cyaneum* en un mismo predio (Grosso et al., 2006). En cultivos experimentales de arroz de la Estación Experimental del INIA (Foto 18.1) en Paso de la Laguna (Departamento de Treinta y Tres), Grosso et al. (2006) cuantificaron una población de lombrices pertenecientes al género *Eukerria* (Ocnodrilidae), asociadas a las raíces de plantas de arroz. En la misma estación Grosso et al. (datos no publicados) encontraron también a otra lombriz con comportamiento limícola, probablemente perteneciente a la familia Criodrilidae, de color verde oscuro, marrón centralmente, con una forma transversal cuadrada a partir de la región medioposterior y cuyas ootecas medían entre 2 y 3 cm de longitud y hasta 1 cm de ancho.

Finalmente, la especie exótica ampliamente usada para la lombricultura, *Eisenia fetida*, ha sido encontrada en tambos, jardines y plantaciones forestales en Montevideo, Colonia y Tacuarembó

(Grosso et al., 2006; Grosso, datos no publicados). El desarrollo más importante en la tecnología de las lombrices ha sido en el uso del vermicompostaje a escala pequeña, mediana e industrial de desechos (frigoríficos, tambos, cáscara de arroz, frutas y verduras); la elaboración de sustratos con propiedades de control biológico de patologías fúngicas (Damping-off); así como elaboración de complementos nutricionales y sanitarios para pollos de ñandúes (*Rhea americana*); ver Grosso et al., 2007.

Perspectivas futuras

Con base en los resultados presentados en este trabajo y la experiencia obtenida en los últimos años en estudios realizados en la Facultad de Ciencias, se considera como prioritario:

1. Realizar un proyecto sistemático de colección de los oligoquetos terrestres de Uruguay, tomando muestras de todas las ecorregiones y tipos de vegetación del país;
2. Concentrar el esfuerzo de muestreo inicialmente en ecosistemas naturales y posteriormente en agroecosistemas de siembra directa, arrozales y sistemas ganaderos;
3. Buscar asesoramiento y entrenamiento con investigadores de instituciones extranjeras (en museos, universidades y centros de investigación) para la realización de proyectos conjuntos. El énfasis deberá estar en la taxonomía (biodiversidad), ecología y particularmente desarrollo tecnológico, de índole ambiental y productivo (procesos y productos), incluyendo por ejemplo: el tratamiento de efluentes orgánicos sólidos; el efecto de las lombrices de tierra en los microorganismos patógenos (supresión de damping-off por lombrices edáficas y vermicompuestos); el uso del vermicompostaje en escala industrial (frigoríficos, tambos, cáscara de arroz) para mitigar el impacto ambiental; elaboración de productos comerciales y el uso de las lombrices como fuente de proteína para los animales (ñandú, avícolas, suinos, peces y otros).

Agradecimientos

E. Grosso agradece a la Profesora Christa Knäpper de UNISINOS por el apoyo brindado en su formación y la ayuda voluntaria de todos los colegas

de la Facultad de Ciencias. G. Brown agradece el apoyo del CNPq (beca de investigación) y del Ministerio del Medio Ambiente de Brasil para la participación de E. Grosso al ELAETAO1.

Referencias

- BEDDARD, F. E. Naiden, Tubificen und terricolen. **Ergebnisse Hamburger Magalhaensische Sammelreise**, v.1, n. 2, p. 1-64, 1896.
- COGNETTI DE MARTIIS, L. Gli Oligocheti della Regione Neotropica, I. **Memoria della Reale Accademia di Scienze di Torino**, v. 2, n. 55, p. 1-72, 1905.
- CORDERO, E. H. Notas sobre los oligoquetos del Uruguay. **Anales del Museo Nacional de Historia Natural Bernardino Rivadavia**, v. 36, p. 343-357, 1931a.
- CORDERO, E. H. Die oligochäten der Republik Uruguay I. **Zoologische Anziger**, v. 92, p. 333-336, 1931b.
- CORDERO, E. H. Oligoquetos terrícolas del Museo Argentino de Ciencias Naturales. **Anales del Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia"**, v. 40, p. 269-298, 1942.
- CORDERO, E. H. Oligoquetos sudamericanos de la familia Glossoscolecidae, I. El género *Glossoscolex* en el Uruguay, con una sinopsis de las especies del grupo *truncatus*. **Comunicaciones Zoológicas del Museo de Historia Natural de Montevideo**, v. 1, n. 2, p. 1-9, 1943.
- GROSSO, E.; JORGE, G.; BROWN, G. G. Exotic and native earthworms in various land use systems of Central, Southern and Eastern Uruguay. **Caribbean Journal of Science**, v. 42, n. 3, p. 294-300, 2006.
- GROSSO, E.; LAUFER, G.; ARIM, M. Vermicompostado de contenido ruminal y harina de lombriz (*Eisenia fetida*) como aditivos en dieta de pollos de ñandú (*Rhea americana*). In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. (Ed.). **Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. Resumos.
- KINBERG, J. G. H. Annulata nova. **Ofversigt af Kongliga Vetenskaps-Akademiens Forhandlingar, Stockholm**, v. 23, p. 97-103, 356-357, 1867.
- LIMA, A. C. R.; RODRÍGUEZ, C. Earthworm diversity from Rio Grande do Sul, Brazil, with a new native Criodrillid genus and species (Oligochaeta: Criodrillidae). **Megadrilogica**, v. 11, n. 2, p. 9-18, 2007.

- LJUNGSTRÖM, P.-O.; EMILIANI, F.; RIGHI, G. Notas sobre oligoquetos (lombrices de tierra) argentinos. **Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral**, v. 6, p.1-42, 1975.
- MICHAELSEN, W. **Das Tierreich**: Oligochaeta. Berlin.: Friedländer & Sohn, 1900. v. 10.
- RIGHI, G. Introducción al estudio de las lombrices del suelo (Oligoquetos Megadrilos) de la Provincia de Santa Fe (Argentina). **Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral**, v. 10, p. 89-155, 1979.
- ROSA, D. On some new earthworms in the British Museum. **Annals and Magazine of Natural History**, v. 2, n. 10, p. 277-290, 1898.
- ZERBINO, S. **Evaluación de la densidad, biomasa y diversidad de la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de producción**. 2005. 92 f. Tesis (Magister en Ciencias Ambientales) - Facultad de la República, Montevideo.
- ZERBINO, S.; RODRÍGUEZ, C.; ALTIER, N. Earthworms in agro-ecosystems of Uruguay. **Caribbean Journal of Science**, v. 42, n. 3 , p. 315-324, 2006.
- ZERBINO, S. Evaluación de la biomasa de lombrices de tierra en diferentes sistemas de producción del Uruguay. In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. (Ed.). **Minhocas na América Latina**: biodiversidade e ecología. Londrina: Embrapa Soja, 2007. Capítulo 19.

Evaluación de la biomasa de lombrices de tierra en diferentes sistemas de producción del Uruguay

María Stella Zerbino

Abstract

Agroecosystem simplification and intensification affect soil organisms and earthworms in particular, due to physical disturbance and biological changes in the soil habitat in addition to the use of pesticides and reduction in organic matter. Historically, production systems have centered on physical and chemical properties and processes, with lesser value given to biological ones. The main land use systems in Uruguay have not escaped this reality. Therefore, their validation as sustainable land use systems must consider biological aspects of production and the study of their relationships with soil physical and chemical properties. Therefore, in two long-term experiments in Uruguay, earthworm communities were studied to assess the impact of land use intensity on their populations and to explore their relationships with various soil physical and chemical properties and surface residues. In one experiment, located in eastern Uruguay (JEPP-INIA Treinta y Tres) four different rotations (continuous cropping, short crop-pasture rotation, long crop-pasture rotation, and pasture improvement) under grazing and no tillage conditions were evaluated. The control was an adjoining area with natural grassland used as a pasture. In the other experiment, located in northern Uruguay (UEG-INIA Tacuarembó), two natural grasslands were evaluated, one under grazing and the other excluded from grazing for nine years. The results indicated that management practices such as rotation and grassland use intensity, soil cultivation and grazing, create different microclimate and (food) resource conditions determining earthworm abundance, and the dominance of different earthworm species.

Resumen

La simplificación e intensificación de los sistemas de producción afecta a la biología del suelo y en forma particular a las lombrices de tierra, como consecuencia de las perturbaciones físicas y cambios biológicos que se producen en su hábitat, del uso de agroquímicos y de la disminución de la materia orgánica. Históricamente, la evaluación de los distintos sistemas de producción se centró en los aspectos físicos y químicos, mientras que la valoración de los procesos biológicos ha sido escasamente contemplada. Los sistemas de producción característicos del Uruguay no escapan a esta realidad, por lo que su validación como sistemas sostenibles debe considerar los aspectos biológicos y estudiar la relación de éstos con las propiedades físicas y químicas. Este trabajo tuvo como objetivos cuantificar el impacto de la intensidad de uso del suelo sobre las lombrices de tierra y explorar sus posibles relaciones con las propiedades del mismo, así como con la presencia de residuos en superficie. Los sitios de muestreo fueron dos experimentos de largo plazo. En uno de ellos, ubicado en el Departamento de Treinta y Tres, se compararon cuatro intensidades de uso del suelo en siembra directa y con pastoreo. Como control, se estudió un área de campo natural sin fertilizar con pastoreo. En el otro sitio experimental, localizado en el Departamento de Paysandú, se estudió el efecto del pastoreo en el campo natural. Los resultados indican que prácticas de manejo como intensidad de la rotación de cultivos y pasturas, el método de preparación del suelo y el pastoreo, provocan cambios en la vegetación (estructura y densidad) y en los residuos (cantidad y calidad) y producen importantes variaciones en el microclima, en



la disponibilidad de recursos y en el hábitat que determinan la abundancia de lombrices, así como el predominio de determinadas especies.

Introducción

El suelo es un recurso crítico, no renovable a escala humana y cuya condición es vital para la producción agrícola, el balance global de agua dulce y de carbono y el funcionamiento de los ecosistemas (Doran et al., 1996). Es también un sistema donde la mayoría de las propiedades y procesos físicos y químicos son mediados por la biota que lo habita. Los diversos organismos del suelo (microorganismos, raíces e invertebrados) están ensamblados en intrincadas y variadas comunidades que contribuyen colectivamente con un amplio rango de servicios que son esenciales para el funcionamiento sustentable de los ecosistemas (Lavelle et al., 2006). Cada componente de la biota tiene un rol determinado en su nicho específico que frecuentemente no puede ser reemplazado por otros organismos presentes en el sistema. Dentro de los invertebrados se destacan las lombrices de tierra porque a través de su actividad promueven la mineralización de la materia orgánica y la movilización de nutrientes y mejoran la estructura del suelo.

La intensificación del uso de la tierra para aumentar la producción agrícola ha reemplazado la biodiversidad natural por plantas cultivadas y animales domésticos, ignorando la importancia de la biota del suelo (Altieri, 1999). Este proceso afecta a las poblaciones de lombrices de tierra como consecuencia de los cambios biológicos del ecosistema, de la perturbación física del suelo, de los efectos tóxicos de los agroquímicos y de la disminución de la materia orgánica del suelo que es su principal fuente de alimento.

La evaluación de los sistemas de producción frecuentemente se centra en la productividad y en las propiedades físicas y químicas del suelo, mientras que la valoración de los procesos biológicos ha sido menos estudiada. Los sistemas de producción del Uruguay, no escapan a esta realidad.

La existencia de áreas experimentales de larga duración es una excelente oportunidad para cuantificar el impacto de la intensidad de uso del suelo sobre sus propiedades y procesos y relacionarla con los factores abióticos. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de

distintos usos de la tierra sobre las comunidades de lombrices de tierra y explorar las posibles relaciones con las propiedades físicas y químicas del suelo y los residuos superficiales.

Metodología

Sitios de estudio

Este estudio fue realizado en el año 2003 en dos experimentos de largo plazo pertenecientes al Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA). En uno de ellos, localizado en el Este (33°14'00" S, 54°15'00" W) del país en la Unidad Experimental de Palo a Pique (UEPP-INIA Treinta y Tres), desde 1995 se evalúa el efecto de cuatro intensidades de uso del suelo en siembra directa incluyendo pastoreo. En el otro experimento ubicado en el norte del país (32°01'36" S, 57°07'04" W) en la Unidad Experimental Glencoe (UEG-INIA Tacuarembó) se estudia el efecto del pastoreo en el campo natural.

Descripción de los experimentos

En el experimento localizado en la UEPP- INIA Treinta y Tres, las cuatro intensidades de uso del suelo en siembra directa y con pastoreo evaluadas fueron: Cultivo continuo (CC) con siembra de dos cultivos forrajeros por año (*Avena sativa*, *Lolium multiflorum* y *Trifolium alexandrinum* en invierno; *Sorghum bicolor* o *Setaria italica* en verano); Rotación Corta (RC) con dos años de doble cultivo ídem CC y dos años de pradera artificial (*Trifolium pratense* y *L. multiflorum*); Rotación Larga (RL) con dos años de doble cultivo ídem CC y cuatro años de pradera artificial (*Trifolium repens*, *Lotus corniculatus*, *Dactylis glomerata* y *Festuca arundinacea*); Mejoramiento de pasturas (MP) con pradera artificial permanente (*T. repens*, *L. corniculatus* y *L. multiflorum*) renovada cada tres o cuatro años. Este experimento cuenta con todos los componentes de las diferentes alternativas de intensidad de uso del suelo (rotaciones) al mismo tiempo, es decir que la RL está compuesta por seis parcelas; RC por cuatro parcelas y CC y MP una parcela respectivamente, por lo que el ensayo totaliza 12 parcelas que fueron asignadas en forma aleatoria a las distintas unidades experimentales al inicio del experimento (Terra & García, 2001). Todos los tratamientos están sometidos a pastoreo, con las siguientes cargas animales: MP 1.4 UG

(Unidades Ganaderas)/ha; RC y RL 1.9 UG/ha y CC 2.5 UG/ha. Como testigo fue muestreada el área de campo natural con pastoreo que existe alrededor del experimento, en el cual se maneja una carga promedio de 0.8 a 0.9 UG/ha. Cada unidad experimental ocupa un área de seis hectáreas y tiene proporciones semejantes de suelos Argiudols Típicos.

En el otro experimento (UEG-INIA Tacuarembó) fueron seleccionadas dos parcelas de campo natural sometidas a tratamientos diferentes respecto al pastoreo: una con pastoreo rotativo de 14 días con 42 días de descanso (CN) y la otra sin presencia de ganado desde hace nueve años (EX 9). Cada área experimental tiene un tamaño aproximado de media hectárea. La carga animal que se maneja en el campo natural pastoreado es de 0.75-0.80 UG/ha. Los suelos predominantes son Hapluderts Típicos asociados a Argiudols de profundidad de perfil variable con contacto lítico.

Método de muestreo

El método de muestreo fue similar al recomendado por el Tropical Soil Biology and Fertility Programme (TSBF) (Anderson & Ingram, 1993). La unidad básica de muestreo fue de 25 cm de lado por 20 cm de profundidad. Los muestreos fueron realizados en los meses de abril y septiembre, que es la época de mayor abundancia de lombrices de tierra.

En cada una de las parcelas estudiadas (13 en la UEPP de INIA Treinta y Tres y 2 en la UEG de INIA Tacuarembó) se tomaron 15 muestras al azar ($n=15$). Los individuos y capullos colectados en cada unidad de muestreo, fueron conservados en formol 4%. En el laboratorio se los separó de acuerdo a su morfología y posteriormente permanecieron en la estufa a 70°C durante ocho horas para la determinación del peso seco.

Con el objetivo de explorar las relaciones entre las lombrices y variables ambientales, en cada punto de muestreo se colectaron los residuos en superficie y en el Laboratorio de Calidad de Forrajes de INIA La Estanzuela se realizaron las siguientes determinaciones: peso por unidad de superficie (PV), Fibra Detergente Neutra (FDN), Fibra Detergente Ácida (FDA) (Van Soest, 1982), materia seca parcial (MSP), cenizas (CEN) y materia orgánica (MOR) que resulta de la diferencia entre materia seca parcial y cenizas. La MSP se obtuvo por un proceso de secado en estufa de aire forzado a 60°C y las cenizas que equivalen al contenido de minerales, se obtuvieron por un proceso de incineración a

550°C durante tres horas. También se obtuvo una muestra de suelo compuesta por 45 tomas de suelo, a 10 cm de profundidad. En el Laboratorio de Suelos y Análisis de Plantas de INIA La Estanzuela se realizaron las determinaciones de: textura (Bouyoucos), conductividad eléctrica (Relación 1:1, Conductivímetro)(CE), carbono orgánico (Tinsley) (Corg), Nitrógeno total (Kjeldhal) (N), fósforo disponible (Bray I) (P), materia orgánica particulada gruesa y fina (CPOMg y CPOMF) y asociada a los minerales (CMAOM) (Morón & Sawchick, 2002), pH en agua, acidez titulable ($\text{Ca}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$) (AT), Ca y Mg (acetato de amonio pH7 y absorción atómica), K y Na (acetato de amonio pH7 y emisión atómica), Bases, Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC = Bases + Acidez titulable), y biomasa microbiana (BIOM). La determinación de densidad aparente (DA) se realizó en tres puntos de cada parcela. En el Cuadro 19.1 se presentan los valores promedio de los dos muestreos para cada intensidad de uso del suelo.

Análisis de datos

Para el análisis del efecto de los tratamientos, la variable considerada fue la biomasa seca (g/m^2) del total de individuos, de las morfoespecies y de los capullos. Los datos fueron transformados a $\text{Log}(x+1)$ y luego analizados utilizando modelos lineales generales (Proc Glim, SAS, 1999). El análisis fue factorial de dos vías, siendo los tratamientos y la época de muestreo los dos factores.

En el ensayo de la UEPP-INIA Treinta y Tres fueron considerados 13 tratamientos (cada parcela componente del ensayo). Posteriormente, las diferencias entre las medias de los cinco sistemas de producción (CC, RC, RL, MP, y CN) fueron determinadas mediante contrastes. En el experimento UEG-INIA Tacuarembó sólo fueron dos tratamientos (CN y EX9).

Para explorar las relaciones entre la biomasa de las lombrices de tierra y el hábitat, en primer lugar se construyeron dos matrices, una de ellas con las variables ambientales que incluyó la información de las propiedades físicas y químicas del suelo y las características de los residuos presentes en la superficie de cada tratamiento y la otra con los datos de biomasa seca de las diferentes morfoespecies y de los capullos. Como método de Ordenación se utilizó el de Análisis de Componentes Principales (ACP). En el caso de las variables ambientales los datos fueron estandarizados por tener diferente magnitud. Posteriormente, los resultados de la ordenación de las matrices de las variables

Cuadro 19.1. Propiedades del suelo y de los residuos promedio de los dos muestreos realizados en los experimentos de rotaciones de cultivos-pasturas (UEPP-INIA Treinta y Tres) y de pastoreo (UEG-INIA Tacuarembó) (Zerbino et al., 2006). CC = Cultivo continuo; RC = Rotación corta; RL = Rotación larga; MP = Mejoramiento permanente; CN = Campo natural pastoreado; EX9 = Exclusión sin pastoreo por 9 años

Localidad y tratamientos	Suelo ¹											Residuos ²							
	P (µg P/g)	pH (H ₂ O)	Corg	N	Arena	Limo (%)	Arcilla	Humedad	Ca	Mg	K	Na	CIC	Den. Ap. (g/cm ³)	Peso (g/m ²)	MSP	Cenizas (%)	FDN	FDA
CC	19.3	5.6	1.7	0.18	43	33	24	17.04	5.80	2.65	0.20	0.44	13.1	1.25	105.8	79.0	63.5	75.6	58.1
RC	8.8	5.5	2.0	0.21	40	35	25	21.18	5.09	2.48	0.24	0.28	13.8	1.23	113.8	62.2	40.2	62.8	51.0
UEPP-INIA Treinta y Tres	7.5	5.6	2.3	0.23	41	35	24	19.73	6.48	2.63	0.29	0.26	14.4	1.20	104.4	61.4	36.4	71.2	57.0
MP	4.4	5.9	2.3	0.24	42	36	22	24.00	7.85	3.05	0.31	0.24	15.0	1.17	96.2	42.4	20.9	72.0	54.4
CN	2.2	5.8	2.5	0.22	41	37	22	19.79	6.95	3.10	0.43	0.24	14.5	1.20	98.4	55.0	24.2	67.7	55.6
UEG-INIA	2.8	5.9	5.1	0.40	24	36	40	51.77	25.50	10.80	0.50	0.30	43.3	0.93	222.7	60.1	23.9	68.9	59.5
Tacuarembó	1.9	5.9	3.9	0.33	28	37	35	48.77	19.95	7.35	0.33	0.24	34.8	0.99	325.0	74.2	24.5	70.7	63.1

¹ CIC = capacidad de intercambio catiónico; Den. Ap. = Densidad aparente.

² MSP = materia seca parcial; FDN = fibra detergente neutra; FDA = fibra detergente ácida.

ambientales y los de las matrices de la macrofauna se conectaron mediante un análisis de Co-Inercia (COIA), el cual correlaciona los primeros ejes de ordenación de dos matrices. Este tipo de análisis que relaciona dos tablas, permite explorar las relaciones entre variables ambientales y biológicas cuando se consideran muchas variables en pocos sitios de muestreo (Dolédec & Chessel, 1994). Para determinar la significación de los valores de Co-Inercia se realizó un test de Monte-Carlo. El software utilizado fue ADE-4 (Thioulouse et al., 1997) incluido en el paquete R1.9 (R Development Core Team, 2004).

Resultados

Experimento de rotaciones cultivos-pasturas (UEPP-INIA Treinta y Tres)

Fueron colectados un total de 2897 individuos los cuales fueron clasificados en siete morfoespecies. El 69% de los individuos pertenecieron a la sp. 1 (Familia Ocnerodrilidae), el 16% a la sp. 2 (Familia Lumbricidae) y el 15% remanente fue distribuidos en las otras cinco morfoespecies (Zerbino et al., 2006).

En el cuadro 19.2 se presentan los resultados de los análisis de varianza para la biomasa seca del total de individuos colectados de cada morfoespecie y de los capullos. Hubo efectos de los tratamientos para el total y las morfoespecies sp. 1, sp. 2, sp. 4, sp. 5, así como para los capullos. En estos casos (con excepción de la sp. 2) también hubo interacción significativa de los tratamientos por época de muestreo.

En lo que se refiere a la biomasa seca total, en las dos fechas de muestreo la intensidad de uso del suelo MP registró el valor más alto de biomasa, el cual se diferenció de los obtenidos en las restantes intensidades de uso del suelo, que fueron similares entre sí. Esto es debido a la abundancia de la morfoespecie 2 en este sistema, que fue en los dos momentos de muestreo significativamente superior respecto a los restantes usos del suelo (Cuadro 19.2). Esta especie, a pesar de ser menos abundante que la sp. 1, tiene mayor tamaño y contribuye más para la biomasa total. En los tratamientos donde se produjo un reemplazo natural de la vegetación hubo un gradiente decreciente en la biomasa de la sp. 2 inversamente relacionado con la duración de la fase leguminosa en la rotación. Esta especie

Cuadro 19.2. Biomasa (g peso seco/m²) promedio de lombrices de tierra y sus capullos en las dos épocas de muestreo para las intensidades de uso del suelo del experimento en la UEPP-INIA Treinta y Tres.

Época de muestreo	Tratamiento ¹	Total ²	sp. 1	sp. 2	sp. 3	sp. 4	sp. 5	sp. 6	sp. 7	capullos	No. especies
Abril	CC	0.61 b	0.31 a	0	0.22 a	0.04 a	0	0	0	0	3
	RC	4.12 b	0.21 ab	2.75 bc	1.04 a	0	0.11 a	0	0	0	4
	RL	3.13 b	0.05 c	2.80 b	0.20 a	0.01 a	0	0.01 a	0	0.02 a	5
	MP	8.62 a	0.07 bc	8.49 a	0.01 a	0.01 a	0	0	0	0	4
	CN	0.32 b	0.05 c	0	0.27 a	0	0	0	0	0	2
Septiembre	CC	3.02 b	1.21 a	0	1.51 a	0.12 a	0	0.01 a	0.16 a	0	5
	RC	3.91 b	0.76 ab	1.14 bc	0.82 a	0.02 b	1.12 a	0.02 a	0.03 a	0.16 b	7
	RL	2.75 b	0.64 b	1.18 b	0.40 a	0.06 ab	0.38 b	0	0.09 a	0.31 b	6
	MP	9.30 a	0.73 ab	7.13 a	1.07 a	0.06 ab	0.07 bc	0.03 a	0.19 a	2.25 a	7
	CN	2.28 b	0.39 b	1.05 bc	0.76 a	0.01 b	0.02 bc	0	0	0.02 b	5
P>F (tratamiento)	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	n.s.	0.0017	<0.0001	n.s.	n.s.	<0.0001	
P>F (época de muestreo)	n.s. ³	<0.0001	0.0403	n.s.	n.s.	0.0021	<0.0001	n.s.	n.s.	<0.0001	
P>F (tratamiento*época de muestreo)	0.029	<0.0001	n.s.	n.s.	n.s.	0.0173	<0.0001	n.s.	n.s.	<0.0001	

¹ CC= Cultivo continuo; RC= Rotación corta; RL=Rotación larga; MP= Mejoramiento permanente; CN= Campo natural

² Valores seguidos por la misma letra en cada columna no son significativamente diferentes (P>0.05) para los contrastes de las medias de los usos de la tierra basado en la prueba F.

³ no significativo

no fue colectada en ninguno de los dos muestreos en CC.

Con respecto a la sp. 1, especie de menor tamaño, en ambos momentos de muestreo los mayores valores fueron registrados en el uso del suelo de mayor intensidad (CC), aunque las diferencias entre los distintos tratamientos fueron mayores en el muestreo del mes de abril. Para las sp. 4 y sp. 5 y los capullos sólo hubo efecto de los tratamientos en el muestreo de septiembre. En el caso de la sp. 4 la mayor biomasa se registró en CC y sólo se diferenció estadísticamente de los valores registrados en RC y CN. En el caso de la sp. 5 el valor más alto se registró en RC, la cual fue significativamente diferente de las restantes intensidades de uso del suelo. En relación a los capullos, sólo el valor registrado en MP se diferenció significativamente de las restantes intensidades de uso del suelo, las cuales fueron similares entre sí. Existió cierta relación entre la producción de capullos y la duración de la fase leguminosa en la rotación.

El test de Monte-Carlo del análisis de Co-Inercia entre las variables ambientales y la biomasa de las distintas morfoespecies y capullos no fue significativo (p=0.2) cuando se consideraron todas las intensidades de uso del suelo. Sin embargo, al realizar análisis excluyendo el tratamiento CN, el test de Monte-Carlo fue significativo (p=0.03). Esto significa que en las intensidades de uso del suelo donde hubo un reemplazo de la vegetación natural, la co-estructura descrita por Co-Inercia en los ejes 1 y 2 es semejante a la estructura descrita por los ejes 1 y 2 para cada análisis por separado.

Los primeros ejes del análisis de Co-Inercia explican el 89% y 8% de la estructura común compartida por las matrices de variables ambientales y de la biomasa, lo que enfatiza la importancia del primer eje.

La posición de los usos de la tierra de acuerdo a los valores de las variables ambientales y de la biomasa (Figura 19.1a) ilustra el ajuste entre las dos nuevas ordenaciones. Hacia la izquierda

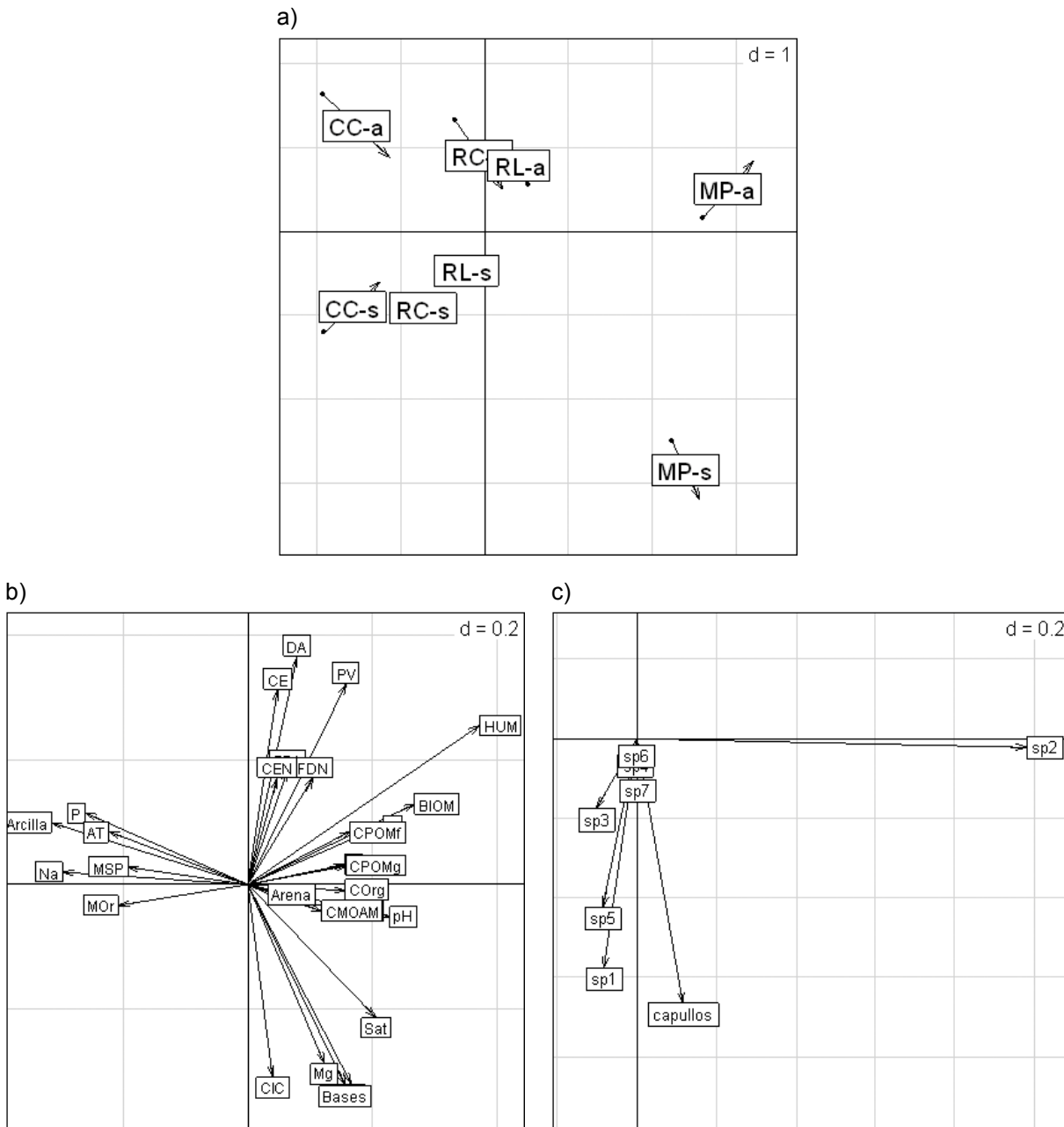


Figura 19.1. Análisis de Co-Inercia entre variables ambientales y la biomasa de las morfoespecies encontradas en la UEPP-INIA Treinta y Tres: a) plano factorial de Co-Inercia de los usos de la tierra; b) y c) proyección de los vectores de las variables ambientales y de la biomasa de las morfoespecies en el plano factorial de Co-Inercia. La punta de la flecha representa la vposición del uso de la tierra para la biomasa de las morfoespecies y el otro extremo para las variables ambientales, cuanto mayor es la flecha menor es la relación entre las variables ambientales y la biomasa de las morfoespecies. CC = Cultivo continuo; RC = Rotación corta; RL = Rotación larga; MP = Mejoramiento permanente; CN = Campo natural; a = abril; s = septiembre; PV = peso por unidad de superficie; FDN = Fibra Detergente Neutra; FDA = Fibra Detergente Ácida; MSP = materia seca parcial; CEN = cenizas; MOR = materia orgánica; Corg = carbono orgánico; N = Nitrógeno total; P = fósforo disponible (Bray I); CPOMg, CPOMf y CMAOM = materia orgánica particulada gruesa y fina asociada a los minerales; pH = pH en agua; AT = acidez titulable; Ca, Mg, K y Na = cationes intercambiables; Bases = suma de las bases; CIC = Capacidad de Intercambio Catiónico; BIOM = biomasa microbiana; DA = densidad aparente; CE = conductividad eléctrica; HUM = humedad del suelo.

se ubicó el sistema de producción más intensivo (CC) que fue un ambiente que se caracterizó por tener residuos con alto contenido de materia seca parcial (MSP) y de materia orgánica (MOr) y suelos con altos valores de arcilla, fósforo (P), sodio (Na) y acidez titulable (AT). Las morfoespecies características de este uso del suelo fueron sp.1, sp.3 y sp. 5 (Figura 19.1b, c). Por el contrario, a la derecha de la Figura 19.1a se ubicó el uso del suelo menos intensivo (MP), el cual se caracterizó por ser un ambiente con suelos con mayor contenido de humedad (HUM), de materia orgánica (COrg), de biomasa microbiana (BIOM), contenido de bases y cationes y pH más altos y por la presencia de la morfoespecie sp.2 (Figura 19.1b, c). En una posición intermedia se ubicaron las rotaciones con intensidad intermedia (RC y RL). El eje 2 separó a los momentos de muestreo (Figura 19.1a).

Experimento de pastoreo en campo natural (UEG-INIA Tacuarembó)

En este experimento fueron colectados un total de 454 individuos, los cuales fueron clasificados en cinco morfoespecies, de las cuales el 79% de los individuos correspondió a la morfoespecie sp.1 (Familia Ocnerodrilidae), el 8% a la sp.3 (Familia Glossoscolecidae), y el 13% restante distribuido entre las tres morfoespecies restantes (Zerbino et al., 2006).

En el Cuadro 19.3 se presentan los resultados de los análisis de varianza para la biomasa total de las cinco morfoespecies y de los capullos; sólo hubo efecto de los tratamientos para el total y la sp. 3. En ambos casos no se registró interacción tratamiento por época de muestreo y

la mayor biomasa se registró en el tratamiento sin pastoreo.

El test de Monte-Carlo del análisis de Co-Inercia fue significativo ($p < 0.05$), lo que indica que la co-estructura descrita por Co-Inercia en los ejes 1 y 2 es semejante a la estructura descrita por los ejes 1 y 2 para cada análisis por separado. Los primeros ejes del análisis de Co-Inercia explican el 97% y 3% de la estructura común compartida por las matrices de variables ambientales y de la biomasa, lo que enfatiza la importancia del primer eje.

En las dos épocas de muestreo ambos tratamientos quedaron separados (Figura 19.2a). El área excluida del pastoreo se caracterizó por tener mayor cantidad de residuos con contenidos de fibra detergente neutra y cenizas más elevados y suelos con contenido de limo y densidad aparente superiores a CN. Este fue el ambiente preferido por la sp. 3. Por su parte, CN se caracterizó por ser un ambiente rico en materia orgánica, en bases y biomasa microbiana y tener mayor presencia de la sp.1 (Figura 19.2b, c). El eje 2 separó a las dos épocas de muestreo (Figura 19.2a).

Discusión

La intensidad de uso del suelo fue el factor determinante en los resultados obtenidos en ambos experimentos. El número de cultivos por año en el experimento de UEPP-INIA Treinta y Tres y el pastoreo en la UEG-INIA Tacuarembó provocan cambios en la vegetación (estructura y densidad) y en los residuos (cantidad y calidad) y producen

Cuadro 19.3. Biomasa (g peso seco/m²) promedio de lombrices de tierra y sus capullos y análisis de varianza en las dos épocas de muestreo y en los dos tratamientos del experimento en la UEG-INIA Tacuarembó.

Época de muestreo	Tratamiento ¹	Total ²	sp. 1	sp. 3 ²	sp. 4	sp. 5	sp. 6	capullos	No. especies
Abril	EX9	3.42 a	0.20	3.18 a	0	0	0.001	0	3
	CN	0.26 b	0.26	0 b	0	0	0	0.01	1
Septiembre	EX9	2.73 a	0.64	1.93 a	0.02	0.03	0.10	0.03	5
	CN	1.55 b	0.80	0.61 b	0.10	0	0.04	0	4
P (tratamiento)		0.020	n.s.	0.0111	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	
P (época de muestreo)		n.s. ³	0.002	n.s.	0.015	n.s.	n.s.	n.s.	
P (tratamiento*época de muestreo)		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	

¹ CN = Campo natural pastoreado; EX9 = Exclusión sin pastoreo por 9 años

² Valores seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes ($P > 0.05$) para los contrastes de las medias de los usos de la tierra basado en la prueba F.

³ no significativo

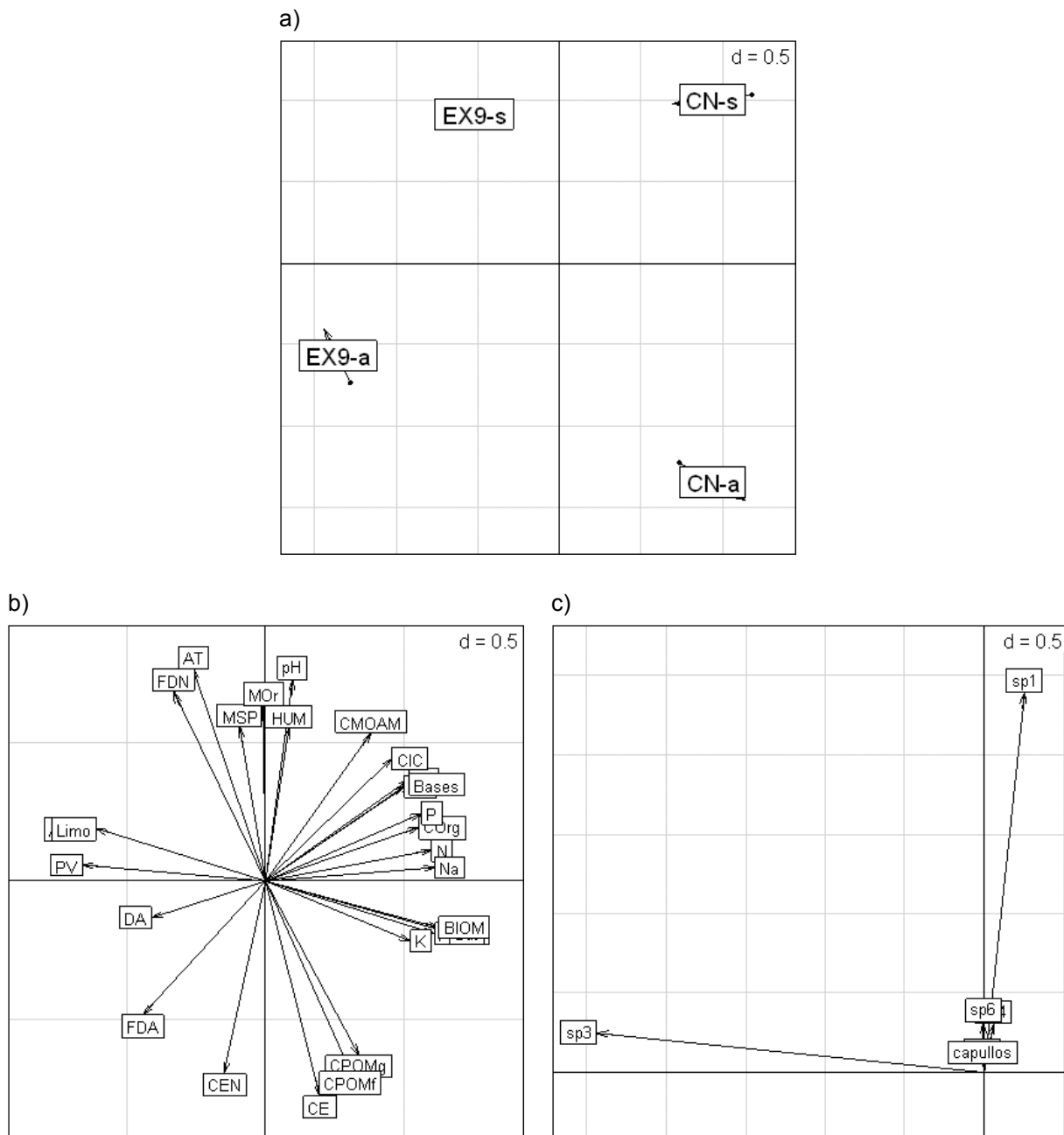


Figura 19.2. Análisis de Co-Inercia entre variables ambientales y la biomasa de las morfoespecies encontradas en la UEG-INIA Tacuarembó: a) plano factorial de Co-Inercia de los usos de la tierra; b) y c) proyección de los vectores de las variables ambientales y de la biomasa de las morfoespecies en el plano factorial de Co-Inercia. La punta de la flecha representa la posición del uso de la tierra para la biomasa de las morfoespecies y el otro extremo para las variables ambientales, cuanto mayor es la flecha menor es la relación entre las variables ambientales y la riqueza de la macrofauna. (significado de las abreviaciones en la leyenda de la Figura 19.1).

importantes variaciones en el microclima, en la disponibilidad de recursos y en el hábitat.

En el experimento donde se evalúan distintas intensidades de uso del suelo en siembra directa y con pastoreo (UEPP-INIA Treinta y Tres) no fueron encontradas diferencias tan marcadas como las determinadas por Zerbino & Morón (2003) en un experimento de 40 años que incluye rotaciones cultivo-pasturas en laboreo convencional en la región sur-oeste del Uruguay. Esto podría ser debido a las diferencias en la preparación del suelo de ambos experimentos (laboreo convencional vs. siembra directa) y/o a que los tratamientos evaluados en el presente experimento aún no han tenido tiempo suficiente para ejercer efectos sobre las propiedades del suelo. De hecho, en este experimento las propiedades del suelo de los distintos sistemas de producción tienen un rango de variación menor que en el ensayo de rotaciones de cultivos-pasturas en laboreo convencional.

En CN (UEPP-INIA Treinta y Tres) se registraron los valores más bajos de biomasa total y de las morfoespecies que fueron afectadas por los tratamientos, resultado de la baja densidad poblacional de lombrices en este tratamiento (Zerbino et al., 2006). Esto podría ser consecuencia del cambio en las condiciones de temperatura y humedad del suelo como resultado de la menor cantidad de residuos presentes en la superficie del suelo a causa del pastoreo (Zerbino, 2005). Sin embargo, la baja densidad de lombrices en ecosistemas nativos es común en diversos lugares de Latinoamérica (por ej., Brasil; ver Brown & James, 2007, cap. 20) y en ese caso, las lombrices presentes son principalmente pequeñas, contribuyendo poco, por lo tanto, a la biomasa total.

En los sistemas de producción donde hubo un reemplazo de la vegetación natural, la biomasa de las morfoespecies sp. 1 (Familia Ocnerodrilidae) y sp. 2 (Familia Lumbricidae) varió de acuerdo al grado de intensificación. La sp. 1 parece ser mejor adaptada y la sp. 2 más susceptible a la perturbación. En el sistema de cultivos anuales, donde existe una simplificación muy importante de la vegetación, la riqueza de especies fue menor (3-5 spp.) en relación a los sistemas menos intensivos (4-7 spp.), excepto el CN, donde la diversidad encontrada también fue baja (2-5 spp.). En el muestreo de septiembre fueron encontradas un mayor número de especies encontradas y los valores de biomasa fueron más altos. En ninguna de las dos épocas de muestreo fueron colectados individuos de las especies 2 y 5 en CC. En este uso del suelo se registraron los

mayores valores de biomasa de la sp. 1 lo que indicaría que en este uso del suelo no hubieron restricciones tróficas para esta especie.

Los sistemas menos intensivos, con mayor tiempo de leguminosas en la rotación tuvieron mayor diversidad. Estos sistemas se caracterizaron por tener mejores condiciones físicas y químicas del suelo que CC. A medida que la fase leguminosa tuvo mayor duración se vio favorecida la presencia de la sp. 2. Los usos del suelo RC y RL registraron valores intermedios entre CC y MP respecto a la biomasa de sp. 1 y sp. 2; en ambos sistemas de producción ésta última especie fue predominante.

Los resultados obtenidos para los capullos, demuestran que existe cierta relación entre la producción de capullos y la duración de la fase leguminosa en la rotación. Esto concuerda con Evans & Guild (1948) quienes encontraron que las lombrices producen más capullos cuando son alimentadas con dietas más ricas en nitrógeno. De hecho, el contenido de materia orgánica, el estatus nutricional, el pH, la textura del suelo y el contenido de humedad, determinaron la composición de las comunidades de lombrices de tierra en los tratamientos donde hubo una modificación del tapiz natural.

En el experimento del efecto del pastoreo (UEG-INIA Tacuarembó) se observaron pequeñas diferencias entre tratamientos en la composición de las comunidades aunque no hubo diferencia en la densidad total (Zerbino et al., 2006). Sin embargo, el área excluida del pastoreo presentó mayor biomasa seca total, consecuencia de un mayor número de individuos de la morfoespecie sp. 3 (Familia Glossoscolecidae). En abril se encontraron tres especies en el área sin pastoreo y apenas una en el CN. En septiembre se encontraron cinco especies, pero la sp. 5 solo apareció en el área sin pastoreo.

Las diferencias en la cantidad y calidad de los residuos, así como en las propiedades físicas y químicas del suelo fueron los factores determinantes de los resultados de biomasa obtenidos. Estos indican que el pastoreo rotativo de 14 días con 42 días de descanso afecta en forma diferencial a las especies.

En ambos estudios, en los análisis de Co-Inercia el primer factor de ordenación de las comunidades correspondió a los tratamientos y el segundo factor a la época de muestreo, lo cual indica que a nivel local, en la estructura de las comunidades, el manejo y el tipo de vegetación tiene más importancia que las variaciones climáticas estacionales. Estos resultados son similares a los

obtenidos por Dubs et al. (2004). Este análisis demostró ser una herramienta útil para visualizar las relaciones entre la macrofauna del suelo y el hábitat, permitiendo definir y comparar los ensamblajes biológicos y evaluar el efecto de las perturbaciones.

Los resultados obtenidos en ambos experimentos indican que prácticas de manejo como la siembra directa conjuntamente con la diversificación espacial (pasturas mixtas) y temporal (rotaciones) de especies vegetales y el pastoreo de campo natural, crean diferentes condiciones que determinan la presencia y el predominio de distintas especies de lombrices. Sin embargo, para llegar a conclusiones más precisas sobre las relaciones entre las lombrices y las variables ambientales, es necesario identificar las especies presentes en los distintos tratamientos.

Agradecimientos

Un especial agradecimiento a George G. Brown, por el apoyo brindado en la participación del primer ELAETAO y a los revisores anónimos por sus comentarios y sugerencias.

Referencias

- ALTIERI, M. **Agroecología**: bases científicas para una agricultura sustentable. Montevideo: Nordan Comunidad. 1999.
- ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. **Tropical soil biology and fertility**: a handbook of methods. 2. ed. Wallingford: CAB International, 1993.
- BROWN, G. G.; JAMES, S. W. Ecología, biodiversidade e biogeografía das minhocas no Brasil. In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. (Ed.). **Minhocas na América Latina**: biodiversidade e ecología. Londrina: Embrapa Soja, 2007. Capítulo 20.
- EVANS, A. C.; GUILD, W. J. McL. Studies on the relationships between earthworms and soil fertility. IV. On the life cycles of some British Lumbricidae. **Annals of Applied Biology**, v. 35, p. 471-484, 1948.
- DOLÉDEC, S.; CHESSEL, D. Co-Inertia analysis: an alternative method for studying species-environment relationships. **Freshwater Biology**, v. 31, p. 277-294, 1994.
- DORAN, J. W.; SARRANTONIO, M.; LIEBIG, M. Soil health and sustainability. **Advances in Agronomy**, v. 56, p. 1-53, 1996.
- DUBS, F.; LAVELLE, P.; BRENNAN, A.; EGGLETON, P.; HAIMI, J.; IVITS, E.; JONES, D.; KEATING, A.; MORENO, A. G.; SCHEIDEGGER, C.; SOUSA, P.; SZEL, G.; WATT, A. Soil macrofauna response to soil, habitat and landscape features of land use intensification: an European gradient study. In: INTERNATIONAL COLLOQUIUM ON SOIL ZOOLOGY AND ECOLOGY, 14., Rouen. **Resumos...** Rouen: Université de Rouen, 2004. p. 252.
- LAVELLE, P.; DECAËNS, T.; AUBERT, M.; BAROT, S.; BLOUIN, M.; BUREAU, F.; MARGERIE, P.; MORA, P.; ROSSI, J.-P. Soil invertebrates and ecosystem services. **European Journal of Soil Biology**, v. 42, p. 3-15, 2006.
- MORÓN, A.; SAWCHICK, J. Soil quality indicators in a long-term crop-pasture rotation experiment in Uruguay. In: WORLD CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 17., **Proceedings...** Bangkok: ISSS. 2002. 11 p. Symposium n°32, Paper 1327.
- TERRA, J.; GARCÍA PRÉCHAC, F. **Siembra directa y rotaciones forrajeras en las lomadas del este**: síntesis 1995–2000. 100 p. 2001. (INIA Serie técnica, n.125).
- THIOULOUSE, J.; CHESSEL, D.; DOLEDEC, S.; OLIVIER J. M. ADE-4: a multivariate analysis and graphical display software. **Statistics and Computing**, v. 7, p. 75-83, 1997.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2004. Disponible em: <<http://www.R-project.org>>
- SAS Institute Inc. **SAS/STAT user's guide**, Version 8. Cary: SAS Institute Inc. 1999.
- VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Corvallis: O & B Books. 1982. 374 p.
- ZERBINO, M. S. **Evaluación de la densidad, biomasa y diversidad de la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de producción**. 2005. 92 f. Tesis (Magíster en Ciencias Ambientales) - Universidad de la República. Facultad de Ciencias. Montevideo
- ZERBINO, M. S.; MORÓN, A. Macrofauna del suelo y su relación con propiedades físicas y químicas en rotaciones cultivo-pastura. In: MORÓN, A.; DÍAZ, R. (Ed.). **Simposio 40 años de rotaciones agrícolas-ganaderas**, 2003. p. 45-53 (INIA Serie Técnica, n. 134).
- ZERBINO, M. S.; RODRÍGUEZ, C.; ALTIER, N. Earthworms in agro-ecosystems of Uruguay. **Caribbean Journal of Science**, v. 42, n. 3, p. 315-324, 2006.

Ecologia, biodiversidade e biogeografia das minhocas no Brasil¹

George G. Brown; Samuel W. James

Abstract

Approximately 305 species/subspecies of earthworms are known from Brazil, although >1400 species are estimated to exist, placing Brazil as one of the countries with the highest earthworm biodiversity. Most species are native (85%) and only 15% are exotic. The majority of the species are in the families Glossoscolecidae (66%), Ocnerodrilidae (15%) and Acanthodrilidae (8%). Most of the native species show a restricted distribution and high endemism, while exotic species have extensively colonized mostly disturbed habitats. One species, *Pontoscolex corethrurus* (Müller, 1857), native to N Brazil, should be considered a peregrine invasive, as it has spread throughout the country and is the most abundant and well-known Brazilian earthworm. More than 50 species of large (>30 cm length, >1cm diam.) earthworms (minhocuçu) inhabit Brazilian soils. Several of them are harvested and widely commercialized as fish bait. Although prohibited, many families derive their income from worm harvesting and sale as bait, and one species is presently on the national endangered species list. Other species may also be endangered, but much more work must be done to properly ascertain their status, as there are still relatively few earthworm collection records in the country (<750 sites), and many species are known only from their type locality. A large proportion of the known Brazilian species have been collected in semi-aquatic conditions such as in marshes, along stream banks, and other chronically wet soils, that often represent refuges for earthworm survival in an otherwise highly modified landscape. Many new species have been collected in these habitats, and further sampling efforts will certainly reveal other new species, especially from regions with few sampling sites, such as the NE, far S, Central and N parts of the country.

Earthworms have been sampled quantitatively in a large variety of ecosystems, both natural and disturbed, throughout Brazil. However, only in a few sites were all earthworms identified to species level. Earthworms were found to be abundant in no-tillage agroecosystems, pastures and chronically-wet soils like rice-paddies, where species diversity ranged from low to high, depending on the site. In forest ecosystems, diversity was generally high, but abundance low. Due to their importance for soil properties and processes and their services to natural and agricultural ecosystems, conservation and sustainable use of earthworms is an imperative. However, little is known of the biology, life history, and effects of native or invasive earthworms on the soil and its function, and on the populations and activity of soil organisms. In agroecosystems, the effects of invasive species appear to be mostly positive, but in native ecosystems, the net effect of invasion may be negative. The study of the effects of native and exotic invasive earthworm species on soils, ecosystem function and biodiversity in Brazil are an urgent necessity, considering the extent of invasion, and the increasing human pressure on land use and natural resources. Nevertheless, this is hampered by the lack of knowledge of their biology and ecology as well as the lack of trained taxonomists and earthworm researchers in Brazil.

Resumo

Atualmente, conhecem-se aproximadamente 305 espécies/subespécies de minhocas do Brasil, apesar de ser estimada a existência de >1400 espécies, colocando o país entre os

¹ Este capítulo é uma versão modificada e ampliada de James & Brown (2006).



mais biodiversos do mundo. A maior parte das espécies é nativa (85%) e apenas 15% são exóticas. A maioria das espécies são das famílias Glossoscolecidae (66%), Ocnerothricidae (15%) e Acanthothricidae (8%). As espécies nativas demonstram, de forma geral, distribuição restrita e endemismo, enquanto as exóticas colonizaram extensamente habitats perturbados. Uma espécie, *Pontoscolex corethrurus* (Müller, 1857), apesar de ser nativa à região Norte do país, deve ser considerada uma invasora peregrina, já que ela se espalhou por todo o país e é a minhoca mais abundante e melhor conhecida do Brasil. Mais de 50 espécies de minhocas (minhocas >30 cm comprimento e >1 cm de diâmetro) habitam o país, e vários são coletados e comercializados como isca para pesca. Apesar de ser proibido, muitas famílias derivam seu sustento da coleta e venda de minhocas como isca, e uma espécie está atualmente na lista de animais ameaçados de extinção. Outras espécies podem também estar em perigo, mas muito mais trabalho deve ser feito para verificar adequadamente seu status, já que existem relativamente poucos registros de coleta de minhocas no país (<750 localidades), e muitas espécies são conhecidas apenas de sua localidade tipo. Uma grande proporção das espécies brasileiras foram coletadas de ambientes semi-aquáticos como brejos, ao lado de cursos de água, e em solos cronicamente úmidos, que frequentemente representam refúgios de sobrevivência de espécies nativas em paisagens perturbadas. Muitas novas espécies têm sido coletadas nesses locais, e maiores esforços de coleta certamente revelarão novas espécies, especialmente em regiões com poucos locais de coleta, como o NE, S, CO e N do país.

Populações de minhocas têm sido estudadas quantitativamente em vários ecossistemas do país, tanto nativos como perturbados. Porém, apenas em alguns desses locais as minhocas foram identificadas em nível de espécie. As minhocas foram mais abundantes em agroecossistemas com plantio direto, em pastagens e em solos úmidos como arrozais, onde a diversidade de espécies variou de baixa a alta, dependendo do local. Em florestas nativas, a diversidade foi geralmente alta, mas a abundância baixa.

Devido à sua importância para as propriedades e processos do solo e seus serviços aos ecossistemas agrícolas e naturais, a conservação e o uso sustentável das minhocas é um imperativo. Porém, sabe-se pouco da biologia, ecologia e efeitos das espécies nativas ou invasoras sobre o funcionamento do solo e as populações e atividade de outros organismos edáficos. Em agroecossiste-

mas, os efeitos das espécies invasoras parecem ser netamente positivos, mas em sistemas naturais, o efeito pode ser negativo. Portanto, é necessário que se estudem os efeitos das espécies nativas e exóticas invasoras sobre os solos, sua função nos ecossistemas e sua biodiversidade no Brasil, especialmente considerando a amplitude da invasão e transformação antrópica aos ecossistemas, e o abuso no uso dos recursos naturais no país. Porém esses estudos estão limitados pelo baixo número de pesquisadores capacitados e taxônomos atuando no país.

Introdução

Os oligoquetas estão entre os primeiros animais a surgir na face da terra, provavelmente aparecendo no período Edicariano (Era Paleozóica), há uns 570 milhões de anos (Bouché, 1983). Do oceano, migraram para a massa terrestre e se adaptaram à vida no solo, há aproximadamente 225 milhões de anos. Durante esse longo período de tempo se diversificaram, desenvolvendo várias adaptações para sobreviver no solo (um meio opaco, escuro e compacto, com poucos recursos alimentícios e de baixa qualidade). Hoje, se encontram em praticamente todos os principais habitats terrestres e o número de espécies conhecidas no mundo gira em torno de 8800 (Reynolds & Wetzel, 2007).

A biodiversidade do Brasil é reconhecida mundialmente, principalmente por causa da famosa floresta Amazônica, da Mata Atlântica, dos Cerrados e do Pantanal, todas regiões de alta biodiversidade e considerável endemismo. De fato, reconhece-se que o País contém a maior biodiversidade do planeta e, junto com outros países como Austrália, Índia, China e México, pertence à lista de países megadiversos. A Austrália tem mais de 700 espécies conhecidas de minhocas (das quais 560 são nativas; Blakemore, 2000, 2005) e muitas áreas com diversidade ainda desconhecida. Da Índia, se conhecem 413 espécies (Julka & Paliwal, 2005), e o número para o México provavelmente seja o dobro do total conhecido atualmente (135 espécies; Fragoso, 2007, cap. 4), dada a grande diversidade de habitats e a complexidade topográfica do país. Da China, se conhecem aproximadamente 300 espécies (Qiu & Wu, dados não publicados), mas muitas áreas, especialmente na região tropical e subtropical do País, ainda não foram amostradas. Tanto os Estados Unidos da América (James, 1995;

Fender, 1995) como a Nova Zelândia (Blakemore, 2004), provavelmente tenham >200 espécies.

Entre os grandes países do mundo, o Brasil é o único cujo território é quase inteiramente habitável climaticamente (excetuando parte da caatinga do sertão nordestino) por minhocas. As glaciações quaternárias, terminando com a última (Wisconsin-Würm), há aproximadamente 13.000 anos, provavelmente tiveram efeito mínimo sobre as espécies antigas brasileiras e, ao mesmo tempo, podem ter dado oportunidade para a evolução de novas espécies. Portanto, as espécies no Brasil puderam evoluir por muito tempo, interrompidas apenas por alguns períodos de glaciação que podem até ter ajudado na diversificação específica (Müller, 1972). Dadas essas condições e a enorme extensão territorial brasileira, é possível que o Brasil seja o país do mundo com o maior número de espécies de oligoquetas terrestres.

As minhocas são animais essencialmente edáficos e a grande maioria das espécies mundiais habita as camadas superficiais do solo, geralmente até profundidades de 30 a 50 cm no perfil. Existem três grupos funcionais (categorias ecológicas) principais de minhocas, que representam suas adaptações ao ambiente terrestre.

- 1) Endógeas. Vivem no solo e se alimentam essencialmente de matéria orgânica do solo. Desenvolvem uma relação mutualista com os microorganismos para sua digestão e formam coprólitos minerais (frequentemente enriquecidos de matéria orgânica e/ou argila). Esse grupo inclui a maior parte das espécies mundiais e é responsável por grandes modificações físicas no solo e na disponibilidade de recursos (físicos e energia) a outros organismos edáficos, sendo, portanto, considerado “engenheiro do ecossistema” (Jones et al., 1994).
- 2) Epígeas. Habitam a serapilheira, as bromélias e os solos orgânicos suspensos nas copas das árvores. Se alimentam de matéria orgânica em etapas primárias ou intermediárias de decomposição. Seus coprólitos são essencialmente orgânicos.
- 3) Anécicas. São geralmente de grande tamanho (frequentemente minhocoçus), formam galerias essencialmente verticais e permanentes no solo, mas se alimentam de matéria orgânica em estágios intermediários de decomposição na superfície do solo. Frequentemente, enterram a serapilheira para promover sua decomposição e aumentar sua palatabilidade.

Considerada por muitos como um animal repulsivo, ou às vezes até como uma praga ou

um verme que deve ser eliminado, a minhoca é, na realidade, muito útil para o solo; é uma espécie chave para o funcionamento edáfico, que promove a aeração (bioporos) e a formação de macroagregados estáveis (que conservam C), e que influi na decomposição da matéria orgânica e na mineralização de nutrientes e sua disponibilidade para as plantas (Lavelle, 1988). São também animais muito utilizados para a pesca e a produção de adubos orgânicos através da minhocultura.

Neste capítulo, é explorada a biodiversidade das minhocas no Brasil, alguns aspectos da sua ecologia e distribuição em diversos ambientes terrestres (biogeografia), e os impactos da sua exploração no País.

História da taxonomia de minhocas no Brasil

Ninguém sabe quando o primeiro biólogo ou naturalista encontrou uma minhoca no Brasil, mas foi, provavelmente, logo no início do período colonial. A região da Mata Atlântica, ao longo da costa brasileira, foi a primeira a ser colonizada e contém muitas espécies nativas e endêmicas, algumas delas enormes. Certamente, os indígenas brasileiros já as conheciam, pois várias tribos têm nomes próprios para as minhocas. Por exemplo, o nome *chibui* dos indígenas de Rondônia significa minhocoçu (minhoca grande/gigante), enquanto os Asuriní do Xingu e Tocantins chamam as minhocas de *ewó'i*, e os Guajá de *amerikurí*. Curiosamente, até a palavra minhoca, agora usada para descrever esse grupo animal na língua portuguesa, é de origem indígena, da língua quimbanda, uma das línguas bantas de Angola (Righi, 1997).

Com certeza, os europeus, acostumados com as minhocas de tamanho médio e pequeno nos seus países de origem, se surpreenderam com os minhocoçus brasileiros, gerando, assim, os primeiros relatos de minhocas e as primeiras descrições de espécies brasileiras. Foi um alemão, F. Leuckart, que descreveu a primeira minhoca brasileira, estabelecendo o gênero *Glossoscolex*, em 1835, e descrevendo, posteriormente (1836), o minhocoçu *G. giganteus*, espécie com mais de 1 m de comprimento, coletado nas florestas da encosta do Morro do Corcovado, no Rio de Janeiro.

Algumas décadas depois (1857), o naturalista alemão, residente em Santa Catarina, Fritz Müller, descreveu a espécie comum e abundante, *Pontoscolex corethrurus* (a minhoca mansa), a partir

de exemplares coletados em Itajaí². Ele também comentou sobre a distribuição da espécie dizendo que “a minhoca mansa, a mais comum das minhocas neste país (Brasil),... pode ser encontrada em quase todo torrão de solo cultivável...”

Vinte anos mais tarde (1877 e 1878), Charles Darwin e F. Müller trocaram correspondência sobre minhocas quando Darwin estava escrevendo o seu último livro (Darwin, 1881). Parte da resposta de Müller a Darwin se encontra nesse livro (pgs. 67-68), e comenta sobre a abundância de coprólitos nas florestas da região. Infelizmente, as cartas descrevendo a atividade das minhocas brasileiras estão ausentes do livro das cartas trocadas entre Darwin e Müller (Zillig, 1997) e não foi possível obter cópias para conhecer os detalhes. Contudo, sabe-se que Müller conhecia pelo menos duas espécies de minhocas em Santa Catarina e que, “em muitas florestas e pastagens, todo o solo, até 25 cm, parece haver passado repetidamente pelo intestino das minhocas, mesmo onde quase não se observam coprólitos na superfície”. Esses coprólitos eram provavelmente de *P. corethrurus*, abundante na região, como o próprio Müller já havia relatado. Além disso, um minhocoçu raro (ainda não descrito na época) produzia grandes (2 cm diâm.) galerias, penetrando o solo até uma profundidade considerável (Darwin, 1881).

No final do século XIX, a maior parte das minhocas coletadas (e espécies novas) foram descritas do Rio de Janeiro e dos estados mais ao sul. Essas foram as regiões preferidas para explorações e a colonização dos europeus que tinham programas de pesquisa biológica nos seus países natais. Portanto, a maior parte dos exemplares coletados foi enviada a especialistas na Alemanha (Michaelsen, Ude, Horst, Kinberg), Itália (Cognetti, Rosa), Inglaterra (Benham) e França (Perrier). Muitos desses exemplares eram minhocoçus, e uma grande parte desse material ainda está depositada em coleções no exterior.

Em 1867, Kinberg descreveu a espécie *Amyntas gracilis* (sinônimos: *Pheretima hawayana* e *Amyntas hawayanus*), a partir de indivíduos (juvenis) coletados no Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Hoje, essa espécie exótica é uma das mais amplamente distribuídas no Brasil (Brown et al., 2006a) e no mundo. Mas foi o trabalho de J.W. Michaelsen, tanto no final do século XIX como no

início do século XX, que aumentou de forma significativa o conhecimento da biodiversidade das minhocas brasileiras. Ele descreveu mais de 34 espécies brasileiras até sua morte em 1937. Os demais taxônomos mencionados acima, ao todo, só descreveram 12 espécies.

Cernosvitov (1934a,b; 1935; 1938; 1939) também descreveu várias (12 espécies; nove Glossoscolecidae e três Acanthodrilidae) minhocas nativas brasileiras, coletadas em expedições de europeus ao Brasil.

Alguns anos mais tarde, a partir de material coletado no Ceará durante uma visita ao Brasil, e de exemplares enviados por colegas brasileiros, Ergasto Cordero descreveu 3 novas espécies da família Glossoscolecidae (Cordero, 1943, 1944) da região nordeste, de onde ainda não se conheciam minhocas na época (e de onde ainda há poucos registros).

A partir do início dos anos 1960, até a sua morte em 1999, o Dr. Gilberto Righi (Foto 20.1) trabalhou principalmente com minhocas, e a maior parte das espécies conhecidas do Brasil foi descrita por ele e seus alunos(as)³.

Em trabalhos mais recentes, Zicsi & Csuzdi (1987, 1999) identificaram minhocas de diversas regiões do País, coletadas principalmente antes dos anos 80, e na região de Manaus, na década de 90 (Zicsi et al., 2001). Esses autores descreveram



Foto 20.1. Dr. Gilberto Righi (1937-1999), professor da Universidade de São Paulo, e especialista em taxonomia de Oligochaeta. O Dr. Righi e seus alunos descreveram 144 espécies/subespécies brasileiras. (Foto G.G. Brown)

² De fato, segundo o seu irmão, essa foi a primeira espécie que F. Müller descreveu do Brasil. Foi encontrada convivendo com a planária terrestre *Geobia subterranea*, que usava as galerias das minhocas para encontrar sua presa e consumi-la.

³ Righi e seus alunos(as) descreveram 144 espécies/subespécies brasileiras em 40 gêneros.

um novo gênero *Righiodrilus* (Zicsi, 1995), com 21 espécies/subespécies brasileiras (Anexo 20.1) e uma nova espécie (*Cirodrilus righii*), em reconhecimento à contribuição de Righi à biodiversidade e à taxonomia dos megadrilos neotropicais.

Com a morte de Righi, porém, não resta nenhum taxônomo ativo no Brasil e são poucos os que continuam atuando na América Latina. Usando a taxa anual de descrição de espécies de minhocas realizada pelo Dr. Righi (6,4 espécies por ano), Fragoso et al. (2003) estimaram que seriam necessários 46 taxônomos trabalhando durante 10 anos, ou 10 taxônomos trabalhando durante 46 anos, para descrever o restante das espécies de minhocas no mundo (pelo menos mais 3000-4000 espécies). Porém, esses recursos humanos não estão disponíveis/existentes e as tendências atuais de treinamento taxonômico e as prioridades dos governos latino-americanos dão pouca esperança de atingir essa meta.

Portanto, dado o pequeno número de taxônomos e ecologistas de minhocas ativos na América Latina e o grande número de espécies ainda a ser descritas, tanto no Brasil como na região neotropical, é imperativo que se estimule e se financie a capacitação e o treinamento taxonômico nos países latino-americanos. Sem o persistente, paciente e detalhado trabalho dos taxônomos, discussões sobre o conhecimento da biodiversidade brasileira tornam-se cada vez mais fúteis.

Considerando, também, a crescente pressão antrópica sobre os ecossistemas naturais brasileiros, e a fragilidade de muitos desses, pode haver comprometimento da integridade desses ambientes e da sua flora e fauna, ameaçando a sobrevivência de populações de minhocas nativas que são, geralmente, muito sensíveis à perturbação ambiental. É, portanto, essencial que se estimule também a exploração e a catalogação (inventários) da biodiversidade de minhocas nos ecossistemas nativos brasileiros, preferivelmente por pesquisadores brasileiros, antes que eles sejam comprometidos por alterações antrópicas. Com os resultados dessa pesquisa, a comunidade de minhocas presente num determinado local, poderia ser usada como indicadora da integridade do ecossistema e sua resistência/resiliência a perturbações passadas e futuras. Esses dados seriam

também úteis para determinar áreas prioritárias para a conservação.

Finalmente, é essencial que se estimule a formação e a conservação permanente de coleções biológicas de minhocas, em diversos locais/instituições brasileiras, acessíveis aos pesquisadores atuantes em cada região do País. Há exemplares de minhocas brasileiras que se encontram somente em instituições estrangeiras. Deve-se buscar completar as coleções existentes no País (ver abaixo) com exemplares de todas as espécies conhecidas no Brasil, e complementá-las com exemplares de novas espécies ainda desconhecidas, resultado das expedições de coletas nos diversos ambientes brasileiros.

Coleções de minhocas no Brasil

A coleção pessoal de Righi, depositada junto com a do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP) compõem a mais extensa de todas as coleções do País, e ainda contém material não identificado (Foto 20.2). A coleção tem aproximadamente 1300 lotes e dezenas de caixas contendo cortes histológicos (Moreno & Mischis, 2003).

Outras coleções permanentes⁴, mas muito menores, se encontram no Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia (INPA), em Manaus, AM (\pm 200 lotes, de espécies principalmente nativas), na Universidade do Rio dos Sinos (UNISINOS), em São Leopoldo, RS ($>$ 5200 frascos individuais com minhocas, principalmente exóticas, das famílias Megascolecidae e Lumbricidae), no Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), em Belém, PA (\pm 30 lotes) e no Museu Nacional do Rio de Janeiro, RJ (\pm 7 lotes⁵).

Coleções “extra-oficiais”, incluindo alguns depósitos temporários de exemplares, estão localizadas na Embrapa Florestas, em Colombo, PR (\pm 150 lotes)⁶, na Universidade Estadual de Londrina (\pm 100 lotes), na Minhobox, em Juiz de Fora (\pm 45 lotes) e nas Universidades Federais de Juiz de Fora, Belo Horizonte e Lavras, MG (\pm 25 lotes). Todas elas possuem material ainda não identificado e espécies novas.

⁴ A maioria dessas coleções está cadastrada no CGEN (Conselho de Gestão do Patrimônio Genético) como fiéis depositárias dos recursos genéticos brasileiros (ver <http://www.mma.gov.br/port/cgen/index.cfm>).

⁵ A coleção do MN-Rio era maior mas foi destruída por atos de vândalos ao museu, em diversas ocasiões.

⁶ Todas as espécies dessa coleção serão transferidas em breve para o MZUSP.



Foto 20.2. Coleção de Oligochaeta do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP), que inclui a coleção do Gilberto Righi. A coleção contém mais de 1400 lotes além de muitas caixas com cortes histológicos de minhocas e enquitreídeos. (Foto G.G. Brown)

Várias outras instituições (universidades públicas e particulares, centros de pesquisa) brasileiras também têm minhocas guardadas em caixas ou prateleiras, porém, na sua grande maioria, os exemplares ainda não foram identificados (ou foram identificados apenas parcialmente) e, freqüentemente, não têm o devido cuidado curadorial de uma coleção formal. É importante que, tanto as coleções informais como as extra-oficiais, sejam incorporadas (eventualmente) às coleções formais, para que elas recebam a devida atenção de taxônomos e o cuidado permanente de ação curadorial.

Biodiversidade das minhocas no Brasil

O primeiro trabalho sobre a diversidade de minhocas no Brasil (Perrier, 1877) listou cinco espécies pertencentes a quatro gêneros: *Perichaeta dicystis* e *P. tricystis*⁷, *Urochaeta corethrura* (*P. corethrurus*), uma Eudrilidae (provavelmente *Eudrilus eugeniae*) e *Titanus brasiliensis* (*G. giganteus*). Vinte e seis anos depois, Moreira (1903) listou 22 espécies, mas algumas foram posteriormente sinonimizadas (*Pheretima barbadensis* e *P. hawayana* = *Amyntas gracilis*; *Rhinodrilus papillifer* = *Urobenus brasiliensis*), reduzindo o total para 20 espécies válidas. Dessas, nove espécies eram exóticas e 11 nativas. Vinte e quatro anos mais tarde, Michaelsen (1927) publicou uma síntese da diversidade de minhocas no Brasil, no trabalho “*Die Oligochätenfauna Brasiliens*.” A lista tinha 51 espécies válidas, das quais 15 (29%) eram exóticas e 36 nativas.

Quase 70 anos depois, numa síntese do conhecimento da biodiversidade brasileira Lewinsohn & Prado (2002, 2006), Righi citou a existência de 240 a 260 espécies⁸ de oligoquetas terrestres (incluindo megadrilos e microdrilos) no Brasil (Brandão et al., 2006), apesar de haver estimado um número muito maior (800 espécies). Recentemente, baseando-se em dados da literatura e em um amplo questionário, Lewinsohn & Prado (2005) estimaram a presença de 1000 a 1100 espécies de anelídeos no Brasil.

A lista atualizada⁹, apresentada no Anexo 20.1, incluindo somente os megadrilos (minhocas), e contempla 305 espécies e subespécies em 65 gêneros (Tabela 20.1). Dessas, mais de 40 são espécies novas que ainda precisam ser descritas. Do total, 259 são espécies/subespécies nativas (85%) e 46 são exóticas (15%). As famílias mais diversificadas são a Glossoscolecidae, com 201 espécies/subespécies (todas nativas do Brasil) em 24 gêneros, a Ocnerodrilidae, com 46 espécies (39 nativas) em 15 gêneros e a Acanthodrilidae, com 24 espécies (50% nativas) em sete gêneros (Ta-

⁷ Ambas as espécies de *Perichaeta* (possivelmente *Amyntas* spp.) foram considerados nomen dubium/incertum por Michaelsen (1900a). Moreira (1903) acreditava que a *P. dicystis* era a espécie *Metaphire californica* e que *P. tricystis* era *A. gracilis*. Porém, não se saberá a identidade certa dessas minhocas até que os espécimes originais sejam revisados detalhadamente, na coleção do Musée National d'Histoire Naturelle, em Paris.

⁸ Infelizmente Righi não realizou uma lista completa de espécies (pelo menos não conhecida pelos autores). Por isso, supomos que os dados por ele providenciados foram um intervalo.

⁹ Número de espécies atualizado de James & Brown (2006), incluindo espécies encontradas até março de 2006. Muitos exemplares em diversas coleções, provavelmente novas espécies, ainda precisam ser estudados e descritos.

Tabela 20.1. Diversidade genérica e específica das principais famílias de megadrilos (minhocas) brasileiros¹.

Família	Gêneros	Nº espécies/subespécies	Nº nativas	Nº exóticas
Glossoscolecidae	24	201	201	0
Almidae	4	7	6	1
+Criodrillidae				
Ocnerodrilidae	15	46	39	7
Eudrilidae	2	2	0	2
Lumbricidae	7	13	0	13
Sparganophilidae	1	1	1	0
Megascolecidae	5	11	0	11
Acanthodrilidae	7	24	12	12
Total	65	305	259	46

¹ O número de espécies nativas e exóticas é aproximado, pois há várias espécies de diversas famílias (especialmente de Ocnerodrilidae e Acanthodrilidae) cuja origem ainda não foi adequadamente estabelecida.

bela 20.1). Dentro da família Glossoscolecidae, os gêneros mais diversificados são *Glossoscolex* (54 espécies/subespécies), *Rhinodrilus* (31 espécies) e *Righiodrilus* (21 espécies/subespécies) (Tabela 20.2).

Apesar de as espécies exóticas constituírem apenas uma pequena porcentagem do total das espécies no Brasil (15%), sua distribuição é relativamente ampla (ver Anexo 20.1 e Figura 20.1). O primeiro relato de espécies exóticas no Brasil foi de Kinberg (1867), quando descreveu a espécie *A. gracilis* do Rio de Janeiro. Porém, as Megascolecidae exóticas provavelmente chegaram muito antes, com o início da troca de material vegetal (e solo) entre a Ásia e o Novo Mundo, realizada pelos navios mercantes (Chang, 1997). As *Amyntas* spp. são amplamente conhecidas no Brasil, tendo diversos nomes comuns, como minhoca “louca”, “brava”, “saltadora” ou “puladora”, devido ao comportamento vivaz que exibem quando são perturbadas ou manipuladas. Espécies exóticas e invasoras da família Megascolecidae (por exemplo, as *Amyntas* ou *Metaphire* spp.) e algumas da família Acanthodrilidae (principalmente *Dichogaster* spp.) são encontradas em todo o País (Anexo 20.1), enquanto outros Acanthodrilidae (principalmente *Microscolex* spp.) e as Lumbricidae (excetuando as espécies *Eisenia fetida* e *E. andrei*, que são usadas para a minhocultura) têm distribuição mais restrita, encontrando-se nas regiões mais frias do País (particularmente RS), onde o clima subtropical é mais propício às suas atividades (Brown et al., 2006).

De acordo com as estimativas de Righi (Brandão et al., 2006), a diversidade de oligoqueta neotropicais (micro e megadrilos) poderia chegar a 2000 espécies, representando aproximadamente 40% do total mundial (que ele estimou em 5000 espécies, valor bem menor do que as estimativas de outros taxônomos). Porém, segundo Righi, apenas 18% dessa fauna era conhecida, apesar de todos os esforços realizados durante sua longa carreira de taxônomo¹⁰. Considerando, porém, a estimativa de 8000 espécies esperadas no mundo (Fragoso et al., 2003), e o fato de que já se conhecem 960 espécies na América Latina (Fragoso & Brown, 2007, cap. 1), a diversidade de minhocas na região neotropical poderia facilmente superar 3000 espécies. Nesse sentido, o trabalho de Lavelle & Lapied (2003) dá maiores informações sobre a atual e potencial biodiversidade de minhocas no Brasil e na região Amazônica, relacionando-a principalmente à frequência e à distribuição geográfica das coletas de minhocas e o seu endemismo na região. Esses dois assuntos serão explorados em maior detalhe nas próximas páginas.

Frequência e distribuição geográfica das coletas de minhocas no Brasil

Grandes áreas do Brasil continuam inexploradas e sem nenhum registro de minhocas (Figura 20.2). De fato, três estados (RN, AL, PI) nunca foram amostrados (Figura 20.10) e 11 estados têm menos de 10 locais de amostragem, ou coletas concentradas apenas em regiões geográficas restritas.

¹⁰ Righi descreveu mais de 220 espécies (Fragoso et al., 2003).

Tabela 20.2. Número de espécies/subespécies conhecidas de cada gênero e algumas observações sobre os gêneros conhecidos da família Glossoscolecidae no Brasil.

Nº	Gêneros	Nº espécies /subespécies	Observações ¹
1	<i>Alexidrilus</i> Righi, 1971	2	Só duas espécies conhecidas para o gênero: <i>Alexidrilus</i> sp nov. e <i>A. lourdesae</i> , ambas do sul do Brasil.
2	<i>Andiodrilus</i> Michaelsen, 1900	2	Gênero com 38 espécies. As duas espécies conhecidas no país possuem distribuição restrita à região norte.
3	<i>Andiorrhinus</i> Cognetti, 1908	21	Gênero com pelo menos 46 espécies (várias novas ainda a ser descritas). Três dos quatro subgêneros presentes no Brasil: <i>Amazonidrilus</i> , <i>Turedrilus</i> e <i>Andiorrhinus</i> s.s. Distribuição em forma de arco de SP/PR, até MT e RO e do AM (via RR) ao AP (Figura 20.3). Gênero com grande variação de tamanho e inclui seis espécies de minhocuçus.
4	<i>Anteoides</i> Cognetti, 1902	1	Gênero com cinco espécies, mas apenas uma (<i>A. pigy</i>) conhecida no País (e de apenas um local).
5	<i>Atatina</i> Righi, 1971	2	Só duas espécies (<i>A. gatesi</i> e <i>A. puba</i>) conhecidas no gênero, dos arredores de Manaus e Belém.
6	<i>Chibui</i> Righi & Guerra, 1985	1	Gênero mono-específico. Minhocuçú.
7	<i>Cirodrilus</i> Righi, 1975	3	Só quatro espécies conhecidas no gênero. No Brasil, encontradas somente nas regiões N e NE (PB).
8	<i>Diachaeta</i> Benham, 1886	11	Gênero com 20 espécies e ampla distribuição na América Latina. Onze espécies conhecidas no país.
9	<i>Enantiodrilus</i> Cognetti, 1902 ²	1	Duas espécies conhecidas no gênero, e uma delas (<i>E. borelli</i>) do Brasil. Local de origem do gênero na América Latina ainda é desconhecido.
10	<i>Fimoscolex</i> Michaelsen, 1900	10	Gênero com 11 espécies. No Brasil, distribuição restrita ao S e SE (Figura 20.4). Grande variação de tamanho, com adultos de 6 cm (<i>F. sporadochaetus</i>) até mais de 1 m (<i>F. saci</i>) de comprimento. Três espécies de minhocuçus.
11	Gênero novo	1	Gênero com quatro pares de glândulas calcíferas mas parecido morfologicamente a <i>Tupinaki</i> Righi, 1995a.
12	<i>Glossodrilus</i> Cognetti, 1905	6	Gênero com 57 espécies. Distribuição muito ampla no Brasil (e na América do Sul), desde RS ao AP (Figura 20.5).
13	<i>Glossoscolex</i> Leuckart, 1835	54	Gênero com pelo menos 60 espécies. No Brasil, distribuição restrita ao S e SE ³ (Figura 20.6), mas também presente no Uruguai, Paraguai e Argentina. Conhecem-se três subespécies e três subgêneros: <i>Assudrilus</i> , <i>Praedrilus</i> ⁴ e <i>Glossoscolex</i> s.s. Muitas espécies ainda por descobrir e descrever. Grande variação de tamanho, com adultos de alguns cm até mais de 1 m de comprimento (<i>G. fasold</i> , <i>G. giganteus</i>). Inclui 23 espécies de minhocuçus.
14	<i>Goiascolex</i> Righi, 1971	5	Só quatro das cinco espécies conhecidas estão descritas. Distribuição restrita à região central do Brasil (MT, RO) e à Bolívia (divisa com RO).

Continua...

Tabela 20.2. Continuação...

Nº	Gêneros	Nº espécies/ subespécies	Observações
15	<i>Holoscolex</i> Cognetti, 1904	2	Somente quatro espécies (uma é subespécie) conhecidas no gênero, duas delas da Amazônia brasileira (<i>H. caramuru</i> e <i>H. nemorosus tacoa</i>), uma do Ecuador e outra do Paraguai.
16	<i>Onychochaeta</i> Beddard, 1891	1	Apenas seis espécies conhecidas no gênero, e só uma (<i>O. serieia</i>) encontrada no Brasil (MT).
17	<i>Opisthodrilus</i> Rosa, 1895	4	Quatro das cinco espécies/subespécies conhecidas do gênero presentes no Brasil, mas com distribuição restrita (MG, MT, MS). Também encontrada no Paraguai e norte da Argentina.
18	<i>Pontoscolex</i> Schmarda, 1861	10	Gênero com 21 espécies, nativas da região Amazônica, Guianas e Caribe. Distribuição muito ampla de uma espécie (<i>P. corethrurus</i> ; Figura 20.7), e restrita para a maior parte das outras. Três sub-gêneros conhecidos (<i>Pontoscolex</i> , <i>Meroscolex</i> e <i>Mesoscolex</i>) ⁵ . Inclui uma espécie de minhocoçu.
19	<i>Rhinodrilus</i> Perrier, 1872	31	Gênero com pelo menos 49 espécies e ampla distribuição no Brasil, de Curitiba a Calçoene (Figura 20.8), mas maior diversidade nas regiões CO e N. Encontrado também na Argentina, Venezuela, Bolívia e Peru. Grande variação em tamanho, com adultos de alguns cm até 2 m de comprimento (<i>R. fafner</i>). Inclui 15 espécies de minhocoçus.
20	<i>Righiodrilus</i> Zicsi, 1995	21	Gênero com 26 espécies e ampla distribuição no N da América do Sul e principalmente no N do Brasil (Figura 20.5). Apenas uma espécie encontrada mais ao sul (São Paulo e Argentina) e outra no NE.
21	<i>Thamnodrilus</i> Beddard, 1887	4	Gênero com oito espécies, quatro delas no Brasil (todas da Amazônia). Uma delas é minhocoçu. Presente também no Peru, Colômbia, Panamá e Guiana.
22	<i>Tuiba</i> Righi et al., 1976	1	Gênero mono-específico (<i>T. diana</i>), encontrado apenas nos arredores de Manaus, AM.
23	<i>Tupinaki</i> Righi, 1995	2	Inclui somente duas espécies (<i>T. bokermanni</i> e <i>T. parini</i>), e distribuição restrita a apenas dois locais no SE do Brasil.
24	<i>Urobenus</i> Benham, 1887	5	Gênero com seis espécies, uma delas com ampla distribuição no Brasil (<i>U. brasiliensis</i> ; Figura 20.9). As demais espécies com distribuição bastante restrita, principalmente à Amazônia. A espécie tipo mostra grande variação na morfologia.

¹ Os números totais de espécies de cada gênero foram tomados de Fragozo & Brown (2007).

² O gênero *Diaguia* Cordero, 1942 foi sinonimizado com *Enantiodrilus* Cognetti, 1902 por Moreno et al. (2005). Portanto a espécie *D. vivianae* Righi, 1984 é sinônima de *E. borellii* Cognetti, 1902.

³ Uma minhoca juvenil do Amapá, identificada como *Glossoscolex* sp. por Cernovítov (1934), provavelmente pertence a outro gênero (*Glossodrilus*?), dada a distribuição restrita ao S e SE do País.

⁴ Righi (1995a) considerou o sub-gênero *Praedrilus* inválido, devido à sua similaridade com o subgênero *Glossoscolex*. Porém, James & Brown (2006) encontraram várias novas espécies desse sub-gênero nos Estados de Paraná e São Paulo. Considera-se, pois, que o sub-gênero *Praedrilus* deve ser mantido como válido, até que essas espécies sejam melhor estudadas.

⁵ Borges (1992).



Figura 20.1. Distribuição geográfica conhecida (locais de coleta) das espécies de minhocas exóticas no Brasil (principalmente das famílias Megascolecidae, Acanthodrilidae e Lumbricidae; ver Anexo 20.1) (modificado de Brown et al., 2006).

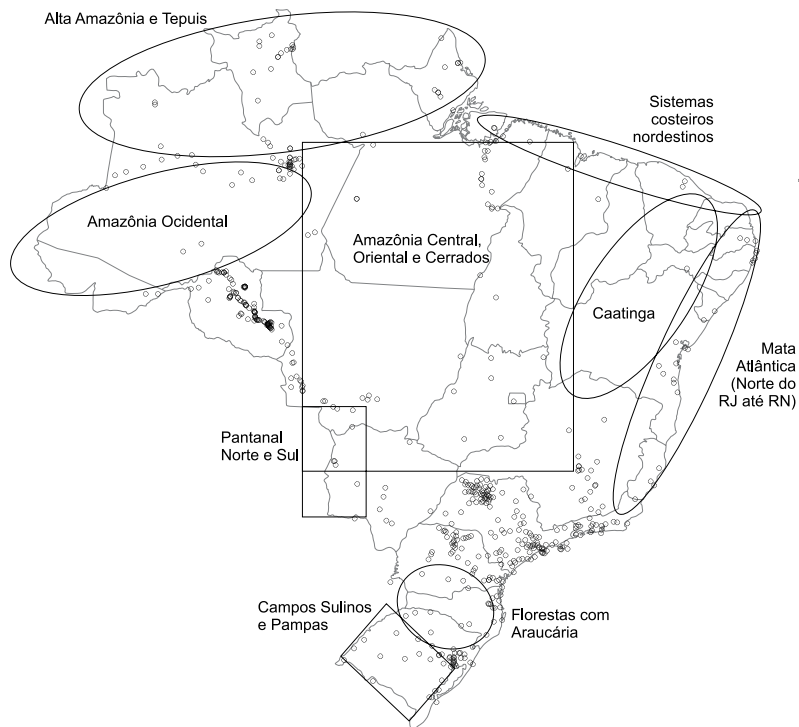


Figura 20.2. Locais de coleta de minhocas no Brasil. As áreas em branco (sem pontos) dentro de cada bioma representam, de modo geral, regiões prioritárias de coleta para melhorar o conhecimento da biodiversidade e distribuição das espécies nativas dentro dos principais biomas do País. Total de pontos de coleta mapeados até março de 2006: aproximadamente 625 localidades.



Figura 20.3. Distribuição geográfica conhecida (pontos de coleta) de espécies de minhocas do gênero *Andiorrhinus* (Glossoscolecidae) no Brasil.



Figura 20.4. Distribuição geográfica conhecida (pontos de coleta) de espécies de minhocas do gênero *Fimoscolex* (Glossoscolecidae) no Brasil.



Figura 20.5. Distribuição geográfica conhecida (pontos de coleta) de espécies de minhocas dos gêneros *Glossodrilus* e *Righiodrilus* (Glossoscolecidae) no Brasil.



Figura 20.6. Distribuição geográfica conhecida (pontos de coleta) de espécies de minhocas do gênero *Glossoscolex* (Glossoscolecidae) no Brasil.



Figura 20.7. Distribuição conhecida (locais de coleta) da espécie pantropical *Pontoscolex corethrurus* (Glossoscolecidae) no Brasil (modificado de Brown et al., 2006).



Figura 20.8. Distribuição geográfica conhecida (pontos de coleta) de espécies de minhocas do gênero *Rhinodrilus* (Glossoscolecidae) no Brasil.



Figura 20.9. Distribuição conhecida (locais de coleta) da espécie nativa *Urobenus brasiliensis* (Glossoscolecidae) no Brasil.

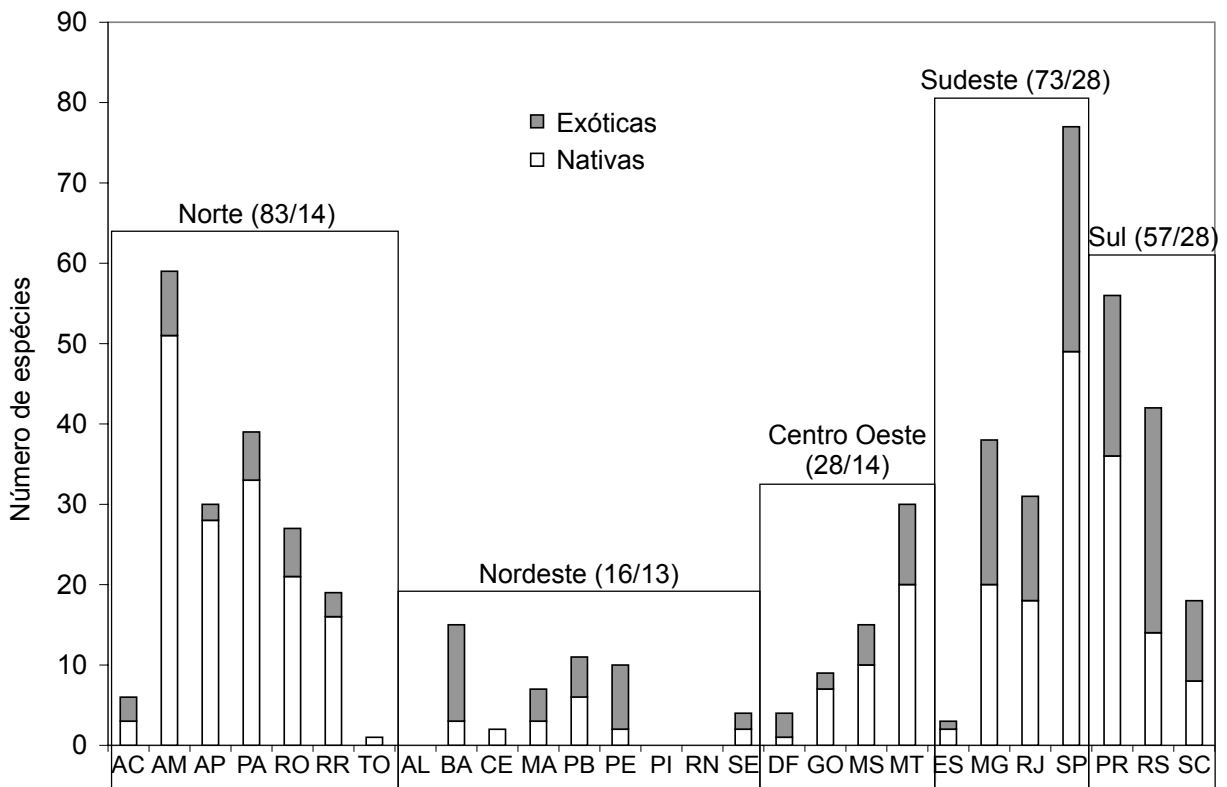


Figura 20.10. Biodiversidade de minhocas em cada estado brasileiro e em cada região do País (Nº espécies/subespécies nativas, exóticas e total). Entre parêntesis, o número de espécies nativas/exóticas em cada região.

Portanto, as coletas realizadas até o momento (Figura 20.2) ainda não cobriram toda a diversidade de habitats dos principais biomas e ecorregiões do País onde se poderiam encontrar minhocas. Conseqüentemente, o número de espécies existentes em cada um desses estados (e no País, em geral) é, provavelmente, muito maior que o número de espécies já conhecidas.

Em nível nacional, o cálculo do número de espécies e locais de coleta nas regiões do País (N, NE, CO, SE, S), mostra a pouca representatividade das amostras no NE, com apenas 18 locais de coleta e 30 espécies (James & Brown, 2006). Certamente, novas espécies serão encontradas com mais coletas, especialmente na Mata Atlântica e na Amazônia; esses são os dois biomas mais diversificados em espécies de minhocas no País (Tabela 20.3). Mas é bem provável que mais coletas também encontrarão novas espécies até na Caatinga, nos "oásis", brejos (matas) e nas regiões mais úmidas (margens de rios etc.) do NE, de onde são conhecidas apenas 3 espécies até o momento, todas do gênero *Rhinodrilus* (Tabela 20.3).

Considerando os principais biomas do País, observa-se que existem ainda biomas mal representados em coletas (Figura 20.2) e, portanto, com poucas espécies conhecidas, especialmente a Caatinga e o Pantanal (Tabela 20.3). De forma geral, e devido à sua grande superfície, tanto os Cerrados como a Amazônia ainda continuam pouco explorados. Expedições de coleta a essas áreas e às demais áreas pouco exploradas (da Figura 20.2) devem ser consideradas prioritárias.

De fato, os estados com o maior número de amostras (SP, RO, RS, AM, PR) são, geralmente (mas não necessariamente), os com o maior número de espécies conhecidas (Figura 20.10), dando a entender que, certamente, há ainda muito a ganhar com o aumento da intensidade (número e frequência) de coletas, tanto nesses estados como nos menos amostrados.

Por exemplo, Brown & James (2006, 2007a, cap. 22) e Sautter et al. (2006, 2007, cap. 21), coletaram minhocas em aproximadamente 50 locais nos estados do Paraná e São Paulo, incluindo diversos tipos de vegetação, e encontraram um grande número de espécies novas (>30; Anexo 20.1). Apesar de o estado de São Paulo ser o melhor conhecido quanto à biodiversidade de minhocas, tendo sido estudado por Righi durante mais de 30 anos, coletas realizadas em novas localidades e em locais já estudados por Righi, revelaram pelo menos 10 novas espécies (Brown & James, 2006, 2007a, cap. 22). O mapeamento das coletas realizadas em

apenas 19% (120) do total de 645 municípios de SP (Brown & James, 2006, 2007a, cap. 22) mostra que estão concentradas principalmente na região NO do estado (onde Caballero, 1973, realizou seu trabalho de doutorado) e nas áreas próximas à cidade de São Paulo e no litoral. Uma grande parte do sul e do leste do estado e algumas partes de Serra do Mar continuam pouco exploradas.

Portanto, apesar de Righi (1999) haver listado 50 espécies válidas (excluindo as sinonímias) de minhocas para SP, situadas em sete famílias e 23 gêneros, quando se analisaram as coletas realizadas recentemente (pelos autores deste trabalho), junto com uma revisão exaustiva da bibliografia e diversas visitas ao Museu de Zoologia da USP, foram encontradas mais 27 espécies de minhocas (Brown & James, 2006, 2007a, cap. 22). Do total de 77 espécies/subespécies conhecidas para SP, 47 são nativas e 30 exóticas. Das nativas, 40 são da família Glossoscolecidae e cinco da Ocnerodrilidae. Das exóticas, 10 são da família Megascolecidae, seis da Acanthodrilidae e nove da Ocnerodrilidae.

No Paraná, onde apenas 10 espécies eram conhecidas até 1997, coletas realizadas no norte e leste do estado (principalmente), em apenas 11% (43 de 399) dos municípios, revelaram 55 espécies, das quais mais de 25 eram novas (Sautter et al., 2006, 2007, cap. 21). Do total, 20 são exóticas e 35 nativas. Em cada lugar novo amostrado, encontrou-se, normalmente, pelo menos uma nova espécie ou um novo registro para o estado.

De fato, se for considerado o número de espécies de minhocas e o número de locais amostrados, especialmente nos estados brasileiros com poucos registros (Figura 20.10), observa-se que a taxa é de aproximadamente uma espécie por local. Portanto, é provável que novas coletas, especialmente aquelas realizadas em locais ainda não amostrados, facilmente aumentarão o número de espécies conhecidas para esses estados (e para o País).

Estimativas do número de espécies por área determinada foram realizadas por Fragoso (2001), que encontrou 20 espécies por cada 100.000 km² de área na região neotropical. No estado de São Paulo, com 77 espécies/subespécies e 250.000 km², a estimativa equivalente seria de 31 espécies na mesma área. Usando essa estimativa para o Paraná, com 200.000 km², e considerando situações semelhantes (a São Paulo) de vegetação, diversidade de habitats e condições de clima/solo, pode-se prever a presença de pelo menos 62 espécies. Porém, considerando: a) a experiência prévia em São Paulo, onde a diversidade conhecida de

Tabela 20.3. Espécies de minhocas nativas e exóticas encontradas em cada um dos principais biomas brasileiros, e as espécies comuns entre a Mata Atlântica, os Cerrados e a Amazônia.

Bioma	Famílias	Nativas	Exóticas	Total
Mata Atlântica	Glossoscolecidae	83	1	84
	Ocnerodrilidae	22	6	28
	Megascolecidae	0	11	11
	Lumbricidae	0	8	8
	Outras	4	9	13
	Total	109	35	144
Amazônia	Glossoscolecidae	96	0	96
	Ocnerodrilidae	15	4	19
	Acanthodrilidae	10	6	16
	Outras	3	3	6
	Total	124	13	137
Cerrados	Glossoscolecidae	45	1	46
	Ocnerodrilidae	7	4	11
	Acanthodrilidae	1	6	7
	Outras	1	7	8
	Total	54	18	72
Pampas	Glossoscolecidae	6	1	7
	Lumbricidae	0	11	11
	Ocnerodrilidae	4	1	5
	Megascolecidae	0	8	8
	Outras	1	4	5
	Total	11	25	36
Pantanal	Glossoscolecidae	6	1	7
	Ocnerodrilidae	5	3	8
	Outras	0	3	3
	Total	11	7	18
Caatinga	Glossoscolecidae (<i>Rhinodrilus</i>)	3	0	3
Mata Atlântica e Cerrados		13	14	27
Cerrados e Amazônia		21	9	30

minhocas aumentou em 50% com apenas outros 10 municípios amostrados (Brown & James, 2006, 2007a, cap. 22); e b) que apenas 10% dos municípios do Paraná foram amostrados até o momento, e já se encontraram 55 espécies, é bem provável que existam muito mais do que 62 espécies de minhocas no Paraná.

Se essas estimativas forem extrapoladas (20 e 31 espécies a cada 100.000 km²) para o Brasil inteiro, excluindo aproximadamente 1.500.000 km² que poderiam não ser adequados para a vida das minhocas (lagos, regiões muito secas como a caatinga, solos pedregosos e demais locais inóspitos), pode-se estimar que 1.400 a 2.170 espécies de minhocas poderiam existir no País. Essas estimativas são muito maiores do que a feita por Righi

(800 espécies), mas são razoáveis, considerando o conhecido e potencial endemismo de muitas espécies brasileiras (ver próxima sessão).

Porém, apesar de serem úteis para prever a biodiversidade numa área, essas estimativas homogenizam as diferenças ambientais em escalas menores (a 100.000 km²) e heterogenizam aquelas que ocorrem em escalas maiores (a 100.000 km²). Sabe-se que existem regiões no País com grande variabilidade de hábitat concentrados numa pequena área, e outras onde existe pouca variabilidade em grandes superfícies. As 78 ecorregiões no Brasil contém uma grande variedade de tipos de vegetação. Um modo de melhorar essas estimativas, portanto, seria realizar um estudo de diversidade de espécies conforme os tipos de vegetação e

ecorregiões existentes numa determinada área. Em seguida, se buscaria a relação entre o número de espécies na área, a variabilidade e presença de diferentes ecorregiões e tipos de vegetação principais da região. Outro modo seria quantificar a diversidade em alguns locais (mais representativos) nos principais tipos de vegetação e ecorregiões e projetar essa diversidade para toda a superfície destas ecorregiões no País.

Porém, podem existir muitos lugares com baixa densidade/diversidade de minhocas e outros com ausência das mesmas (por exemplo, alguns solos distróficos no Paraná e outros estados; ver adiante). Se esse fenômeno for mais generalizado, as estimativas baseadas em área teriam que ser modificadas, para subtrair certos tipos de solos ou habitats.

Endemismo das minhocas nativas brasileiras

O endemismo de uma espécie indica que sua distribuição cobre apenas uma pequena área contígua ou se localiza em pequenas manchas (áreas), num mesmo tipo de habitat dentro de uma região maior. Como as minhocas têm baixa capacidade de dispersão (Bouché, 1983), e movimentam-se principalmente dentro do solo ou (algumas espécies somente) na sua superfície, diversas barreiras geográficas (cursos de água doce e salgada, montanhas, desertos, geleiras ou regiões geladas/pedregosas) e climáticas presentes e passadas (Reynolds, 1994) geraram uma forte pressão de especiação e endemismo nas minhocas. Muitas espécies ocupam áreas restritas dentro de um mesmo tipo de habitat enquanto outras se diversificaram no mesmo tipo de habitat, gerando novas espécies, tipicamente num mesmo gênero (por exemplo, *Glossoscolex*), mas em áreas separadas por barreiras geográficas.

Por exemplo, tem-se observado que locais separados por menos de 100 km de distância, dentro do mesmo bioma e tipo de vegetação no Paraná, podem apresentar espécies diferentes do gênero *Glossoscolex*. As únicas espécies similares entre esses locais são geralmente as exóticas invasoras e as nativas de ampla distribuição. Por exemplo, a espécie epígea *U. brasiliensis* é amplamente distribuída no S, SE e CO do País (Figura 20.9), apresentando pequena variação morfológica. Em contraste, as espécies endógeas encontradas em muitos brejos (ver adiante), apresentam distribuição bastante restrita.

Na Amazônia, Lavelle & Lapied (2003) citaram 106 espécies de minhocas de cinco grandes

áreas, onde se haviam coletado minhocas. Do total, 86 espécies eram conhecidas de apenas uma das cinco áreas e 14 ocorriam em apenas duas áreas. Portanto, a taxa de riqueza específica local vs. regional era a mais baixa de todos os invertebrados amazônicos, para os quais havia dados, gerando taxa de endemismo extremamente alta (>90%) das minhocas amazônicas. Seus cálculos (baseados em Fragoso, 2001) levaram os autores a estimar a existência de mais de 2000 espécies de minhocas na Região Amazônica.

De fato, excetuando algumas espécies com ampla distribuição (*P. corethrurus* e *U. brasiliensis*; ver Figuras 20.9 e 20.7), a maioria das espécies de minhocas nativas brasileiras é conhecida de apenas um local ou locais próximos uns aos outros (Anexo 20.1). Das 259 espécies nativas do País, 166 são conhecidas de apenas um local e 36 de apenas dois locais. Conseqüentemente, quase 78% das espécies nativas brasileiras parecem apresentar distribuição geográfica restrita. Essa distribuição pode indicar um alto grau de endemismo, ou uma baixa representatividade geográfica e quantitativa de coletas. Portanto, o fator crítico na estimativa do número de espécies de minhocas no Brasil é a sua taxa de endemismo. Infelizmente, esses dados estão ausentes para a maioria das espécies conhecidas no País, principalmente por causa do número limitado de áreas e locais estudados. Muito mais coletas devem ser feitas, não só para determinar a diversidade total de minhocas brasileiras, mas também para encontrar as que poderiam ter distribuição restrita e/ou estar ameaçadas, devido a necessidades ambientais específicas, comportamento e/ou pressão antrópica sobre suas populações.

Com base no registro e nos locais de coletas de minhocas no Brasil, gerou-se uma lista de 38 espécies que podem estar ameaçadas de extinção (Tabela 20.4), seguindo os critérios da IUCN (International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources) (Machado et al., 2005). Além de viverem em habitat e regiões restritas, todas são espécies que foram coletadas há mais de 50 anos e nunca mais foram encontradas. Porém, muitas espécies não foram reencontradas porque ninguém as buscou ou voltou ao local original de coleta para procurá-las, e não necessariamente porque não estejam mais presentes nesses locais. Por exemplo, em coletas recentes na região de Lavras Novas (próximo a Ouro Preto), reencontrou-se a espécie *Fimoscolex sporadochaetus* (Foto 20.3), que havia sido declarada extinta (Machado et al., 2005; Anexo 20.1). Várias outras espécies de invertebrados endêmicos à Mata Atlântica, considerados extintos

Tabela 20.4. Espécies de minhocas conhecidas apenas de suas localidades tipo (ou de poucas localidades), coletadas há mais de 60 anos, ou com coletas recentes incertas (†), e cujo status de ameaça de extinção merece mais estudo e atenção¹.

Nº	Família Gênero e espécie	Ocorrência (estados) ²
Glossoscolecidae		
1	<i>Andiorrhinus pictus</i> Michaelsen, 1926	AM
2	<i>Andiorrhinus planaria</i> Michaelsen, 1934	AM
3	<i>Andiorrhinus proboscideus</i> Cernosvitov, 1939	PA
4	<i>Andiorrhinus rubescens</i> Michaelsen, 1926	AM
5	<i>Diachaeta carsevenica</i> Cernosvitov, 1934	AP
6	<i>Fimoscolex ohausi</i> Michaelsen, 1900	RJ
7	<i>Fimoscolex thayeri</i> (Cernosvitov, 1934)	RJ
8	<i>Glossodrilus geayi</i> (Cernosvitov, 1934)	AP
9	<i>Glossoscolex colonorum</i> Michaelsen, 1918	SC
10	<i>Glossoscolex fasold*</i> Michaelsen, 1918	SP
11	<i>Glossoscolex gordurensis</i> Michaelsen, 1918	MG, SP
12	<i>Glossoscolex grandis grandis</i> (Michaelsen, 1892)	RS
13	<i>Glossoscolex robustus*</i> Cernosvitov, 1938	RJ
14	<i>Glossoscolex taunayi</i> Michaelsen, 1926	SP, RJ
15	<i>Glossoscolex truncatus</i> (Rosa, 1895)	RS, SC
16	<i>Opisthodrilus rhopalopera</i> Cognetti, 1906	MG
17	<i>Rhinodrilus adelae</i> Cordero, 1943	CE
18	<i>Rhinodrilus annulatus</i> Cernosvitov, 1934	AP
19	<i>Rhinodrilus fafner*</i> Michaelsen, 1918	MG
20	<i>Rhinodrilus fransisci</i> Cordero 1944	PE
21	<i>Rhinodrilus garbei*†</i> Michaelsen, 1926	MG, SP
22	<i>Rhinodrilus horsti*</i> (Beddard, 1892)	MG?
23	<i>Rhinodrilus lakei*</i> Michaelsen, 1934	RR, AM
24	<i>Rhinodrilus longus*</i> Cernosvitov, 1934	AP
25	<i>Rhinodrilus mamita</i> Cordero, 1943	CE
26	<i>Rhinodrilus romani</i> Michaelsen, 1928	AM
27	<i>Rhinodrilus senckenbergi†</i> Michaelsen, 1931	ES, MG?
28	<i>Thamnodrilus ohausi</i> (Michaelsen, 1918)	AM
29	<i>Thamnodrilus salatheii*</i> Michaelsen, 1934	RR, AM
Almidae		
30	<i>Drilocrius iheringi</i> (Michaelsen, 1895)	SP
31	<i>Glyphidrilocrius ehrhardti†</i> (Michaelsen, 1926)	AM
Ocnerodrilidae		
32	<i>Haplodrilus iheringi</i> Michaelsen, 1926	SP
33	<i>Kerriona garbei*</i> Michaelsen, 1924	ES
34	<i>Kerriona luederwaldti</i> Michaelsen, 1924	RJ
35	<i>Paulistus taunayi*</i> Michaelsen, 1926	BA
Acanthodrilidae		
36	<i>Neogaster americana</i> Cernosvitov, 1934	AP
37	<i>Wegeneriona brasiliana</i> Cernosvitov, 1939	PA
38	<i>Wegeneriona michaelseni</i> (Cernosvitov, 1934)	AP

¹ Todas as espécies se enquadram, atualmente, na categoria deficientes em dados (DD), até que se realizem mais coletas para avaliar melhor suas populações e distribuição (Machado et al., 2005).

² Para detalhes de localidades de coleta e referências bibliográficas de cada espécie, consultar o Anexo 20.1.

* minhocoçu



Foto 20.3. A espécie de minhoca *Fimoscolex sporadochaetus* Michaelsen, 1918, supostamente extinta, foi reencontrada em fevereiro de 2006, próximo à Bacia do Custódio, no Parque Estadual do Itacolomi, município de Ouro Preto, MG. (Foto S.W. James)

por muito tempo, também foram reencontrados, depois de ampliar e intensificar os estudos na região de ocorrência e locais próximos, com habitat similar (Brown & Brown, 1992). Portanto, a maioria das espécies na Tabela 20.4 deveria entrar no livro vermelho da lista da fauna brasileira ameaçada de extinção (Machado et al., 2005), apenas como espécies deficientes em dados (DD), ou seja, para as quais são necessários mais dados, principalmente maiores esforços de coleta e retorno aos locais tipo, para avaliar adequadamente seu enquadramento em alguma categoria de ameaça.

Biogeografia das minhocas nativas brasileiras

Como as minhocas evoluíram há milhões de anos e possuem baixa capacidade de dispersão, elas representam excelentes organismos para estudos biogeográficos. A presença de diferentes espécies ou famílias de minhocas pode ser indicador de fenômenos geológicos e climáticos, como, por exemplo, a separação/união de continentes, a formação de barreiras geográficas locais, regionais e continentais e a formação de refúgios para a diversificação de espécies na Região Amazônica, durante as últimas eras de glaciação. Porém, elas têm sido pouco aproveitadas para esse fim e maiores esforços de pesquisa e coleta certamente ajudarão a elucidar alguns desses fenômenos no Brasil e na América Latina.

A distribuição da família Glossoscolecidae, a mais diversa da América Latina, se estende desde Córdoba, na Argentina (populações de espécies provavelmente exóticas, introduzidas) até o México. Minhocas dessa família podem ser encontradas em todos os países latino-americanos, como espécies peregrinas, exóticas e/ou nativas (Fragoso & Brown, 2007, cap. 1). Righi (1972c) apresentou a mais completa discussão da biogeografia da família, depois de Cordero (1945), mapeando a distribuição dos principais gêneros na América Latina, a partir de seus próprios dados e dos trabalhos de Michaelsen, Cognetti, Rosa e Cernosvitov, principalmente. Infelizmente, mesmo após muitos anos de trabalho com os Glossoscolecidae, Righi não voltou a sintetizar a biogeografia dessa família.

Porém, considerando os dados disponíveis até o momento, observa-se que a distribuição da família continua basicamente a mesma, excetuando que ela agora inclui o sul dos EUA (Flórida) e as regiões mais ao norte do Eixo Neovolcânico Transversal no México, devido à invasão de *P. corethrurus*. A distribuição das espécies nativas se restringe no norte até as Antilhas Maiores (Cuba) e o paralelo 19°N no México (próximo a Veracruz) (Rodríguez et al., 2007, cap. 2; Fragoso, 2007, cap. 4). Além disso, várias novas espécies, gêneros (por exemplo, *Righiodrilus*, *Cirodrilus*, *Chibui*, *Tupinaki*) e uma nova família (Tumakidae) foram descobertos e descritos nas últimas décadas.

Righi (1972c) comentou que vastas áreas da América do Sul estavam inexploradas e que, portanto, as conclusões sobre a distribuição dos gêneros eram prematuras. Essa situação não mudou muito, apesar de algumas áreas inexploradas terem sido preenchidas com dados desde a década de 1970. Observando o mapa da distribuição de coleta de minhocas no Brasil (Figura 20.2), e considerando as publicações de Righi, Zicsi e outros autores, pode-se dizer que uma grande área ao sul do rio Amazonas até o Paraguai, de forma aproximadamente retangular, continua praticamente inexplorada. A bacia do Orinoco e o interior da bacia Amazônica também continuam inexplorados, com poucas ou nenhuma coleta nessas áreas. Do norte do Rio de Janeiro até o Maranhão, apenas alguns locais no litoral foram coletados, mas o interior continua inexplorado, especialmente no nordeste. Porém, algumas dessas regiões são muito secas e poderiam não ter minhocas (por exemplo, certas partes da caatinga). No sul do País, os estados de Paraná e Santa Catarina ainda estão pouco explorados, enquanto no Rio Grande do Sul a maior parte das coletas foi realizada próxima a

Porto Alegre e apenas em áreas perturbadas (ver mais abaixo).

Mas o Dr. Righi realizou várias outras importantes contribuições ao longo dos mais de 30 anos de trabalho com minhocas.

1. Ele localizou o centro de diversidade do gênero *Pontoscolex* no planalto das Guianas (Righi, 1984c), e argumentou que *P. corethrurus* seria originária dessa região. Esse achado é importante para determinar a magnitude da invasão dessa espécie que hoje é encontrada em todas as regiões tropicais do mundo. Essa espécie tem alto "poder invasor", o que é preocupante, especialmente em áreas onde predominam as espécies nativas, ou seja, quase todas as áreas com vegetação nativa na região neotropical. Por exemplo, na estação de pesquisa tropical "Finca La Selva", em Costa Rica, onde deveriam existir espécies nativas de minhocas da família Glossoscolecidae, os solos da floresta estão completamente dominados por *P. corethrurus*, indicando que essa espécie exótica (e não nativa), está modificando os solos e processos edáficos da reserva há anos (James, dados não publicados). Em muitas áreas e regiões do Brasil, essa espécie deve ser considerada como habitante peregrina, invasora e/ou exótica,

apesar de ser originária do norte do País (ver adiante).

2. Righi também dedicou bastante tempo ao estudo da família Ocnerodrilidae, de complexa origem filogenética e distribuição mundial. Suas descobertas mostraram que as Ocnerodrilidae são de presença antiga na América do Sul e podem até haver se originado na região Gondwânica. Das 45 espécies de Ocnerodrilidae encontradas no Brasil, Righi descreveu 24 (todas nativas). Considerando sua distribuição (Figura 20.11) e sua biodiversidade no País, essa família deve receber atenção especial para estudos de genética molecular, para esclarecer sua filogenia e sua relação com outras famílias de minhocas.

3. Righi encontrou no Brasil diversas espécies nativas dos gêneros *Dichogaster*, *Wegeneriona* e *Neogaster*, sendo os dois últimos possivelmente relacionados à *Dichogaster* (l.s.). Essas descobertas resolveram as dúvidas sobre a origem desses gêneros que, como ocorre com muitos outros animais latino-americanos, mostra fortes afinidades com a fauna africana, confirmando suas origens Gondwânicas e apoiando a teoria de Wegener sobre o movimento das placas tectônicas terrestres.



Figura 20.11. Distribuição geográfica conhecida (pontos de coleta) de espécies de minhocas representantes da família Ocnerodrilidae no Brasil.

A próxima fase de estudos biogeográficos na América do Sul deve buscar analisar as relações filogenéticas entre os taxa do continente e definir as áreas de endemismo, processos que são, de certo modo, interdependentes (Hausdorf, 2002). Para tal finalidade, pode-se aproveitar os dados paleogeográficos e paleoclimáticos disponíveis, que incluem, por exemplo, informação sobre a expansão e a contração de florestas durante o Pleistoceno (Brown, 1987). Essas mudanças são potenciais eventos de vicariância para as minhocas. A hipótese de que a floresta amazônica contraiu e criou reservas isoladas durante os períodos de glaciação máxima (Brown, 1987) foi seriamente questionada por Colinvax & Oliveira (2001). Porém, os dados destes últimos autores mostraram mudanças importantes no clima (esfriamento) e a invasão das terras baixas por vegetação hoje característica de áreas mais elevadas. Considerando a maior abundância de minhocas em florestas mais elevadas em tempos modernos (Righi, 1972c), os períodos de glaciação poderiam ter sido momentos de avanço das minhocas às terras mais baixas e os períodos inter-glaciares, momentos de retração às áreas mais altas e de isolamento genético das duas áreas, aumentando a diversificação de espécies. Porém, estas são importantes hipóteses que ainda precisam ser testadas com mais pesquisa e coletas intensivas por toda a Região Amazônica, como as realizadas por Brown (1979).

Minhocas aquáticas e semi-aquáticas vs. terrestres

Um grande número de espécies de minhocas brasileiras habita solos encharcados, estacionalmente submersos ou até ambientes aquáticos. As primeiras duas categorias são essencialmente terrestres e pouco diferentes (somente pelo período de tempo em que os solos estão encharcados). Solos de áreas ripárias (ribeirinhas) podem estar inundados por breves intervalos de tempo, mas aqui refere-se mais aos solos cronicamente úmidos, que são irrigados por baixo e suportam uma vegetação específica. No sul do Brasil, esses lugares podem ser encontrados dentro de matas (onde ocorrem nascentes/acúmulos de água), brejos dentro de áreas desmatadas (em pastagens ou lavouras; ver Foto 21.3, cap. 21), ou em locais onde uma camada impermeável de rocha e o manto freático próximo à superfície limitam o crescimento de árvores, dando lugar a campos naturais. Esses solos cronicamente

úmidos são importantes refúgios para espécies nativas de minhocas. Após o desmatamento, pode haver extinção das espécies nativas no restante da área desmatada, pois essa normalmente não mantém suficiente umidade no solo para a sobrevivência das minhocas.

Solos submergidos em várzeas permanentes e ambientes alagadiços (brejos, pântanos, arroz irrigado, margens de rios) ou florestas de várzeas inundáveis apresentam problemas ambientais especiais para a vida das minhocas e a maioria das espécies brasileiras não consegue sobreviver por longos períodos em solos inundados. Apenas algumas espécies de minhocas, nas famílias Almididae/Criodrilidae (gêneros *Drilocrius*, *Guarani Criodrilus* e *Glyphydrilocius*) e Ocnerodrilidae habitam esses lugares permanentemente. As espécies que habitam essas áreas devem ter adaptações especiais para suportar a falta de oxigênio ou alternativas para escapar a longos períodos de inundações. Por exemplo, diversas minhocas da família Almididae têm estruturas especiais nas caudas (que são levemente achatadas), e uma ampla rede de vasos sanguíneos usada para auxiliar na respiração (Carter & Beadle, 1931; Beadle, 1957). Essas minhocas se posicionam cabeça para baixo no solo, com as caudas próximas à superfície do solo encharcado para respirar.

Para escapar da inundações em florestas de várzea do baixo rio Negro (AM) e na Ilha do Maracá (AP), as espécies *Andiorrhinus tarumanis* e *Dichogaster andina* desenvolveram outro tipo de adaptação: essas minhocas sobem nas árvores e habitam nas epífitas, bromélias e solos suspensos das copas, durante a estação chuvosa (Adis & Righi, 1989; Righi 1997). A espécie maior (*A. tarumanis*), de até 19 cm de comprimento, desenvolveu um método especial para subir as árvores (Adis & Righi, 1989): primeiro estende a parte anterior do corpo e fica imóvel até que o muco secretado faz com que a minhoca grude na árvore; logo em seguida, ela retrai a parte posterior, que subsequentemente adere ao caule e permite à minhoca repetir a mesma seqüência de movimento até chegar à copa da árvore. Manter o corpo em forma de "S" parece facilitar o ascenso. Se perturbadas, elas caem ao solo. As minhocas sobem apenas à noite, quando a maior umidade do ar previne o dessecamento. Durante o dia, elas se escondem em lugares úmidos ao longo do tronco, por exemplo, sob a casca. Quando as águas recuam, as minhocas descem ao chão da floresta e resumem a vida na interface do solo-serapilheira.

A espécie amazônica *Tuiba dianae* (sinônimo: *T. tipema*) desenvolveu ainda outro modo de adap-

tação à inundação da floresta de várzea próxima a Manaus: migração horizontal (Adis & Bogen, 1982; Adis & Righi, 1989). Essas minhocas acompanham a frente de inundação para dentro da mata (mais longe do rio) e de volta ao rio Negro e seus tributários, movendo-se dos solos encharcados para os mais secos durante a enchente e vice-versa durante a vazante. No período das cheias, as minhocas (todas juvenis) ficam de 16 a 26 m de distância da margem das águas para evitar afogamento. No ponto máximo da enchente, as minhocas chegam a estar a quase 450 m do rio. Com a vazante, os indivíduos adultos acompanham a frente de retrocesso a uma distância mais curta (5-10 m). Esta é única migração de minhocas anual desta escala de distância e de populações inteiras de que se tem conhecimento no mundo¹¹.

Os tanques naturais das folhas das bromélias (Foto 20.4)   outro ambiente "aquático" habitado pelas minhocas da família Ocnerodrilidae (e.g., *Kerriona limae*, *K. luederwaldti* e *Kerriona* sp. 2) e Glossoscolecidae (*Andiorrhinus planaria*, *A. tarumanis*, *Fimoscolex ohausi*), no Brasil (Anexo 20.1). Porém, mesmo quando as bromélias são abundantes no hábitat (Foto 20.4), a proporção de plantas habitadas por minhocas é geralmente pequena (Fragoso & Rojas, 1996). Outra espécie, a exótica *Dichogaster bolau*, também foi encontrada



Foto 20.4. Bromélias crescendo diretamente no solo e nas árvores, no Parque Estadual Rio da Onça, município de Matinhos, PR, onde se encontrou a espécie de Ocnerodrilidae, *Kerriona* sp. 2, habitando o substrato org nico na base das bromélias. (Foto G.G. Brown)

em bromélias no litoral de SP (Righi, 1997; Zicsi & Csuzdi, 1999). Em outros países da América Latina, espécies nativas de *Dichogaster* têm sido encontradas em bromélias (Fragoso & Rojas, 1996) e, no resto do mundo, várias espécies de Acanthodrilidae e Megascolecidae habitam bromélias ou plantas análogas do velho mundo (por exemplo, as Pandanaceae).

A partir de exemplares coletados na Reserva Ducke (Manaus, AM), Righi et al. (1978) descreveram a única espécie nativa (*Areco reco*) da família Sparganophilidae (que inclui minhocas essencialmente aquáticas), na América do Sul. Mas os próprios autores questionaram a validade de colocar a espécie nessa família, pois sua organização interna é parecida   *Drilocrius* e *Glyphydrilocrius*, mas também a *Sparganophilus*, ainda que se distinga de todos esses g neros por ser met ndrica (testículos no segmento 11) e não hol ndrica (dois pares de testículos nos segmentos 10 e 11).

A disponibilidade de água no solo exerce papel fundamental na atividade das minhocas (construção de galerias, estivação, diapausa, ejeção de coprólitos) e no seu crescimento, sua reprodução, sua sobrevivência e sua abundância (esse tema será retomado mais adiante). Portanto, hábitats com determinado regime hídrico podem exercer pressões seletivas específicas. Por exemplo, 33 das 40 espécies coletadas na região de Manaus (AM), habitavam estritamente na proximidade de  gua (Ayres & Guerra, 1981). Das sete espécies restantes, quatro habitavam em solos com grande variação de umidade (*P. corethrurus*, *R. priollii* e duas *Dichogaster* exóticas) e as demais (duas *Dichogaster* nativas e *Pontoscolex eudoxiae*) habitavam troncos podres. Se esse fenômeno ocorrer em outras partes do País, a maior parte das minhocas (especialmente espécies nativas) ainda a ser encontrada no Brasil, provavelmente ocorrerá em ambientes aquáticos ou semi-aquáticos, enquanto o número associado a ambientes estritamente terrestres será muito menor.

A presença de minhocas em várzeas e áreas inundáveis, onde podem ser encontradas vivendo em material em decomposição e/ou no solo, apresenta uma série de questões sobre a importância ecológica da atividade desses animais nestes ambientes. Qual é o efeito das minhocas sobre a decomposição do material org nico acumulado

¹¹ Na região de Itu, SP, Righi (1997) observou movimento horizontal da espécie exótica *A. gracilis* a áreas mais úmidas, para escapar do solo mais seco. Mas esse movimento foi em escala de apenas alguns metros. Tal movimento também ocorre de forma vertical em latossolos profundos, com algumas espécies de minhocas da família Glossoscolecidae, quando ocorre o secamento das camadas superficiais do solo.

nesses locais? Quais são os recursos orgânicos disponíveis para as minhocas nesses locais? Como é que esses recursos (e as minhocas) chegam e onde é que eles/(elas) ficam? Do que as minhocas se alimentam? Quais são os efeitos de sua atividade na infiltração e/ou drenagem de água? De acordo com Victor Del Mazzo (em Righi, 1997) e José Madeira (comunicação pessoal, 2005), as galerias de 2 a 3 cm de diâmetro dos minhocuçus funcionam como “verdadeiros ralos de escoamento de água” nas várzeas do rio Paraná, no Mato Grosso do Sul e do rio Tocantins, em Tocantins, respectivamente. Claramente, são necessários mais trabalhos, com as espécies que habitam tanto os ambientes temporariamente, como permanentemente encharcados, para conhecer melhor sua biologia, ecologia e biodiversidade, esclarecer a relação filogenética entre as famílias/espécies encontradas e a validade da família Sparganophilidae para a espécie *A. reco*.

Minhocuçus no Brasil

Uma das histórias favoritas de Fritz Müller era “Der Minhocão” (Müller, 1877), ou “o minhocão” (minhocuçú) (Zillig, 1997). Na verdade, a história é uma compilação de pequenos relatos fantásticos dos feitos de enormes “minhocas” de 1 a 3 m de diâmetro e até 30 m de comprimento. Essas “minhocas” produziam enormes valas e buracos no solo e grandes canais nos brejos e nas áreas alagadas, tombando árvores, drenando lagos e enchendo os rios de barro. Coincidentemente, esses fenômenos sempre coincidiam com enxurradas.

Como sinalizado na introdução desse capítulo, existem algumas espécies de minhocas enormes no Brasil, mas nenhuma se equipara às dimensões do “minhocão” de Müller. A maior minhoca já coletada no Brasil tinha 2,1 m de comprimento e foi descrita de um único exemplar, coletado em Gorduras, perto de Belo Horizonte, MG (Michaelsen, 1918). Porém, a minhoca havia sido mal preservada e nunca mais foi encontrada na região, gerando grande controvérsia sobre seu paradeiro atual. Finalmente, na reunião de espécies ameaçadas brasileiras em 2002, ela foi considerada oficialmente extinta (Machado et al., 2005). Contudo, considerando as poucas localidades de coleta em MG (Figura 20.2), acredita-se que essa conclusão possa ser prematura, apesar do alto endemismo apresentado pelos minhocuçus brasileiros. Sabe-se que algumas espécies de minhocuçú podem ocupar pequenas áreas geográficas, mas essas

áreas ainda não foram exaustivamente amostradas. Claramente, é necessário ampliar muito o esforço de coleta para conhecer melhor a diversidade de minhocuçus no Brasil.

No momento, as maiores espécies conhecidas no País provêm de áreas com mata primária, especialmente na Mata Atlântica (Tabela 20.5), em altitudes médias (>300 m) ou altas (>800 m). Porém, minhocas grandes, os famosos minhocuçus (minhocas com comprimento geralmente >30 cm e diâm. de ~1 cm ou mais), podem ser encontradas em todo o País. A lista atual de minhocuçus brasileiros inclui pelo menos 53 espécies, sendo 51 da família Glossoscolecidae, principalmente nos gêneros *Rhinodrilus* e *Glossoscolex* (Tabela 20.5). Do total, 32 espécies são conhecidas da Mata Atlântica, 14 dos Cerrados e nove da Amazônia (quatro espécies são encontradas, tanto na Mata Atlântica como nos Cerrados). Porém, é bem provável que existam muito mais espécies, especialmente nos Cerrados e na Amazônia, considerando o baixo número de coletas realizadas nestas regiões, os poucos exemplares conhecidos em coleções no País, e a dificuldade de coleta de minhocas grandes. Também é provável que existam espécies em regiões mais úmidas da caatinga, próximas aos rios, ou nos brejos nordestinos (florestas em encostas mais úmidas das serras do interior), já que minhocuçus dessas áreas estão sendo explorados para vender como isca. Como um exemplo, um *Rhinodrilus* sp. proveniente de Salinas, MG, estava sendo vendido por minhoqueiros na beira da BR 040, perto de Paraopeba (G. Brown, observação pessoal, 2005).

Sabe-se da existência de minhocas que alcançam até 3 m de comprimento *in vivo* (K.S. Brown, comunicação pessoal, 27/06/1978) no Amapá (ver Brown & Fragoso, 2007, cap. 24), e é possível que existam outras espécies de tamanho comparável, que ainda não foram encontradas. Porém, minhocas com >1 m de comprimento (cinco espécies conhecidas) são raras, e existem poucos exemplares nas coleções de museus no mundo. Exemplares inteiros dessas espécies são difíceis de coletar e praticamente só podem ser encontrados após enxurradas, se arrastando na superfície do solo. Mas as minhocas de 30 a 50 cm são bem mais comuns (~40 espécies) e mais fáceis de coletar.

Minhocuçus ocorrem em quase todos os continentes, mas são, aparentemente, mais abundantes no Brasil. Pode-se, então, perguntar, por que certas minhocas conseguem chegar a tamanhos tão grandes, sob que condições isso ocorre, e - será que essas condições são comuns no Brasil?

Tabela 20.5. Espécies de minhoca¹ nativos do Brasil, seu intervalo de tamanho conhecido (adultos clitelados), e sua distribuição nos estados brasileiros.

No.	Família Gênero espécie	Comprimento (cm) ²	Largura (mm) ³	Distribuição ⁴
Glossoscolecidae				
1	<i>Andiorrhinus paraguayensis</i>	>33	>9	MS
2	<i>Andiorrhinus samuelensis</i>	>39	12-18	RO
3	<i>Andiorrhinus torquemadai</i>	26-27	7-13	MT
4	<i>Andiorrhinus</i> n. sp. 3	14->30	5-12	PR
5	<i>Andiorrhinus</i> n. sp. 4	26-36	5-14	SP
6	<i>Andiorrhinus</i> sp.	22->30	5-12	PR
7	<i>Chibui bari</i>	27	9-10	AC
8	<i>Fimoscolex inurus</i>	15->30	4-7	SP, SC
9	<i>Fimoscolex sacii</i>	71-90	15-32	SP, RJ
10	<i>Fimoscolex</i> n. sp. 1	41	6-8	SP
11	<i>Glossoscolex amomee</i>	23-40	7-13	SP, RJ
12	<i>Glossoscolex bergi</i>	20-31	10-12	PR
13	<i>Glossoscolex catharinensis</i>	44-57	3-5	SC, RS, SP
14	<i>Glossoscolex fachinei</i>	33-45	5-10	SP
15	<i>Glossoscolex fasold</i>	100	10-16	SP
16	<i>Glossoscolex giganteus giganteus</i>	31-126	8-18	SP, RJ
17	<i>Glossoscolex giganteus australis</i>	66	10-14	SP
18	<i>Glossoscolex grandis grandis</i>	30	10	RS
	<i>Glossoscolex grandis ibirai</i>	23-28	4-8	SP
19	<i>Glossoscolex klossae</i>	41	13-16	RJ
20	<i>Glossoscolex montagneri</i>	20-41	7-12	RJ, SP
21	<i>Glossoscolex paulistus</i>	24-40	8-14	SP
22	<i>Glossoscolex robustus</i>	32	11-15	RJ
23	<i>Glossoscolex sazimai</i>	44	17-21	SP
24	<i>Glossoscolex tupii</i>	27-36	5-8	SP
25	<i>Glossoscolex umijiae</i>	46	11-13	SP
26	<i>Glossoscolex (uruguayensis) corderoi</i>	22-36	5-12	SP
27	<i>Glossoscolex vizottoi</i>	13-44	4-7	SP, MS
28	<i>Glossoscolex wiengreeni</i>	35-40	13-21	SP, RJ, RS, SC
29	<i>Glossoscolex</i> n. sp. 9	60	15-24	SP
30	<i>Glossoscolex</i> n. sp. 13	30-47	7-11	SP
31	<i>Glossoscolex</i> n. sp. 18	>36	7-13	PR
32	<i>Glossoscolex</i> n. sp. 19	29->33	6-11	SC
33	<i>Glossoscolex</i> n. sp. 20	38	14	RJ
34	<i>Goiascolex</i> n. sp. 1 ⁵	22-34	7-11	GO?
35	<i>Pontoscolex pydanieli</i>	53-58	5	RO
36	<i>Rhinodrilus alatus</i>	57-63	8-16	MG
37	<i>Rhinodrilus duseni</i>	33-40	7-16	SP, PR, MT
38	<i>Rhinodrilus elisiana</i>	19-34	4-8	AM, RO, PA
39	<i>Rhinodrilus evandroi</i>	39-41	6-14	DF
40	<i>Rhinodrilus fafner</i>	210 ⁶	10-24	MG
41	<i>Rhinodrilus garbei</i>	15-35	7-11	MG, SP
42	<i>Rhinodrilus horsti</i>	86	?	MG?
43	<i>Rhinodrilus lakei</i>	30-33	4-9	RR, AM
44	<i>Rhinodrilus longus</i>	50	13	AP
45	<i>Rhinodrilus lucilleae</i>	>38	10-12	AM
46	<i>Rhinodrilus motucu</i>	26->40	8-25	MT, GO, BA, SE

Continua...

Tabela 20.5. Continuação...

No.	Família Gênero espécie	Comprimento (cm) ²	Largura (mm) ³	Distribuição ⁴
47	<i>Rhinodrilus pitun</i>	>36	10-11	PE
48	<i>Rhinodrilus priollii</i>	48-86	15-19	AM
49	<i>Rhinodrilus xeabaibus</i>	31	16-23	RJ
50	<i>Rhinodrilus</i> n. sp. 1	80	20-25	MG
51	<i>Thamnodrilus salathe</i>	40-50	8-17	RR, AM
Ocnerodrilidae				
52	<i>Kerriona garbei</i>	37	9-10	ES
53	<i>Paulistus taunayi</i>	48	9-12	BA

¹ Minhocas gigantes, isto é, com comprimento geralmente maior que 30 cm e diâmetro por volta de 1 cm ou mais.

² Quando dois números, referem-se ao intervalo de tamanho observado na literatura ou pessoalmente (Brown & James).

³ Quando dois números, referem-se geralmente à largura da região posterior média do corpo (mínima) e clitelar ou pré-clitelar (máxima).

⁴ Para detalhes de localidades de coleta e referências bibliográficas de cada espécie, consultar o Anexo 20.1.

⁵ Essa minhoca foi comprada em diversas ocasiões de um revendedor no município de Boituva, SP. Sua origem é desconhecida, mas provavelmente seja de Goiás ou do Mato Grosso.

⁶ Esse exemplar estava quebrado em vários pedaços que juntamente mediam 2,1 m.

Modelos clássicos (seleção *r* e *k*, entre outros) de estratégias de vida e evolução geralmente concordam que organismos grandes (que vivem mais, se reproduzem diversas vezes e geram descendentes bem nutridos), podem ser esperados quando: a) a mortalidade é maior nos juvenis; b) as condições ambientais são previsíveis; e c) há boa competição pelos recursos naturais disponíveis. Quando o custo de gerar progênie com amplas provisões alimentares é alto, então se espera haver reprodução tardia e menos freqüente, já que há uma troca de energia e recursos destinados ao crescimento para a reprodução. Investir em reprodução numa idade mais precoce implica perda de valor reprodutivo futuro, já que a reprodução presente reduz o valor reprodutivo futuro (residual). A reprodução mais tardia (quando o indivíduo já alcançou seu tamanho máximo) afeta muito menos a reprodução posterior (residual).

Será que as minhocas se enquadram nessa estratégia evolutiva? As minhocas epigeas estão expostas à predação contínua, durante todos os estádios de desenvolvimento. Seu tamanho menor e ciclo de vida mais curto que as espécies endógeas e anécicas são consistentes com sua estratégia de vida (seleção tipo *r*) e a teoria exposta acima. Os seguintes fatores, então, poderiam ser considerados como selecionadores de minhocuçus endógeos e anécicos: baixa mortalidade de adultos, perturbação ambiental pouco freqüente e condições desfavoráveis para o crescimento (o que levaria a um ciclo de vida mais longo), incluindo baixa fertilidade do solo e disponibilidade de recursos alimentícios e alta competição pelos recursos disponíveis. Um aumento na quantidade de alimento para a progênie

(o embrião), só pode acontecer com um aumento de tamanho no ovo e o concomitante aumento nos recursos provenientes do progenitor. Ambos só podem ocorrer com um aumento no tamanho do progenitor. Portanto, essas parecem ser as condições que levariam à evolução de minhocuçus no Brasil. Mas será que essas condições ocorrem no País, e onde se encontram os minhocuçus? Isso é muito mais difícil de determinar. No momento, desconhecem-se as taxas de mortalidade, fecundidade e competição dos minhocuçus e a disponibilidade de recursos e previsibilidade de seus ambientes. Por enquanto, essas questões ficam em aberto, como um importante tema de pesquisa para melhorar o conhecimento da ecologia, da biologia e da evolução dos minhocuçus.

O mercado de minhocas como isca para pesca no Brasil

O mercado de minhocas como isca para pescadores nas regiões CO, SE e S do Brasil parece estar baseado quase inteiramente na extração de minhocas de seus habitats naturais. Aparentemente, o uso de espécies cultivadas na minhocultura (*Eisenia andrei* e *Eudrilus eugeniae*), ou provenientes de ambientes manejados para a coleta sustentável (*Amyntas* spp.), continua a ser muito baixo. No momento, não existem incentivos ou razão para investir em outra coisa além de ferramentas para cavar, mão de obra e placas nas estradas principais de acesso à locais de pesca (Foto 20.5). A coleta



Foto 20.5. Placas anunciando venda de minhocas coletadas de forma ilegal em (A) Itaguajé, PR, (B) Assistência, SP e (C) BR040, perto de Paraopeba, MG. (A: Foto G.G. Brown; B: Foto S.W. James; C: Foto A. Guimarães)

em áreas federais/estaduais ou fazendas e outras propriedades particulares, parece ser a alternativa mais viável para os “minhoqueiros” (catadores de minhocas) atuais.

A experiência com os atravessadores (revendedores), vendedores e coletores de minhocas nos estados de SP, PR e MS, indica que as espécies mais coletadas e vendidas desses estados parecem viver em zonas alagadas e encharcadas, principalmente brejos. Em alguns casos, especialmente perto de cidades maiores (por exemplo, Londrina-PR), as espécies exóticas invasoras do gênero *Amyntas* (*A. corticis* e *A. gracilis*) também são bastante coletadas. Porém, na maioria dos casos, as espécies são extraídas de habitats naturais (brejos), e pertencem aos gêneros nativos *Glossoscolex* ou *Andiorrhinus*, com 15 a 40 cm de comprimento (ver Fotos 22.1 e 22.2, cap. 22).

No MT, GO, DF e MG, as espécies extraídas são coletadas tanto em áreas encharcadas como em solos mais secos e pertencem principalmente aos gêneros *Rhinodrilus* e *Goiascolex*, tendo 20 a 50 cm (ou mais) de comprimento. Todas são coletadas manualmente do solo e vendidas a pescadores da região ou para outros lugares na República, especialmente a pescadores indo ao Pantanal. Em Paraopeba, MG, na rodovia BR 040 (Belo Horizonte-Brasília), os minhoqueiros vendem, além de *Rhinodrilus alatus* (Foto 20.6), pelo menos quatro outras espécies, dependendo da época do ano (*Amyntas* e *Eisenia* spp., *Rhinodrilus motucu* e *Rhinodrilus* sp.; G. Brown, observação pessoal, 2005). Algumas espécies são coletadas a centenas de quilômetros de distância de seu local de venda. Às vezes, o comércio ilegal até atravessa fronteiras

internacionais; em Foz do Iguaçu, os autores encontraram minhocaçus provenientes do Paraguai (*Glossoscolex* sp.), sendo vendidos num clube de pesca local (ver Foto 21.6, cap. 21).

A coleta desses animais, sem autorização e licença do IBAMA é ilegal no Brasil, de acordo com a Lei Nº 9605 de 12/02/98, Artigo 29 (Guimarães, 2003)¹². Para coletar minhocas, as licenças devem ser obtidas do IBAMA e o transporte dos animais vivos para revendedores ou outras regiões do País, deve estar acompanhado do GTA (Guia de Trânsito



Foto 20.6. Indivíduos de *Rhinodrilus alatus* Righi, 1971, coletados na região de Paraopeba e vendidos na margem da rodovia BR 040 (Belo Horizonte-Brasília). Apesar de ter duas cores diferentes, todos são a mesma espécie. As minhocas são mantidas em jarros de argila com um pouco de solo do local de onde foram coletados, pois assim resistem mais ao transporte e o armazenamento até a venda para os pescadores. (Foto A. Guimarães)

¹² Lei de n. 9605 de 12/02/98 / Artigo 29: “comete crime quem vende, expõe à venda, exporta ou adquire, guarda, tem em cativeiro ou deposita, utiliza ou transporta ovos, larvas ou espécimes da fauna brasileira nativa ou em rota migratória, bem como produtos e objetos dela oriundos, provenientes de criadores não autorizados ou sem a devida permissão, licença ou autorização da autoridade competente”.

Animal), um certificado emitido pela Secretaria de Defesa Animal do Governo Federal. Esse documento traz as informações sobre o trânsito animal: a espécie, a idade, a procedência, a sanidade, a finalidade e o meio de transporte.

Porém, muitos minhoqueiros nem sabem que estão atuando à margem da lei. Quando interrogados por Afrânio Guimarães, em 2003, sobre a possibilidade de estar contribuindo para a redução de um ser vivo ameaçado de extinção (a espécie de minhocoçu *R. alatus*), o depoimento de um dos vendedores da região do vale de Paraopeba, mostra o nível de desinformação: “- a gente pode vender minhocoçu porque não é animal silvestre. Ele não tem osso e é mole” (Guimarães, 2003).

A desinformação atinge até os próprios órgãos que deveriam estar coibindo estas atividades. No Estado do MT, o CONSEMA estadual publicou uma Resolução (Nº 46/04) dando diversas normas para regulamentar a captura, o transporte, o armazenamento e a comercialização de iscas vivas para a pesca amadora, esportiva e profissional no estado. Porém, o documento: a) não especifica as quantidades de minhocas que podem ser coletadas e comercializadas; b) não dá os nomes científicos das minhocas exóticas passíveis de comercialização (desde que criadas em minhocários); e c) cita incorretamente o nome da espécie de minhocoçu passível de comercialização - *Rhinodrilus cf. fufineri*¹³. Essa espécie endêmica de MG já foi considerada extinta (Machado et al., 2005)¹⁴. As únicas espécies de minhocoçu conhecidas de MT são *Rhinodrilus duseni* e *R. motucu*. Sabe-se que esta última espécie está sendo comercializada no MT, mas é bem provável que outras espécies, ainda desconhecidas para o estado (ou novas), também estejam presentes e estejam sendo utilizadas e comercializadas como isca.

O elevado preço dos minhocoçus que, dependendo da época do ano, pode chegar a R\$ 20,00 a dúzia, pode também incitar as atividades de coleta e venda ilícitas. A falta de licenças e autorizações também não detém a atividade dos atravessadores, que podem render acima de R\$3.500,00 por semana, vendendo mais de 12.000 minhocas (Guimarães, 2003). Infelizmente, essas atitudes e ações estão contribuindo para a devastação de muitas minhocas nativas e a destruição de seus habitats.

Em alguns lugares como Paraopeba, existe conflito entre fazendeiros, o IBAMA (Floresta Nacional de Paraopeba) e os minhoqueiros, que entram ilegalmente nas propriedades federais e particulares para coletar *R. alatus*. Nessa região, minhoqueiros chegam até a atear fogo propositalmente nos Cerrados, para facilitar a entrada e a extração das minhocas (realizada na época seca). Centenas de famílias (milhares de pessoas) vivem quase exclusivamente da coleta predatória dessa espécie (Righi, 1977; Guimarães, 2003; M.A. Drummond, comunicação pessoal, 2005), possivelmente ameaçando a sustentabilidade do processo de exploração e contribuindo para que a espécie tenha sido considerada ameaçada de extinção (Righi, 1998b; Machado et al., 2005). Um projeto recente, liderado pela UFMG (Belo Horizonte) está avaliando este conflito, buscando resolução e a extração sustentável de *R. alatus* pelos minhoqueiros locais.

Pouco se sabe dos efeitos da remoção das minhocas ou dos minhocoçus nos processos ecológicos de seus habitats, onde geralmente atuam como engenheiros do ecossistema e organismos chave para o funcionamento do ecossistema local (Lavelle et al., 1997). Cavar para tirar as minhocas do solo deixa, freqüentemente, o local devastado (ver Fotos 22.2, cap. 22 e 21.7, cap. 21). Na maioria das vezes, pouco ou nenhum esforço é feito para colocar o solo e a vegetação de volta ao seu local (nessa ordem). Portanto, os ambientes de extração sofrem degradação gradual, aumentando a erosão e diminuindo a produtividade primária e a capacidade de recuperação do ecossistema e das populações de minhocas restantes. Em alguns locais de coleta, os ecossistemas naturais já estavam amplamente transformados antes da extração, mas em muitos outros, o habitat natural está intacto e, freqüentemente, contém uma vegetação herbácea diversificada.

Suspeita-se que as taxas atuais de extração da maioria das espécies coletadas (especialmente de minhocoçus) não sejam sustentáveis e que o mercado da isca sofrerá diversos colapsos locais, como ocorreu, por exemplo, com a coleta da espécie *Glossoscolex paulistus* perto de Rio Claro, SP. Quando os recursos naturais (minhocoçus e seus habitats) sofrerem abuso demais, a extração perde rentabilidade e muitos minhoqueiros abandonarão suas atividades. Com o tempo, é possível que o

¹³ Inclusive até o nome da espécie está mal escrito. Deveria ser *Rhinodrilus fufner* (ver Anexo 20.1).

¹⁴ Veja discussão anterior sobre o estado duvidoso desta espécie.

ambiente e as populações de minhocas se recuperem, mas se o dano for grande demais, ambos poderão se degradar irremediavelmente.

Esses problemas são, ainda, exacerbados pela impossibilidade de criar minhocuçus em cativeiro: seus casulos exigem longo período de incubação, os adultos são pouco prolíficos (produzem poucos casulos) e atingem a maturidade sexual somente após muitos meses ou vários anos. Ademais, não se adaptam bem fora de seu hábitat natural, fazendo com que rejeitem substratos e solos distintos de seu local de origem, somente sobrevivendo “fechados” por apenas algumas semanas ou meses, sem procriar (Guimarães, 2003). Até o momento, apenas uma espécie nativa brasileira (*Pontoscolex corethrurus*) tem sido criada com êxito (Pashanasi, 2007, cap. 31), e não é minhocuçú. Contudo, existem outras espécies, principalmente exóticas como as *Amyntas* spp., *E. eugeniae*, *E. andrei* e *E. fetida*, que podem ser criadas de modo relativamente fácil em cativeiro. Essas espécies podem ser comercializadas mais facilmente e usadas como isca. Maiores esforços devem ser realizados para avaliar o potencial dessas espécies como substitutas para a coleta e venda de minhocuçus.

É essencial que a importância e o impacto ecológico, econômico e social do mercado de iscas no Brasil seja avaliado urgentemente, para formular estratégias e legislação regulatória adequada, que possa garantir o futuro benefício dessas atividades para os minhoqueiros e suas famílias e a preservação e o uso sustentável das populações de minhocas nativas e seus habitats naturais.

Biologia e ecologia das minhocas brasileiras

Durante os 10 últimos anos, o número de pessoas trabalhando com a fauna do solo aumentou significativamente, tanto em universidades como em centros de pesquisa estaduais e federais. Testemunha desse fato é o crescente número de contribuições sobre o assunto nos grandes congressos nacionais (Zoologia, Ciência do Solo, Fertbio). Porém, a maioria desses trabalhos trata as minhocas apenas superficialmente, como parte da macrofauna do solo; raramente são apresentados dados sobre a abundância numérica e a biomassa

encontrada e quase nunca se menciona(m) a(s) espécie(s) encontrada(s).

Um assunto que tem recebido bastante atenção das revistas e da mídia em geral (televisão, jornais, rádio) é a minhocultura, uma prática muito popular no Brasil. Porém, como a minhocultura é realizada com espécies exóticas, retiradas de seu ambiente natural e criadas em ambientes artificiais e com resíduos orgânicos de origem animal (na sua grande maioria), não se abordará esse tópico neste capítulo. Para maiores informações, remetemos os leitores aos trabalhos impressos em revistas e livros sobre o assunto (por exemplo, Martinez, 1998; Aquino et al., 1994; Ricci, 1996), e à internet, que contém muitas páginas dedicadas à minhocultura¹⁵.

Biologia

Os primeiros experimentos sobre a biologia de minhocas no Brasil foram realizados por Mendes & Valente (1953), Mendes & Nonato (1957), e Vanucci (1953). Os primeiros dois trabalhos descreviam, pela primeira vez, a respiração e o metabolismo das espécies *P. corethrurus*, *Glossoscolex* sp. e *Amyntas gracilis*. A esses trabalhos, seguiram-se os de Johansen & Martin (1965, 1966), Jorge et al. (1965) e Jorge & Sawaya (1967), sobre a circulação sanguínea e os aspectos bioquímicos de diversas espécies nativas e exóticas.

Vanucci (1953) apresentou diversas notas sobre a distribuição e comportamento da minhoca mansa (*P. corethrurus*), a espécie mais comum no Brasil, também comentando brevemente sobre a espécie *A. gracilis*. Com base em dados empíricos, concluiu que *A. gracilis* substituía a *P. corethrurus* nas áreas urbanas, enquanto a minhoca mansa era mais abundante nos subúrbios e nas áreas rurais. Infelizmente, não há mais evidências sobre esse fenômeno na literatura e o assunto merece mais atenção. Sabe-se que ambas as espécies estão, freqüentemente, associadas às atividades humanas, mas não há registros de que uma espécie seja mais beneficiada que a outra por essa associação. No laboratório, ela nunca encontrou *P. corethrurus* copulando, mas mediu sua taxa de produção de casulos, e notou seu parasitismo por pequenos Enchytraeidae (também observado por Hamoui, 1991). Também observou a localização dos casulos “suspensos” numa câmara por pequenos fios feitos do mesmo material que a cápsula do casulo (Foto 20.7). Assim como Müller (1857) já havia observa-

¹⁵ Ver, por exemplo: <http://www.minhobox.com.br>.



Foto 20.7. Casulos de *P. corethrurus*, em estágios iniciais de evolução, coletados em São Jerônimo da Serra, PR. Note que o casulo à esquerda está suspenso na câmara por fios de muco. (Foto G.G. Brown)

do, quase 100 anos antes, em exemplares juvenis e adultos, ela também viu a “zona caudal” em indivíduos recém nascidos. A função dessa zona caudal continua incerta, mas pode estar relacionada com o crescimento, a regeneração ou autotomia, funções sensoriais, para auxiliar na respiração ou como âncora, quando puxada de suas galerias (Righi, 1990a).

De todas as minhocas brasileiras, a espécie *P. corethrurus* tem sido a mais estudada e diversos aspectos de seu ciclo de vida e suas atividades foram relatados por Hamoui (1991), Guerra & Bezerra (1989), Bernardes & Kiehl (1992, 1993, 1994, 1995a,b, 1997), Bernardes et al. (1998), Ferraz & Guerra (1983) e Soares et al. (1997). Esses ensaios mostraram a grande versatilidade dessa espécie à manipulação humana e à vida e criação em cativeiro, em diferentes substratos, temperaturas e umidade do substrato/alimento. A produção de coprólitos e ovos e o crescimento foram maiores quando criadas numa mistura de solo e matéria orgânica (especialmente esterco curtido). Além disso, a temperatura ideal para sua atividade foi de 25°C e a umidade ideal para produção de casulos e coprólitos de 55% e 70 a 80% da capacidade de campo do solo, respectivamente.

Righi (1972c, 1997, 1999) apresenta diversos dados sobre a produção de coprólitos e a construção de galerias por espécies de minhocas nativas. Por exemplo, na Mata Atlântica da Serra do Mar de SP, o minhocoçu *Fimoscolex sacii* (Foto 20.8) produz galerias verticais grandes (até 4 cm de diâm.) e profundas (até 5 m), com diversas ramificações. No interior de SP, perto de Rio Claro,



Foto 20.8. *Fimoscolex sacii* (Righi, 1971), espécie de minhocoçu encontrado em diversos municípios no SE do Estado de São Paulo (Anexo 20.1). (Foto G.G. Brown)

o minhocoçu *Glossoscolex paulistus* cria galerias em forma de “U”, de aproximadamente 30-40 cm de profundidade, abertas na superfície do solo. Mas no inverno (época mais seca), a espécie cava mais fundo, seguindo o manto aquífero e, se a seca for muito prolongada, entra em estivação numa câmara a aproximadamente 50 cm de profundidade (Abe & Buck, 1985). Nos Cerrados de Paraopeba (MG), o minhocoçu *R. alatus* produz duas galerias principais em direção à superfície, a partir de sua câmara de diapausa anual. Uma dessas galerias é perpendicular e a outra tem ângulo de aproximadamente 30°-60°. Ambas estão tampadas na superfície, mas uma delas é facilmente visível na época da diapausa, pela bolota fecal superficial, de 2-3 cm de altura e 10-15 cm de diâm., chamada de “amarelinho” pelos minhoqueiros locais.

Pelo menos quatro espécies de minhocoçus produzem coprólitos superficiais em forma de torres: *Chibui bari*, *Rhinodrilus motucu*, *G. paulistus* e *F. sacii* (Righi, 1972c, 1997, 1999; Guerra 1988a). Essas torres alcançam 20-30 cm de altura e, nas duas últimas espécies, têm um buraco no meio, onde as minhocas inserem suas caudas para aumentar o tamanho das torres. Em contraste, cada indivíduo da espécie *C. bari* produz um “grupo” de torres, somente durante a estação chuvosa (seis meses).

A atividade estacional das minhocas *C. bari*, *Andiorrhinus samuelensis* e *G. paulistus*, depen-

dendo da umidade do solo e da pluviosidade, foi estudada por Guerra (1985, 1988a), Buck & Abe (1990) e Abe & Buck (1985), respectivamente. A atividade de *C. bari* ficou limitada aos seis meses do ano, quando a umidade do solo estava acima de 20%. O resto do tempo, a espécie esteve em estivação a aproximadamente 1 m de profundidade. As outras duas espécies seguiram o retrocesso do manto aquífero com a falta de chuvas, mas apenas *G. paulistus* entrou em estivação, enrolando-se numa bola (para diminuir a superfície de dessecação), em posição típica de muitas espécies de Glossoscolecidae (Jiménez et al., 2000). A espécie *A. samuelensis*, entretanto, cavou até mais de 9 m de profundidade (Righi 1990a), e tornou-se letárgica, mantendo-se inativa nas suas galerias até que a umidade do solo fosse restabelecida nos horizontes superficiais. O custo energético de cavar e ter que comer solo mais pobre em matéria orgânica em grandes profundidades é a razão provável pela qual essa espécie permanece inativa (Buck & Abe, 1990). Outra estratégia possível de adaptação a menores umidades do solo poderia vir de um aumento na concentração osmótica do corpo (por exemplo, no celoma), permitindo reabsorção de água do solo, como realizado pelos anfíbios (Buck & Abe, 1990).

Diferenças no teor de água no corpo de *P. corethrurus* e *A. gracilis*, dependendo da umidade do solo foram observadas por Caballero (1979). Ambas as espécies tinham o menor teor de água do corpo em agosto, no pico da estação seca, quando foram encontradas em quiescência (estivação) no solo, em profundidades maiores que em outras épocas do ano. Ayres & Guerra (1981) mostraram como a perda letal de água variou entre 56% e 64% para *Andiorrhinus caudatus* e duas espécies de *Pontoscolex* (*P. corethrurus* e *P. marcusii*). *P. marcusii* foi mais susceptível à perda de água e *P. corethrurus* mais resistente. Das 40 espécies encontradas na região de Manaus (Ayres & Guerra, 1981), *Andiorrhinus amazonius* foi a mais eurihígrica (ampla tolerância a diferentes teores de umidade no solo), sendo encontrada em habitats bastante desfavoráveis como as "campinas" e estivando durante a época seca. A espécie *A. caudatus*, que habita solos saturados, foi altamente resistente a condições anóxicas, sobrevivendo até 24 h submersa em água. Sob essas circunstâncias, as minhocas ficaram pálidas e perderam as caudas (autotomia),

mas quando condições aeróbicas foram restabelecidas, rapidamente recuperaram cor avermelhada. Por outro lado, a espécie *P. corethrurus*, apesar de ser bastante resistente à dessecação, foi suscetível a condições anóxicas e não perdeu as caudas¹⁶.

Finalmente, Martin & Johansen (1992) estudaram a espécie *G. giganteus*, observando como certas partes (especialmente posteriores) do corpo quebravam em pedaços (autotomia) quando manipulada no laboratório. Esse fenômeno é comum em várias espécies de minhocas quando elas estão sendo coletadas no campo, ou fixadas. Os autores também observaram que *G. giganteus* nunca elimina totalmente o solo do intestino (a quantidade de solo no intestino foi ~25% do peso úmido, mesmo após vários dias de jejum), e especularam que a autotomia servia como um método de proteção contra a acumulação de partículas grandes no intestino, prevenindo a "prisão de ventre" (Martin & Johansen, 1992).

Considerando que, até o momento, apenas algumas das >300 espécies de minhocas brasileiras têm sido objeto de estudo mais detalhado, há ainda muito trabalho a ser feito sobre a biologia de minhocas no País. Estes trabalhos são importantíssimos para a conservação das espécies nativas, considerando seu alto grau de endemismo e as pressões antrópicas em seus habitats.

Diversidade local de minhocas em diferentes ambientes e tipos de vegetação

A diversidade de minhocas (nº de espécies) em um determinado local raramente ultrapassa 15 espécies, mesmo em ambientes como florestas tropicais altamente diversificadas com muitos nichos diferentes a serem aproveitados e usados pelas minhocas. Em geral, esses ambientes preservados (ex., Mata Atlântica e Floresta Amazônica) e outros habitats naturais (ex., campo nativo), contém um número muito maior de espécies nativas que ambientes perturbados, como pastagens e áreas de culturas agrícolas anuais (Figura 20.12). Nessas últimas áreas, geralmente predominam espécies exóticas ou peregrinas, especialmente adaptadas à perturbação antrópica. Essas espécies normalmente incluem exemplares do gênero *Dichogaster*, a *P. corethrurus*, diversas Megascolecidae (especialmente *A. gracilis* e *A. corticis*) e indivíduos da

¹⁶ Ao contrário, Reynolds (1994) relata esta espécie como sendo bastante resistente a condições de alta umidade do solo.

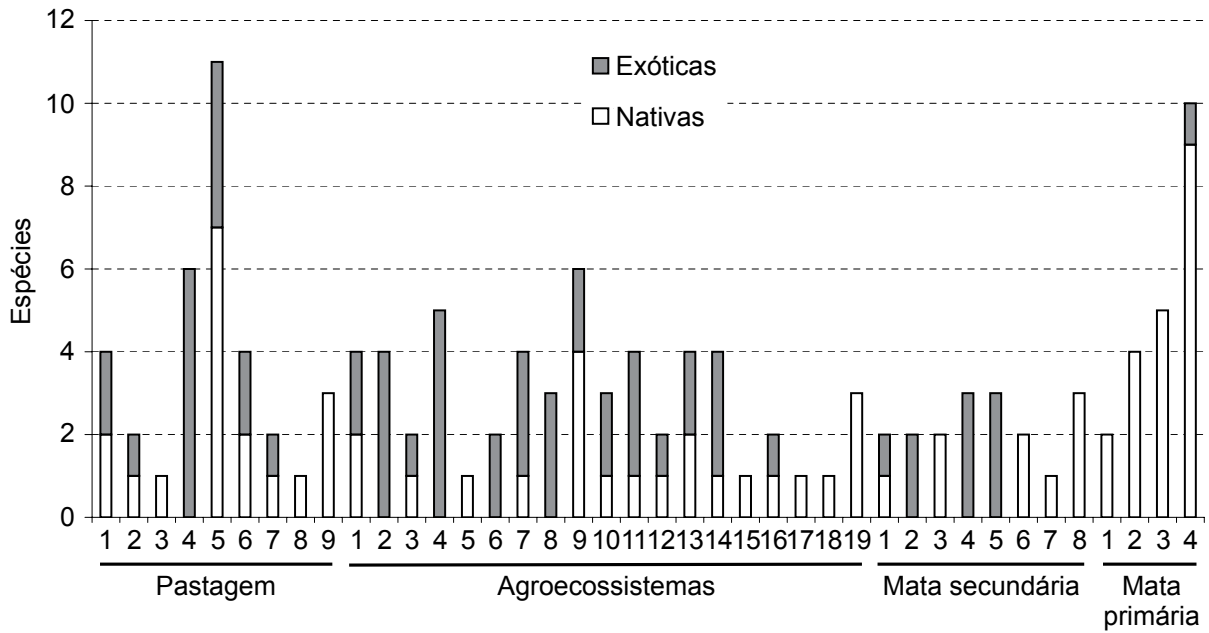


Figura 20.12. Número de espécies nativas e exóticas em diferentes ecossistemas naturais e agroecossistemas brasileiros. Foram usados dados apenas dos locais onde se realizou coleta quantitativa (determinação de densidade e/ou biomassa) de minhocas (Anexo 20.2).

família Lumbricidae, especialmente no sul do País (Brown et al., 2006).

Porém, poucos locais no Brasil têm sido estudados de forma exaustiva, para dar uma idéia adequada da biodiversidade local da comunidade de minhocas. Para isso, são necessárias muitas visitas e coletas em todos seus micro-ambientes e nichos (incluindo o solo, serapilheira, bromélias, árvores e troncos em decomposição, sob pedras, nos riachos e suas margens), em diferentes épocas do ano e em diferentes anos. É recomendável, também, realizar uma avaliação quantitativa das populações, já que essa provê dados importantes sobre a densidade das espécies encontradas em cada nicho.

Por exemplo, na Reserva Biológica de Paranapiacaba, coletas realizadas em diversos anos (desde 1898 até 2005) na Mata Atlântica nativa do local, revelaram 13 espécies, sendo 11 nativas e duas exóticas (Brown & James, 2007b). Nas últimas coletas (2005 e 2006), encontraram-se três novos registros para a Reserva: *P. corethrurus* (invasora) e dois exemplares de Ocnodrilidae, na margem de um córrego. Da Estação Biológica de Boracéia, também na Mata Atlântica, conhecem-se 11 espécies, oito nativas e três exóticas (Foto 20.9). A última coleta na Estação (2004) revelou duas novas espécies.

Na região Amazônica, Römcke et al. (1999) e Zicsi et al. (2001) mostraram as diferenças na



Foto 20.9. Diversidade de espécies de minhocas encontradas na Reserva Biológica de Boracéia, do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (Município de Salesópolis, SP). No meio da figura, a espécie mais longa (*Fimoscolex* n. sp. 1), e acima da régua, *Glossoscolex* n. sp. 2. (Foto G.G. Brown)

composição específica das comunidades de minhocas em diversos policultivos, plantações de árvores, mata primária e secundária na Embrapa Amazônia Ocidental, ao norte de Manaus (Anexo 20.2). Das 10 espécies encontradas, apenas uma era exótica (*D. bolau*). As espécies nativas *Rhnodrilus contortus* e *R. priollii* (Foto 20.10) foram as mais vistosas, devido ao seu tamanho (*R. priollii* pode medir >1 m em comprimento), enquanto as



Foto 20.10. *Rhiodrilus priollii* Righi, 1967, minhocoçu coletado na Embrapa Amazônia Ocidental, logo após uma enxurrada, nas mãos de Marcos Garcia. (Foto M.V.B. Garcia)

espécies *U. brasiliensis* e *Tuiba diana* foram as mais comuns. As espécies menores, *Pontoscolex vandersleeni* e *Cirodrilus righii* eram raras e foram encontradas somente nas amostras extraídas em funis de Berlese (Höffer et al., 2001).

Em Rio Branco, AC, Guerra (1988b, 1994a) encontrou três espécies de minhocas (*Chibui bari*, *P. corethrurus*, *Rhiodrilus curiosus*) em floresta secundária, plantações de *Hevea brasiliensis* (borracha) e em uma pastagem vizinha (Anexo 20.2). *C. bari* dominou quanto à biomassa, seguido de *R. curiosus* (ambas são minhocas grandes). A espécie *P. corethrurus* dominou em relação à abundância, permanecendo ativa durante todo o ano, até na época mais seca. As outras duas espécies entraram em estivação, permanecendo inativas a uma profundidade maior que 30 cm.

Num ecotono de floresta e savana perto de Boa Vista, RR, Guerra (1994b) encontrou apenas duas espécies de minhocas (*P. corethrurus* e *P. roraimensis*). *P. corethrurus* foi a espécie mais abundante nos dois habitats, enquanto *P. roraimensis* preferiu a zona de transição, sendo mais ativa e abundante nessa zona do que na savana ou na floresta (Anexo 20.2). Righi (1990b, 1998a) encontrou, próximo a esse local, 12 espécies de minhocas na Ilha de Maracá (10 nativas, duas exóticas), e relacionou essa alta diversidade à grande variedade de tipos de habitat da ilha (Righi, 1997).

Perto de João Pessoa-PB, Guerra & Silva (1994) encontraram uma mistura de espécies nativas e exóticas num policultivo (*P. corethrurus* + três exóticas) e uma pastagem (*P. corethrurus*, *G. tocaninensis* + duas exóticas). A densidade de minhocas, especialmente de *P. corethrurus*, foi maior (até 152 indivíduos m⁻²) no policultivo que na pastagem (31 m⁻²). Numa floresta secundária próxima, eles encontraram apenas duas espécies, a nativa *L. paraibaensis* e algumas *P. corethrurus*, ambas em baixa densidade (Anexo 20.2).

Em diversos ecossistemas de altitude (1050-1650 m), no Parque Estadual do Ibitipoca, MG, Castro & d'Agosto (1999) encontraram cinco espécies de *Rhiodrilus*, todas muito raras e em baixa densidade (Anexo 20.2). Em 38 amostragens quantitativas (cinco amostras de 4 m² cada, a uma profundidade de 25 cm), realizadas de abril de 1993 a janeiro de 1997, os autores encontraram apenas 64 indivíduos. Na maioria das datas de amostragem, não foram encontradas minhocas. Muitos pesquisadores, até os mais persistentes, teriam desistido de amostrar o local logo no primeiro ano do trabalho. Porém, os autores continuaram suas amostragens por quase três anos mais. A espécie mais comum foi *R. garbei* (78% de todos os indivíduos). Contudo, duas espécies provavelmente foram identificadas incorretamente, e devem ser estudadas novamente para confirmação. Uma delas é *R. curtus* (quatro indivíduos), conhecida apenas da Ilha de Trinidad no Caribe, e a outra, *R. fafner*, um minhocoçu gigante que não correspondia às fotos da minhoca de tamanho moderado, tomadas pelo autor principal (James & Brown, observação pessoal, junho de 2004). Outra espécie, *R. senckenbergi*, conhecida do rio Doce, no estado de Espírito Santo, também precisa de confirmação.

Diversidade regional de minhocas e populações de espécies nativas e exóticas em diferentes ecossistemas

À medida que o tamanho de área amostrada aumenta, a diversidade de minhocas pode ou não, aumentar concomitantemente, dependendo da diversidade de habitats e ecossistemas na região, a extensão dos mesmos na paisagem, a representatividade da amostragem realizada e o impacto humano sobre os ecossistemas naturais e antropizados da região.

O primeiro inventário da diversidade de minhocas em nível regional, realizado em 36 municípios do RS pela Dra. Christa Knäpper (em colaboração com o Josef Hauser e a ajuda taxonômica do Dr.

Righi), revelou 18 espécies de minhocas (Knäpper, 1972a,b, 1977; Knäpper & Porto, 1979; Righi & Knäpper, 1965; Righi, 1967c), sendo 15 delas (83%) espécies exóticas e apenas três nativas. A abundância das minhocas encontrada foi, geralmente, muito baixa (<1 indivíduo.m⁻²; ver Anexo 20.2). O alta diversidade de espécies exóticas encontradas é devido à ampla distribuição dessas espécies no RS e porque as coletas se concentraram principalmente em ambientes perturbados.

No seu livro sobre as minhocas de Mato Grosso (MT e MS) e Rondônia, Righi (1990a) sintetizou os dados de suas coletas e da literatura, citando 45 espécies, sendo 37 delas nativas (82%) e oito exóticas. Das espécies nativas, 26 pertenciam à família Glossoscolecidae, 10 à Ocnerodrilidae e uma à Acanthodrilidae. Das exóticas seis eram *Dichogaster* spp. e as outras duas da família Ocnerodrilidae. A maior parte das espécies estava associada a ambientes hidrófilos; 27 espécies foram encontradas apenas do lado de ou próximas de cursos d'água. As 18 espécies restantes estavam associadas a ambientes terrestres, sendo encontradas em florestas, jardins, áreas urbanas e agrícolas. As espécies exóticas foram encontradas principalmente em locais perturbados, enquanto as espécies nativas foram encontradas tanto em locais perturbados (várias Ocnerodrilidae, *P. corethrurus*, *Goiascolex pepus*), como em ecossistemas naturais.

Na região Amazônica, um estudo realizado por pesquisadores e estudantes do INPA (Ayres & Guerra, 1981), revelou 40 espécies de minhocas (identificadas em Righi et al., 1976, 1978) de oito tipos de hábitat perto de Manaus; 13 dessas (10 nativas, três exóticas) foram encontradas na Reserva Ducke. Como mencionado anteriormente, a maioria das espécies presentes na região estava associada a ambientes úmido-encharcados, e apenas algumas espécies foram encontradas na floresta de "terra-firme".

No Estado do Paraná, Brown et al. (2004b) amostraram aproximadamente 50 locais, dos quais 18 eram agroecossistemas de culturas anuais (ver discussão posterior). Das 39 espécies coletadas, as exóticas foram encontradas apenas em áreas perturbada, enquanto na vegetação nativa e bem conservada encontraram-se apenas espécies nativas. Somente algumas espécies nativas, principalmente das famílias Glossoscolecidae e Ocnerodrilidae foram encontradas em áreas perturbadas, como florestas de *Pinus* sp., pastagens nativas e introduzidas, campos agrícolas, jardins, pomares e hortas.

Outro estudo, realizado no Noroeste de SP, em região de Cerrados por Caballero (1973), amostrou 52 locais em 48 municípios, cobrindo uma área de quase 31.000 km². Em cada local, as minhocas foram coletadas em cinco buracos de 60 x 60 cm de lado até 60 cm de profundidade, nas estações seca e chuvosa. A vegetação predominante da região era de Cerrados, mas amostras também foram realizadas em vegetação secundária, gramados, pastagens, beiras de rios e brejos. O número médio de minhocas encontrado nos 52 locais variou de 58 a 188 indivíduos.m⁻². Ela encontrou apenas oito espécies; quatro nativas e quatro exóticas. *P. corethrurus* foi encontrada em todos os locais e o minhocoçu nativo, *Glossoscolex vizottoi*, foi encontrado em aproximadamente 50% dos locais estudados. A espécie *Drilocrius iheringi* foi encontrada em quatro locais e o minhocoçu *Glossoscolex grandis ibirai* foi encontrado em apenas um local. No total, ela encontrou uma média de apenas 2,5 espécies por local (máxima = 5 spp., mínima = 1 spp.), uma diversidade muito baixa.

Tanto Caballero (1973) como Knäpper & Porto (1979) relacionaram as espécies presentes no RS e no noroeste de SP com os tipos de solos, suas propriedades e os principais tipos de vegetação, mostrando a preferência das espécies encontradas por cada tipo de solo/vegetação estudado. Por exemplo, duas espécies do gênero *Glossoscolex*, coletadas em São Paulo, foram encontradas em apenas um dos sete tipos principais de solos da região, enquanto *D. iheringi* foi encontrada apenas nas áreas inundadas com solos hidromórficos (Caballero, 1973).

Uma comparação de todos os locais onde foram coletadas minhocas de forma quantitativa (Anexo 20.2) mostra claramente como as espécies exóticas se concentram principalmente nos agroecossistemas (Figura 20.13). Nessas áreas, as exóticas foram encontradas mais frequentemente sozinhas do que associadas com espécies nativas. Os ecossistemas preservados (florestas primárias e secundárias) foram os únicos nos quais se encontraram espécies nativas existindo sozinhas (sem as exóticas). As florestas onde somente se encontraram espécies exóticas eram de vegetação secundária e não primária. A frequência de coexistência de espécies nativas com as exóticas, porém, foi maior do que nos casos onde ambas se encontravam sozinhas.

A espécie mais comumente encontrada na Tabela do Anexo 20.2 e nos agroecossistemas e florestas da Figura 20.12 e 20.13, foi a *P. corethrurus*. Essa espécie é a mais conhecida e amplamente

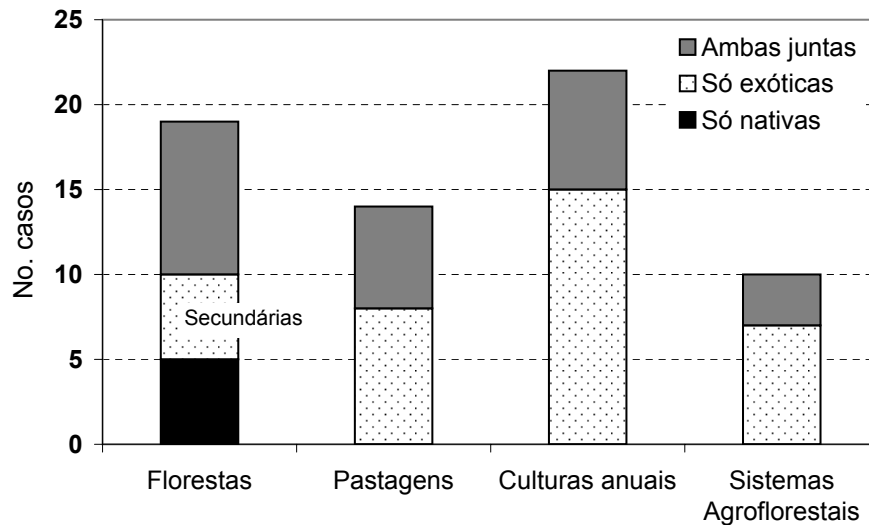


Figura 20.13. Número de locais onde se encontraram espécies exóticas, nativas, ou ambas juntas em diversos ecossistemas brasileiros (total $n = 65$ locais). Foram usados dados apenas para os locais onde se realizou coleta quantitativa (determinação de densidade e/ou biomassa) de minhocas (Anexo 20.2). Nas florestas, os locais com somente espécies exóticas eram florestas secundárias.

distribuída de todas as minhocas brasileiras (Figura 20.7; Brown et al., 2006) e, provavelmente, dispersou de seu local de origem (no platô Guianense), tanto naturalmente, como auxiliada por grupos indígenas, que transportaram materiais contendo casulos ou pequenos indivíduos (Lavelle, comunicação pessoal; Righi, 1990a). Portanto, assim como mencionado anteriormente, essa espécie, apesar de ser nativa no País, deveria ser considerada como uma invasora peregrina na maior parte do Brasil. Porém, ela não tem sido tratada como tal e pouco tem sido feito para reduzir sua dispersão a outras novas áreas do País. Esse fenômeno vem ocorrendo regularmente com o desmatamento e outras transformações na vegetação e nas paisagens naturais. Nesses locais, a espécie acaba invadindo, tornando-se, às vezes, dominante (Barros et al., 2004), devido à sua reprodução partenogenética e grande tolerância por diferentes tipos de solos e habitats (Lavelle et al., 1987). A multiplicação e a presença massiva dessa espécie, especialmente quando encontrada sozinha, têm sido associadas a efeitos negativos na estrutura do solo (Barros et al., 2004; Chauvel et al., 1999), no crescimento vegetal (Brown et al., 1999) e às comunidades de minhocas nativas locais (Lapied & Lavelle, 2003).

Outras espécies exóticas predominantes no País pertencem ao gênero *Amyntas*, que colonizaram amplamente jardins, pomares e hortas, em zonas agrícolas e urbanas, especialmente próximas às habitações humanas (Brown et al., 2006). São abundantes sob o sistema de plantio direto (Peixo-

to & Marochi, 1996; Voss, 1986), que atualmente cobre mais de 20 milhões de ha no Brasil. Diversas espécies do gênero *Dichogaster* também são comuns no plantio direto, especialmente no Paraná, onde 5,5 milhões de ha (25% da área do estado) estão dedicados a esse sistema de manejo conservacionista do solo. Com a semeadura direta, há aumento gradual no conteúdo de matéria orgânica e fósforo nas camadas superficiais do solo, devido à ausência de preparo do solo e menores taxas de decomposição dos resíduos superficiais. Conseqüentemente as populações da macrofauna do solo em geral (Brown et al., 2001), e especialmente das minhocas, aumentam de modo proporcional ao tempo de adoção do sistema (Brown et al., 2003).

Estimativas da população de minhocas (quantitativas) já foram realizadas em diversos locais e ecossistemas do Brasil (Anexo 20.2). Infelizmente, em muitos locais, as espécies encontradas não foram identificadas. Os resultados das avaliações para onde se identificou (ou não) as minhocas (Figuras 20.12 e 20.13) mostram que:

- pastagens ($n = 9$) podem ter de 1-11 espécies de minhocas (média = 3,8 spp.) com até seis espécies nativas, mas uma proporção similar de espécies nativas e exóticas (1,1:1,0);
- agroecossistemas anuais e perenes (excluindo pastagens; $n = 19$) são menos diversificados, variando de 1-6 espécies (média = 2,9 spp.), com até quatro espécies nativas, mas predominância de espécies exóticas em relação às nativas (1,5:1,0);

- florestas secundárias (n = 9) também têm uma baixa diversidade, com uma a três espécies (média = 2,1 spp.) e até três espécies nativas, mas uma proporção similar de espécies nativas vs. exóticas (1,1:1,0);
- florestas primárias (n = 4) são mais diversas, variando de 2-10 espécies no total (média = 5,3 spp.), com até sete espécies nativas, e predomínio de espécies nativas vs. exóticas (20:1);
- poucos autores mediram a biomassa das populações e muitos não identificaram os exemplares coletados em nível de espécie;
- na maioria dos ecossistemas naturais (florestas, campos nativos, Cerrados), espécies de minhocas nativas são encontradas em baixa abundância, com a exceção das minhocas migratórias do vale do rio Negro (Adis & Bogen, 1982);
- minhocas nativas são raramente encontradas em ecossistemas perturbados ou manejados de forma intensiva;
- sistemas de preparo ou manejo convencional (incluindo preparo do solo) têm efeitos negativos nas populações de minhocas (ver também Sautter et al., 2007, cap. 21);
- em locais com estação seca e chuvosa marcada, as populações de minhocas seguem os regimes de chuva, com maior abundância na época chuvosa e menor na seca;
- certas práticas agrícolas estimulam as populações de minhocas, um fato interessante a ser considerado para aumentar os benefícios desses animais para a agricultura. Por exemplo, sistemas agrosilviculturais, agroflorestais (café, maracujá), sistemas orgânicos e plantio direto favoreceram as populações de minhocas, geralmente das espécies peregrinas (por ex., *P. corethrus*) ou exóticas (dos gêneros *Dichogaster* e *Amyntas*);
- a maior abundância de minhocas é geralmente observada em pastagens e em outros sistemas com cobertura do solo permanente, onde a espécie *P. corethrus* é freqüentemente predominante;
- habitats hidrófilos (arroz, solos de várzea) também têm, de modo geral, altas populações de minhocas, devido à menor limitação ambiental para sua atividade e às adaptações fisiológicas ou morfológicas especiais desenvolvidas pelas espécies presentes (família Ocnerodrilidae).

Os agroecossistemas e as práticas de manejo que aumentam as populações de minhocas devem ser pesquisados e sua adoção estimulada para promover a atividade biológica no solo, melhorar a sua fertilidade e aumentar a produção agrícola (Brown

et al., 1999; ver a seguir). Por exemplo, Voss (1986) encontrou aumento na população das minhocas *A. corticis* e *A. gracilis*, de aproximadamente zero a 108 indivíduos.m⁻² na região de Ponta Grossa, PR, após apenas quatro anos de adoção do sistema de plantio direto, e do abandono das práticas de preparo convencional do solo. Em Arapotí, PR, a população de minhocas do gênero *Amyntas* passou de zero a 200 indivíduos.m⁻², após 6,5 anos de plantio direto (Peixoto & Marochi, 1996). Quase 16 anos depois, ainda havia no local uma alta população de *Amyntas*, junto com *P. corethrus* (G. Brown, observação pessoal, 2004). Os agricultores da região até estimularam a colonização dos solos pelas minhocas, espalhando esterco curtido com altas populações de *Amyntas* spp. em suas propriedades (E. Kluppel, comunicação pessoal, 2004).

Considerando, portanto, os dados apresentados até o momento, as espécies nativas parecem apresentar menor tolerância a habitats perturbados, ao contrário das exóticas, que abundam principalmente nos agroecossistemas e outros ambientes perturbados. Essas espécies parecem adaptar-se bem às práticas agrícolas e podem ser invasoras/colonizadoras oportunistas, ocupando os nichos deixados abertos pelo desaparecimento de espécies nativas, após a transformação da vegetação natural para usos agrícolas. Esses dados também demonstram o grande potencial de uso das comunidades de minhocas (presença e proporção de espécies nativas e exóticas), como bioindicadoras de perturbação e/ou integridade de habitats nativos e da qualidade do solo. Infelizmente, esse potencial tem sido pouco explorado no Brasil, merecendo muito maior atenção (ver Nunes et al., 2006 ; 2007, cap. 26).

Métodos de amostragem de minhocas

Um fator essencial para estudos quantitativos ecológicos é o uso de métodos apropriados para cada avaliação a ser realizada. Vários métodos têm sido utilizados para coletar minhocas e avaliar sua atividade no campo (para maiores detalhes, ver Römcke, 2007, cap. 29). Esses podem ser divididos em três principais tipos: a) físicos; b) comportamentais ou etológicos; c) indiretos (Baker & Lee, 1993).

Os métodos físicos envolvem a remoção direta das minhocas do solo. Pode ser através da triagem manual do solo (ver Fotos 29.2 e 29.3, cap. 29) ou com lavagem e/ou peneiramento. A remoção manual tem sido o método mais utilizado

pelos pesquisadores trabalhando com minhocas, especialmente nas regiões tropicais, apesar da importante limitação de tempo que impõe, devido à dificuldade de triar manualmente grandes quantidades de solo. A remoção manual também é difícil quando o solo está muito seco ou compacto, com grandes quantidades de raízes e quando as minhocas são pequenas e/ou de cor críptica e/ou estão localizadas em camadas muito profundas, dificultando a sua extração (Baker & Lee, 1993). A combinação de remoção manual com lavagem e peneiramento provavelmente seja o método mais eficiente para a extração de minhocas do solo, já que reduz algumas das deficiências do método manual, além de coletar também os casulos. Porém, poucos pesquisadores usam esse método devido ao tempo e ao esforço adicional necessário. Contudo, algumas melhorias e futuros desenvolvimentos tecnológicos nessa área poderiam diminuir grandemente o tempo e esforço necessários para esse método, ajudando a aumentar a sua aceitação e utilização.

Os métodos etológicos ou comportamentais incluem o uso de armadilhas "pit-fall" (que capturam as espécies ativas na superfície do solo), choques elétricos (ver Foto 29.1, cap. 29) ou vermífugos (substâncias irritantes, por ex. formol, mostarda, vinagre, detergente, permanganato de potássio e outros) que fazem com que as minhocas subam à superfície do solo (ver Fotos 29.4 e 29.5, cap. 29). Esses métodos têm a vantagem de diminuir significativamente o tempo e o esforço físico necessários para remover as minhocas do solo, porém também apresentam limitações. Por exemplo, o formol é cancerígeno e a eficiência da extração usando formol depende da temperatura, da umidade e do tipo de solo (especialmente a porosidade e infiltração do líquido), da atividade das minhocas e da sua reação às substâncias usadas, e da concentração utilizada. Ademais, os casulos não são coletados e apenas as minhocas ativas e capazes de subir à tona são coletadas. Nas regiões tropicais onde predominam espécies endógeas, os métodos comportamentais têm sido menos usados devido à sua baixa eficiência. Porém, quando espécies grandes como minhocuçus anécicos (por ex., *R. priollii*) estão presentes, pode ser necessário o uso de formol sobre uma grande área (>1 até 4 m²) para coletar esses indivíduos (Römbke et al., 1999; Römbke, 2007; ver Foto 29.7, cap. 29). Por isso, alguns autores combinam o método manual com métodos etológicos, para capturar tanto as minhocas grandes anécicas, quanto as minhocas endógeas geófagas.

Os métodos indiretos envolvem a contagem das estruturas físicas criadas pelas minhocas na superfície do solo (excrementos, buracos ou "middens"). A presença e a quantidade dessas estruturas geralmente refletem a abundância e a atividade das minhocas, mas não é recomendável usar esse método para avaliar as suas populações. Muitas minhocas produzem pouca ou nenhuma estrutura física na superfície, mas alguns indivíduos podem produzir muitas estruturas. Contudo, essas medidas são úteis para avaliar os efeitos da comunidade de minhocas e sua atividade sobre as propriedades e os processos edáficos.

Para qualquer um dos métodos é importante considerar os seguintes parâmetros: tamanho e número de amostras, local preciso e tempo da amostragem, as condições ambientais e o material disponível. O número e o tamanho das amostras devem ser suficientemente grandes para permitir uma avaliação precisa das populações presentes no local. A distância entre as amostras também deve ser de tamanho suficiente para evitar autocorrelação entre as amostras (Rossi et al., 1998). A distribuição das amostras também é importante, e deve-se levar em conta as características físicas e biológicas do ambiente a ser amostrado (tamanho de parcela, inclinação, diferença de vegetação ou tipo de solo), para obter melhores resultados. O tempo, os materiais e a mão-de-obra disponíveis também são importantes considerações. Infelizmente, a variedade de diferentes métodos de coleta frequentemente dificulta a comparação de resultados obtidos com diferentes métodos. Felizmente, a maior parte das coletas quantitativas realizadas até o momento no Brasil (ver Anexo 20.2), usaram o método padrão do TSBF (Anderson & Ingram, 1993), ou ligeiramente modificado. Apesar deste método não ser o melhor para minhocas muito pequenas ou os minhocuçus, ele tem sido um dos preferidos dos pesquisadores e alunos estudando a macrofauna edáfica no Brasil e no mundo (Lavelle et al., 2003).

Apesar da abundante literatura sobre o assunto, poucos trabalhos, especialmente em regiões tropicais, compararam diferentes métodos para a coleta de minhocas em diversas situações ambientais, com variações no tipo de solo, na vegetação e nas espécies de minhocas presentes. A maioria dos trabalhos se limitou a comparar apenas métodos diferentes no mesmo local. Por exemplo, Caballero (1975) avaliou o melhor método e tamanho para amostragem de minhocas e concluiu que buracos de 30 x 30 cm quadrados até 30 cm de profundidade eram pequenos demais para avaliar corretamente

o número de indivíduos das espécies maiores de minhocas encontradas nos seus locais de coleta. As dimensões dos buracos que melhor estimaram o número de minhocas foram mini-trincheiras de 60 x 50 e 60 x 60 cm até 50 ou 60 cm de profundidade.

Sabe-se que não existe método perfeito e todos os métodos têm as suas limitações (Lavelle & Kohlmann, 1984). Porém, é importante saber qual é o melhor método conforme a situação local, para poder aplicá-lo ao trabalho a ser realizado. Idealmente, o método deve facilitar o trabalho a ser realizado, sem porém, comprometer os resultados a ser obtidos.

Efeito das minhocas sobre as propriedades do solo

Sabe-se que as minhocas podem contribuir de modo importante para as propriedades e os processos físicos no solo, devido à produção de excrementos (coprólitos) e galerias. Ao cavar e ingerir/expelir solo, as minhocas criam uma ampla rede de galerias abertas e/ou fechadas, tanto na direção vertical como na horizontal. As galerias abertas à superfície do solo, contribuem para a infiltração de água e a troca de gases, além de serem, quando abandonadas, moradia para outros organismos. Os coprólitos, depositados no solo (que representa a grande maioria dos coprólitos depositados, especialmente pelas espécies endógeas) ou na sua superfície, podem tomar diversas formas: globulares, granulares, tubulares ou irregulares (Brown et al., 2004a) (Foto 20.11). Após secos, podem ser altamente estáveis, e geralmente concentram carbono e nutrientes úteis para as plantas e os microorganismos (Barois et al., 1999). O conjunto da atividade de uma comunidade de minhocas no solo recebe o nome de “drilosfera” (Lavelle, 1988; Bouché, 1971), e pode influenciar significativamente as populações e a atividade de outros organismos no solo, devido às mudanças físicas e da disponibilidade de recursos induzidas ao meio edáfico. Por esta razão Jones et al. (1994) e Lavelle et al. (1997) consideraram as minhocas como organismos engenheiros do ecossistema.

Contudo, poucas estimativas da produção anual ou estacional de coprólitos têm sido feitas no Brasil. Numa área coberta por árvores e num campo próximo à Universidade Federal do Acre, em Rio Branco, AC, o minhocucu nativo *C. bari* produziu 88 Mg e 24 Mg de coprólitos ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente (Guerra, 1988a). Os coprólitos tinham um pH mais elevado e maiores quantida-

des de C, Ca, Mg, K e P que o solo circundante, tomado em várias profundidades (Guerra, 1994a). A espécie *P. roraimensis* produziu apenas 0,5 a 1,3 Mg.ha⁻¹.ano⁻¹, num ecotono de floresta a savana ao norte de Boa Vista, RR (Guerra, 1994b).

Outros autores (Dadalto & Costa, 1990; Quadros et al., 1998; Peneireiro, 1999; Demattê et al., 1998; Santos et al., 1996; Kuczak et al., 2006) coletaram coprólitos superficiais de várias espécies (a maioria não identificada) de modo a medir suas propriedades químicas e físicas. Encontraram diferenças na textura, no teor de matéria orgânica e nas quantidades de nutrientes (especialmente P, Ca e Mg), em formas disponíveis para as plantas, em comparação com o solo circundante. Essas diferenças são tipicamente observadas em coprólitos de minhocas nas regiões tropicais (Barois et al., 1999), pois elas tendem a selecionar partículas mais finas e se alimentar em zonas mais ricas em matéria orgânica no solo. Por exemplo, Bernardes & Kiehl (1992) acreditam que as diferenças no teor de nutrientes dos coprólitos de *P. corethrurus* são devidas, principalmente, à seleção de partículas mais finas (argila+silte) por essa espécie, e não em decorrência das contribuições metabólicas das minhocas. Contudo, sabe-se que as excreções nefridiais e as secreções de carbonato de cálcio por muitas espécies de minhocas podem alterar o pH nos coprólitos e contribuir de forma importante para a concentração de N, Ca e outros nutrientes afetados pelo pH dos coprólitos (Lee, 1985).

Quando os coprólitos são depositados dentro do perfil do solo, preenchendo as galerias das minhocas, as estruturas se chamam pedotúbulos ou crotovinas (Foto 20.12; ver também Foto 21.4, cap. 21 e Foto 23.2, cap. 23). Estas estruturas contêm, freqüentemente, solo de uma cor ligeiramente diferente do solo circundante, dependendo das diferenças de cor dentro do seu perfil e da fonte de alimento das minhocas. Se a minhoca estiver se alimentando na superfície e enterrando solo e serapilheira superficial, as crotovinas adquirem tonalidade muito mais escura que o solo ao redor, devido à matéria orgânica nos coprólitos. Esses podem representar importantes fontes de nutrientes para as raízes das plantas, e também ser regiões de alta atividade microbiana, especialmente quando rodeados de solo bastante pobre, ou em maior profundidade no perfil (Brown et al., 1999; Resende et al., 2002). Righi (1997) observou crotovinas a 2 m de profundidade, na Ilha do Maracá, RR, e Resende et al. (2002) encontraram galerias de minhocucos extintos até 20-30 m de profundidade em Latossolos na Região Sudeste do País.

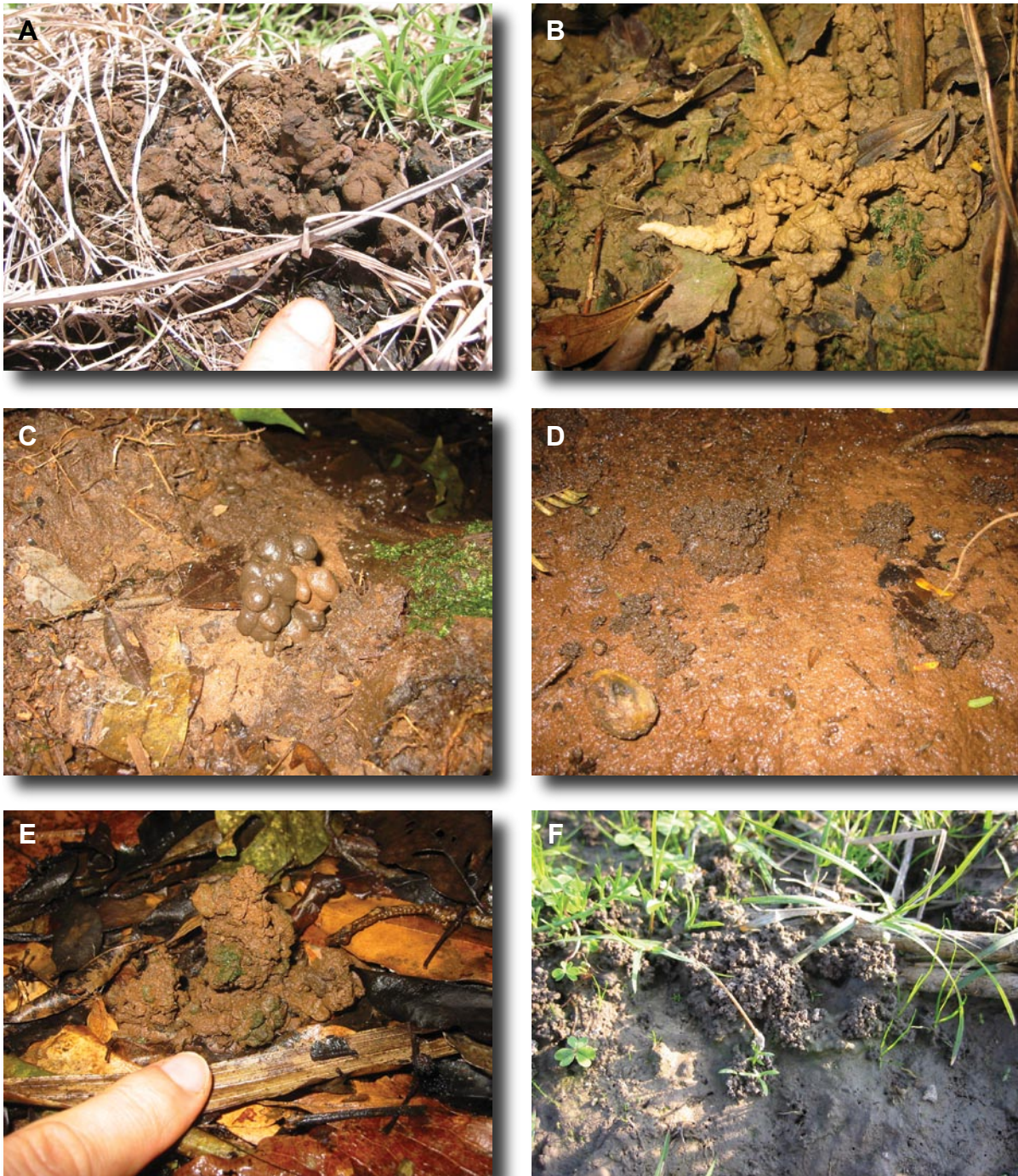


Foto 20.11. Coprólitos com formas e estruturas diferentes: (A) *Amyntas* sp., em área de lavoura de arroz e cana de açúcar (Andirá, PR); (B) *P. corethrurus*, em Mata Atlântica, Estação Biológica de Alto da Serra (Paranapiacaba, SP); (C) *Glossoscolex* n. sp. 21, e (D) Ocnodrilidae sp., em Mata Atlântica, Parque Estadual de Ibicatu (Centenário do Sul, PR); (E) *Glossoscolex* n. sp. 13, em Mata Atlântica, Parque Estadual de Ilha Bela, SP (acima da praia de Pacuíba; (F) Ocnodrilidae sp. (provavelmente *Eukerria* sp.), em área de lavoura de arroz (Turuçu, RS). (Fotos G.G. Brown)

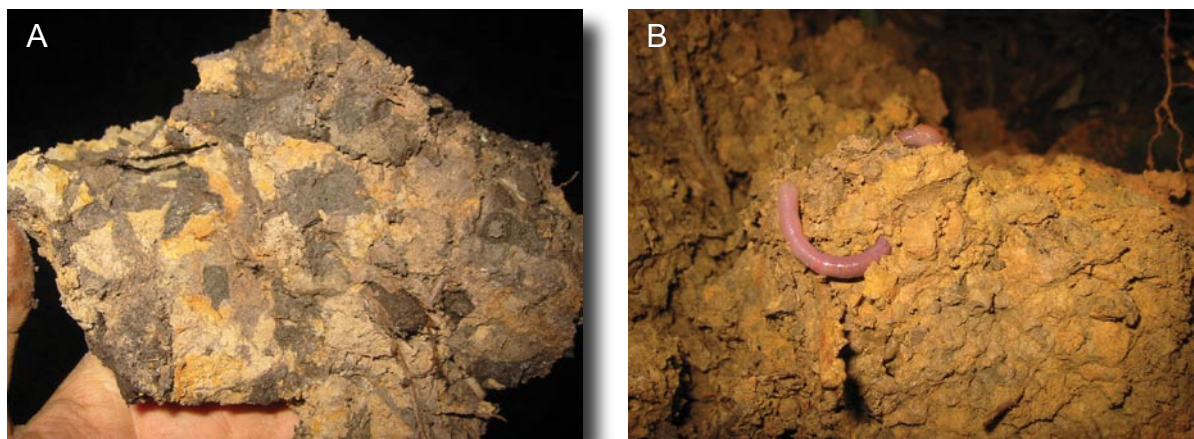


Foto 20.12. (A) Pedotúbulos de minhocas de cor contrastante (mais escuros e com maior teor de matéria orgânica), encontrados a 20 cm de profundidade no solo da Reserva Biológica de Paranapiacaba, SP (Estação Biológica de Alto da Serra). (B) Evidência de grande atividade (coprólitos e pedotúbulos) de *P. corethrus* (indivíduo adulto na foto) na camada superficial do solo, perto da borda da Reserva. (Fotos G.G. Brown)

A atividade das minhocas no solo pode ter importantes efeitos cumulativos nas populações e na atividade de outros organismos dentro do solo e na serapilheira (Brown & Doube, 2004), assim como nas propriedades químicas (especialmente o teor de matéria orgânica, a disponibilidade de nutrientes e o pH do solo) e físicas (agregação, porosidade, infiltração e retenção de água no perfil) do solo, e na pedogênese (Lee, 1985; Darwin, 1881). Portanto, vários autores (por ex., Langenbach et al., 2002; Guerra, 1982; Primavesi & Covolo, 1968), encontraram diferenças no pH e na concentração de nutrientes (especialmente Ca, Mg, P, K e NO_3), em solos trabalhados por minhocas, se bem que muitas dessas diferenças podem ter sido devido a mudanças nas taxas de decomposição e a mineralização de nutrientes, quando as minhocas foram inoculadas.

Por exemplo, Guerra & Asakawa (1981) encontraram populações de microorganismos de duas a cinco vezes maiores em solos com presença versus ausência de *P. corethrus*, e atribuíram esse aumento à intensa mistura de solo e matéria orgânica e a deposição de coprólitos nos vasos com minhocas. Contudo, Bernardes et al. (1998) não encontraram efeito da mesma espécie na taxa de respiração do solo em laboratório e Sparovek et al. (1999) não encontraram efeito dessa espécie em vários parâmetros microbiológicos e químicos, quando inoculada em pequenas parcelas (de onde foram retirados os primeiros 50 cm de solo) em um latossolo de Piracicaba, SP.

A deposição contínua (em escala de tempo geológica) de excrementos sobre a superfície do solo, pode ser importante fator determinante para

as suas características superficiais (horizonte A), e até para sua textura, se as minhocas estiverem ingerindo partículas seletivamente (Nooren et al., 1995; Guerra, 1994b; Bernardes & Kiehl, 1995a). Em Botucatu, SP, Miklós (1992) observou uma estrutura grumosa, bem agregada, na camada superficial de uma toposequência, e associou essa característica à deposição de coprólitos de minhocas (principalmente *P. corethrus*). Também estimou (Miklós, 1996) que as minhocas poderiam estar ingerindo (ver biomassa e densidade no Anexo 20.2) até $3.100 \text{ Mg de solo} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$.

Outro exemplo dos efeitos pedogenéticos das minhocas foi observado em solos hidromórficos no alto rio Negro (Mafra et al., 2007, cap. 23). Nesse local, os autores mediram a construção de montículos (murunduns) por duas espécies de minhocuçus (espécies ainda não identificadas). A superfície do local tinha >3 montículos m^{-2} , com uma altura média de 14 cm e diâm. basal de 17 cm, resultando em deposição média de coprólitos de $30 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (ver Foto 23.1). No horizonte superficial do solo, observaram intensa pedoturbação, com abundantes coprólitos de 6-12 mm de diâm. Mais abaixo (>20 cm prof.), encontraram principalmente pedotúbulos, frequentemente enriquecidos de matéria orgânica, trazida da superfície pelas minhocas (Foto 23.2). Montículos parecidos a esses têm sido observados em outros locais do País, principalmente em solos hidromórficos, tanto nos Cerrados como na Amazônia (Assad, 1997; F. Bernardes, comunicação pessoal, 2003; G. Brown, observação pessoal, 1999, 2006) (Foto 20.13). As espécies envolvidas na construção desses murunduns são principalmente minhocuçus dos gêneros *Rhinodrilus* e *Glossoscolex*.

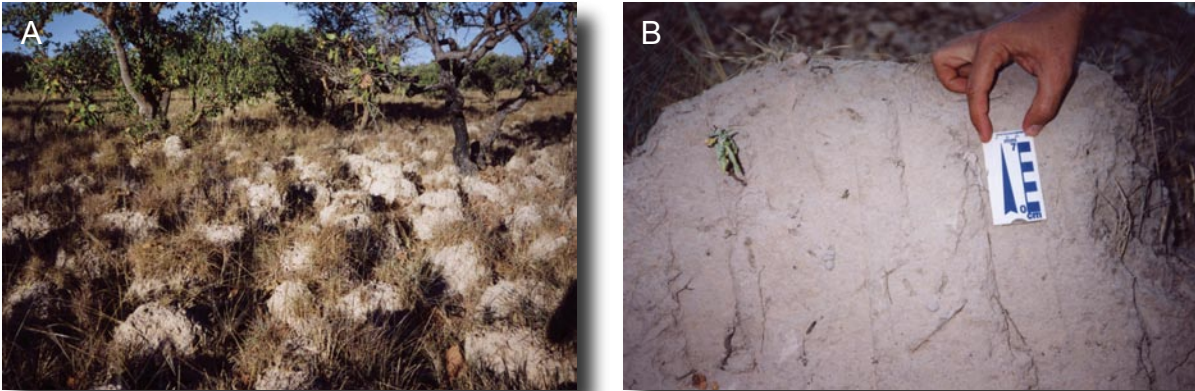


Foto 20.13. Murunduns criados por uma espécie desconhecida de minhoca, em Plintossolo sujeito à inundação na época de chuvas (manto freático variável) na região de Flores de Goiás, GO. (A) Vista geral do local; (B) Murundum visto de perto, com coprólitos da minhoca visíveis. (Fotos G.G. Brown)

Em alguns locais, a deposição exagerada de coprólitos de uma só espécie pode gerar complicações para o solo e o crescimento das plantas. Próximo a Manaus, o desmatamento e a introdução de pastagens (*Brachiaria* spp.) causaram o desaparecimento das espécies nativas de minhocas (e de outros macroinvertebrados edáficos) e a proliferação da espécie peregrina *P. corethrus* (Barros et al., 2004). Nessas condições, a espécie invasora dominou a comunidade de organismos do solo, alcançando densidade de até 365 indivíduos. m⁻² e biomassa de 45 g.m⁻². Essas populações produziram mais de 100 Mg.ha⁻¹ de coprólitos na superfície do solo, que se uniram com a chuva, tampando os poros superficiais e diminuindo a sua macroporosidade, em nível igual ao de um trator de esteira (Barros et al., 2001; Chauvel et al., 1999). Durante a estação chuvosa, a massa coesa de coprólitos impediu a infiltração da água no solo, saturando a superfície e criando condições anaeróbicas (simultaneamente aumentando a emissão de metano e a desnitrificação). Na época mais seca, o solo dessecado rachou, impedindo o crescimento das raízes e dificultando a absorção de água. As plantas acabaram secando e morrendo nas zonas de maior concentração de coprólitos, deixando manchas nuas na pastagem (Foto 20.14).

Num ensaio de campo, Barros et al. (2001) demonstraram a importância de uma comunidade diversificada de macroinvertebrados do solo, incluindo espécies descompactantes, na recuperação de solos compactados por *P. corethrus*. Monólitos de solo de 25 x 25 cm foram retirados das pastagens degradadas (Foto 20.14) e levados à floresta primária circundante e monólitos similares foram retirados da floresta e colocados na pastagem. Depois de um ano, a estrutura do solo compactado da

pastagem estava completamente restaurada, aos mesmos níveis de porosidade e macroagregação do solo da mata nativa, principalmente devido à ação de macroinvertebrados nativos da floresta (cupins, formigas, minhocas nativas, besouros). Enquanto isso, a estrutura grumosa e solta do solo da floresta, havia sido completamente desfeita e compactada na pastagem, principalmente pela ação de *P. corethrus*. Esses resultados ilustram a importância de manter uma comunidade diversificada de macroinvertebrados no solo, especialmente nos caolíníficos propensos à compactação superficial. Eles também mostram claramente a importância da gestão humana na transformação da paisagem (conversão de florestas nativas em pastagens) e no manejo da pastagem, que devem



Foto 20.14. Aspecto da superfície de uma pastagem na Embrapa Amazônia Ocidental, ao Norte de Manaus, AM, onde a intensa atividade da minhoca *P. corethrus*, na ausência de uma comunidade diversificada de outros macroinvertebrados do solo, levou à degradação do solo e da pastagem. (Foto A. Chauvel)

ser compatíveis e adaptados à região ou aos tipos de solo locais. Finalmente, esse estudo também ilustra as possíveis conseqüências da introdução de espécies invasoras de minhocas nos ecossistemas, suas propriedades e processos ecológicos (Brown et al., 2006).

Efeitos das minhocas sobre as plantas

A atividade das minhocas no solo pode causar importantes mudanças no ambiente radicular, influenciando o crescimento das plantas de forma direta ou indireta (Brown et al., 2004a). Em geral, o efeito observado é positivo; contudo, em algumas circunstâncias, podem-se observar efeitos negativos, ainda que esses estejam geralmente associados a algum desequilíbrio no sistema solo-planta (Brown et al., 1999, 2004a; Chauvel et al., 1999).

Porém, no Brasil, poucos ensaios têm sido realizados sobre os efeitos das minhocas nas plantas e a maioria foi desenvolvida usando *P. corethrus*, considerada como uma espécie estimuladora do crescimento vegetal, na maioria dos casos (Brown et al., 1999).

Por exemplo, num ensaio em casa-de-vegetação, Guerra (1982) cultivou milho com e sem *P. corethrus* e resíduos de milho incorporados ao solo. A metade dos vasos recebeu uma solução líquida de fertilizante ^{32}P radioativo e a outra metade palha de milho marcada com ^{32}P . Após 30 dias, nenhuma diferença foi detectada na biomassa de milho, entre os tratamentos com e sem minhocas. Porém, as minhocas aumentaram em 50% a concentração de P nos tecidos do milho e os teores de ^{32}P em 30% e três vezes, quando se incluíram resíduos marcados com ^{32}P e fertilizante marcado com ^{32}P , respectivamente. Ele atribuiu esses resultados à maior liberação de P dos resíduos e ao aumento na disponibilidade de P do fertilizante no solo, devido à atividade das minhocas.

Em outro ensaio em casa de vegetação, Soares & Lambais (1998) avaliaram o efeito da inoculação de *P. corethrus*, com ou sem adição de matéria orgânica (esterco curtido), sobre a produtividade de *Brachiaria decumbens* e colonização das raízes por fungos micorrízicos. Nos vasos com minhocas, após 60 dias, a biomassa aérea de *B. decumbens* foi de duas a três vezes maior sem e com adição de matéria orgânica, respectivamente. Não se observou efeito das minhocas sobre a colonização micorrízica, porém observou-se aumento na absorção de N pelas plantas na presença de minhocas.

Já Sparovek et al. (1999) encontraram efeito negativo de *P. corethrus* sobre a estrutura do solo (maior compactação), porém nenhum efeito significativo sobre a produção de grãos ou biomassa aérea de trigo, *Crotalaria juncea*, sorgo e milho, quando inocularam minhocas em ensaio de campo em Piracicaba, SP. Contudo, nesse caso, os autores haviam removido 50 cm de solo superficial, para simular um solo degradado.

Em Arapotí, PR, Peixoto & Marochi (1996) mostraram como a invasão das minhocas do gênero *Amyntas*, em áreas com semeadura direta, modificou de modo significativo a estrutura do solo e a capacidade de retenção de água. A camada superficial do solo (0-10 cm) consistia quase inteiramente de coprólitos de minhocas e a atividade das mesmas aumentou a infiltração de água no perfil e a disponibilidade de diversos macronutrientes para as plantas. Na área sendo invadida, a produtividade de grãos de trigo e soja aumentou em 47% e 51%, respectivamente, enquanto a biomassa seca da aveia preta aumentou 22%, em relação às áreas sem *Amyntas* spp. (Figura 21.7, cap. 21).

No campus da Universidade Federal em Curitiba, PR, Kobiyama et al. (1995) inocularam pequenas parcelas de 1,5 x 1,8 m com 30, 60 ou 90 indivíduos de *Amyntas*.m⁻², e plantaram mudas de bracatinga (*Mimosa scabrella*). As minhocas alteraram a condutividade hidráulica e a porosidade total do solo até os 30 cm de profundidade, aumentando principalmente a proporção de macroporos (>0,06 mm em diâmetro) e a capacidade de retenção de água. Foi observado aumento significativo no crescimento da bracatinga, que foi maior quando se inocularam 60 indivíduos.m⁻² (Kobiyama et al., 1995; Kobiyama, 1994; ver Figura 21.6, cap. 21).

Contudo, outro estudo em parcelas menores (1 x 1 m) em Guarapuava, PR (Santos, 1995) resultou em apenas pequenas diferenças nas propriedades do solo (concentração de nutrientes, densidade aparente, infiltração de água e populações da mesofauna) e nenhuma diferença significativa nas produtividades de trigo e feijão preto, quando as parcelas foram inoculadas com 30, 60 ou 90 *Amyntas* sp.m⁻².

Kusdra (1998) observou efeito negativo da inoculação de pequenos vasos (em casa de vegetação) com *Amyntas* spp., sobre a biomassa aérea e de raízes do feijão preto, e uma diminuição na nodulação das raízes por *Rhizobium*. Atribuiu esses resultados às possíveis alterações nas comunidades microbianas pela atividade das minhocas (redução na população de *Rhizobium* e micorrizas), ao possível contato direto das minho-

cas com as raízes (consumo ou danos físicos) e a mudanças na disponibilidade de nutrientes no solo, especialmente N-mineral. Porém, esses fatores não foram avaliados adequadamente e essas dúvidas permanecem para futuras pesquisas na área.

Os experimentos realizados até o momento, portanto, ainda não permitem generalizações sobre os efeitos das minhocas no crescimento vegetal. Dependendo da espécie vegetal, da(s) minhoca(s) presente(s) na área e do tipo de solo do local, os impactos podem variar de neutros (nenhum efeito) a fortemente positivos ou negativos (Brown et al., 1999; Figura 30.1, cap. 30). São necessários mais estudos sobre esses fenômenos, para prever melhor o impacto de uma comunidade de minhocas sobre o solo e as plantas. Infelizmente, os trabalhos no Brasil usaram poucas espécies até o momento (*P. corethrus*, *Amyntas* spp.). Pouco se sabe dos efeitos das centenas de espécies nativas sobre o solo e as plantas. Considerando a grande diversidade de espécies nativas no Brasil e a presença de diversas espécies das famílias Glossoscolecidae, Ocnerodrilidae e Acanthodrilidae nas áreas produtivas do País, há ainda muito a ser feito para avaliar adequadamente o efeito dessas minhocas sobre o solo e as plantas. Considerando também a expansão de práticas conservacionistas de manejo, como a semeadura direta e a agricultura orgânica no Brasil, e o conseqüente aumento nas populações de minhocas nesses sistemas de manejo, é importante avaliar os possíveis impactos dessas populações sobre as propriedades do solo e a produtividade das plantas.

Considerações para o futuro da ecologia e taxonomia de minhocas no Brasil

Se as estimativas atuais do número de espécies de minhocas no Brasil estão corretas, então a maior parte das espécies no País ainda está por ser descoberta e descrita. Essa é uma tarefa difícil, pois não há, no momento, nenhum taxônomo brasileiro atuante qualificado para identificar, classificar e nomear as espécies encontradas. Alguns esforços têm sido feitos para reverter essa situação, incluindo:

- a) A realização de três cursos de taxonomia de minhocas (2003, 2004 e 2006), nos quais se treinaram mais de 20 brasileiros na identificação das principais famílias e dos gêneros de minhocas no Brasil.
- b) A realização do 1º Encontro Latino Americano de Ecologia e Taxonomia de Oligoquetas (ELAE-TAO1) em Londrina, PR, no final de 2003. Nesse encontro se discutiram os principais trabalhos de taxonomia e ecologia de minhocas na América Latina, e as prioridades de pesquisa para o futuro.
- c) A criação, em 2002, do grupo de pesquisa do CNPq “Biologia, ecologia e função dos oligoquetas terrestres (minhocas e enquitreídeos) brasileiros” que, atualmente, conta com quase 30 pesquisadores e diversos alunos de pós-graduação. As principais linhas de pesquisa do grupo são: 1) Funções ecológicas de oligoquetas terrestres nos ecossistemas naturais e antropogênicos (agrícolas e urbanos); 2) Biologia e modo de vida das minhocas e enquitreídeos; 3) Ecotoxicologia de oligoquetas; 4) Minhocultura e seus usos; 5) Taxonomia e distribuição de oligoquetas brasileiros; 6) Biologia e conservação dos minhocoçus.
- d) A realização de diversos projetos multidisciplinares e inter-institucionais, incluindo membros do grupo de pesquisa “Oligoquetas”. Esses projetos estão avaliando a diversidade e populações de minhocas em ecossistemas naturais e agroecossistemas na Mata Atlântica, na Amazônia e nos Cerrados.

Porém, esses estudos estão sendo limitados pela falta de chaves de identificação e pela pouca experiência dos participantes na identificação das espécies. No momento, existem apenas chaves para gêneros de Glossoscolecidae (Righi, 1995a) e alguns guias gerais para o estudo taxonômico de minhocas (Righi, 1979). É necessário que se sintetize a informação disponível para as espécies brasileiras e as exóticas no País, para facilitar as pesquisas futuras e ajudar os novos pesquisadores nessa área.

São também necessários mais estudos sobre a biologia, a estrutura de comunidades e a distribuição de espécies em diversos biomas e ecorregiões no Brasil. A maior parte dos trabalhos, até o momento, foi feita com uma só espécie (*P. corethrus*). É importante também buscar identificar as razões da distribuição e da diversificação de espécies no País. Dada a baixa capacidade de dispersão das minhocas, pode-se usar, através desses estudos, as mesmas como indicadoras de fenômenos que ocorreram em escala geológica, como a influência de mudanças climáticas sobre a vegetação e a formação de refúgios para a diversificação de espécies na região Amazônica.

As relações ecológicas das minhocas com

seu hábitat e a importância das minhocas na alteração das propriedades e os processos no solo também merecem maior atenção no Brasil. A maior parte dos estudos foi realizada apenas com *P. corethrurus*. Não se sabe quase nada (além de algumas observações empíricas), da importância de espécies nativas, especialmente minhocuçus, sobre o solo e a produtividade vegetal. Também é necessário avaliar o impacto da coleta predatória de minhocuçus (e outras espécies retiradas de seus habitats naturais) sobre seus ambientes e a sustentabilidade dessas práticas. Finalmente, também não se deve desprezar as espécies pequenas (por ex., *Dichogaster* spp.), que são frequentemente abundantes e se concentram nas camadas superficiais do solo, vivendo na região de intensa atividade biológica e crescimento das raízes. Algumas espécies aquáticas também podem ter um importante papel ecológico nos seus ambientes, mas elas ainda não foram estudadas.

Para realizar esses trabalhos será necessário o apoio de instituições de pesquisa e ensino, a participação de outros profissionais e estudantes na área e o fomento financeiro à pesquisa com oligoquetas. Somente assim se poderá melhorar o conhecimento da ecologia, da biologia, da taxonomia e da biogeografia das minhocas no Brasil e sua importância ecológica, agrônômica, social e econômica.

Agradecimentos

S.W. James agradece o apoio do CNPq, da Embrapa, do Prodetab e do Fullbright para suas visitas ao Brasil, e G.G. Brown agradece o CNPq pelas bolsas de produtividade e Profix. Ambos os autores agradecem: P.T. Martins pelo auxílio na preparação dos mapas e na elaboração da base de dados de coletas de minhocas no Brasil; K.D. Sautter pela ajuda na tradução do alemão; o MZUSP (C.R. Brandão, E. Cancellato, S. Casari e E. Gonçalves) pelo acesso à coleção do museu e do G. Righi e à sua ampla coleção bibliográfica; J.W. de Moraes pela informação sobre a coleção no INPA; R. Silva pela informação sobre a coleção na UNISINOS; G. de Castro e A. Guimarães pela informação sobre suas coleções pessoais; P. Lavelle pela informação sobre a coleção no MPEG; C. Young e C. Ratto pelo acesso à coleção no MN do Rio; S. Pacheco pela informação sobre a coleção na PUC-RS; a ajuda de muitos alunos, colegas, agricultores e minhoqueiros do Brasil,

que forneceram minhocas de diversas regiões e informações sobre a ecologia e biodiversidade das espécies brasileiras.

Referências

- ABE, A. S.; BUCK, N. Oxygen uptake of active and aestivating earthworm *Glossoscolex paulistus* (Oligochaeta, Glossoscolecidae). **Comparative Biochemistry and Physiology**, v. 81A, p. 63-66, 1985.
- ADIS, J.; BOGEN, V. Reaction of Glossoscolecidae (Annelida, Oligochaeta) to flooding in a Central Amazonian inundation forest. **Acta Amazonica**, v. 12, p. 741-743, 1982.
- ADIS, J.; RIGHI, G. Mass migration and life cycle adaptation – a survival strategy of terrestrial earthworms in Central Amazonian inundation forest. **Amazoniana**, v. 11, p. 23-30, 1989.
- ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. **Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods**. 2.ed. Wallingford: CAB International, 1993.
- AQUINO, A. M. **Comunidades de minhocas (Oligochaeta) sob diferentes sistemas de produção agrícola em várias regiões do Brasil**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2001. (Embrapa Agrobiologia. Documentos ,146).
- AQUINO, A. M.; ALMEIDA, D. L.; FREIRE, L. R.; DE-POLLI, H. Reprodução de minhocas (Oligochaeta) em esterco de bovino e bagaço de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, p. 161-168, 1994.
- AQUINO, A. M.; DE-POLLI, H.; RICCI, M. S. F. Estudos preliminares sobre a população de minhocas (Oligochaeta) e biomassa microbiana no solo na transição de café sob manejo convencional para orgânico. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2., 1998, Caxambu. **FertBio 98: interrelação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas: consolidando um paradigma - resumos**. Lavras: UFLA / SBSC / SBM, 1998a. p. 403
- AQUINO, A. M.; BELLOTI, R.; ABOUD, A. C. S.; ALMEIDA, D. L. Monitoramento da população de minhocas (Oligochaeta) em sistema integrado de produção agroecológica (SIPA). In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7.; SIMPÓSIO

- BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2., 1998, Caxambu. **FertBio 98**: interrelação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas: consolidando um paradigma - resumos. Lavras: UFLA / SBCS / SBM, 1998b p. 402
- AQUINO, A. M.; RICCI, M. S.; PINHEIRO, A. S. Avaliação da macrofauna do solo em café orgânico e convencional utilizando um método modificado do TSBF. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 3., 2000, Santa Maria. **Fertbio 2000**: biodinâmica do solo. Santa Maria: UFSM/Departamento de Solos, 2000a. 1 CD-ROM.
- AQUINO, A. M.; MERLIM, A. O.; CORREIA, M. E. F.; MERCANTE, F. M. Diversidade da macrofauna do solo como indicadora de sistemas de plantio direto para a região Oeste do Brasil. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 3., 2000, Santa Maria. **Fertbio 2000**: biodinâmica do solo. Santa Maria: UFSM/Departamento de Solos, 2000b. CD-ROM.
- ASSAD, M. L. L. Fauna do solo. In: VARGAS, M.; HUNGRIA, M. (Ed.). **Biologia dos solos dos cerrados**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1997. p.363-443.
- AYRES, I.; GUERRA, R. A. T. Água como fator limitante na distribuição das minhocas (Annelida, Oligochaeta) da Amazônia Central. **Acta Amazonica**, v. 11, 77-86, 1981.
- BAKER, G. H.; LEE, K. E. Earthworms. In: CARTER, M.E. (Ed.). **Soil sampling and methods of analysis**. Boca Raton: Lewis Publishers, 1993. p. 359-371.
- BANDEIRA, A. G.; HARADA, A. Y. Densidade e distribuição vertical de macroinvertebrados em solos argilosos e arenosos na Amazônia Central. **Acta Amazonica**, v. 28, p. 191-204, 1998.
- BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P.; MAFRA, A. L.; WILDNER, L. P.; MIQUELLUTI, D. J. Fauna edáfica avaliada por armadilhas e catação manual afetada pelo manejo do solo na região Oeste Catarinense. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 2, p. 97-106, 2003.
- BARETTA, D.; BROWN, G. G.; JAMES, S. W.; CARDOSO, E. J. B. N. Earthworm populations sampled using different extraction methods in atlantic forest with *Araucaria angustifolia* in the Campos do Jordão State Park, São Paulo, Brazil. **Scientia Agricola**, v. 62, 2007, p. 384-392.
- BAROIS, I.; LAVELLE, P.; BROSSARD, M.; TONDOH, J.; MARTÍNEZ, M. A.; ROSSI, J. P.; SENAPATI, B. K.; ANGELES, A.; FRAGOSO, C.; JIMÉNEZ, J. J.; DECAËNS, T.; LATTAUD, C.; KANYONYO, J.; BLANCHART, E.; CHAPUIS-LARDY, L.; BROWN, G. G.; MORENO, A. G. Ecology of species with large environmental tolerance and/or extended distributions. In: LAVELLE, P.; BRUSSAARD, L.; HENDRIX, P. F. (Ed.). **Earthworm management in tropical agroecosystems**. Wallingford: CAB International, 1999. p. 57-85.
- BARROS, M. E.; BLANCHART, E.; NEVES, A.; DESJARDINS, T.; CHAUVEL, A.; SARRAZIN, M.; LAVELLE, P. Relação entre a macrofauna e a agregação do solo em três sistemas na Amazônia Central. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., 1996, Águas de Lindóia. **Anais...** Solo Suelo 96. Piracicaba: ESALQ: Sociedade Latinoamericana de Ciência do Solo: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo: Centro de Estudos Ambientais: Sociedade Brasileira de Microbiologia, 1996. 1 CD-ROM.
- BARROS, E.; GRIMALDI, M.; DESJARDINS, T.; SARRAZIN, M.; CHAUVEL, A.; LAVELLE, P. Efeito de pastagens sobre a macrofauna e o funcionamento hídrico do solo na Amazônia Central. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2., 1998, Caxambu. **FertBio 98**: interrelação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas: consolidando um paradigma - resumos. Lavras: UFLA / SBCS / SBM, 1998. p. 798.
- BARROS, E.; CURMI, P.; HALLAIRE, V.; CHAUVEL, A.; LAVELLE, P. The role of macrofauna in the transformation and reversibility of soil structure of an oxisol in the process of forest to pasture conversion. **Geoderma**, v. 100, p. 193-213, 2001.
- BARROS, E.; PASHANASI, B.; CONSTANTINO, R.; LAVELLE, P. Effects of land-use system on the soil macrofauna in western Brazilian Amazonia. **Biology and Fertility of Soils**, v. 35, p. 338-347, 2002.
- BARROS, E.; NEVES, A.; BLANCHART, E.; FERNANDES, E. C. M.; WANDELLI, E.; LAVELLE, P. Development of the soil macrofauna community under silvopastoral and agrosilvicultural systems in Amazonia. **Pedobiologia**, v. 47, p. 273-280, 2003.
- BARROS, E.; GRIMALDI, M.; SARRAZIN, M.; CHAUVEL, A.; MITJA, D.; DESJARDINS, T.;

- LAVELLE, P. Soil physical degradation and changes in macrofaunal communities in Central Amazonia. **Applied Soil Ecology**, v. 26, p. 157-168, 2004.
- BEADLE, L. C. Respiration in the African swampworm *Alma emini* Mich. **Journal of Experimental Biology**, v. 34, 1-10, 1957.
- BEDDARD, F. E. The classification and distribution of earthworms. **Proceedings of the Royal Physical Society**, v. 10, p. 235-290, 1891.
- BEDDARD, F. E. XVII.- The earthworms of the Vienna Museum. **The Annals and Magazine of Natural History (Series 6)**, v. 9, v. 113-134, 1892.
- BENHAM, W. B. Studies on earthworms. Nº II. **Quarterly Journal of Microscopic Science (n.s.)**, v. 27, p. 77-108, 1887.
- BENHAM, W. B. Notes on the zoology of Fernando de Noronha: Oligochaeta. **Journal of the Linnean Society Series Zoology**, London, v. 20, p. 560-563, 1900.
- BERNARDES, F. F.; KIEHL, J. C. Alteração das propriedades químicas do solo pelas oligoquetas. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20., 1992, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBCS, 1992. p. 142-143.
- BERNARDES, F. F.; KIEHL, J. C. Alterações no crescimento e na atividade de minhoca do gênero *Pontoscolex* pela adição de matéria orgânica e carbonato de cálcio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., Goiânia. **Resumos...** Goiânia: SBCS, 1993. p. 257-258.
- BERNARDES, F. F.; KIEHL, J. C. Comportamento da minhoca *Pontoscolex corethrurus* sob diferentes condições de temperatura e umidade do solo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 21., 1994, Petrolina. **Fertilizantes: insumo básico para agricultura e combate a fome : anais**. Petrolina: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo: Embrapa-CPATSA, 1994. p. 245-246.
- BERNARDES, F. F.; KIEHL, J. C. Comportamento de oito espécies de minhocas com potencial de utilização agrônômica no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa. **Resumos expandidos**. Viçosa: SBCS / UFV, 1995. v. 1, p. 454-456.
- BERNARDES, F. F.; KIEHL, J. C. Interações entre a *Pontoscolex corethrurus* e as propriedades químicas do solo. In: SIMPÓSIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 3., São Carlos, SP. **Resumos...** São Carlos: USP-EESC, 1995b. v. 1, p. 386.
- BERNARDES, F. F.; KIEHL, J. C. Reprodução da minhoca *Pontoscolex corethrurus* em dois solos e sob dois níveis de matéria orgânica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. **Informação, globalização, uso do solo: Anais**. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. 1 CD-ROM.
- BERNARDES, F. F.; RIBEIRO, C. M.; KLEIN, S. I. On the interaction of *Pontoscolex corethrurus* (Müller, 1857) and the microbiology of tropical soils. In: WORLD CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 16., 1998, Montpellier. **Proceedings...** Montpellier: ISSS / AFES, 1998. 1 CD-ROM.
- BLANCHART, E.; ANTONY, L. M. K. Structure et dynamique de la faune du sol dans des système forestiers tropicaux convertis en pâturages ou en agrosystèmes. In: **Changements dans les chaines de décomposeurs de la matière organique dus à la mise en valeur de sols forestiers en Amazonie Centrale**. Relations avec les transformations de la matière organique et la structure des sols. Relatório Final de Projeto, Orstom & INPA, Manaus, 1996. p. 6-22.
- BLAKEMORE, R. J. **Cosmopolitan earthworms - an eco-taxonomic guide to the peregrine species of the world**. Kippax: VermEcology. 2000. 1 CD-ROM.
- BLAKEMORE, R. J. Checklist of New Zealand earthworms, updated from Lee (1959). In: MORENO, A. G.; BORGES, S. (Ed.). **Avances en la taxonomía de lombrices de tierra (Annelida: Oligochaeta)**. Madrid: Editorial Complutense, 2004. p. 175-185.
- BLAKEMORE, R. J. A definitive checklist of Australian earthworms (Annelida: Oligochaeta: Moniligastridae, Ocnoderilidae, Acanthodrilidae, Octochaetidae, Benhamiinae, Exxidae?, Meagascolecidae, Glossoscolecidae, Lumbricidae, Eudrilidae) – with naming of a new genus and provision of a replacement name for a secondary homonym. In: KANEKO, N.; ITO, M. T. (Ed.). **A series of searchable texts on earthworm biodiversity, ecology and systematics from various regions of the world**. Yokohama: Yokohama National University, 2005. 1 CD-ROM.
- BORGES, S. A tentative phylogenetic analysis of the genus *Pontoscolex* (Oligochaeta: Glossoscolecidae). **Soil Biology and Biochemistry**, v. 24, p. 1207-1211, 1992.
- BORGES, M.; ESPÍNDOLA, C. R. Influência do sistema de manejo na população de minhocas, na região de São Roque (SP). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27., 1999, Brasília. **Anais...** Brasília, DF: EMBRAPA-CPAC, 1999. 1 CD-ROM.

- BOUCHE, M. B. Relations entre les structures spatiales et fonctionnelles des écosystèmes, illustrées par le rôle pédobiologique des vers de terre. In: PERSSON, P. (Ed.). **La vie dans les sols: aspects nouveaux études expérimentales**. Paris: Gauthier-Villars, 1971. p. 189-209.
- BOUCHÉ, M. B. The establishment of earthworm communities. In: SATCHELL, J. E. (Ed.). **Earthworm ecology: from Darwin to vermiculture**. London: Chapman & Hall, 1983. p. 431-448.
- BRANDÃO, C. R. F.; CANCELLO, E. M.; YAMAMOTO, C. I. Invertebrados terrestres. In: LEWINSON, T. M. (Ed.). **Avaliação do conhecimento da diversidade biológica do Brasil**. v. 1. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, 2006. p. 205-259.
- BRIGANTE, J. **Comparação de algumas comunidades de macrofauna e microrganismos de solo, encontrados em áreas de mata e pastagens, em um Latossolo**. 2000. 105f. Tese (Doutorado em Ciências) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- BROWN, G. G.; DOUBE, B. M. Functional interactions between earthworms, microorganisms, organic matter, and plants. In: EDWARDS, C. A. (Ed.). **Earthworm ecology**. Boca Raton: CRC Press, 2004. p. 213-239.
- BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. Listado de las especies de lombrices de tierra de América Central (Guatemala, Belice, Honduras, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica, Panamá), las "Guyanas" (Suriname, Guyane Française, Guyana), Venezuela y Paraguay. In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. (Ed.). **Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia**. Londrina: Embrapa Soja, 2007a. Capítulo 24.
- BROWN, G. G.; JAMES, S. W. Earthworm biodiversity in São Paulo State, Brazil. **European Journal of Soil Biology**, v. 42, p. 145-149, 2006.
- BROWN, G. G.; JAMES, S. W. Biodiversidade e biogeografia das minhocas no Estado de São Paulo, Brasil. In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. (Ed.). **Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia**. Londrina: Embrapa Soja, 2007a. Capítulo 22.
- BROWN, G. G.; JAMES, S. W. Biodiversidade de minhocas. In: LOPES, M. I. M. S.; KIRIZAWA, M.; MELO, M. M. R. F. (Ed.). **A reserva biológica de Paranapiacaba: a estação biológica de Alto da Serra**. IB, São Paulo, 2007b. No prelo.
- BROWN, G. G.; PASHANASI, B.; VILLENAVE, C.; PATRÓN, J. C.; SENAPATI, B. K.; GIRI, S.; BAROIS, I.; LAVELLE, P.; BLANCHART, E.; BLAKEMORE, R. J.; SPAIN, A. V.; BOYER, J. Effects of earthworms on plant production in the tropics. In: LAVELLE, P.; BRUSSAARD, L.; HENDRIX, P. F. (Ed.). **Earthworm management in tropical agroecosystems**. Wallingford: CAB International, 1999. p. 87-147.
- BROWN, G. G.; PASINI, A.; BENITO, N. P.; AQUINO, A. M.; CORREIA, M. E. F. Diversity and functional role of soil macrofauna communities in Brazilian no-tillage agroecosystems. In: **Proceedings of the International Symposium on Managing Biodiversity in Agricultural Ecosystems**. Montreal: UNU & CBD, 2001. 1CD-ROM.
- BROWN, G. G.; BENITO, N. P.; PASINI, A.; SAUTTER, K. D.; GUIMARÃES, M. F.; TORRES, E. No-tillage greatly increases earthworm populations in Paraná State, Brazil. **Pedobiologia**, v. 47, p. 764-771, 2003.
- BROWN, G. G.; EDWARDS, C. A.; BRUSSAARD, L. How earthworms affect plant growth: burrowing into the mechanisms. In: EDWARDS, C. A. (Ed.). **Earthworm ecology**. Boca Raton: CRC Press, 2004a. p. 13-49.
- BROWN, G. G.; JAMES, S. W.; SAUTTER, K. D.; PASINI, A.; BENITO, N. P.; NUNES, D. H.; KORASAKI, V.; SANTOS, E. F. dos; MATSUMURA, C.; MARTINS, P. T.; PAVÃO, A.; SILVA, S. H. da; GARBELIN, G.; TORRES, E. Avaliação das populações e de minhocas como bioindicadores ambientais no Norte e Leste do Estado do Paraná (03.02.5.14.00.02 e 03.02.5.14.00.03). In: SARAIVA, O. F. (Org.). **Resultados de pesquisa da Embrapa Soja - 2003: manejo de solos, plantas daninhas e agricultura de precisão**. Londrina: Embrapa Soja, 2004. p. 33-46. (Embrapa Soja. Documentos, 253).
- BROWN, G. G.; JAMES, S. W.; PASINI, A.; NUNES, D. H.; BENITO, N. P.; MARTINS, P. T.; SAUTTER, K. D. Exotic, peregrine and invasive earthworms in Brazil: diversity, distribution and effects on soils and plants. **Caribbean Journal of Science**, v. 42, p. 339-358, 2006.
- BROWN JUNIOR., K. S. **Ecologia geográfica e evolução nas florestas neotropicais**. Campinas: UNICAMP, 1979.
- BROWN JUNIOR., K. S. Conclusions, synthesis and alternative hypotheses. In: WHITMORE, T. C.; PRANCE, G. T. (Ed.). **Biogeography and quaternary history in tropical America**. Oxford: Clarendon Press, 1987. p. 175-196.
- BROWN JUNIOR, K. S.; BROWN, G. G. Habitat alteration and species loss in Brazilian forests. In: WHITMORE, T. C.; SAYER, J. A. (Ed.). **Tropical deforestation and species extinction**. London: Chapman & Hall, 1992. p. 119-142.

- BUCK, N.; ABE, A. S. Atividade sazonal do minhococo *Andiorrhinus samuelensis* na região de Porto Velho, Rondônia (Oligochaeta, Glossoscolecidae). **Ciência e Cultura**, v. 42, p. 835-838, 1990.
- CABALLERO, M. E. S. **Bionomia dos Oligochaeta terrestres da Região Norte-Occidental do Estado de São Paulo**. 1973. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, São José do Rio Preto.
- CABALLERO, M. E. S. Bionomia de Oligochaeta terrestres da região norte ocidental do Estado de São Paulo I- Métodos. **Ciência e Cultura**, v. 28, p. 762-765, 1975.
- CABALLERO, M. E. S. Influência dos fatores hídricos sobre a biomassa de *Pheretima hawayana* e *Pontoscolex corethrurus* (Annelida, Oligochaeta). **Zoo Intertrópica**, v. 2, 1-11, 1979.
- CAMPOS, B. C.; PESSOA, A. C. S.; FIGUEIREDO, L. G. B.; GOI, C.; VOGT, A. I.; NEUSSER, C.; ANTONIOLLI, Z. I.; GIRACCA, E. M. N. Estudo da meso e macrofauna do solo em espécies vegetais antecedendo milho no sistema de plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., 1993, Goiânia. **Resumos...** Goiânia: SBCS, 1993. p. 261-262.
- CARTER, G. S.; BEADLE, L. C. The fauna of the swamps of the Paraguayan Chaco in relation to its environment. III. Respiratory adaptations in the Oligochaeta. **Journal of the Linnean Society Series Zoology**, London, v. 37, p. 379-386, 1931.
- CASTRO, G. A.; D'AGOSTO, M. Ocupação ambiental dos oligoquetos terrestres em diferentes ambientes fitofisionômicos do Parque Estadual do Ibitipoca-MG. **Revista Brasileira de Zoociências**, v. 1, p. 103-114, 1999.
- CERNOSVITOV, L. Les Oligochètes de la Guyane Française et d'autres pays de l'Amérique du Sud. **Bulletin du Musée Nationale d'Histoire Naturelle de Paris**, v. 2, n. 6, p. 47- 59, 1934a.
- CERNOSVITOV, L. Eine neue *Glossoscolex*-art aus den sammlungen des National Museums in Prag. **Zoologischer Anziger**, v. 105, p. 183-185, 1934b.
- CERNOSVITOV, L. Oligochaeten aus dem tropischen Sud Amerika. **Capita Zoologica**, v. 6, p. 1-36, 1935.
- CERNOSVITOV, L. Deux nouveaux Oligochètes Glossoscolecides du Brésil. **Bulletin de l'Association Philomathique d'Alsace et de Lorraine**, v. 8, p. 401-407, 1938.
- CERNOSVITOV, L. Résultats scientifiques des croisières du navire-école Belge "Mercator", Vol. 2. VII. Oligochaeta. **Musée Royal d'Histoire Naturelle de Belgique, 2ème Ser.** v. 15, p. 115-122, 1939.
- CERNOSVITOV, L. Oligochaeta from various parts of the world. **Proceedings of the Zoological Society, Series B**, v. 111, p. 197-236, 1942.
- CHANG, Y.-C. Minireview: natural history of *Amyntas hawayanus* (Rosa, 1891). **Acta Biologica Paranaense**, Curitiba, v. 26, p. 39-50, 1997.
- CHAUVEL, A.; GRIMALDI, M.; BARROS, E.; BLANCHART, E.; SARRAZIN, M.; LAVELLE, P. Pasture degradation by an Amazonian earthworm. **Nature**, London, v. 389, p. 32-33, 1999.
- COGNETTI DE MARTIIS, L. Contributo alla conoscenza degli Oligocheti neotropicali. **Boletino dei Museo di Torino**, v. 15, p. 1-15, 1900.
- COGNETTI DE MARTIIS, L. Gli Oligocheti della regione neotropicale, I. **Memoria della Reale Accademia di Scienze di Torino**, v. 2, n. 55, p. 1-72, 1905.
- COGNETTI DE MARTIIS, L. Eine neue *Opisthodrilus*-art aus Brasilien. **Denkschriften der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Klasse der Kais Akademie der Wissenschaften**, Wien, v. 76, p. 41-42, 1906.
- COLINVAUX, P. A.; DE OLIVEIRA, P. E. Amazon history on a Cenozoic timescale. **Paleogeography, Paleoclimatology and Paleocology**, v. 166, p. 51-63, 2001.
- CORDERO, E. H. Oligoquetos sudamericanos de la familia Glossoscolecidae, II. Dos nuevas especies de *Rhinodrilus* del Nordeste del Brasil. **Comunicaciones Zoológicas del Museo de Historia Natural de Montevideo**, n. 6, 1-4, 1943.
- CORDERO, E. H. Oligoquetos sudamericanos de la familia Glossoscolecidae, III. *Rinodrilus francisci* n. sp. de Pernambuco, Brasil. **Comunicaciones Zoológicas del Museo de Historia Natural de Montevideo**, n. 10, 1-4, 1944.
- CORDERO, E. H. Oligoquetos sudamericanos de la familia Glossoscolecidae. VI. Los gêneros de la subfamilia Glossoscolecinae, sus probables relaciones filéticas y su distribución geográfica actual. **Comunicaciones Zoológicas del Museo de Historia Natural de Montevideo**, n. 22, p. 1-28, 1945.
- CSUZDI, C. Über die taxonomischen probleme einiger amphiatlantischer regenwürm-gattungen (Oligochaeta, Octochaetidae). Regenwürmer aus Südamerika 18. **Acta Zoologica Hungarica**, v. 39, p. 61-69, 1993.
- CSUZDI, C. A catalogue of Benhamiinae species (Oligochaeta: Acanthodrilidae). **Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien**, v. 97B, p. 99-123, 1995.

- DADALTO, G. G.; COSTA, L. M. Relação entre características químicas de solo e excreções de minhocoçu (*Glossoscolex* spp.). **Revista Ceres**, v. 37, p. 331-336, 1990.
- DARWIN, C. **Darwin on earthworms. The formation of vegetable mould through the action of worms with observations on their habits.** Ontário: Bookworm, 1976. Re-edição do livro de 1881 com prólogo de James P. Martin, Ph.D., e uma introdução de Sir Albert Howard.
- DA SILVA, R. F.; AQUINO, A. M.; MERCANTE, F. M.; GUIMARÃES, M. F. Populações de oligoquetos (Annelida: Oligochaeta) em um Latossolo Vermelho submetido a sistemas de uso do solo. **Ciência Rural**, v. 36, 673-677, 2006.
- DEMATTÊ, J. A. M.; MAFRA, A. L.; BERNARDES, F. F. Comportamento espectral de materiais de solos e de estruturas biogênicas associadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 621-630, 1998.
- DESJARDINS, T.; LAVELLE, P.; BARROS, E.; BROSSARD, M.; CHAPUIS-LARDY, L.; CHAUVEL, A.; GRIMALDI, M.; GUIMARÃES, M. F.; MARTINS, P.; MITJA, D.; MULLER, M.; SARRAZIN, M.; TAVARES FILHO, J.; TOPALL, O. Dégradation des pâturages amazoniens. Description d'un syndrome et de ses déterminants. **Étude et Gestion des Sols**, v. 7, p. 353-378, 2000.
- DIAS, V. S.; BROSSARD, M.; ASSAD, M. L. L. Macrofauna edáfica invertebrada em áreas de vegetação nativa da região de cerrados. In: LEITE, L. L.; SAITO, C. H. (Ed.). **Contribuição ao conhecimento ecológico do cerrado.** Brasília, DF: UNB, 1997. p. 168-173.
- DIONÍSIO, J. A.; TANCK, B. C. B.; SANTOS, A.; SILVEIRA, V. I.; SANTOS, H. R. Avaliação da população de Oligochaeta (terrestres) em áreas degradadas. **Revista do Setor de Ciências Agrárias**, Curitiba, v. 13, p. 35-40, 1995.
- DOMÍNGUEZ, J.; VELANDO, A.; FERREIRO, A. Are *Eisenia fetida* (Savigny, 1826) and *Eisenia andrei* Bouché (1972) (Oligochaeta, Lumbricidae) different biological species? **Pedobiologia**, v. 49, p. 81-87, 2005.
- FENDER, W. M. Native earthworms of the Pacific Northwest: an ecological overview. In: HENDRIX, P. F. (Ed.). **Earthworm ecology and biogeography in North America.** Boca Raton: Lewis Publishers, 1995. p. 53-66.
- FERRAZ, J. A. N.; GUERRA, R. T. Estudo preliminar da influência da umidade do solo sobre a reprodução de *Pontoscolex corethrurus* (Glossoscolecidae, Oligochaeta). **Acta Amazonica**, v. 13, p. 289-297, 1983.
- FRAGOSO, C. Las lombrices de tierra de México (Oligochaeta; Annelida): Diversidad, ecología y manejo. **Acta Zoologica Mexicana**, n. 1, p. 131-171, 2001. (Nueva série). Número especial
- FRAGOSO, C. Diversidad y patrones biogeográficos de las lombrices de tierra de México (Oligochaeta, Annelida). In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. (Ed.). **Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia.** Londrina: Embrapa Soja, 2007. Capítulo 4.
- FRAGOSO, C.; BROWN, G. G. Ecología y taxonomía de las lombrices de tierra en Latinoamérica: El primer Encuentro Latino-Americano de Ecología y Taxonomía de Oligoquetas (ELAETAO1). In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. (Ed.). **Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia.** Londrina: Embrapa Soja, 2007. Capítulo 1.
- FRAGOSO, C.; LAVELLE, P. Earthworm communities of tropical rain forests. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 24, p. 1397-1408, 1992.
- FRAGOSO, C.; ROJAS, P. Earthworms inhabiting bromeliads in Mexican tropical rainforests: ecological and historical determinants. **Journal of Tropical Ecology**, v. 12, p. 729-734, 1996.
- FRAGOSO, C.; BROWN, G. G.; PATRÓN, J. C.; BLANCHART, E.; LAVELLE, P.; PASHANASI, B.; SENAPATI, B.; KUMAR, T. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics: The role of earthworms. **Applied Soil Ecology**, v. 6, p. 17-35, 1997.
- FRAGOSO, C.; BROWN, G. G.; FEIJOO, A. The influence of Gilberto Righi on tropical earthworm taxonomy: The value of a full-time taxonomist. **Pedobiologia**, v. 47, p. 400-404, 2003.
- GATES, G. E. Exotic earthworms of the United States. **Bulletin of the Museum of Comparative Zoology, Harvard**, v. 111, p. 220-258, 1954.
- GATES, G. E. Burmese earthworms. An introduction to the systematics and biology of Megadrile oligochaetes with special reference to South-East Asia. **Transactions of the American Philosophical Society**, v. 62, p. 1-326, 1972.
- GATES, G. E. Contributions to a revision of the earthworm family Ocnerodrilidae. IX. What is *Ocnerodrilus occidentalis*? **Bulletin of the Tall Timbers Research Station**, v. 14, p. 13-28, 1973.
- GAVRILOV, K. Oligochaeta. In: HURLBERT, S. H.; RODRÍGUEZ, G.; SANTOS, N. D. (Ed.). **Aquatic biota of tropical South America**, Part 2: Anarthropoda. San Diego: San Diego State University, 1981. p. 170-190.
- GUERRA, R. T. **Influência de *Pontoscolex corethrurus* (Glossoscolecidae, Oligochaeta) na absorção de fósforo pelas plantas utilizando ³²P como traçador.** 1982. Tese (Mestrado) - INPA, Manaus.

- GUERRA, R. T. Ecologia dos Oligochaeta da Amazônia. I. Estudo da migração horizontal e vertical de *Chibui bari* (Glossoscolecidae, Oligochaeta), através de observações de campo. **Acta Amazonica**, v. 15, p. 141-146, 1985.
- GUERRA, R. T. Ecologia dos Oligochaeta da Amazônia. II. Estudo da estivação e da atividade de *Chibui bari* (Glossoscolecidae, Oligochaeta), através da produção de excrementos. **Acta Amazonica**, v. 18, n. 1-2, p. 27-34, 1988a
- GUERRA, R. T. Densidade e biomassa de Oligochaeta em áreas antrópicas de cidade de Rio Branco, Acre. **Cadernos da Universidade Federal do Acre, Série B (Ciência e Tecnologia)**, v. 1, p. 7-16, 1988b.
- GUERRA, R. T. Sobre a comunidade de minhocas (Annelida, Oligochaeta) do campus da Universidade Federal do Acre, Rio Branco (AC), Brasil. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 54, p. 593-601, 1994a.
- GUERRA, R. T. Earthworm activity in forest and savanna soils near Boa Vista, Roraima, Brazil. **Acta Amazonica**, v. 24, p. 303-308, 1994b.
- GUERRA, R. T.; ASAKAWA, N. Efeito da presença e do número de indivíduos de *Pontoscolex corethrurus* (Glossoscolecidae, Oligochaeta) sobre a população de microorganismos do solo. **Acta Amazonica**, v. 11, p. 319-324, 1981.
- GUERRA, R. T.; BEZERRA, D. R. B. Comportamento de *Pontoscolex corethrurus* Mueller, 1857 (Oligochaeta, Glossoscolecidae) em diferentes substratos. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 49, p. 1057-1064, 1989.
- GUERRA, R. T.; SILVA, E. G. Estudo das comunidades de minhocas (Annelida, Oligochaeta) em alguns ambientes terrestres do Estado da Paraíba. **Revista Nordestina de Biologia**, v. 9, p. 209-223, 1994.
- GUIMARÃES, A. Tráfico de minhocuzus. **Jornal da Minhoca**, n.39. Disponível em: < <http://www.minhobox.com.br/loja/produtos/loja-jornal.php>>. Acesso em: 10. nov. 2003.
- HAMOUI, V. Life-cycle and growth of *Pontoscolex corethrurus* (Müller, 1857) (Oligochaeta, Glossoscolecidae) in the laboratory. **Révue d'Écologie et Biologie du Sol**, v. 28, p. 469-478, 1991.
- HARADA, A. Y.; BANDEIRA, A. G. Estratificação e densidade de invertebrados em solo arenoso sob floresta primária e plantios arbóreos na Amazônia Central durante a estação seca. **Acta Amazonica**, v. 24, p. 103-118, 1994.
- HAUSDORF, B. Units in biogeography. **Systematic Biology**, v. 51, p. 648-652, 2002.
- HAUSER, J.; BOCCASIUS, M. B.; KESSLER, R. Eine neuartige form von bindegewebe bei *Pheretima schmardae* (Horst, 1883) (Oligochaeta: Prosopora, Megascolecidae) (Beiträge zur Anneliden-Histologie). **Berichte des Naturwissenschaftlich-Medizinischer Vereins in Innsbruck**, v. 62, p. 53-62, 1975.
- HÖFER, H.; HANAGARTH, W.; GARCIA, M.; MARTIUS, C.; FRANKLIN, E.; RÖMBKE, J.; BECK, L. Structure and formation of soil fauna communities in Amazonian anthropogenic and natural ecosystems. **European Journal of Soil Biology**, v. 37, p. 229-235, 2001.
- JAMES, S. W. Systematics, biogeography and ecology of nearctic earthworms from eastern, central, southern and southwestern United States. In: HENDRIX, P. F. (Ed.). **Earthworm ecology and biogeography in North America**. Boca Raton: Lewis Publishers, 1995. p. 29-52.
- JAMES, S. W.; BROWN, G. G. Earthworm ecology and diversity in Brazil. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. (Ed.). **Soil biodiversity in Amazonian and other Brazilian ecosystems**. Wallingford: CABI, 2006. p. 56-116.
- JAMIESON, B. G. M. Glossoscolecidae. In: BRINKHURST, R. O.; JAMIESON, B. G. M. (Ed.). **Aquatic Oligochaeta of the world**. London: Oliver and Boyd, 1971. p. 57-88.
- JARDEVESKI, R.; DA SILVA, V. P. **Minhocas em uma pastagem arborizada na região Noroeste do Estado do Paraná, Brasil**. Curitiba: Pontifícia Universidade Católica do Paraná, 2005. Trabalho de Conclusão de Curso.
- JIMÉNEZ, J. J.; BROWN, G. G.; DECÄENS, T.; FEIJOO, A.; LAVELLE, P. Differences in the timing of diapause and patterns of aestivation in tropical earthworms. **Pedobiologia**, v. 44, p. 677-694, 2000.
- JOHANSEN, K.; MARTIN, A. W. Circulation in a giant earthworm, *Glossoscolex giganteus*. I. Contractile processes and pressure gradients in the large blood vessels. **Journal of Experimental Biology**, v. 43, p. 333-347, 1965.
- JOHANSEN, K.; MARTIN, A. W. Circulation in a giant earthworm, *Glossoscolex giganteus*. II. Respiratory properties of the blood and some patterns of gas exchange. **Journal of Experimental Biology**, v. 45, p. 165-172, 1966.
- JONES, C. G.; LAWTON, J. H.; SHACHAK, M. Organisms as ecosystem engineers. **Oikos**, v. 69, p. 373-386, 1994.
- JORGE, F. B.; SAWAYA, M. C. Comparative biochemical studies on the Oligochaetes *Pheretima hawayana*, *Glossoscolex grandis*, and *Rhinodrilus* sp. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v. 22, p. 359-369, 1967.

- JORGE, F. B.; HAESER, P. E.; DITADI, A. S. F.; PETERSEN, J. A.; CINTRA, A. B. U.; SAWAYA, M.C. Biochemical studies on the giant earthworm *Glossoscolex giganteus*. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v. 16, p. 491-496, 1965.
- JULKA, J. M.; PALIWAL, R. Distribution of earthworms in different agro-climatic regions of India. In: RAMAKRISHNAN, P. S.; SAXENA, K. G.; SWIFT, M. J.; RAO, K. S.; MAIKHURI, R. K. (Ed.). **Soil biodiversity, ecological processes and landscape management**. New Delhi: Oxford & IBH, 2005. p. 3-13.
- KINBERG, J. G. H. Annulata nova. **Ofversigt af Kongliga Vetenskaps-Akademiens Forhandlingar**, Stockholm 23, p. 97-103, 356-357, 1867.
- KNÄPPER, C. F. U. Dominanzverhältnisse der verschiedenen arten der gattung *Pheretima* in kulturböden von Rio Grande do Sul. **Pedobiologia**, v. 12, 23-25, 1972a.
- KNÄPPER, C. F. U. **Oligoquetas terrestres** – uma moderna avaliação. Porto Alegre: Instituto André Voisin, 1972b. p. 11-19. (Instituto André Voisin. Publicação, 1).
- KNÄPPER, C.F.U. Preliminary considerations on the occurrence of Oligochaetes in the Estuary of the Guaíba RS. **Estudos Leopoldenses**, v. 38, p. 39-41, 1976.
- KNÄPPER, C. F. U. Ecological niches of *Pheretima diffringens* (Baird, 1869) and *E. lucens* (Waga, 1857) at São Francisco de Paula. **Estudos Leopoldenses**, v. 42, p. 194-196, 1977.
- KNÄPPER, C. F. U. Velhos habitats de *Pontoscolex corethrurus* (Fr. Müller, 1857). **Estudos Leopoldenses**, v. 16, p. 39-50, 1979.
- KNÄPPER, C. F. U.; HAUSER, J. Eine anomalie bei "*Allolobophora caliginosa*" (Savigny, 1826) (Oligochaeta). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 29, 411-412, 1969.
- KNÄPPER, C. F. U.; PORTO, R. P. Ocorrência de Oligoquetas nos solos do Rio Grande do Sul. **Acta Biológica Leopoldensia**, v. 1, p. 137-166, 1979.
- KOBIYAMA, M. **Influência da minhoca louca (*Amyntas spp. Rosa, 1891*) sobre o movimento da água no solo, relacionado ao crescimento da bracinga (*Mimosa scabrella* Benth.)**. 1994. Dissertação (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- KOBIYAMA, M.; BARCIK, C.; SANTOS, H. R. Influência da minhoca (*Amyntas hawayanus*) sobre a produção de matéria seca de Bracinga (*Mimosa scabrella* Benth). **Revista do Setor de Ciências Agrárias**, Curitiba, v. 13, p. 199-203, 1995.
- KRABBE, E. L.; DRIEMEYER, D. J.; ANTONIOLLI, Z. I.; GIRACCA, E. M. N. Avaliação populacional de oligoquetas e características físicas do solo em diferentes sistemas de cultivo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 23, 21-26, 1993.
- KRABBE, E. L.; DRIEMEYER, D. J.; ANTONIOLLI, Z. I.; GIRACCA, E. M. N. Efeitos de diferentes sistemas de cultivo sobre a população de oligoquetas e características físicas do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 24, p. 49-53, 1994.
- KUCZAK, C. N.; FERNANDES, E. C. M.; LEHMANN, J.; RONDON, M. A.; LUIZÃO, F. J. Inorganic and organic phosphorus pools in earthworm casts (Glossoscolecidae) and a Brazilian rainforest Oxisol. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 38, p. 553-560, 2006.
- KUSDRA, J. F. **Influência do Oligochaeta edáfico *Amyntas spp.* e do *Rhizobium tropici* no feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1998. Tese (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- LANGENBACH, T.; INACIO, M. V. S.; AQUINO, A. M.; BRUNNINGER, B. Influência da minhoca *Pontoscolex corethrurus* na distribuição do acaricida dicofol em um Argissolo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, p. 1663-1668, 2002.
- LAPIED, E.; LAVELLE, P. The peregrine earthworm *Pontoscolex corethrurus* in the East coast of Costa Rica. **Pedobiologia**, v. 47, p. 471-474, 2003.
- LASTA, E. F.; GIRACCA, E. M. N.; ELTZ, F. L. F.; ANTONIOLLI, Z. I.; BENEDETTI, E. L.; WEBER, M. A. (2002) Meso e macrofauna em solo sob plantio direto com diferentes doses de calcário. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 9.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 7.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 4., 2002, Rio de Janeiro. **Fertbio 2002: agricultura: bases ecológicas para o desenvolvimento social e econômico sustentado**. Rio de Janeiro, 2002. 1 CD-ROM.
- LAVELLE, P. Earthworms and the soil system. **Biology and Fertility of Soils**, v. 6, p. 237-251, 1988.
- LAVELLE, P.; KOHLMANN, B. Étude quantitative de la macrofaune du sol dans une forêt tropicale humide du Mexique (Bonampak, Chiapas). **Pedobiologia**, v. 27, p. 377-393, 1984.
- LAVELLE, P.; LAPIED, E. Endangered earthworms of Amazonia: an homage to Gilberto Righi. **Pedobiologia**, v. 47, p. 419-427, 2003.
- LAVELLE, P.; BAROIS, I.; CRUZ, C.; HERNANDEZ, A.; PINEDA, A.; RANGEL, P. Adaptative strategies

- of *Pontoscolex corethrurus* (Glossoscolecidae, Oligochaeta), a peregrine geophagous earthworm of the humid tropics. **Biology and Fertility of Soils**, v. 5, p. 188-194, 1987.
- LAVELLE, P.; BIGNELL, D.; LEPAGE, M.; WOLTERS, V.; ROGER, P.; INESON, P.; HEAL, O. W.; GHILLION, S. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. **European Journal of Soil Biology**, v. 33, p.159-193, 1997.
- LAVELLE, P.; SENAPATI, B. K.; BARROS, E. Soil macrofauna. In: SCHROTH, G.; SINCLAIR, F. J. (Ed.). **Trees, crops and soil fertility**. Wallingford: CABI, 2003. p. 303-323
- LEE, K. E. **Earthworms**. Their ecology and relationships with soils and land use. Sydney: Academic Press, 1985.
- LENKO, K. Minhocas e sanguessugas (Annelida: Oligochaeta & Hirudinea) em ninhos de *Camponotus rufipes* (Insecta, Hymenoptera: Formicidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 16, p. 7-12, 1972.
- LEWINSOHN, T. M.; PRADO, P. I. **Biodiversidade brasileira: síntese do estado atual do conhecimento**. São Paulo: Contexto, 2002.
- LEWINSOHN, T. M.; PRADO, P. I. Quantas espécies há no Brasil? **Megadiversidade**, v. 1, p. 36-42, 2005.
- LEWINSOHN, T. M.; PRADO, P. I. Síntese do conhecimento atual da biodiversidade brasileira. In: LEWINSOHN, T. M. (Ed.). **Avaliação do estado do conhecimento da biodiversidade brasileira**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, 2006. v. 1, p. 21-109.
- LIMA, A. C. R.; RODRÍGUEZ, C. Earthworm diversity from Rio Grande do Sul, Brazil, with a new native Criodrilid genus and species (Oligochaeta: Criodrilidae). **Megadrillogica**, v. 11, n. 2, p. 9-18, 2007.
- LJUNGSTRÖM, P.-O. Uma nova espécie de Glossoscolecidae do gênero *Alexidrilus* (Oligochaeta) para o RS-Brasil. **Ciência e Cultura**, v. 24, p. 357, 1972a.
- LJUNGSTRÖM, P.-O. Biology of *Glossoscolex uruguayensis* (Glossoscolecidae, Oligochaeta). A new species for Argentina. **Studies on the Neotropical Fauna**, v. 7, p. 195-205, 1972b.
- LJUNGSTRÖM, P.-O.; EMILIANI, F.; RIGHI, G. Notas sobre oligoquetos (lombrices de tierra) argentinos. **Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral**, v. 6, p. 1-42, 1975.
- LUEDERWALDT, H. A coleção de minhocas (Oligochaeta) no Museu Paulista. **Revista do Museu Paulista**, v. 15, p. 545-556, 1927.
- MACHADO, A. B. M.; MARTINS, C. S.; DRUMMOND, G. M. **Lista da fauna brasileira ameaçada de extinção, incluindo as listas das espécies quase ameaçadas e deficientes em dados**. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2005.
- MAFRA, A. L.; ALBUQUERQUE, J. A.; MEDEIROS, J. C.; ROSA, J. D.; FONTOURA, S. M. V.; COSTA, F. S.; BAYER, C. Manejo do solo e fauna edáfica em experimento de longa duração na região de Guarapuava, PR. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 14., 2002, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: SBCS/UFMT-DSER, 2002. p.1-5. 1 CD-ROM.
- MAFRA, A. L.; MIKLÓS, A. A. W.; MELFI, A. J.; ESCHENBRENNER, V.; VOLKOFF, B. Ação das minhocas na estrutura e composição química de um solo arenoso hidromórfico do Amazonas. In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. (Ed.). **Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. Capítulo 23.
- MARTIN, A. W.; JOHANSEN, K. Circulation in the giant earthworm *Glossoscolex giganteus*: blood and extracellular fluid volumes. In: WOOD, S. C.; WEBER, R. E.; HARGENS, A. R.; MILLARD, R. W. (Ed.). **Physiological adaptations in vertebrates: respiration, circulation, and metabolism**. New York: Marcel Dekker, 1992. p. 315-325.
- MARTINEZ, A. A. **A grande e poderosa minhoca: manual prático do minhocultor**. Jaboticabal: Funep, 1998. 148p.
- MARTINS, P. T. **Métodos para amostragem de minhocas em diversos ecossistemas**. 2005. Trabalho (Conclusão de Curso) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina.
- MATHIEU, J.; ROSSI, J.-P.; GRIMALDI, M.; MORA, P.; LAVELLE, P.; ROULAND, C. D. A multi-scale study of soil macrofauna biodiversity in Amazonian pastures. **Biology and Fertility of Soils**, v. 40, p. 300-305, 2004.
- MENDES, E. G.; NONATO, E. F. The respiratory metabolism of tropical earthworms. II. Studies on cutaneous respiration. **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo, Zoologia**, v. 21, p. 153-166, 1957.
- MENDES, E. G.; VALENTE, D. The respiratory metabolism of tropical earthworms. I. The respiratory rate and the action of carbon monoxide at normal oxygen pressure. **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo, Zoologia**, v. 18, p. 91-102, 1953.
- MERLIM, A. O. **Macrofauna edáfica em ecossistemas preservados e degradados de Araucária no Parque Estadual de Campos do Jordão, SP**. 2005. Tese (Mestrado) - ESALQ, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

- MICHAELSEN, W. Terricolen der Berliner Zoologischen Sammlung, II. **Archiv für Naturgeschichte**, Berlin, v. 58, p. 209-261, 1892.
- MICHAELSEN, W. Organisation einiger neuer oder wenigbekannter regenwürmer von Westindien und Südamerika. **Zoologische Jahrbücher Abteilung für Anatomie**, v. 10, p. 359-388, 1897.
- MICHAELSEN, W. **Das Tierreich. Oligochaeta**. Berlin: Friedländer & Sohn, 1900a. v. 10.
- MICHAELSEN, W. Zur kenntnis der Geoscoleciden Südamerikas. **Zoologischer Anziger**, v. 23, p. 53-56, 1900b.
- MICHAELSEN, W. **Die geographische Verbreitung der Oligochaeten**. Berlin: Friedländer & Sohn, 1903.
- MICHAELSEN, W. Oligochäten von verschiedenen gebieten. **Mitteilungen aus dem Naturhistorischen Museum Hamburg**, v. 27, p. 1-172, 1910.
- MICHAELSEN, W. Die Lumbriciden. **Zoologische Jahrbücher, Abteilung für Systematik**, v. 41, p. 1-398, 1918.
- MICHAELSEN, W. Oligochäten von den wärmeren Gebieten Amerikas und des Atlantischen Ozeans sowie ihre faunistischen Beziehungen. **Mitteilungen aus dem Staatsinstitut und Zoologischen Museum in Hamburg**, v. 41, p. 71-83, 1924.
- MICHAELSEN, W. Zur kenntnis einheimischer und ausländischer Oligochäten. **Zoologischer Jahrbücher Abteilung für Systematik**, v. 51, p. 255-328, 1926.
- MICHAELSEN, W. Die Oligochätenfauna Brasiliens. **Sonderabdruck Aus den Abhandlungen der Senckenbergischen Gesellschaft**, v. 40, p. 367-375, 1927.
- MICHAELSEN, W. Miscelanea oligochaetologica. **Archiv für Zoologi**, v. 20, p. 1-15, 1928.
- MICHAELSEN, W. Zwei neue ausseuropäische Oligochäten des Senckenberg-Museums. **Senckenbergiana**, v. 13, p. 78-86, 1931.
- MICHAELSEN, W. Opisthopore oligochäten des königlichen naturhistorischen museums von Belgien. **Bulletin du Musée Royal d'Histoire Naturelle de Belgique**, v. 10, p. 1-29, 1934.
- MIKLÓS, A. A. W. Biodynamics of the landscape: Biopedological organization and functioning. Part I. Role and contribution of the soil fauna to the organization and dynamics of a pedological cover in Botucatu, state of São Paulo, Brasil. In: KÖPKE, U.; SCHULZ, D. G. (Ed.). **Proceedings of the 9th International Scientific Conference Organic Agriculture, a key to a sound development and a sustainable society**. St. Wendel: IFOAM, 1992. p. 74-86.
- MIKLÓS, A. A. W. Contribuição da fauna do solo na gênese de latossolos e de "stone lines". In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE CIENCIA DO SOLO, 13., 1996, Águas de Lindóia. **Anais... Solo Suelo 96**. Piracicaba: ESALQ: Sociedade Latinoamericana de Ciência do Solo: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo: Centro de Estudos Ambientais: Sociedade Brasileira de Microbiologia, 1996. 1 CD-ROM.
- MINETTE, S. **Étude de l'impact des techniques de semis direct sur les caractéristiques physiques et biologiques des sols des cerrados Brésiliens**. Rennes : École Nationale Supérieure Agronomique, 2000. Mémoire de fin d'études.
- MOREIRA, C. Vermes oligochetos do Brasil. **Archivos do Museu Nacional do Rio de Janeiro**, v. 12, p. 125-136, 1903.
- MOREIRA, M. A. B.; SCHWENGERBER, D. R.; MORAIS, J. W. Caracterização da macrofauna do solo em diferentes usos da terra em Roraima. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2., 1998, Caxambu. **FertBio 98: interrelação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas: consolidando um paradigma: resumos**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1998. p. 771.
- MORENO, A. G.; MISCHIS, C. C. The status of Gilberto Righi's earthworm collection at the Museum of São Paulo. Righi Memorial: tropical ecology. **Pedobiologia**, v. 47, p. 413-418, 2003.
- MORENO, A. G.; TEISAIRE, E. S.; ROLDÁN, I. A. Genus *Enantiodrilus* Cognetti, 1902 (Annelida, Oligochaeta: Glossoscolecidae). In: POP, V.; POP, A. (Ed.). **Advances in earthworm taxonomy II (Annelida Oligochaeta)**. Cluj-Napoca: Cluj University Press, p. 41-52, 2005.
- MÜLLER, F. II.-Description of a new species of earthworm (*Lumbricus corethrurus*). **Annals and Magazine of Natural History**, v. 20, p. 13-151, 1857.¹⁷
- MÜLLER, F. Der Minhocão. **Zoologischer Garten**, p. 208-302, 1877.
- MÜLLER, P. Centres of dispersal and evolution in

¹⁷ Na falta do artigo original (publicada em **Archiv für Naturgeschichte**, v. 23, p. 113-116) foi consultada esta tradução.

- the neotropical region. **Studies on the Neotropical Fauna**, v. 7, p. 173-185, 1972.
- NOOREN, C. A. M.; BREEMEN, N. VAN; STOOORVOGEL, J. J.; JONGMANS, A. G. The role of earthworms in the formation of sandy surface soils in a tropical forest in Ivory Coast. **Geoderma**, v. 65, p. 135-148, 1995.
- NUNES, D. H.; PASINI, A.; BENITO, N. P.; BROWN, G. G. Earthworm diversity in four land use systems in the region of Jaguapitã, Paraná state, Brazil. **Caribbean Journal of Science**, v. 42, p. 331-338, 2006.
- NUNES, D.; PASINI, A.; BENITO, N. P.; BROWN, G. G. Minhocas como: bioindicadoras da qualidade ambiental: Um estudo de caso na região de Jaguapitã-PR, Brasil. In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. (Ed.). **Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. Capítulo 26.
- PACHECO, S. M.; JUNQUEIRA, I. C.; WIDHOLZER, R. M. B. F.; ESMÉRIO, M. E.; NUNES, C. N. Contribuição ao conhecimento da fauna de Oligochaeta das áreas de alagamento das unisas hidrelétricas de Itá-Machadinho (RS, SC) e Campos Novos (SC). **Comunicações do Museu de Ciências da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), Série Zoologia**, Porto Alegre, v. 5, p. 23-28, 1992.
- PASINI, A.; BENITO, N. P.; ROESSING, M.; BROWN, G. G. Macrofauna invertebrada do solo em pastagens do Norte do Estado do Paraná. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 26.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 10.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 8.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 5., 2004, Lages. **Fertbio 2004**. Lages: SBCS, 2004. 1 CD-ROM
- PASHANASI, B. Producción masiva de lombrices de tierra (*Pontoscolex corethrurus*) en la Amazonía Peruana. In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. (Ed.). **Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia**. Londrina: Embrapa Soja. 2007. Capítulo 31.
- PEIXOTO, R. T.; MAROCHI, A. I. A influência da minhoca *Pheretima* sp. nas propriedades de um latossolo vermelho escuro álico e no desenvolvimento de culturas em sistema de plantio direto em Arapoti-PR. **Revista Plantio Direto**, v. 35, p. 23-35, 1996.
- PENEIREIRO, F. M. **Sistemas agroflorestais dirigidos pela sucessão natural: um estudo de caso**. 1999. Tese (Mestrado) - Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- PERRIER, E. Les vers de terre du Brésil. **Bulletin de la Société Zoologique**, v. 2, p. 241-246, 1877.
- PIMENTEL, M. S.; AQUINO, A. M.; RICCI, M. S.; ALMEIDA, D. J.; DE-POLLI, H. Estudo preliminar sobre a ocorrência de macrofauna em solos submetidos à cafeicultura orgânica, pastagem e floresta. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 9.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 7.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 4., 2002, Rio de Janeiro. **Fertbio 2002: agricultura: bases ecológicas para o desenvolvimento social e econômico sustentado**. Rio de Janeiro, 2002. 1 CD-ROM.
- PRIMAVESI, A. M.; COVOLO, G. Comparação entre a atividade dos cupins (Termitidae) e minhocas (*Lumbricus* sp.)¹⁸ com relação a estrutura e nutrientes do solo. In: PRIMAVESI, A. (Ed.). **Progressos em biodinâmica e produtividade do solo**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1968. p. 149-154.
- QUADROS, R. M. B.; DIONÍSIO, J. A.; BELLOTE, A. F. J. Resultados preliminares sobre as características físico-químicas dos coprólitos de minhocas nativas sob *Eucalyptus grandis*. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2., 1998, Caxambu. **FertBio 98: interrelação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas: consolidando um paradigma: resumos**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1998. p. 422.
- RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G. F. **Pedologia. Base para distinção de ambientes**. Viçosa: NEPUT, 2002.
- RESSETTI, R. R. **Determinação da dose de alil isotiocianato em substituição à solução de**

¹⁸ Essa minhoca provavelmente não pertence ao gênero *Lumbricus*, já que até o momento nenhum exemplar deste gênero foi encontrado no país. É possível que seja de outro gênero da família Lumbricidae (por exemplo, *Aporrectodea* sp.), ou mais provavelmente uma *Amyntas* sp. ou a espécie *P. corethrurus* (conhecidas de muitos locais no RS). Somente duas espécies são conhecidas no momento de Santa Maria: *Amyntas gracilis* e *Glossoscolex wiengreeni* (Knapper & Porto, 1979).

- formol na extração de oligochaeta edáficos.** 2004. Tese (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- REYNOLDS, J. W. Earthworms of the world. **Global Biodiversity**, v. 4, p. 11-16, 1994.
- REYNOLDS, J. W.; WETZEL, M. J. **Nomeclatura Oligochaetologica, suplementum quartum.** Champaign: Illinois Natural History Survey Special Publication, 2007 (no prelo). <http://www.inhs.uiuc.edu/~mjwetz/Nomen.Oligo.html>
- RICCI, M. S. F. **Manual de vermicompostagem.** Porto Velho: Embrapa Rondônia, 1996. (Embrapa Rondônia. Documentos, 31).
- RIGHI, G. Ocorrência de *Pheretima indica* no Brasil. **Ciência e Cultura**, v. 17, p. 225-226, 1965.
- RIGHI, G. Über die Oligochätengattung *Eukerria*. **Beitrag Neotropical Fauna**, v. 5, p. 178-185, 1967a.
- RIGHI, G. Descrição de *Rhinodrilus priollii*, sp. n. Glossoscolecidae. In: SIMPÓSIO SOBRE A BIOTA AMAZÔNICA, 1966, Belém. **Atas ...** Rio de Janeiro: Conselho Nacional de Pesquisas, 1967b. p. 475-479. Editado por Herman Lent.
- RIGHI, G. Sobre algumas Lumbricidae (Oligochaeta) do Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência e Cultura**, v. 19, p. 342, 1967c.
- RIGHI, G. O gênero *Pheretima* Kinberg (Oligochaeta) no Brasil. **Ciência e Cultura**, v. 19, p. 342-343, 1967d.
- RIGHI, G. *Eudrilus eugeniae* (Kinberg, 1867). Oligochaeta terrícola novo para o Brasil. **Ciência e Cultura**, v. 19, p. 341-342, 1967e.
- RIGHI, G. Sobre duas espécies novas de Oligochaeta do Brasil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 40, 545-549, 1968a
- RIGHI, G. Sobre alguns Oligochaeta do Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 28, p. 369-382, 1968b.
- RIGHI, G. On some Brazilian Glossoscolecidae. **Beitrag Neotropical Fauna**, v. 6, p. 152-162, 1969a.
- RIGHI, G. Sur une espèce aberrante des Glossoscolecidae, *Thamnodrilus matapi*, sp. n. **Pedobiologia**, v. 9, p. 42-45, 1969b.
- RIGHI, G. Sobre o gênero *Andioscolex* (Oligochaeta, Glossoscolecidae). **Revista Brasileira Biologia**, v. 30, p. 371-376, 1970.
- RIGHI, G. Sobre a família Glossoscolecidae (Oligochaeta) no Brasil. **Arquivos de Zoologia**, São Paulo, v. 20, p. 1-96, 1971a.
- RIGHI, G. Sobre alguns Oligochaeta brasileiros. **Papéis Avulsos de Zoologia**, v. 25, p. 1-13, 1971b.
- RIGHI, G. A new genus and species of Ocnerodrilinae (Oligochaeta: Acanthodrilidae) from Brazil. **Zoologischer Anzeiger**, v. 186, p. 388-391, 1971c.
- RIGHI, G. Additions to the genus *Glossoscolex* (Oligochaeta, Glossoscolecidae). **Studies on the Neotropical Fauna**, v. 7, p. 37-47, 1972a.
- RIGHI, G. Contribuição ao conhecimento dos Oligochaeta brasileiros. **Papéis Avulsos de Zoologia**, v. 25, p. 148-166, 1972b.
- RIGHI, G. Bionomic considerations upon the Glossoscolecidae (Oligochaeta). **Pedobiologia**, v. 12, 254-260, 1972c.
- RIGHI, G. Notas sobre as Oligochaeta Glossoscolecidae do Brasil. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 34, p. 551-564, 1974.
- RIGHI, G. Some Oligochaeta from the Brazilian Amazonia. **Studies on the Neotropical Fauna**, v. 10, p. 77-95, 1975.
- RIGHI, G. Ecologia e modo de vida das minhocas. **O Estado de São Paulo**, São Paulo, 13 fev. 1977. Suplemento Cultural, n. 18, p. 14-16.
- RIGHI, G. Introducción al estudio de las lombrices del suelo (Oligoquetos Megadrilos) de la Provincia de Santa Fé (Argentina). **Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral**, v. 10, p. 89-155, 1979.
- RIGHI, G. Alguns Oligochaeta, Ocnerodrilidae e Glossoscolecidae do Brasil. **Papéis Avulsos de Zoologia**, v. 33, p. 239-246, 1980a.
- RIGHI, G. Alguns Megadrile (Oligochaeta, Annelida) brasileiros. **Boletim de Zoologia**, v. 5, p. 1-8, 1980b.
- RIGHI, G. Oligochaeta, Glossoscolecidae do Parque Nacional da Amazônia, Tapajós. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 42, p. 107-116, 1982a.
- RIGHI, G. Adições ao gênero *Glossodrilus* (Oligochaeta, Glossoscolecidae). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 1, p. 55-64, 1982b.
- RIGHI, G. Três Ocnerodrilidae (Oligochaeta) da Amazônia brasileira. **Acta Amazonica**, v. 13, n. 5-6, p. 927-936, 1983.
- RIGHI, G. On a collection of Neotropical Megadrili Oligochaeta. I. Ocnerodrilidae, Acanthodrilidae, Octochaetidae, Megascolecidae. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 19, 9-31, 1984a.
- RIGHI, G. On a collection of Neotropical Megadrili Oligochaeta. II. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 19, p. 99-120, 1984b.
- RIGHI, G. *Pontoscolex* (Oligochaeta, Glossoscolecidae), a new evaluation. **Studies on**

- Neotropical Fauna and Environment**, v. 19, p. 159-177, 1984c.
- RIGHI, G. Oligochaeta Megadrili da região Centro-Oeste de Mato Grosso, Brasil. **Boletim de Zoologia**, v. 8, p. 189-213, 1984d.
- RIGHI, G. Oligochaeta Megadrili da Chapada do Guimarães, Mato Grosso. **Boletim de Zoologia**, v. 8, p. 17-23, 1984e.
- RIGHI, G. Sobre *Rhinodrilus* e *Urobenus* (Oligochaeta, Glossoscolecidae). **Boletim de Zoologia**, v. 9, p. 231-257, 1985.
- RIGHI, G. Sobre o gênero *Andiorrhinus* (Oligochaeta, Glossoscolecidae). **Boletim de Zoologia**, v. 10, p. 123-151, 1986a.
- RIGHI, G. Alguns Oligochaeta, Glossoscolecidae, de Rondônia, Brasil. **Boletim de Zoologia**, v. 10, p. 283-303, 1986b.
- RIGHI, G. Adições à drilofauna de Rondônia, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 48, p. 119-125, 1988a.
- RIGHI, G. Uma coleção de Oligochaeta da Amazônia brasileira. **Papéis Avulsos de Zoologia**, v. 36, p. 337-351, 1988b.
- RIGHI, G. *Pontoscolex* (P). *pydanieli*, spec. nov. (Oligochaeta, Glossoscolecidae) and its parasite *Pessoaella pontoscolecis*, gen. nov., spec. nov. (Eugregarinida, Aikinetocystidae). **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 23, p. 71-76, 1988c.
- RIGHI, G. Três Oligochaeta, Glossoscolecidae da Amazônia. **Amazoniana**, v. 10, n. 4, p. 393-399, 1989a.
- RIGHI, G. Alguns Oligochaeta da Amazônia. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi (Zoologia)**, v. 5, p. 1-8, 1989b.
- RIGHI, G. **Minhocas de Mato Grosso e de Rondônia**. Brasília: SCT/PR-CNPq, 1990a. Programa do Trópico Úmido, Programa Polonoeste, Relatório de Pesquisa nº 12.
- RIGHI, G. Oligochaeta da Estação Ecológica de Maracá, Roraima, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 20, p. 391-398, 1990b.
- RIGHI, G. Venezuelan earthworms and consideration on the genus *Andiorrhinus* Cognetti 1908 (Oligochaeta Glossoscolecidae). **Tropical Zoology**, v. 1, p. 125-139, 1993.
- RIGHI, G. On new and old-known Oligochaeta genera from Paraíba State, Brazil. **Revue Suisse de Zoologie**, v. 101, p. 89-106, 1994.
- RIGHI, G. Colombian earthworms. In: VAN DER HAMMEN, T.; SANTOS, A. G. (Ed.). **Studies on tropical Andean ecosystems**. Berlin: Cramer, 1995a. v. 4, p. 485-607.
- RIGHI, G. A new earthworm (Ocnerodrilidae, Oligochaeta) from a Brazilian cave and considerations about *Belladrilus*. **Revue Suisse de Zoologie**, v. 102, p. 361-365, 1995b.
- RIGHI, G. Some Venezuelan Oligochaeta Glossoscolecidae and Octochaetidae. **Revue Suisse de Zoologie**, v. 103, p. 677-684, 1996.
- RIGHI, G. Minhocas da América Latina: diversidade, função e valor. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. **Informação, globalização, uso do solo: Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. 1 CD-ROM.
- RIGHI, G. Earthworms of the Ilha de Maracá. In: MILLIKEN, W.; RATTER, J. (Ed.). **Maracá: the biodiversity and environment of an Amazonian rainforest**. Chichester: John Wiley & Sons, p. 391-397, 1998a.
- RIGHI, G. Oligoquetas. In: MACHADO, A. B. M.; DA FONSECA, G. A. B.; MACHADO, R. B.; AGUIAR, L. M. de S.; LINS, L. V. (Ed.). **Livro vermelho das espécies ameaçadas de extinção da fauna de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 1998b. p. 571-583.
- RIGHI, G. Oligochaeta. In: BRANDÃO, C. R.; CANCELLO, E. M. (Ed.). **Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil: síntese do conhecimento ao final do século XX**. 5. Invertebrados terrestres. São Paulo: FAPESP, 1999. p. 13-21.
- RIGHI, G.; LOBO, D. A. Nova contribuição ao gênero *Glossoscolex* com sinopse do grupo *giganteus* (Oligochaeta, Glossoscolecidae). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 39, p. 947-959, 1979.
- RIGHI, G.; AYRES, I. Alguns Oligochaeta sul brasileiros. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 35, p. 309-316, 1975.
- RIGHI, G.; AYRES, I. *Meroscolex marcusii*, sp. n. Oligochaeta, Glossoscolecidae da Amazônia. **Boletim de Zoologia (n.s.)**, v. 1, p. 257-263, 1976.
- RIGHI, G.; CABALLERO, M. E. S. Duas espécies brasileiras dos gêneros *Wegeneriona* e *Neogaster* (Oligochaeta, Octochaetidae). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 30, p. 91-96, 1970.
- RIGHI, G.; GUERRA, A. T. Alguns Oligochaeta do norte e noroeste do Brasil. **Boletim de Zoologia**, v. 9, p. 145-157, 1985.
- RIGHI, G.; KNÄPPER, C. U. F. O gênero *Pheretima* Kinberg, no Estado de Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 25, p. 419-427, 1965.
- RIGHI, G.; KNÄPPER, C. U. F. Ciclo annual de *Pheretima indica* (Horst, 1893). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 26, p. 341-343, 1966.

- RIGHI, G.; MORAES, P. H. F. *Rhinodrilus pitun*, sp. n. Oligochaeta, Glossoscolecidae de Pernambuco. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 50, p. 519-522, 1990.
- RIGHI, G.; AYRES, I.; BITTENCOURT, E. C. R. Glossoscolecidae (Oligochaeta) do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. **Acta Amazonica**, v. 6, p. 335-367, 1976.
- RIGHI, G.; AYRES, I.; BITTENCOURT, E. C. R. Oligochaeta (Annelida) do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. **Acta Amazonica**, v. 8, p. 1-49, 1978. Suplemento.
- RODRIGUES, K. M.; CORREIA, M. E. F.; ALVES, B. J. R.; AQUINO, A. M. Efeitos do manejo do solo e sucessão de culturas na abundância e na dieta da minhoca, *Pontoscolex corethrurus*, por marcação isotópica. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 26.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 10.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 8.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 5., 2004, Lages. **Fertbio 2004**. Lages: SBCS, 2004. 1 CD-ROM.
- RODRÍGUEZ, C.; BORGES, S.; MARTÍNEZ, M. A.; FRAGOSO, C.; JAMES, S. W.; GONZÁLEZ, G. Biodiversidad y ecología de las lombrices de tierra en las islas caribeñas. In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. (Ed.). **Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. Capítulo 2.
- RÖMBKE, J. Quantitative earthworm sampling methods: In search of standardization: The ISO methodology. In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. (Ed.). **Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. Capítulo 29.
- RÖMBKE, J.; MELLER, M.; GARCIA, M. Earthworm densities in central Amazonian primary and secondary forests and a polyculture forestry plantation. **Pedobiologia**, v. 43, p. 518-522, 1999.
- ROSA, D. Perichetini nuovi o meno noti. **Atti della Reale Accademia di Scienze di Torino**, v. 29, 773, 1894.
- ROSSI, J. P.; MARIANI, L.; LAVELLE, P. **Dynamiques spatiales et temporelles de la réconstitution des peuplements de vers de terre dans des milieux en voie de régénération**. Bondy LEST-ORSTOM, 1998. Relatório Final ao Ministério do Meio Ambiente Francês.
- SANTOS, A. F. **Efeito da atividade do Oligochaeta *Amyntas* spp. (minhoca louca), na produção do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* - FT 120) e da aveia preta (*Avena strigosa* var Canton), com relação a algumas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo**. 1995. Tese (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- SANTOS, D.; TEIXEIRA, W. G.; MARQUES, J. J. G. S. M.; CURTI, N. Parâmetros químicos de excreções de minhoca e do solo adjacente. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22., 1996, Manaus. **Resumos expandidos**. Manaus: Universidade do Amazonas, 1996. p. 608-609
- SAUTTER, K. D.; TANCK, B. C. B.; DIONÍSIO, J. A.; SANTOS, H. R. Estudo da população de Oribatei (Acari: Cryptostignata), Collembola (Insecta) e Oligochaeta, em diferentes ambientes de um solo degradado pela mineração de xisto a céu aberto. **Revista do Setor de Ciências Agrárias**, Curitiba, v. 13, p. 171-174, 1995.
- SAUTTER, K. D.; BROWN, G. G.; JAMES, S. W.; PASINI, A.; NUNES, D. H.; BENITO, N. P. Present knowledge on earthworm biodiversity in the State of Paraná, Brazil. **European Journal of Soil Biology**, v. 42, p. 296-300, 2006.
- SAUTTER, K. D.; BROWN, G. G.; PASINI, A.; BENITO, N. P.; NUNES, D. H.; JAMES, S. W. Ecologia e biodiversidade das minhocas no Estado do Paraná, Brasil. In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. (Ed.). **Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. Capítulo 21.
- SAVIGNY, J. C. Analyse d'un mémoire sur les lombrics par Cuvier. La multiplicité des espèces de ver de terre. **Mémoires d'Académie Royale des Sciences Institute de France**, v. 5, p. 176-184, 1826.
- SILVA, J. J. C.; SOUZA, R. M.; FONTANELA, E.; PRATES, E. D.; LIMA, A. C. R. Monitoramento da qualidade de solo hidromórfico através de indicadores biológicos. Desenvolvimento de protocolo. In: WORKSHOP O USO DA MACROFAUNA EDÁFICA NA AGRICULTURA DO SÉCULO XXI: A IMPORTÂNCIA DOS ENGENHEIROS DO SOLO, 2003, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja: Instituto de Ecologia, A.C., 2003. p. 117-123. (Embrapa Soja. Documentos, 224). Organizado por George Gardner Brown, Carlos Frago, Lenita Jacob Oliveira.
- SOARES, M. T. S.; BERNARDES, F. F.; PEREIRA, J. C.; SPAROVEK, G.; DIAS, C. T. S. Produção de coprólitos da minhoca endogéica *Pontoscolex corethrurus* (Müller, 1857) (Oligochaeta, Glossoscolecidae) em função da textura do solo e do teor de matéria orgânica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. **Informação, globalização, uso do solo: Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira

- de Ciência do Solo, 1997. 1 CD-ROM. Resumos expandidos.
- SOARES, M. T. S.; LAMBAIS, M. R. Efeito da minhoca endogeica *Pontoscolex corethrurus* e da matéria orgânica no crescimento de *Brachiaria decumbens*. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2., 1998, Caxambú. **FertBio 98**: interrelação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas: consolidando um paradigma: resumos. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1998. p. 220
- SPAROVEK, G.; LAMBAIS, M.; SILVA, A. P.; TORMENA, C. A. Earthworm (*Pontoscolex corethrurus*) and organic matter effects on the reclamation of an eroded oxisol. **Pedobiologia**, v. 43, p. 698-704, 1999.
- TANCK, B. C. B.; SANTOS, H. R.; DIONÍSIO, J. A. Influência de diferentes sistemas de uso e manejo do solo sobre a flutuação populacional do oligoqueta edáfico *Amyntas* spp. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 409-415, 2000.
- TRAJANO, E. Cave faunas in the Atlantic tropical rain forest: composition, ecology and conservation. **Biotropica**, v. 32, p. 882-893, 2000.
- ÜDE, H. Beitrage zur kenntnis ausländischer Regenwürmer. **Zeitschrift für Wissenschaftliche Zoologie**, v. 57, p. 57-75, 1893.
- UZÊDA, M. C.; GARCIA, M. A.; COSTA, J. R. Análise das relações entre populações de enchytraeidae e minhocas e seu uso como bioindicador da qualidade do solo. In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. (Ed.). **Minhocas na América Latina**: biodiversidade e ecologia. Londrina: Embrapa Soja, 2007. Capítulo 28.
- VANUCCI, M. Biological notes I). On the Glossoscolecid earthworm *Pontoscolex corethrurus*. **Dusenya**, v. 4, p. 287-301, 1953.
- VOSS, M. Populações de minhocas em diferentes sistemas de plantio. **Plantio Direto**, v. 4, p. 6-7, 1986.
- ZICSI, A. Revision der gattung *Glossodrilus* Cognetti, 1905 auf grund der arten aus dem andengebiet (Oligochaeta: Glossoscolecidae). Regenwürmer aus Südamerika, 25. **Opuscula Zoologica Budapest**, v. 27-28, p. 79-116, 1995.
- ZICSI, A. Revision der gattung *Aptodrilus* Cognetti 1904 (Oligochaeta: Glossoscolecidae). Regenwürmer aus Südamerika, 27. **Opuscula Zoologica Budapest**, v. 29-30, p. 155-170. 1997.
- ZICSI, A. Revision der untergattung *Martiodrilus* (Maipure Righi, 1995) (Oligochaeta: Glossoscolecidae). Regenwürmer aus Südamerika, 33. **Opuscula Zoologica Budapest**, v. 33, p. 113-131, 2001.
- ZICSI, A.; CSUZDI, C. Neue und bekannte Glossoscoleciden-Arten aus Südamerika. 2. Oligochaeta: Glossoscolecidae. **Acta Zoologica Hungarica**, v. 33, p. 269-275, 1987.
- ZICSI, A.; CSUZDI, C. Neue und bekannte regenwürmer aus verschiedenen Teilen Südamerikas. Regenwürmer aus Südamerika 26. **Senckenbergiana Biologica**, v. 78, p. 123-134, 1999.
- ZICSI, A.; RÖMBKE, J.; GARCIA, M. Regenwürmer (Oligochaeta) aus der Umgebung von Manaus (Amazonien). **Revue Suisse de Zoologie**, v. 108, p. 153-164, 2001.
- ZILLIG, C. **Dear Mr. Darwin**: intimidade da correspondência entre Fritz Müller e Charles Darwin. São Paulo: Sky/Anima Comunicação e Design, 1997. 241 p.

Anexo 20.1. Famílias, gêneros e espécies de minhocas encontradas no Brasil até março de 2006, com indicação de sua distribuição geográfica e origem (nativas ou exóticas) (atualizada de James & Brown, 2006).

Nº	Família Gênero espécie	Distribuição (Locais e estados) ¹	Origem	Referências ²
Glossoscolecidae				
1	<i>Alexidrilus</i> sp nov. ³	Tenente Portela, Guaíba, Canela, São Leopoldo, RS	Nativa	Ljungstrom (1972a), Knäpper (1976, 1977), UNISINOS
2	<i>Alexidrilus lourdesae</i> Righi, 1971	Estrela, RS	Nativa	Righi (1971a)
3	<i>Andiodrilus icomi</i> Righi, 1971	Próximo a Manaus, AM; Serra do Navio, AP; Porto Alegre, RS ⁴	Nativa	Righi (1971a), Righi et al. (1976), Knäpper (1976)
4	<i>Andiodrilus</i> n. sp. 1	Itupiranga, PA	Nativa	J&B
5	<i>Andiorrhinus⁵ amaparis</i> Righi, 1971	Serra do Navio, AP	Nativa	Righi (1971a)
6	<i>Andiorrhinus amazonius</i> Michaelisen, 1918	Manaus e arredores, AM; Porto Velho, RO	Nativa	Righi et al. (1976), Adis & Righi (1989), Righi (1988a)
7	<i>Andiorrhinus bucki</i> Righi, 1986	Bataguaçu, MS	Nativa	Righi (1986a)
8	<i>Andiorrhinus caudatus</i> Righi et al., 1976	Manaus e arredores, Sucunduri, AM; PN Amazônia, PA; Estrada Abunã-Jaci-Paraná km 20 e 76, Jaci-Paraná, Estrada Ariqueemes-Machadinho d'Oeste km 26, RO	Nativa	Righi (1982a, 1988a), Adis & Righi (1989)
9	<i>Andiorrhinus evelineae</i> Righi, 1986	Próximo a Porto Velho, arredor de Itapuã do Oeste, RO	Nativa	Righi (1986a)
10	<i>Andiorrhinus holmgreni</i> Michaelisen, 1918	Cacoal, Presidente Médici, RO	Nativa	Righi (1986a)
11	<i>Andiorrhinus paraguayensis</i> (Rosa, 1895)	Bataguaçu, MS	Nativa	MZUSP
12	<i>Andiorrhinus pauate</i> Righi, 1986	Pimenta Bueno, Cacoal, Espigão d'Oeste, N of Vilhena, RO	Nativa	Righi (1986a)
13	<i>Andiorrhinus pictus</i> Michaelisen, 1926	Manacapuru, AM	Nativa	Michaelisen (1926)
14	<i>Andiorrhinus planaria⁶</i> Michaelisen, 1934	Alto rio Jaú, rio Negro, AM	Nativa	Michaelisen (1934), Adis & Righi (1989)
15	<i>Andiorrhinus proboscideus</i> Cernovitov, 1939	Óbidos, PA	Nativa	Cernovitov (1939)
16	<i>Andiorrhinus rondoniensis</i> Righi, 1986	Próximo a Porto Velho, RO	Nativa	Righi (1986b)
17	<i>Andiorrhinus rubescens</i> Michaelisen, 1926	Manacapuru, AM	Nativa	Michaelisen (1926)
18	<i>Andiorrhinus samuelensis</i> Righi, 1986	Ao longo do rio Jamari, Samuel, RO	Nativa	Righi (1986a), Buck & Abe (1990)
19	<i>Andiorrhinus tarumanis⁷</i> Righi et al., 1976	Arredores de Manaus, AM; Ilha de Maracá, RR	Nativa	Adis & Righi (1989), Righi et al. (1976), Righi (1986a, 1997), Zicsi et al. (2001)

20	<i>Andiorrhinus torquemadai</i> (Righi, 1984)	Cáceres, Vila Bela da Santíssima Trindade, Pontes e Lacerda, MT	Nativa	Righi (1984d, 1986a)
21	<i>Andiorrhinus</i> n. sp. 1	Buri, SP	Nativa	J&B
22	<i>Andiorrhinus</i> n. sp. 2	Lerrovile, São Jerônimo da Serra, PR	Nativa	J&B
23	<i>Andiorrhinus</i> n. sp. 3 ⁸	Ponta Grossa, PR	Nativa	J&B
24	<i>Andiorrhinus</i> n. sp. 4	Itaberá, SP	Nativa	J&B
25	<i>Andiorrhinus</i> spp. ⁹	Mauá, Faxinal, Curitiba, Orfigueira, Irati, PR	Nativa	J&B
26	<i>Anteoides pigy</i> Righi, 1982	PN Amazônia, PA	Nativa	Righi (1982a)
27	<i>Atatina gatesi</i> Righi et al., 1978	Próximo à Reserva Ducke, AM	Nativa	Righi et al. (1978)
28	<i>Atatina puba</i> Righi, 1971	Belém, PA	Nativa	Righi (1971a)
29	<i>Chibui</i> ¹⁰ <i>bari</i> Righi & Guerra, 1985	Rio Branco, AC	Nativa	Righi & Guerra (1985), Guerra (1988a,b, 1994a)
30	<i>Cirodrilus aidae</i> Righi, 1994	João Pessoa, PB	Nativa	Righi (1994)
31	<i>Cirodrilus angeloi</i> Righi, 1975	Serra do Navio, baixo rio Matapi, AP	Nativa	Righi (1975)
32	<i>Cirodrilus righii</i> Zicsi et al., 2001	Manaus, AM	Nativa	Zicsi et al. (2001)
33	<i>Diachaeta aceoca</i> Righi, 1982	PN Amazônia, PA	Nativa	Righi (1982a)
34	<i>Diachaeta adisi</i> Righi, 1989	Próximo a Manaus, AM	Nativa	Righi (1989a)
35	<i>Diachaeta adnae</i> Righi, 1986	Ariquemes, Jaru, Espigão d'Oeste, Ouro Preto do Oeste, Ji-Paraná, Pimenta Bueno, Porto Velho, Samuel, Presidente Médici, RO	Nativa	Righi (1986b)
36	<i>Diachaeta arawak</i> Righi, 1989	Próximo a Manaus, AM	Nativa	Righi (1989a)
37	<i>Diachaeta atroaris</i> (Righi et al., 1978)	Reserva Ducke, AM	Nativa	Righi et al. (1978)
38	<i>Diachaeta carsevenica</i> ¹¹ Cernovitov, 1934	Alto rio Calçoene, AP	Nativa	Cernovitov (1934a, 1935)
39	<i>Diachaeta juli</i> Righi et al., 1978	Próximo (ao norte) de Manaus, AM	Nativa	Righi et al. (1978)
40	<i>Diachaeta kannerae</i> Righi, 1984	Poconé, MT	Nativa	Righi (1984b)
41	<i>Diachaeta mura</i> Righi, 1989	Arredores de Manaus, AM	Nativa	Righi (1989b), Adis & Righi (1989)
42	<i>Diachaeta nia</i> (Righi et al., 1976)	Sucunduri, AM	Nativa	Righi et al. (1976)
43	<i>Diachaeta xecatu</i> (Righi et al., 1978)	Sucunduri, AM	Nativa	Righi et al. (1978)
44	<i>Enantiodrilus borellii</i> ¹² Cognetti, 1902	Ilha do Marajó, PA; Nova Lacerda, Pontes e Lacerda, Vila Bela da Santíssima Trindade, Nova Alvorada, MT; Tabatinga, Parada Modelo, AM	Nativa? ¹³	Michaelson (1927)
45	<i>Fimoscolex angai</i> Righi, 1971	Salesópolis, SP	Nativa	Righi (1971a)
46	<i>Fimoscolex inurus</i> Cognetti, 1913	Cotia, Itatiba, Mogi das Cruzes, Ribeirão Pires, Salesópolis, São Paulo, SP; Joinville, SC	Nativa	Righi (1971a, 1974, 1986a), Luedenwaldt (1927), J&B, MZUSP

Continua...

Nº	Família Gênero espécie	Distribuição (Locais e estados) ¹	Origem	Referências ²
47	<i>Fimoscolex ohausi</i> ¹⁴ Michaelisen, 1900	Macaé, Petrópolis, RJ	Nativa	Luederwaldt (1927), Michaelisen (1900b, 1926)
48	<i>Fimoscolex sacii</i> (Righi, 1971)	Ibiúna, Itapeerica, Jacupiranga, Juquiá, Juquitiba, Miracatu, Registro, São Bernardo, Vargem Grande, SP, Rio de Janeiro, RJ	Nativa	Righi & Ayres (1975), Righi (1971a), Zicsi & Csuzdi (1999)
49	<i>Fimoscolex sporadochaetus</i> ¹⁵ Michaelisen, 1918	Gorduras (próximo a Belo Horizonte), Conselheiro Lafaiete, Lavras Novas, MG	Nativa	Michaelisen (1918), Righi (1971b), J&B
50	<i>Fimoscolex tairim</i> Righi, 1974	Itatiaia, RJ	Nativa	Righi (1974)
51	<i>Fimoscolex thayeri</i> (Cernosvitov, 1934)	Mendes, RJ	Nativa	Cernosvitov (1934a, 1935)
52	<i>Fimoscolex</i> n. sp. 1	Salesópolis, SP	Nativa	J&B
53	<i>Fimoscolex</i> n. sp. 2	Jaguapitã, PR	Nativa	J&N
54	<i>Fimoscolex</i> n. sp. 3	Ponta Grossa, PR	Nativa	J&B
	<i>Fimoscolex</i> sp.	Ponta Grossa, PR	Nativa	J&B
55	Gen nov. (?), sp. nov. 1 ¹⁶	Belo Horizonte, MG	Nativa	J&B
56	<i>Glossodrilus antunesi</i> ¹⁷ (Righi, 1971)	Serra do Navio, AP; Caxias, MA; Ilha do Maracá, Bonfim, RR	Nativa	Righi (1975), Righi (1998a, 1990b), Harmoui & Donatelli (1984)
57	<i>Glossodrilus bresslaui</i> ¹⁸ (Michaelisen, 1918)	Barreira, Rio de Janeiro, RJ; Cananéia, SP	Nativa	Righi (1975, 1999)
58	<i>Glossodrilus geayi</i> ¹⁹ (Cernosvitov, 1935)	Alto rio Calçoene, AP	Nativa	Cernosvitov (1934a, 1935)
59	<i>Glossodrilus motu</i> Righi, 1990	Ilha de Maracá, RR	Nativa	Righi (1990b, 1998a)
60	<i>Glossodrilus parecis</i> Righi & Ayres, 1975	Seropédica, RJ; Parecis, RS	Nativa	Righi (1980a), Righi & Ayres (1975)
61	<i>Glossodrilus</i> n. sp. 1	Itupiranga, PA	Nativa	J&B
62	<i>Glossoscolex amomee</i> Righi, 1971	Cotia, Cubatão, Jarinu, Peruíbe, Santo André, São Paulo, São Vicente, SP; Rio de Janeiro, RJ	Nativa	Zicsi & Csuzdi (1999), Righi & Lobo (1979), Righi (1971a)
63	<i>Glossoscolex bergi</i> (Rosa, 1900)	Foz do Iguaçu, PR	Nativa	Zicsi & Csuzdi (1987)
64	<i>Glossoscolex bondari</i> Michaelisen, 1926	Piracicaba, Rio Claro, Campos do Jordão, SP; Sidrolândia, MS	Nativa	Michaelisen (1926), Righi (1984b), Righi & Lobo (1979), Baretta et al. (2007)
65	<i>Glossoscolex catharinensis</i> Michaelisen, 1918	Próximo a Joinville, rio Itapocu, SC; São Sebastião do Cai, RS; Ribeirão Pires, Paranaíacaba, SP	Nativa	Michaelisen (1918), Righi (1974), MZUSP
66	<i>Glossoscolex colonorum</i> Michaelisen, 1918	Próximo a Joinville, rio Itapocu, SC	Nativa	Michaelisen (1918)
67	<i>Glossoscolex fachinei</i> Righi, 1971	Araras, SP	Nativa	Righi (1971a)

68	<i>Glossoscolex fasoldi</i> Michaelsen, 1918	Paranapiacaba, Piracicaba, SP	Nativa	Michaelsen (1918), MZUSP
69	<i>Glossoscolex giganteus giganteus</i> Leuckart, 1836	Paranapiacaba, Campos do Jordão, SP; Agulhas Negras, Itatiaia, Rio de Janeiro, Seropédica, Teresópolis, RJ	Nativa	Luederwaldt (1927), Michaelsen (1918, 1926), Righi (1980a)
70	<i>Glossoscolex giganteus australis</i> Righi & Lobo, 1979	Próximo de Apiaí, SP	Nativa	Righi & Lobo (1979)
71	<i>Glossoscolex gordurensis</i> Michaelsen, 1918	Gorduras (Belo Horizonte), MG; Campos do Jordão, Itanhaém, Ribeirão Pires, Santo André, SP	Nativa	Michaelsen (1918, 1926), Righi (1999)
72	<i>Glossoscolex grandis grandis</i> (Michaelsen, 1892)	Passo Fundo, RS	Nativa	Michaelsen (1892, 1918)
73	<i>Glossoscolex grandis ibirai</i> Righi, 1971	Ibirá, SP	Nativa	Righi (1971a), Caballero (1973)
74	<i>Glossoscolex grecoi</i> Righi & Lobo, 1979	Pirassununga, Vassununga SP	Nativa	Righi & Lobo (1979)
75	<i>Glossoscolex jimi</i> Righi, 1972	Cedros, SC (próximo a Blumenau?)	Nativa	Righi (1972a)
76	<i>Glossoscolex klossae</i> Righi, 1972	Ilha da Gipóia, RJ	Nativa	Righi (1972a)
77	<i>Glossoscolex matogrossensis</i> Righi, 1984	Foz do Iguaçu, PR; Sidrolândia, Maracajú, MS	Nativa	Righi (1984b), Zicsi & Csuzdi (1987)
78	<i>Glossoscolex montagneri</i> Righi, 1972	Itaguaí, RJ; São Sebastião, SP	Nativa	Righi (1972a), Zicsi & Csuzdi (1999)
79	<i>Glossoscolex mrazi</i> Cernosvitov, 1934	São Paulo (?) ²⁰ , SP	Nativa	Cernosvitov (1934b)
80	<i>Glossoscolex paulistus</i> Michaelsen, 1926	Piracicaba, Rio Claro, Araras, Sumaré, SP	Nativa	Michaelsen (1926), Righi (1971a, 1997), MZUSP
81	<i>Glossoscolex robustus</i> Cernosvitov, 1938	Teresópolis, RJ	Nativa	Cernosvitov (1938)
82	<i>Glossoscolex sazimai</i> Righi & Lobo, 1979	Caraguatatuba, SP	Nativa	Righi & Lobo (1979)
83	<i>Glossoscolex taunavi</i> Michaelsen, 1926	Serra da Bocaina, RJ	Nativa	Michaelsen (1926), Luederwaldt (1927)
84	<i>Glossoscolex tocape</i> Righi, 1980	Ribeirão Preto, SP	Nativa	Righi (1980a)
85	<i>Glossoscolex truncatus</i> (Rosa, 1895)	Uruguayana, RS; Itajaí, SC	Nativa	Michaelsen (1926), Luederwaldt (1927)
86	<i>Glossoscolex tupij</i> Righi, 1971	Engenheiro Marsilac, SP (perto de São Paulo)	Nativa	Righi (1971a)
87	<i>Glossoscolex umijiae</i> Righi & Lobo, 1979	Cotia, SP	Nativa	Righi & Lobo (1979)
88	<i>Glossoscolex uruguayensis uruguayensis</i> Cordero, 1943	São Leopoldo, RS	Nativa	Righi (1974)
89	<i>Glossoscolex (uruguayensis) corderoi</i> ²¹ Righi, 1968	São Manuel, Botucatu, Buri, SP	Nativa	J&B, Righi (1968a, 1974), Ljungström (1972b)

Continua...

Anexo 20.1. Continuação...

Nº	Família Gênero espécie	Distribuição (Locais e estados) ¹	Origem	Referências ²
90	<i>Glossoscolex vizottoi</i> ²² Righi, 1971	Auriflora, Bady Bassitt, Bálsamo, Cedral, Dolcinópolis, Dourados, Estrela d'Oeste, Fernandópolis, Ibirá, Jales, José Bonifácio, Macauba, Mendonça, Meridiano, Mirassol, Monte Aprazível, Neves Paulista, Ida Iolanda, Nhandedara, Nova Aliança, Potirendaba, Santa Albertina, Santo Anastácio, São José do Rio Preto, Engenheiro Schmidt, Urupe, Valentim Gentil, Votuporanga; Dourados, MS	Nativa	Righi (1971a, 1980b), Caballero (1973), J&B
91	<i>Glossoscolex wiengreeni</i> (Michaelson, 1897)	Eldorado, Piquete, Santo André, São Paulo, Ilha Bela, SP; Itatiaia, Serra da Bocaina, RJ; Porto Alegre, Santa Maria, Guaíba, RS; Próximo a Joinville, rio Itapocu, SC	Nativa	Michaelson (1897, 1918), Knäpper & Porto (1979), Luederwaldt (1927), Moreira (1903), Righi (1971a)
92	<i>Glossoscolex</i> n. sp. 1	Taciba, SP	Nativa	J&B
93	<i>Glossoscolex</i> n. sp. 2	Salesópolis, SP	Nativa	J&B
94	<i>Glossoscolex</i> n. sp. 3	Lupionópolis, PR	Nativa	J&B
95	<i>Glossoscolex</i> n. sp. 4	Morretes, PR	Nativa	J&B
96	<i>Glossoscolex</i> n. sp. 5	São Jerônimo, PR	Nativa	J&B
97	<i>Glossoscolex</i> n. sp. 6	Antonina, PR	Nativa	J&B
98	<i>Glossoscolex</i> n. sp. 7	São Jerônimo, PR	Nativa	J&B
99	<i>Glossoscolex</i> n. sp. 8	Bandeirantes, PR	Nativa	J&B
100	<i>Glossoscolex</i> n. sp. 9	Salesópolis, SP	Nativa	J&B
101	<i>Glossoscolex</i> n. sp. 10	Jaguapitã, PR	Nativa	J&B
102	<i>Glossoscolex</i> n. sp. 11	Buri, SP	Nativa	J&B
103	<i>Glossoscolex</i> n. sp. 12	Londrina, Sertãozinho, PR	Nativa	J&B
104	<i>Glossoscolex</i> n. sp. 13	Ilha Bela, SP	Nativa	J&B
105	<i>Glossoscolex</i> n. sp. 14	Mauá, Faxinal, PR	Nativa	J&B
106	<i>Glossoscolex</i> n. sp. 15	Buri, SP	Nativa	J&B
107	<i>Glossoscolex</i> n. sp. 16	Ortigueira, PR	Nativa	J&B
108	<i>Glossoscolex</i> n. sp. 17	Ponta Grossa, PR	Nativa	J&B
109	<i>Glossoscolex</i> n. sp. 18	Campina Grande do Sul, PR	Nativa	J&B
110	<i>Glossoscolex</i> n. sp. 19	Lages, Campo Belo do Sul, SC	Nativa	J&B
111	<i>Glossoscolex</i> n. sp. 20	Rio de Janeiro, RJ	Nativa	J&B

112	<i>Glossoscolex</i> n. sp. 21 ²³	Lupionópolis, Centenário do Sul, Londrina, PR	Nativa	J&B
113	<i>Glossoscolex</i> n. sp. 22	Itaquajé, PR	Nativa	J&B
114	<i>Glossoscolex</i> n. sp. 23	Primeiro de Maio, PR	Nativa	J&B
115	<i>Glossoscolex</i> spp.24	Jaguapitã, Cafeara, PR; Assistência, Campos do Jordão, Itaberá, SP; Lavras Novas, Piranguçu, MG	Nativa	J&N, J&B
116	<i>Goiascolex cabrellii</i> Righi, 1971	Porangatu, Paraiso do Norte (perto de Brasília-DF), GO; Próximo a Oriente Novo, RO	Nativa	Righi (1971a, 1988a)
117	<i>Goiascolex edgardi</i> Righi, 1986	Próximo a Pimenta Bueno, RO	Nativa	Righi (1986b)
118	<i>Goiascolex pepus</i> Righi, 1972	Próximo a Nova Lacerda, próximo a Vila Bela da Santíssima Trindade, próximo a Comodoro, Nova Alvorada MT; Alto Paraiso, Ariquemes, Nova Vida, Presidente Mécidi, Ji-Paraná, Pimenta Bueno, Espigão d'Oeste, Cacoal, Ouro Preto do Oeste, Estrada Porto Velho-Ariquemes km 122, RO; Ilha do Bananal, TO	Nativa	Righi (1972b, 1984b,d, 1986b) Righi & Guerra (1985)
119	<i>Goiascolex vanzolinii</i> Righi, 1984	Vila Bela de Santíssima Trindade, Mato Grosso, MT	Nativa	Righi (1984b, 1990a)
120	<i>Goiascolex</i> n. sp.1	Comprada em Boituva, SP ²⁵	Nativa	J&B
121	<i>Holoscolex caramuru</i> Righi, 1975	Porto Velho, Ouro Preto d'Oeste, RO; baixo rio Matapi, AP; PN Amazônia, PA; Lago Calado, AM	Nativa	Righi (1975, 1982a, 1988a), Righi et al. (1978)
122	<i>Holoscolex nemorosus</i> taca Righi et al., 1978	Arredores de Manaus, AM	Nativa	Righi et al. (1978)
123	<i>Onychochaeta serieia</i> Righi, 1971	Porangatu, Paraiso do Norte, GO	Nativa	Righi (1971a, 1972c)
124	<i>Opisthodrilus adneae</i> Righi, 1984	Cáceres, MT	Nativa	Righi (1984d)
125	<i>Opisthodrilus</i> ²⁶ <i>borellii borellii</i> Rosa, 1895	Cercanias de Cuiabá, Cáceres, Sonho Azul, MT; Sidrolândia, Miranda, Bela Vista, MS	Nativa	Righi (1972b, 1984b, d)
126	<i>Opisthodrilus borellii tuberculiferus</i> Righi, 1984	Poconé, MT	Nativa	Righi (1984b)
127	<i>Opisthodrilus rhopalopera</i> Cognetti, 1906	Rio Preto, MG	Nativa	Cognetti (1906)

Continua...

Nº	Familia Gênero espécie	Distribuição (Locais e estados) ¹	Origem	Referências ²
128	<i>Pontosclex corethrurus</i> (Müller, 1857)	Espécie mais amplamente difundida no Brasil; encontrada nos seguintes estados: AC, AM, AP, BA, DF, ES, GO, MA, MG, MS, MT, PA, PB, PE, PR, RJ, RO, RR, RS, SC, SE, SP	Nativa	Cernosvitov (1934a, 1935), Righi (1971a, 1980b, 1982a, 1984b, c, d, e, 1988a, b, 1990b, 1997, 1998a), Righi et al. (1976), Michaelisen (1918), J&B, Luederwaldt (1927), Moreira (1903), Knäpper (1972, 1976, 1979), Knäpper & Porto (1979), Lenko (1972), Zicsi & Csuzdi (1987), Zicsi et al. (2001), Cognetti (1900), Vanucci (1953), Guerra (1988b, 1982, 1994a), Guerra & Silva (1994), Caballero (1973), Righi & Guerra (1985), Benham (1900), AG, JR, Peneireiro (1999), J&N, UNISINOS
129	<i>Pontosclex cuasi</i> Righi, 1984	Serra do Navio, AP; Belém, PA; Boa Vista, Bonfim, Ilha do Maracá, RR	Nativa	Righi (1984c, 1988b, 1990b, 1998a)
130	<i>Pontosclex eudoxiae</i> (Righi et al., 1978)	Reserva Ducke, AM	Nativa	Righi (1984c), Righi et al. (1978)
131	<i>Pontosclex franzi</i> Zicsi & Csuzdi, 1999	Capitão Poço, PA	Nativa	Zicsi & Csuzdi (1999)
132	<i>Pontosclex maracaensis</i> Righi, 1984	Arredores da Ilha do Maracá, RR	Nativa	Righi (1984c, 1990b)
133	<i>Pontosclex marcusii</i> (Righi and Ayres, 1976)	Rio Preto da Eva, 2 locais ao norte de Manaus, AM	Nativa	Righi & Ayres (1976), Righi (1984c)
134	<i>Pontosclex nogueirai</i> Righi, 1984	Ilha do Maracá e arredores, próximo a Bonfim, Boa Vista, RR; Capitão Poço, PA	Nativa	Righi (1984c, 1998a, 1990b), Zicsi & Csuzdi (1999)
135	<i>Pontosclex pydanieli</i> ²⁷ Righi, 1988	Ariquemes, Duas Barras, Jaci-Paraná, rio Formoso, RO	Nativa	Righi (1988c, 1990a)
136	<i>Pontosclex roraimensis</i> ²⁸ Righi, 1984	Arredores da Ilha do Maracá, próximo a Boa Vista, Bonfim, RR	Nativa	Righi (1984c, 1998a), Guerra (1994)
137	<i>Pontosclex vandersleeni</i> Michaelisen, 1933	Manaus, AM	Nativa	Zicsi et al. (2001)
138	<i>Rhinodrilus adela</i> e Cordero, 1943	Acarapé, CE	Nativa	Cordero (1943)
139	<i>Rhinodrilus alatus</i> ²⁹ Righi, 1971	Paraopeba, Sete Lagoas, MG	Nativa	Righi (1971a)
140	<i>Rhinodrilus annulatus</i> ³⁰ Cernosvitov, 1934	Alto rio Calçoene, AP	Nativa	Cernosvitov (1934a, 1935)
141	<i>Rhinodrilus bursiferus</i> ³¹ Righi, 1971	Serra do Navio, AP; Rio de Janeiro, RJ	Nativa	Righi (1971a), Zicsi & Csuzdi (1999)
142	<i>Rhinodrilus contortus</i> Cernosvitov, 1938	Manaus, AM	Nativa	Zicsi et al. (2001), Cernosvitov (1938)
143	<i>Rhinodrilus curiosus</i> Righi et al., 1976	Próximo a Manaus, AM; Rio Branco e arredores, AC	Nativa	Righi et al. (1976), Righi & Guerra (1985), Guerra (1988b, 1994a)

- 144 *Rhinodrilus duseni* Michaelisen, 1918
Pilar do Sul, Itapeva, SP; Curitiba, PR; Fátima do Sul, MS
Nativa
- 145 *Rhinodrilus elisianae* Righi et al., 1976
Sucunduri, AM; muitos locais em RO; Capitão Poço, Belém, PA
Nativa
- 146 *Rhinodrilus evandroi* Righi, 1971
Brasília, DF
Nativa
- 147 *Rhinodrilus fafneri*³² Michaelisen, 1918
Gorduras, (perto de Belo Horizonte), MG
Nativa
- 148 *Rhinodrilus fransisci* Cordero 1944
Sabiucá, PE
Nativa
- 149 *Rhinodrilus garbei*³³ Michaelisen, 1926
Pirapora, PE Ibitipoca, MG; Botucatu, SP
Nativa
- 150 *Rhinodrilus hoeflingae* Righi, 1980
Cachoeira dos Macacos, Caetanópolis, PE Ibitipoca, MG
Nativa
- 151 *Rhinodrilus horsti*³⁴ (Beddard, 1892)
MG? (local desconhecido)
Nativa
- 152 *Rhinodrilus jucundus* Righi, 1985
Paraíso do Norte (perto de Brasília-DF), GO; baixo rio Tocantins, PA
Nativa
- 153 *Rhinodrilus lakei* Michaelisen, 1934
Catrimani, RR, Arredores de Manaus, AM
Nativa
- 154 *Rhinodrilus longus* Cernosvitov, 1934
Baixo rio Calçoene, AP
Nativa
- 155 *Rhinodrilus lourdesae* Righi, 1986
Próximo a Ouro Preto d'Oeste, RO
Nativa
- 156 *Rhinodrilus lucilleae* Righi et al., 1976
Sucunduri, AM
Nativa
- 157 *Rhinodrilus mamita* Cordero, 1943
Maranguape, CE
Nativa
- 158 *Rhinodrilus marcusae* Righi, 1985
Porto de Mandioca (perto de Cruz das Almas), BA
Nativa
- 159 *Rhinodrilus mortis* Righi, 1972
São José da Serra, MT
Nativa
- 160 *Rhinodrilus motucu*³⁵ Righi, 1971
Cuiabá, Poconé, MT; Porangatu, Uruaçu, GO; Una, Itajubá, Itagibá, Jequié, Rio Pardo, BA; Umbaúba, SE
Nativa
- 161 *Rhinodrilus panxin*³⁶ Righi, 1971
Marabá, Geladinho, São João do Araguaia, PA; Porangatu, GO
Nativa
- 162 *Rhinodrilus pitun* Righi, 1989
Buritizal da Corrente (próximo a Recife), PE
Nativa
- 163 *Rhinodrilus priollii* Righi, 1967
Manaus e arredores, AM
Nativa
- 164 *Rhinodrilus romani* Michaelisen, 1928
Alto rio Negro, AM³⁷
Nativa
- 165 *Rhinodrilus senckenbergi* Michaelisen, 1931
Região do rio Doce, ES; PE Ibitipoca, MG? (identificação dúbia)³⁸
Nativa
- 166 *Rhinodrilus xeabaibus* Righi, 1969
Itatiaia, Mauá, RJ
Nativa
- 167 *Rhinodrilus* n. sp. 1
Lavras Novas (PE do Itacolomi), MG
Nativa
- 168 *Rhinodrilus* n. sp. 2
Lavras Novas (PE do Itacolomi), MG
Nativa

Continua...

Anexo 20.1. Continuação...

Nº	Família Gênero espécie	Distribuição (Locais e estados) ¹	Origem	Referências ²
	<i>Rhinodrilus</i> spp. (não identificadas)		Nativas	J&B
169	<i>Rhigidrilus aioca</i> (Righi, 1975)	Salinas, PE Serra do Brigadeiro, MG	Nativa	Righi (1975)
170	<i>Rhigidrilus amazonius</i> Zicsi & Csuzdi, 1999	Serra do Navio, AP	Nativa	Zicsi & Csuzdi (1999)
171	<i>Rhigidrilus arapaco</i> (Righi, 1982)	Capitão Poço, PA	Nativa	Righi (1982b)
172	<i>Rhigidrilus cigges</i> (Righi, 1970)	Ilha do Maracá, RR	Nativa	Righi (1975)
173	<i>Rhigidrilus dithecae</i> (Righi, 1988)	Serra do Navio, AP	Nativa	Righi (1988b)
174	<i>Rhigidrilus fontebonensis</i> (Righi, 1988)	rio Matapi, AP	Nativa	Righi (1988b)
175	<i>Rhigidrilus freitasi</i> (Righi, 1971)	Fonte Boa, AM	Nativa	Righi (1971a, 1975)
176	<i>Rhigidrilus itajo</i> (Righi, 1971)	Serra do Navio, AP	Nativa	Righi (1971a, 1975)
177	<i>Rhigidrilus mairaro</i> (Righi, 1982)	Araras, SP	Nativa	Righi (1982b)
178	<i>Rhigidrilus marcusae</i> (Righi, 1969)	Bonfim, RR	Nativa	Righi (1969a)
179	<i>Rhigidrilus mucupois</i> (Righi, 1970)	Ilha do Marajó, PA	Nativa	Righi (1970)
180	<i>Rhigidrilus oliveirae</i> (Righi, 1982)	Serra do Navio, AP	Nativa	Righi (1982b, 1998a)
181	<i>Rhigidrilus ortonae</i> (Righi, 1988)	Boa Vista, Ilha de Maracá, RR	Nativa	Righi (1988b)
182	<i>Rhigidrilus schubarti</i> (Righi et al., 1978)	Belém, PA	Nativa	Righi et al. (1978)
183	<i>Rhigidrilus sucundurs</i> (Righi et al., 1976)	Novo Airão, AM	Nativa	Righi (1982a, 1988b), Righi et al. (1976)
184	<i>Rhigidrilus tico</i> (Righi, 1982)	Sucunduri, Coari, AM; Serra do Navio, AP; PN Amazônia, PA	Nativa	Righi (1982b, 1988b, 1998a)
185	<i>Rhigidrilus tingus</i> (Righi, 1971)	Tefé, Tabatinga, AM; Ilha de Maracá, RR	Nativa	Righi (1971a, 1975)
186	<i>Rhigidrilus tocaninensis tocaninensis</i> (Righi, 1972)	Serra do Navio, AP	Nativa	Righi (1975), Righi & Guerra (1985), Guerra & Silva (1994)
187	<i>Rhigidrilus tocaninensis pola</i> (Righi, 1984)	Cametá, Geladinho, Itupiranga, Marabá, Mocajuba, Tucuruí, Pato, PA; Pontes e Lacerda, MT; João Pessoa, PB	Nativa	Righi (1984d)
188	<i>Rhigidrilus uete</i> (Righi, 1988)	Vila Bela de Santíssima Trindade, Pontes e Lacerda, MT	Nativa	Righi (1988a)
189	<i>Rhigidrilus venancioi</i> (Righi, 1982)	Mirante da Serra, RO	Nativa	Righi (1982a)
190	<i>Thamnodrilus duodenarius</i> Michaelisen, 1918	PN Amazônia, PA	Nativa	Righi (1971a)
191	<i>Thamnodrilus matapi</i> Righi, 1969	Serra do Navio, AP	Nativa	Righi (1969b, 1971a, 1996), Adis & Righi (1989)
192	<i>Thamnodrilus ohausi</i> ³⁹ (Michaelisen, 1918)	Baixo rio Matapi, AP; proximidades de Manaus, AM; próximo a Rio Branco, AC	Nativa	Michaelisen (1918), Michaelisen (1934)
193	<i>Thamnodrilus salathe</i> ⁴⁰ (Michaelisen, 1934)	Manaus, AM	Nativa	Michaelisen (1934), Righi (1971a)
		Catrimani, RR; arredores Manaus, AM	Nativa	Michaelisen (1934), Righi (1971a)

194	<i>Tuiba diana</i> ⁴¹	Righi et al., 1976	Arredores de Manaus, AM	Nativa	Zicsi et al. (2001), Righi et al. (1976), Righi (1989a, 1997), Adis & Bogen (1982), Adis & Righi (1989)
195	<i>Tupinaki⁴² bokermanni</i>	(Righi, 1971)	Paranapiacaba, SP	Nativa	Righi (1971a), J&B
196	<i>Tupinaki parini</i>	(Righi, 1969)	Tripuí, Lavras Novas, MG	Nativa	Righi (1969a), J&B
197	<i>Urobenus brasiliensis⁴³</i>	Benham, 1887	Antonina, Campina Grande do Sul, Faxinal, Foz do Iguçu, Londrina, Mauá, Sertãoópolis, PR; Nova Friburgo, Petrópolis, Teresópolis, Itatiaia, Mendes, RJ; Botucatu, Campos do Jordão, Cubatão, Jundiá, Santo André, São Bernardo do Campo, SP; Itaquí, Taquara, Porto Alegre, Turuçú, RS; São Luís, MA; Gorduras (próximo a Belo Horizonte), Conceição do Mato Dentro (Serra do Cipó), Chapéu de Sol, Lavras Novas, MG; São José da Serra, MT; Itupiranga, PA; Manaus, AM; Próximo a Joinville, Rio dos Cedros, rio Itapocu, SC	Nativa	Luederwaldt (1927), Righi (1971a,b, 1972b, 1974, 1980a, 1985), Benham (1887), Cernovítov (1934a, 1935), Zicsi et al. (2001), J&B, Ude (1893), Baretta et al. (2007), MZUSP
	<i>Urobenus</i> sp. ⁴⁴		Londrina, Sertãoópolis, PR	Nativa	J&B
198	<i>Urobenus buritis</i>	(Righi et al., 1976)	Manaus e arredores, AM	Nativa	Righi et al. (1976, 1985)
199	<i>Urobenus gitus</i>	(Righi, 1971)	Belém, PA	Nativa	Righi (1971a)
200	<i>Urobenus igpiguera</i>	(Righi, 1982)	PN Amazônia, PA	Nativa	Righi (1982a)
201	<i>Urobenus petrerei</i>	Righi, 1985	São Luís, MA; Bagagem, PA	Nativa	Righi (1985, 1989b)
Almidae					
202	<i>Drilocris dreheri</i>	Michaelsen, 1926	Franca, Tanabi, Neves Paulista, São José do Rio Preto, Mirassol, SP	Nativa	Michaelsen (1926), Caballero (1973)
203	<i>Drilocris inhering⁴⁵</i>	(Michaelsen, 1895)	Piracicaba, SP	Nativa	Luederwaldt (1927), Michaelsen (1926)
204	<i>Drilocris</i> (?) sp. 1		Jaguapitã, PR	Nativa	J&B
205	<i>Drilocris</i> (?) sp. 2		Bandeirantes, PR	Nativa	J&B
206	<i>Glyphidrilocris ehrhardt⁴⁷</i>	(Michaelsen, 1926)	Manaus, Manacapuru, AM	Nativa	Michaelsen (1926), Adis & Righi (1989)
Criodrilidae					
207	<i>Cricodrilus lacuum</i>	Hoffmeister, 1845	Triunfo, Porto Alegre, RS	Exótica	Knäpper & Porto (1979), Knäpper (1976)
208	<i>Guarani camaqua</i>	Rodríguez & Lima, 2007 ⁴⁶	Camaquã, RS	Nativa	Lima & Rodríguez (2007)
Ocnodrilidae					
209	<i>Bauba santosi</i>	Righi, 1980	Umbaúba, SE	Nativa	Righi (1980a)

Continua...

Nº	Família Gênero espécie	Distribuição (Locais e estados) ¹	Origem	Referências ²
210	<i>Belladriilus arua</i> Righi, 1984	Pontes e Lacerda, MT	Nativa	Righi (1984d)
211	<i>Belladriilus otaíon</i> Righi, 1995	Iporanga, SP	Nativa	Righi (1995b)
212	<i>Belladriilus pocaju</i> Righi, 1984	Maracajú, Terenos, MS; Poconé, MT	Nativa	Righi (1984a)
213	<i>Belladriilus</i> n. sp. 1	Jaguapitã, PR	Nativa	J&N
214	<i>Brunodriilus angeloi</i> Righi, 1971	Serra do Cipó, MG	Nativa	Righi (1971c)
215	<i>Daridriilus ferrarius</i> Righi et al., 1978	Sucunduri, AM	Nativa	Righi et al. (1978)
216	<i>Eukerria asilis</i> ⁴⁸ Righi, 1967	Ilha de Marajó, PA; Cabo, PE	Nativa?	Righi (1967a, 1971b)
217	<i>Eukerria cuca</i> Righi, 1984	Cuiabá, MT	Nativa	Righi (1984a)
218	<i>Eukerria eiseniana</i> ⁴⁹ (Rosa, 1895)	Perto de Pontes e Lacerda, Cuiabá, Cáceres, MT; Ilha de Maracá, perto de Bonfim, RR; Presidente Médici, Pimenta Bueno, RO; Ledário, Bela Vista, Terenos, MS; Botucatu, SP; Camaquã, RS; Jaguapitã-PR	Nativa?	Righi (1972b, 1984a,d, 1988a), Righi & Guerra (1985), MZUSP, Lima & Rodriguez (2007), J&B
219	<i>Eukerria emete</i> Righi & Guerra, 1985	Estrada Pontes e Lacerda-Vilhena km 60, 88 e 123, Pontes e Lacerda, Nova Alvorada MT; Paiqueré, PR	Nativa	Righi & Guerra (1985), J&B
220	<i>Eukerria garmani argentinae</i> Jamieson, 1970	Estrela, Camaquã, RS	Nativa?	Righi & Ayres (1975), Lima & Rodriguez (2007)
221	<i>Eukerria guamais</i> Righi, 1971	Manaus, AM; Belém, PN Amazônia, PA; Pimenta Bueno, RO	Nativa	Righi (1971b, 1983, 1988a)
222	<i>Eukerria kuekenthali</i> (Michaelson, 1908)	Codajás, AM	Exótica	Righi (1988b)
223	<i>Eukerria mucu</i> Righi, 1988	Pimenta Bueno, Mirante da Serra, RO	Nativa	Righi (1988a)
224	<i>Eukerria saltensis</i> ⁵⁰ (Beddard, 1895)	São Paulo, SP; Blumenau, SC; (?) MG; Camaquã, RS; Jaguapitã, PR	Exótica	Righi (1999), Righi (1968b), Lima & Rodriguez (2007), J&N, Ljungström et al. (1975), Michaelson (1927), Righi (1971b), Gates (1972)
225	<i>Eukerria stagnalis</i> (Kinberg, 1867)	Estrela, Porto Alegre, Camaquã, RS; Ilha Bela, SP	Nativa? ⁵¹	Righi & Ayres (1975), Michaelson (1927), MZUSP, Lima & Rodriguez (2007)
226	<i>Eukerria subandina</i> ⁵² (Rosa, 1895)	Corumbá, MS; Mirante da Serra, RO	Nativa?	Righi (1984a, 1988a), Cognetti (1900)
227	<i>Eukerria taisa</i> Righi, 1983	PN Amazônia	Nativa	Righi (1983b)
228	<i>Eukerria urna</i> Righi, 1967	Codajás, AM; Itajubá, BA; Ilha do Marajó (próximo de Cachoeira do Arari), PA, Pimenta Bueno, RO; Bonfim, RR	Nativa	Righi & Guerra (1985), Righi (1967a, 1971b, 1988a,b)

229	<i>Exsidrilus rarus</i> Righi et al., 1978	Sucunduri, AM	Nativa	Righi et al. (1978)
230	<i>Gordiodrilus habessinus</i> Michaelsen, 1913	Arredores de Vilhena e Ariqueemes, Pimenta Bueno, RO; Próximo de Pontes e Lacerda, Cáceres, Nova Alvorada, MT; Ladário, MS	Exótica	Righi (1984a,d, 1988a), Righi & Guerra (1985)
231	<i>Gordiodrilus marcusii</i> Righi, 1968	São Paulo, Birigui, Rio Claro, SP; Britânia, GO	Nativa?	Righi (1968a), MZUSP
232	<i>Gordiodrilus paski</i> Stephenson, 1928	São Paulo, SP	Exótica	Righi (1968b)
233	<i>Haplodrilus amazonicus</i> Righi, 1983	PN Amazônia	Nativa	Righi (1983b)
234	<i>Haplodrilus iheringi</i> Michaelsen, 1926	Piracicaba, SP ⁵³	Nativa	Michaelsen (1926)
235	<i>Haplodrilus michaelsoni</i> ⁵⁴ (Cognetti, 1900)	Corumbá, MS; Londrina, PR	Nativa	Michaelsen (1927), J&N
236	<i>Haplodrilus tagua</i> Righi et al., 1978	Sucunduri, AM	Nativa	Righi et al. (1978)
237	<i>Haplodrilus</i> n. sp. 1	Londrina, PR	Nativa	J&B
238	<i>Kerriona garbei</i> Michaelsen, 1924	Porto Cachoeira, ES	Nativa	Michaelsen (1924), Luederwaldt (1927)
239	<i>Kerriona limaee</i> ⁵⁵ Righi, 1980	Salesópolis, SP	Nativa	Righi (1980b)
240	<i>Kerriona luederwaldti</i> ⁵⁶ Michaelsen, 1926	Itatiaia, RJ	Nativa	Luederwaldt (1927), Michaelsen (1924)
241	<i>Kerriona</i> sp. 1	Antonina, PR	Nativa	J&B
242	<i>Kerriona</i> sp. 2 ⁵⁷	Matinhos, PR	Nativa	J&B
	<i>Kerriona</i> sp. ⁵⁸	Morretes, PR	Nativa	J&B
243	<i>Liodrilus ipu</i> Righi, 1975	Belém, PA	Nativa	Righi (1975)
244	<i>Liodrilus mendesi</i> Righi, 1994	João Pessoa, PB	Nativa	Righi (1994)
245	<i>Lourdesia paraibaensis</i> Righi, 1994	João Pessoa, PB	Nativa	Righi (1994)
246	<i>Nematogonia lacuum</i> (Beddard, 1893)	Cacoal, Pimenta Bueno, Espigão d'Oeste, Ouro Preto do Oeste, RO; Pontes e Lacerda e arredores, Tabuleta, Cáceres, Vila Bela da Santíssima Trindade, MT	Exótica?	Righi (1984d, 1988a), Righi & Guerra (1985)
247	<i>Nematogonia panamaensis</i> (Eisen 1900)	Botucatu, SP; Salvador, BA	Exótica	MZUSP
248	<i>Ocnerodrilus ibemi</i> Righi, 1968	São Sebastião, SP	Nativa	Righi (1968b)
249	<i>Ocnerodrilus occidentalis</i> ⁵⁹ Eisen, 1878	Iha de Marajó, PA; Codajás, AM; Poconé, MT; Bela Vista, MS; Lauro Müller, SC, São Paulo, SP; Jaguapitã, PR	Exótica	Righi (1968b, 1984a, 1988b), MZUSP, J&N
250	<i>Ocnerodrilus potyuara</i> Righi, 1994	Mari, PB	Nativa	Righi (1994)
251-	<i>Ocnerodrilidae</i> spp. ⁶⁰	Centenário do Sul, Jaguapitã, Ponta Grossa, PR;	Nativas?	J&B
252		Minduri, Lavras Novas, MG; Paranapiacaba, Itaberá, SP		
253	<i>Paulistius taunayi</i> ⁶¹ Michaelsen, 1926	Itabuna, BA	Nativa	Michaelsen (1926)

Continua...

Anexo 20.1. Continuação...		Distribuição (Locais e estados) ¹		Referências ²	
Nº	Família Gênero espécie		Origem		
254	<i>Pygmaeodrilus amapaensis</i> Righi, 1988	Serra do Navio, AP	Nativa	Righi (1988b)	
Eudrilidae					
255	<i>Eudrilus eugeniae</i> ⁶² (Kinberg, 1867)	Itajubá, Jequié, Ilha de Itaparica, BA; Petrópolis, Rio de Janeiro, Nova Friburgo, RJ; Ponta de Pedras, Recife, PE; Maiautá, PA; São Sebastião, Boituva, Campinas, Vinhedo, São Paulo, SP; Primeiro de Maio, Londrina, Ibiaci, PR; Areia, PB; Juiz de Fora, MG (minhocultura); Aracajú, SE; São Luís, MA Ponta de Pedras, PE	Exótica	Righi (1967e, 1968b, 1971b, 1972b), Luederwaldt (1927), J&B, Moreira (1903), Gates (1954), Beddard (1891), Guerra & Silva (1994), MZUSP	
256	<i>Hyperiodrilus africanus</i> Beddard, 1891		Exótica	Righi (1972b)	
Lumbricidae					
257	<i>Aporrectodea caliginosa</i> ⁶³ (Savigny, 1826)	Canela, Estrela, Guaíba, Nova Petrópolis, Porto Alegre, Rolante, Herval, São Leopoldo, Mariluz, Sapucaia do Sul, Santa Cruz do Sul, São Francisco de Paula, Canguçu, Piratini, Pinheiro Machado, Sobradinho, Novo Hamburgo, Charqueadas, Ilha G. Medeiros, Viamão, Pelotas, RS Porto Alegre, RS Porto Alegre, RS	Exótica	Righi (1967c), Knäpper (1976), Knäpper & Porto (1979), Knäpper & Hauser (1969), MZUSP, UNISINOS	
258	<i>Aporrectodea rosea</i> ⁶⁴ (Savigny, 1826)		Exótica	Michaelson (1892)	
259	<i>Aporrectodea trapezoides</i> (Dugès, 1828)		Exótica	Michaelson (1892)	
260	<i>Bimastos parvus</i> (Eisen, 1874)	Buri, Anhembi, SP; Nova Teutônia, Camaquã, RS	Exótica	Cernovítov (1942), Righi (1968a), J&B, Lima & Rodríguez (2007)	
261	<i>Dendrobaena veneta</i> (Rosa, 1886)	Porto Alegre, RS	Exótica	Knapper & Porto (1979)	
262	<i>Dendrodrilus rubidus rubidus</i> (Savigny, 1826)	Itatiaia, Petrópolis, Rio de Janeiro, RJ	Exótica	Michaelson (1927), Righi (1980b), Gates (1972)	
263	<i>Eisenia andref</i> ⁶⁵ Bouché, 1972	Várias localidades em SP, PR, RJ, MG, PB, PE; Brasília-DF (minhocultura)	Exótica	GB, AG	
264	<i>Eisenia fetida</i> ⁶⁶ (Savigny, 1826)	Ivoí, Lageado, Porto Alegre, São Leopoldo, Gramado, Guaíba, Belém Velho, Belém Novo, Novo Hamburgo, Mariluz, Sapucaia do Sul, Piratini, Tramandaí, Viamão, Barra do Ribeiro, RS; Tubarão, SC; provavelmente vários locais em SP, PR, RJ, MG e outros do País (minhocultura)	Exótica	Michaelson (1892), Knapper & Porto (1979), Righi (1967c), Knäpper (1972a, 1976), UNISINOS	
265	<i>Eisenia lucens</i> (Waga, 1857)	Santo Ângelo, Fontoura Xavier, Porto Alegre, São Francisco de Paula, RS	Exótica	Knapper & Porto (1979), Knäpper (1976)	

266	<i>Eiseniella tetraedra tetraedra</i> (?) (Savigny, 1826)	Vários municípios nas bacias dos rios Itá Machadinho e Campos Novos, SC e RS	Exótica	Pacheco et al. (1992)
267	<i>Eiseniella tetraedra pupa</i> (Eisen, 1874)	Porto Alegre, RS	Exótica	Knäpper (1976)
268	<i>Octolasion cyaneum</i> (Savigny, 1826)	Pelotas, Porto Alegre, São Leopoldo, Gramado, RS	Exótica	Knäpper (1976), Righi (1967c), MZUSP, UNISINOS
269	<i>Octolasion lacteum</i> (Hoffmeister, 1845)	Porto Alegre, RS		Knäpper (1976)
Spartganophilidae.....				
270	<i>Areco reco</i> ⁶⁷ Righi et al., 1978	Reserva Ducke, AM	Nativa	Righi et al. (1978)
Megascolecidae.....				
271	<i>Amyntas aeruginosus</i> Kinberg, 1867	Prudentópolis, PR	Exótica	J&B, MZUSP
272	<i>Amyntas aspergillum</i> ⁶⁸ (Perrier, 1872)	São Paulo, SP	Exótica	Righi (1967d)
273	<i>Amyntas corticis</i> ⁶⁹ (Kinberg, 1867)	Serra do Cipó, Juiz de Fora, MG; 16 municípios no PR; PN Itatiaia, Seropédica, Nova Friburgo, RJ; 9 municípios no RS; 7 municípios em SP	Exótica	J&B, Krabbe et al. (1993), Knäpper (1976, 1977), Knapper & Porto (1979), Gates (1954), Righi (1980b), Voss (1986), Ressetti (2004), GB, Zicsi & Csuzdi (1999), UNISINOS, J&B
274	<i>Amyntas gracilis</i> ⁷⁰ (Kinberg, 1867)	Manaus, AM; Ituberá, BA; Brasília-DF; 6 municípios em MG; Belém, PA; Areia, PB; 15 municípios no PR; 6 municípios no RJ; 23 municípios no RS; Blumenau, Schroeder, Criciúma, SC; 39 municípios em SP	Exótica	Rosa (1994), Moreira (1903), Righi (1967d, 1980b, 1997), Caballero (1973), Peneireiro (1999), AG, GB, Righi & Knäpper (1965), J&B, Luederwaldt (1927), Guerra & Silva (1994), Voss (1986), Zicsi & Csuzdi (1999), Lenko (1972), Cernovítov (1934a, 1935), Ressetti (2004), Chang (1997), Beddard (1891), Gates (1954), Vanucci (1953), Michaelsen (1892, 1900, 1903), Lima & Rodríguez (2007), Knapper & Porto (1979), Knapper (1972a,b, 1976), Krabbe et al. (1993), MZUSP, UNISINOS
275	<i>Amyntas morrisi</i> (Beddard, 1892)	Salvador, BA; 16 municípios no RS; Curitiba, Castro, PR	Exótica	Righi (1971b), Knapper & Porto (1979), Ressetti (2004), Chang (1997), Krabbe et al. (1993), Knapper (1972a,b), UNISINOS, Lima & Rodríguez (2007)

Continua...

Anexo 20.1. Continuação...

Nº	Família Gênero espécie	Distribuição (Locais e estados) ¹	Origem	Referências ²
276	<i>Metaphire californica</i> (Kinberg, 1867)	Piracicaba, São Paulo, SP; Caetanópolis, MG; Castro, Curitiba, PR; Rio de Janeiro, RJ; 20 municípios no RS; Salvador, BA; Lauro Müller, Criciúma, SC	Exótica	Luederwaldt (1927), Righi (1971b, 1980b), Chang (1997), Ressetti (2004), Moreira (1903), Krabbe et al. (1993), Knapper & Porto (1979), Knapper (1972a,b, 1976), MZUSP, UNISINOS
277	<i>Metaphire schmardae</i> ⁷¹ (Horst, 1883)	Porto Alegre, Estância Velha, Canoas, São Leopoldo, RS; Pomerode, Blumenau, SC; Curitiba, PR; Colina, Cotica, São Paulo, SP; Teresópolis, PN Itatiaia, RJ	Exótica	Knapper & Porto (1979), Hauser et al. (1975), Righi (1967d, 1980b), Knapper (1972a,b), Michaelsen (1927), MZUSP, UNISINOS
278	<i>Pheretima darnleiensis</i> ⁷² (Fletcher, 1886)	Campos do Jordão, São Sebastião, São Paulo, São José do Rio Preto, Engenheiro Marsilac, Salesópolis, SP; Curitiba, PR; 15 municípios no RS; Conceição de Mato Dentro, Tripuí (perto de Ouro Preto), MG	Exótica	Knapper (1972a, b), Righi (1965, 1967d, 1980b), Righi & Knäpper (1965, 1966), Chang (1997), Caballero (1973), MZUSP, UNISINOS
279	<i>Polypheretima elongata</i> (Perrier, 1872)	Caetanópolis, Curvelo, Cachoeira dos Macacos, MG; Recife, PE; Itajubá, BA; Anhembi, SP	Exótica	Righi (1971b, 1980b), J&B
280	<i>Polypheretima taprobanae</i> (Beddard, 1892)	Rio de Janeiro, RJ; São Paulo, Piracicaba, Paranapiacaba, SP; Santa Cruz do Sul, Porto Alegre, São Leopoldo, RS	Exótica	Luederwaldt (1927), Moreira (1903), Righi (1967d), Knäpper (1976), UNISINOS
281	<i>Pontodrilus litoralis</i> ⁷³ (Grubbe, 1855)	Várias localidades ao longo do litoral de SP, SC, RJ, RS; Ilha de Itamaracá, PE	Exótica	Luederwaldt (1927), Righi (1968b), Moreira (1903), Michaelsen (1900, 1910), MZUSP
Acanthodrilidae.....				
282	<i>Chilota</i> sp. ⁷⁴	Barueri, SP	Exótica	MZUSP, Lenko (1972)
283	<i>Dichogaster affinis</i> (Michaelsen, 1890)	Areia, PB; Itaguaí, RJ; Jaguapitã, Arapotí, Londrina, PR; Arredores de Manaus, AM; Calçoene e baixo rio Calçoene, AP; Poconé, Pontes e Lacerda, Chapada dos Guimarães, MT; Inhaúma, Curvelo, MG; Jequié, BA	Exótica	Guerra & Silva (1994), Righi (1968b, 1971b, 1980b, 1984a,d,e, 1990a), GB, Cernosvitov (1934a, 1935), Righi et al. (1978), R&N, J&N
284	<i>Dichogaster andina</i> ⁷⁵ Cognetti, 1904	Rio Parú do Oeste, Jacundá, Canoal, PA; Rio Preto da Eva, Manaus e arredores, rio Negro (divisa AM-RR), AM	Exótica?	Zicsi & Csuzdi (1999), Righi (1988b), Righi et al. (1978), Adis & Righi (1989)

285	<i>Dichogaster annae</i> ⁷⁶ (Horst, 1893)	Blumenau, Florianópolis, SC; Uruçucá, BA; São Paulo, Osasco, SP; Chapada dos Guimaraes, MT; (?) RS Lago Badajós, AM	Exótica	Luederwaldt (1927), Righi (1968b, 1984a,e, 1999), Righi & Ayres (1975) Righi et al. (1978)
286	<i>Dichogaster badajos</i> Righi et al., 1978	Rio Branco, AC; Manaus e arredores, Huitanaã (no rio Purús), AM; Corumbá, Uruçum, Carandazinho, MS; Baixo rio Calçoene, AP; Itabuna, Itajubá, Jequié, BA; Caxias, MA; Cachoeira dos Macacos, Jabuticatubas, Paraopeba, Tripuí, MG; 9 locais no MT; Belém, Mocajuba, Cocal (no rio Tocantins), PN Amazônia, PA; Castro, Jaguapitã, Arapotí, PR; Ariquemes, Mirante da Serra, Ji-Paraná, RO; Ilha de Maracá, Bonfim, RR; Anhembi, Botucatu, Campos do Jordão, Mirassol, Paraibuna, Guarujá, São Paulo, Taciba, SP; Florianópolis, Lauro Müller, SC; Ilha de Itamaracá, PE	Nativa	Righi et al. (1978)
287	<i>Dichogaster bolau</i> ⁷⁷ (Michaelson, 1891)	Ji-Paraná, Riozinho, Vilhena, Pimenta Bueno, RO; João Pessoa, PB; Manaus, AM; Pontes e Lacerda, Serra de Campina, Vila Bela de Santíssima Trindade, MT, Cafeara, PR	Exótica	Guerra & Silva, Righi (1988a,b, 1984d), Righi & Guerra (1985), Michaelson (1928), J&B
288	<i>Dichogaster gracilis</i> (Michaelson, 1892)	60 km ao norte de Manaus, AM	Exótica	Righi et al. (1978)
289	<i>Dichogaster ibaia</i> Righi et al., 1978	Pontes e Lacerda e arredores, Serra da Campina, MT; Manaus, Chicago (no rio Japurá), AM; Ilha de Maracá, RR	Nativa	Righi (1984d, 1990a, 1998a), Righi & Guerra (1985), Righi et al. (1978)
290	<i>Dichogaster modiglianii</i> (Rosa, 1896)	Rio Branco, AC; Manaus e arredores, Tefé, AM; Itajubá, Jequié, BA; Caxias, MA; Cachoeira dos Macacos, Prado, Paraopeba, MG; Bataguçu, Terenos, MS; Chapada dos Guimaraes, Cuiabá, Poconé, Pontes e Lacerda, Vila Bela da Santíssima Trindade MT; Belém, Mocajuba, PA; Jaguapitã, Cafeara, PR; Itaguaí, RJ; Pimenta Bueno, Cacoal, RO; Ibirubá, Fontoura Xavier, RS; Mirassol, Botucatu, São Paulo, Colina, SP	Exótica	Righi (1968b, 1971b, 1972b, 1980b, 1984a,d,e, 1988b, 1990a.), Righi & Guerra (1985), Righi et al. (1978), J&B, Knapper & Porto (1979), Caballero (1973), R&N
291	<i>Dichogaster saliens</i> (Beddard, 1892)	Porto Alegre, RS	Exótica	Knapper (1976)
292	<i>Eodrilus magellanicus</i> ⁷⁸ (Beddard, 1895)	São Paulo, SP; Taquara, Santana do Livramento, Jaguarão, Pinheiro Machado, Gualiba, Porto Alegre, Pedro Osório, Piratini, Canguçu, Camaquã, RS	Exótica	Luederwaldt (1927), Ljungström et al. (1975), Üde (1893), Knapper (1976), UNISINOS, Lima & Rodríguez (2007)
293	<i>Microscolex dubius</i> (Fletcher, 1887)	Porto Alegre, RS	Exótica	Knapper (1976)
294	<i>Microscolex michaelsoni</i> ⁷⁹ Beddard, 1895	Porto Alegre, RS	Exótica	Knapper (1976)

Continua...

Anexo 20.1. Continuação...

Nº	Família Gênero espécie	Distribuição (Locais e estados) ¹	Origem	Referências ²
295	<i>Microscolex phosphoreus</i> (Dugès, 1837)	Guaíba (e outros locais no estado), RS	Exótica	Michaelsen (1927), Moreira (1903), Cognetti (1905), Knäpper (1976)
296	<i>Neogaster aidaae</i> Righi, 1975	Baixo rio Matapi, AP	Nativa	Righi (1975)
297	<i>Neogaster americana</i> ⁸⁰ Cernovitov, 1934	Baixo rio Calçoene, AP	Nativa	Cernovitov (1934a, 1935)
298	<i>Neogaster angeloi</i> Righi, 1988	Serra do Navio, AP	Nativa	Righi (1988b)
299	<i>Neogaster gavrilovi</i> Righi & Caballero, 1970	Serra do Navio, AP	Nativa	Righi & Caballero (1970)
300	<i>Pickfordia</i> ⁸¹ <i>divergens</i> (Cognetti, 1905)	Sucunduri, AM; Jacundá, PA; Chapada dos Guimarães, MT	Nativa	Righi (1984e, 1989b), Righi et al. (1978)
301	<i>Pickfordia tocaya</i> (Righi et al., 1978)	Reserva Ducke, AM	Nativa	Righi et al. (1978)
302	<i>Wegeneriona belenensis</i> Righi, 1988	Belém, PA	Nativa	Righi (1988b)
303	<i>Wegeneriona brasiliana</i> Cernovitov, 1939	Óbidos, PA	Nativa	Cernovitov (1939)
304	<i>Wegeneriona cernovitovi</i> Righi & Caballero, 1970	Serra do Navio, AP	Nativa	Righi & Caballero (1970)
305	<i>Wegeneriona michaelseni</i> (Cernovitov, 1934)	Baixo rio Calçoene, AP	Nativa	Cernovitov (1934a, 1935)

¹ PN = Parque Nacional; PE= Parque Estadual

² MZUSP = Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, incluindo a coleção de G. Righi; UNISINOS = Coleção da Universidade do Rio dos Sinos, São Leopoldo, RS. Observações pessoais: J&B = S.W. James e G.G. Brown; GB = G. Brown; J&N = S.W. James e D.H. Nunes; R&N = C. Rodriguez e D.H. Nunes; AG = A. Guimarães; JR = Jörg Römbke.

³ Sinônimo: *Alexidrilus littoralis* Ljungstrom, 1972. Sendo que não existe descrição completa dessa minhoca, o nome da espécie dado num pequeno resumo por Ljungström (1972a), deve ser considerada como *nomen nudum*. A espécie deve ser re-encontrada e/ou revista a partir de exemplares coletados por Ljungström ou da coleção da UNISINOS, para terminar a descrição e diferenciá-la da única outra espécie no gênero, *Alexidrilus lourdesae*.

⁴ Essa distribuição disjunta é altamente improvável. Com maiores esforços de coleta, e re-avaliação dos exemplares, é possível que se constate: a) que a distribuição da espécie é mais ampla do que se pensava, ou b) que as espécies são diferentes.

⁵ Righi (1993) separou o gênero *Andiorrhinus* em quatro sub-gêneros: *Amazonidrilus* (incluindo as espécies brasileiras *A. amazonius*, *A. planaria*, *A. tarumanis*, *A. rondoniensis*, *A. paraguayensis*, *A. pauate*, *A. bucki*, *A. holmgreni*, *A. evelinae* e *A. torquemada*), *Turedrilus* (incluindo as espécies brasileiras *A. samuelensis*, *A. caudatus* e *A. amaparis*), *Andiorrhinus* (incluindo as espécies brasileiras *A. pictus*, *A. proboscideus* e *A. rubescens*) e *Meridrilus* (nenhuma espécie no Brasil).

⁶ Encontrada em bromeliácea por Michaelsen (1934). Pode ser um habitante permanente de epífitas (Adis & Righi, 1989).

⁷ Essa espécie migra verticalmente da serapilheira para a copa das árvores com as enchentes nas florestas das várzeas do baixo rio Negro, próximo à confluência com o rio Solimões (Amazonas) (Adis & Righi, 1989).

⁸ Espécie próxima à *Andiorrhinus* n. sp.2.

⁹ Minhocuçus verdes ainda não identificados. Similares a *Andiorrhinus* n. sp. 2 and 3.

¹⁰ O nome *Chibui* significa minhocuçú, na língua indígena local.

¹¹ Citado como "Haute Carsevenne", Venezuela. Provavelmente seja o rio Calçoene, no AP (Righi, 1971a).

¹² Essa espécie foi originalmente descrita de material proveniente do norte da Argentina. Tal distribuição disjunta implica transporte humano ou uma "home range" muito maior.

¹³ Espécie originalmente descrita da província de Jujuy, Argentina. A espécie *D. vivianae* Righi, 1984 foi sinonimizada com *E. borellii* por Moreno et al. (2005).

¹⁴ Encontrada em água lodosa de bromeliácea na Serra de Macaé, RJ (Luederwaldt, 1927).

- 15 Essa espécie foi considerada em perigo de extinção por Righi (1998b), ainda que Righi (1971b) a coletou em julho de 1969 cerca de Conselheiro Lafaiete, MG. Infelizmente a espécie foi considerada como extinta na última reunião (2002) de espécies ameaçadas no Brasil (Machado et al., 2005). Exemplares foram encontrados recentemente na Bacia do Custódio, em Lavras Novas, MG, no Parque Estadual do Itacolomi. Portanto, a espécie deve ser considerada apenas ameaçada e não extinta, e maiores esforços de coleta devem ser feitos para determinar adequadamente a amplitude de sua distribuição e seu real estado de ameaça.
- 16 Essa espécie foi coletada na Estação Ecológica da Universidade Federal de Minas Gerais, em Belo Horizonte. A espécie tem quatro pares de glândulas calcíferas, e não pertence a nenhum gênero de Glossoscolecidae descrito até o momento. Porém, ela é parecida às espécies do gênero *Tupinaki* (que contém cinco pares de glândulas calcíferas). Portanto, um maior esforço de coleta deve ser feito, para encontrar mais indivíduos adultos, realizar uma comparação adequada entre os gêneros e as espécies conhecidas e para definir o gênero dessa nova espécie.
- 17 Sinônimo: *Glossodrilus baiuca* Hamoui & Donatelli, 1983.
- 18 Descrita por Michaelisen (1918) como *Glossoscolex bresslaui*. Posteriormente, transferida a *Andioscolex* e, finalmente, a *Glossodrilus*.
- 19 Ver nota de rodapé Nº 11.
- 20 Localidade desconhecida em São Paulo.
- 21 Descrita como espécie nova (*G. corderoi*) em Righi (1968a). Ao examinar vários exemplares de *G. uruguayensis* (*uruguayensis* e *corderoi*), foi considerada como subespécie por Righi (1974) mas, posteriormente, foi citada novamente como espécie diferente em Righi (1999). Ambas as subespécies devem ser reexaminadas para confirmar possíveis diferenças em nível específico.
- 22 Coletada em diversos locais no noroeste de São Paulo, para venda como isca para pescar (Caballero, 1973).
- 23 Espécie coletada em diversos locais na bacia do rio Parapanama, para venda como isca. Encontrada principalmente em brejos.
- 24 Várias minhocas coletadas em diversos locais. Pelo menos uma delas (e provavelmente mais) é espécie nova.
- 25 O local de origem dessa espécie é desconhecido, mas presume-se que seja no Mato Grosso. A espécie é comercializada e foi comprada de um criador de minhocas na Rod. Castelo Branco, município de Boituva, SP.
- 26 O nome original deste gênero é *Opisthodrilus* Rosa 1895. Porém muitos autores, incluindo Cognetti, Michaelisen e Righi consideraram o nome original um "erro" do latim e trocaram o nome para *Opisthodrilus* (incluindo um "h"). De acordo com a nomenclatura zoológica, artigo 33.2.3.1. "quando uma emenda injustificada está em uso corrente, e é atribuída ao autor e data original, esta pode ser considerada uma emenda justificada."
- 27 Comprimento 53-58 cm, mas diâmetro 5 mm.
- 28 Essa é a única espécie do sub-gênero *Meroscolex*, de *Pontoscolex*, encontrada no Brasil. Todas as demais espécies brasileiras pertencem ao subgênero *Pontoscolex*.
- 29 Espécie amplamente coletada para vender como isca. Muitas famílias se dedicam à extração dessa espécie de seu hábitat natural e a intensidade de coleta pode ter levado à redução de sua abundância, na região de Paraopeba e Sete Lagoas, MG. Devido à coleta predatória e redução populacional, a espécie consta na lista de animais ameaçados de extinção do Estado de Minas Gerais (Righi, 1998b).
- 30 Ver nota de rodapé Nº 11.
- 31 Ver nota Nº 4.
- 32 Essa é a maior espécie conhecida do Brasil (2,1 m de comprimento). Conhecida de apenas um local e um único exemplar, sua identidade não pode ser avaliada com mais precisão, pois o exemplar coletado foi mal preservado e teve seus órgãos internos gelatinizados, de acordo com Michaelisen (1918). A espécie nunca mais foi encontrada e, portanto, foi considerada como ameaçada por Righi (1998b). Na última reunião de espécies ameaçadas do Brasil (2002), *R. fahner* foi considerada extinta (Machado et al., 2005). É similar a *R. horsti*, mas muito mais longa. A citação dessa espécie como presente no PE Ibitipoca, por Castro & d'Agosto (1999), deve ser considerada inválida, em base nas fotografias do material coletado pelos autores, que mostrou uma pequena minhoca de ~ 20 cm de comprimento, muito diferente à descrição original de Michaelisen (1918).
- 33 De acordo com Righi (1985b), essa espécie é parecida a *R. motucu*, e os tipos precisam ser reavaliados para confirmar a validade dessa espécie.
- 34 Essa minhoca gigante foi originalmente descrita como *Anteus horsti* (sinônimo *A. gigas*) e, posteriormente, transferida ao gênero *Rhinodrilus* por Michaelisen (1900). A espécie está mal descrita e a localidade tipo é desconhecida. Foi considerada como diferente a *R. fahner* por Michaelisen (1918).
- 35 Sinônimos: *R. motucu unais* e *R. garbei cuiabanus*. Espécie com distribuição bastante ampla, coletada e vendida como isca.
- 36 Espécie próxima a *R. jucundus*. Originalmente descrita no gênero *Aicodrilus*, pois a invaginação dos primeiros segmentos não havia sido considerada. Após reexaminar os tipos, Righi (1995a) considerou o gênero como sinônimo de *Rhinodrilus*.
- 37 Espécie citada como encontrada entre São Felipe e São Gabriel da Cachoeira, alto rio Negro. Essa é uma vasta área, e a localidade exata é desconhecida.
- 38 Castro & d'Agosto (1999) citaram essa espécie para o PE de Ibitipoca (MG), mas a espécie deve ser reexaminada para certificar a identificação.
- 39 Originalmente no gênero *Aptodrilus*. Transferido ao gênero *Thamnodrilus* por Zicsi (1997).

Continua...

Anexo 20.1. Continuação...

- 40 Ver nota anterior.
- 41 Sinônimo: *Tuíba tipema*. Essa espécie migra horizontalmente de solo mais úmido a solo mais seco (e vice-versa), com as enchentes e vazantes do rio Negro, nas florestas próximas à confluência com o rio Solimões, próximo a Manaus (Adis & Righi, 1989).
- 42 Originalmente no gênero *Martiodrilus*. Righi (1995a) criou o novo gênero *Tupinaki* para acomodar as duas espécies conhecidas.
- 43 Sinônimos: *Rhinodrilus papillifer* (*papillifer*) e *R. brasiliensis*. Essa é a segunda espécie nativa com a distribuição mais ampla no Brasil, depois de *P. corethrurus*. Habita a serapilheira de florestas e áreas ricas em matéria orgânica. Facilmente fragmenta (autotomia) quando estressada, perdendo as caudas e quebrando em vários pedaços.
- 44 Espécie parecida a *Uroberus brasiliensis*. Devem-se examinar melhor as estruturas internas e externas de exemplares adultos, para determinar se se trata (ou não) de uma espécie ou subespécie diferente.
- 45 Segundo Jamieson (1971). *D. dreheri* é sinônima dessa espécie. Coletada nas margens do rio Piracicaba.
- 46 Minhocas de tamanho moderado a grande (20-30 cm de comprimento), encontradas em sistemas de arroz irrigado.
- 47 Essa espécie foi citada como coletada na região de Manaus, por Joachim Adis nos anos 1980 (Adis & Righi, 1989). Ademais, Adis (comunicação pessoal, abril 2005) diz que o material foi entregue ao Dr. Righi e que deveria estar na coleção do INPA ou MZUSP, mas os exemplares não foram encontrados nessas coleções e não estão presentes nos livros de tomo/registro.
- 48 De acordo com Gavrilov (1987), considerado um especialista no gênero *Eukerria*, essa espécie, ainda que sinonimizada com *E. kuekenthali* por Jamieson (1970), deve ser mantida separada, até que mais exemplares possam ser examinados detalhadamente.
- 49 Sinônimo: *Eukerria hortensis*.
- 50 Esse ocnodrilídeo possui ampla distribuição, sendo encontrado em muitos locais em outros continentes. Apesar de ser considerada espécie exótica, seu local de origem pode haver sido na região central da América do Sul (Argentina-Paraguai).
- 51 Provavelmente peregrina.
- 52 Sinônimo: *Eukerria borelli*.
- 53 Coletado nas margens do rio Piracicaba.
- 54 Sinônimo: *Ocnodrilus michaelseni*.
- 55 Encontrada em bromélia.
- 56 Idem.
- 57 Idem.
- 58 Idem.
- 59 Gates (1973) considerou a *Ocnodrilus hendriei* como sinônima de *O. occidentalis*. É provável que a subespécie *Ocnodrilus hendriei paulistus*, descrita por Righi (1968b), também seja sinônima de *O. occidentalis*.
- 60 Várias espécies de minhocas, encontradas em ambientes quase-aquáticos, em diferentes locais (principalmente brejos). Pelo menos duas dessas espécies são novas, mas o gênero delas ainda não foi determinado.
- 61 Um ocnodrilídeo tão grande (48 cm long, 0.9-1.2 cm diâm.) é uma raridade! A maior parte das espécies dessa família são minhocas de tamanho pequeno a médio.
- 62 Também conhecida como "gigante africana". Usada frequentemente para a minhocultura, nas regiões mais quentes do Brasil. Sua distribuição está geralmente restrita a áreas perto de habitações humanas, e às atividades de minhocultura, apesar de ser, às vezes, encontrada fora dos minhocários. Nessas ocasiões, vive apenas em solos ricos em matéria orgânica e com proteção superficial, como jardins, pomares e hortas, usadas para produção de verduras e/ou frutas.
- 63 Pode ser qualquer uma de três espécies diferentes (*A. trapezoides*, *A. tuberculata* ou *A. turgida*), mas provavelmente refere-se a *A. turgida*.
- 64 Sinônimo: *Eisenia rosea* (Blakemore, 2000).
- 65 Também conhecida como "vermelha da Califórnia". As duas espécies usadas comumente na minhocultura, *Eisenia fetida* e *E. andrei* são, frequentemente, confundidas, apesar de a diferenciação ser simples: *E. fetida* possui bandas de coloração amarela no espaço intersegmentar (entre os anéis), enquanto *E. andrei* não possui tais bandas. É provável que a espécie *E. andrei* tenha distribuição muito mais ampla que *E. fetida*, mas é difícil confirmar esta suposição no momento, pois ambas as espécies estão mal representadas nas coleções formais e informais do Brasil. A literatura popular e os minhocultores conhecem a vermelha da Califórnia mais como *E. fetida* e não *E. andrei*. Portanto, frequentemente, *E. andrei* é citada como sendo *E. fetida*. Indivíduos das duas espécies podem copular, mas os ovos produzidos são estéreis (Dominguez et al., 2005). Minhocultores frequentemente afirmam haver produzido "variedades híbridas" de minhocas, o que é impossível, mesmo quando várias espécies de minhocas habitam o minhocário. Apesar de ser amplamente distribuídas, essas espécies estão sempre restritas a áreas próximas de habitações humanas e não parecem sobreviver bem fora das camas, longe de seus substratos usuais (composto, esterco curtido, lixo orgânico). Ambas as espécies têm sido

recomendadas para inoculação no campo, mas essa prática deve ser evitada, pois as espécies não sobreviverão em solos onde foram inoculados, pois não contêm suficiente matéria orgânica para sustentar as minhocas introduzidas.

66 Ver nota anterior.

67 Pelo momento, a espécie continua pertencendo à família Sparganophilidae (Righi et al., 1978), apesar de não se conhecer nenhuma outra espécie dessa família na América do Sul.

68 Pode ser *A. gracilis*. *Pheretima aspergillum* (Perrier, 1872), citada por Righi (1967d) é sinônima de *A. gracilis* (Blakemore, 2000). Os exemplares do MZUSP devem ser reexaminados para confirmação.

69 Sinônimo: *Amyynthas* ou *Pheretima diffringens*.

70 Sinônimo: *Amyynthas* ou *Pheretima hawayana*.

71 Sinônimo: *Amyynthas schimardae*.

72 Sinônimo: *Pheretima indica*.

73 Sinônimo: *Pontodrilus bermudensis*. Alguns autores situam essa espécie na família Acanthodrilidae.

74 Essa espécie foi encontrada num formigueiro (*Camponotus rufipes*), e está na coleção do MZUSP. Ela não foi identificada em nível de espécie.

75 Perto de Manaus (na confluência com o rio Solimões), adultos dessa espécie foram vistos subir em troncos de árvores, com a inundação das florestas nas margens do baixo rio Negro (Adis & Righi, 1989).

76 Sinônimos: *D. servi*, *D. parva* e *D. silvestris cacaois*. Essas espécies haviam sido consideradas por Righi como espécies separadas, mas foram sinonimizadas por Csuzdi (1995).

77 Encontrada principalmente em solos agrícolas ou áreas perturbadas próximas a habitações humanas. Também encontrada em bromeliácea no litoral de SP (Santos) (Zicsi & Csuzdi, 1999).

78 Essa espécie era conhecida apenas de sua localidade tipo, na Terra do Fogo, no extremo sul da América do Sul.

79 Essa espécie é conhecida de apenas algumas localidades no extremo sul da América do Sul.

80 Originalmente chamada *N. americana*. Csuzdi (1995) mudou o nome válido da espécie para *N. americana*.

81 Previamente no gênero *Wegeneriella*. Csuzdi (1993) transferiu as duas espécies brasileiras conhecidas de *Wegeneriella* para o gênero *Pickfordia*, subgênero *Ormodeoscolex*.

Anexo 20.2. Estimativas da densidade e/ou biomassa de minhocas em diversos ecossistemas brasileiros (atualizado de James & Brown, 2006).

Estado Município	Ecossistema/tipo de manejo	Abundância ¹ (nº indiv. m ⁻²)	Biomassa ² (g m ⁻²)	Espécies/famílias	Referências
Acre					
Rio Branco	Plantação de borracha	23	39,0	<i>Rhinodrilus curiosus</i> , <i>P. corethrurus</i> , <i>Chibui bari</i>	Guerra (1988b)
	Pastagem	3*-45	0,8*-27,6	<i>R. curiosus</i> , <i>P. corethrurus</i> , <i>C. bari</i>	Guerra (1994a)
	Floresta secundária	3-30	0,3*-19,9	<i>R. curiosus</i> , <i>P. corethrurus</i> , <i>C. bari</i>	
RECA ³	Floresta primária (corte seletivo)	109	18,3	ND	Barros et al. (2002)
	Sistema agroflorestal	48	6,5	ND	
Pedro Peixoto	Floresta primária (corte seletivo)	6	0,1	ND	
	Capoeira	106	0,9	ND	
	Pastagem	10	<0,1	ND	
	Culturas anuais	16	9,2	ND	
Amazonas					
Próximo a Manaus	Sistemas agrosilviculturais	232-323	13,1-39,8	<i>P. corethrurus</i>	Barros et al. (2003)
	Agrosilvicultura intensiva	205	16,7	<i>P. corethrurus</i>	
	Agrosilvicultura extensiva	107	5,7	<i>P. corethrurus</i>	
	Capoeira (Floresta secundária)	43	4,9	<i>P. corethrurus</i> + espécies nativas.	
	Floresta primária (de várzea)	635-1300	ND ⁴	<i>Tuiba diana</i> ⁵	Adis & Bogen (1982)
	Policultura	0-5.5 [†]	0-33 [†]	<i>Andiorrhinus amazonius</i> , <i>A. tarumanis</i> , <i>P. corethrurus</i> , <i>R. contortus</i> , <i>R. priollii</i> , <i>U. brasiliensis</i> , <i>T. diana</i>	Römbke et al. (1999)
	Floresta secundária	1-4 [†]	1,1-5,6 [†]	<i>A. amazonius</i> , <i>A. tarumanis</i> , <i>P. corethrurus</i> , <i>R. contortus</i> , <i>R. priollii</i> , <i>U. brasiliensis</i> , <i>T. diana</i>	
	Floresta primária	1-9 [†]	2-35 [†]	<i>A. amazonius</i> , <i>A. tarumanis</i> , <i>P. corethrurus</i> , <i>R. contortus</i> , <i>R. priollii</i> , <i>U. brasiliensis</i> , <i>T. diana</i>	
	Pastagem (<i>Brachiaria</i> sp.) 2 a 15 anos	0*-602	0*-50,2	<i>P. corethrurus</i>	Blanchart & Antony (1996)
	Agrosilvicultura	61	20,9	<i>P. corethrurus</i>	
	Floresta primária	202	73,2	<i>P. corethrurus</i>	
	Pastagem (<i>Brachiaria</i> sp.) 4 anos	284	48,9	Principalmente anécicas, sem <i>P. corethrurus</i>	Barros et al. (2004)
	Pastagem abandonada	136-390	7,8-45,1	Somente <i>P. corethrurus</i>	
	Floresta primária	136	44,3	Várias spp., nenhuma <i>P. corethrurus</i>	

Floresta primária (solo arenoso)	48*-120	ND	ND	Bandeira & Harada (1998)
Floresta primária (solo argiloso)	65*-103	ND	ND	Harada & Bandeira (1994)
Silvicultura (solo arenoso)	40*-123	ND	ND	
Silvicultura (solo arenoso)	45*-108	ND	ND	
Distrito Federal				
Campo limpo	0	0		Dias et al. (1997)
Campo sujo	0-3	ND	ND	
Cerrado	0	0		
Mata de galeria	10	4,7	ND	
Goiás				
Culturas anuais, plantio direto (PD)	288-340	5,1-27,0	<i>Dichogaster</i> sp., <i>P. corethrurus</i>	Minette (2000), G. Brown (observação pessoal, 2004)
Culturas anuais, plantio convencional (PC)	0-52	0-0,3	<i>Dichogaster</i> sp., <i>P. corethrurus</i>	
Pastagem (<i>Brachiaria</i> sp.)	36	0,3	<i>Dichogaster</i> sp., <i>P. corethrurus</i>	
Cerrado	16	0,1	ND	
Mato Grosso do Sul				
Culturas anuais, PD	16*-195*	ND	ND	da Silva et al. (2006), Aquino et al. (2000b)
Culturas anuais, PC	0*-70*	ND	ND	
Integração Lavoura-Pecuária	6*-264*	ND	ND	
Pastagem (<i>Brachiaria</i> sp.)	58*-93	ND	ND	
Cerrado	48-179*	ND	ND	
Minas Gerais				
Milho, PD	19.2	0,1	ND	Pasini et al. (2003)
Pastagem renovada (<i>Brachiaria</i> sp.)	26-147	0,1-2,0	ND	
Cerrado	0	0		
Café orgânico	145-640	ND	<i>P. corethrurus</i>	Aquino et al. (1998a, 2000a)
Café convencional	3-112	ND	<i>P. corethrurus</i>	

Continua...

Anexo 20.2. Continuação...

Estado Município	Ecosistema/tipo de manejo	Abundância ¹ (n° indiv. m ⁻²)	Biomassa ² (g m ⁻²)	Espécies/famílias	Referências
Parque Estadual do Ibitipoca	Campo rupestre	<1	ND	<i>R. garbei</i>	Castro & d'Agosto (1999)
Viçosa	Mata Semi-decidual Montana	<1	ND	<i>R. garbei</i>	Resende et al. (2002)
	Mata de Galeria	<1	ND	<i>R. garbei</i> , <i>R. hoeflingae</i> , <i>R. senckenbergi</i> (?)	
Paraíba	Pastagem (<i>Panicum maximum</i>)	~235	ND	ND	Resende et al. (2002)
	Floresta	~55	ND	ND	
João Pessoa	Policultura	14*-152	3,9*-57,7	<i>P. corethrurus</i> , <i>A. gracilis</i> , <i>D. affinis</i> , <i>E. eugeniae</i>	Guerra & Silva (1994)
	Pastagem	10*-31	2,3*-9,8	<i>P. corethrurus</i> , <i>R. tocantinensis</i> ; <i>D. gracilis</i> , <i>H. africanus</i>	
	Floresta secundária	0*-4	0*-2,4	<i>Lourdesia paraibaensis</i> , <i>P. corethrurus</i>	
Paraná	Pastagem (solo coberto)	~72-155	ND	ND	Mathieu et al. (2004)
	Pastagem (solo nu)	~30-50	ND	ND	Desjardins et al. (2000)
	Floresta primária	100	36,2	ND	
	Pastagens (2-16 anos)	até 265	3,5-7,1	ND	
Cianorte	Pastagens	~60	~7,0	<i>P. corethrurus</i> , <i>Dichogaster</i> sp.	Jardevski & da Silva (2005)
	Pastagens	~60	~7,0	<i>P. corethrurus</i> , <i>Dichogaster</i> sp.	Mafra et al. (2002)
Guarapuava	Culturas anuais, PD	3-12	1,4-2,4	ND	Sautter et al. (1995)
	Culturas anuais, PC	0	0	ND	
	Floresta nativa	6	1,5	ND	
São Mateus do Sul	Recuperação de mineração (1 ano)	0 [†]	ND	ND	Sautter et al. (1995), Dionísio et al. (1995)
	Trigo/trevo (6 anos)	15 [†]	ND	ND	Dionísio et al. (1995)
São Mateus do Sul	Plantação de <i>Eucalyptus</i> sp. (8-16 anos)	0-2 [†]	ND	ND	Brown et al. (2003, 2004b)
	Pastagem (6 anos)	1-6 [†]	ND	ND	
Londrina	Floresta secundária	39	ND	ND	Brown et al. (2003, 2004b)
	Culturas anuais, PD	40*-100	0,4*-0,8	<i>Dichogaster</i> spp., <i>P. corethrurus</i> , <i>Belladriilus</i> sp.	
	Culturas anuais, PC	0-24*	0-0,2*	<i>Dichogaster</i> spp., <i>P. corethrurus</i> , <i>Belladriilus</i> sp.	

	Culturas anuais, Cultivo mínimo	8*-80	0,3-1,0	<i>Dichogaster</i> spp., <i>P. corethrurus</i> , <i>Belladrius</i> sp.	Brown et al. (dados não publicados), Martins (2005)
	Culturas de cobertura (adubo verde)	56	ND	ND	
	Plantação de Citrus	32	0,4	Principalmente <i>Dichogaster</i> spp.	
	Pastagens	46-262	0,5-7,2	<i>Dichogaster</i> spp., <i>P. corethrurus</i> , <i>A. gracilis</i> , <i>Belladrius</i> sp.	
	Floresta secundária	96-302	28,6-40,5	<i>Dichogaster</i> spp., <i>P. corethrurus</i> , <i>U. brasiliensis</i> , <i>A. gracilis</i> , <i>Belladrius</i> e <i>Fimoscolex</i> sp.	
	Brejo (taboa)	18,2	12,4	<i>P. corethrurus</i> , <i>Glossoscolecidae</i> sp., <i>A. gracilis</i>	
	Floresta primária	40	1,6	<i>Glossoscolex</i> n. sp., <i>U. brasiliensis</i> , <i>Urobenus</i> sp.	Brown et al. (2003, 2004b)
Sertanópolis	Floresta primária	18*-54	0,2*-2,0	<i>Glossoscolex</i> n. sp., <i>U. brasiliensis</i> , <i>Urobenus</i> sp.	Brown et al. (2004b)
Cornélio	Floresta nativa (secundária)	16	0,2	ND	
Procópio	Soja, PD	176	2,2	ND	
Jaguapitã	Cana de açúcar	0-20	0-0,2	<i>D. saliens</i> , <i>D. affinis</i> , <i>P. corethrurus</i> , <i>Fimoscolex</i> n. sp.	Nunes et al. (2006, 2007), Pasini et al. (2004)
	Soja, PC (2 anos)	2-13	0,1-0,2	<i>D. affinis</i> , <i>Fimoscolex</i> n. sp.	Brown et al. (2004b)
	Pastagem	15*-189	0-11,4	<i>D. affinis</i> , <i>D. bolau</i> , <i>D. saliens</i> , <i>P. corethrurus</i> , <i>Eukerria stagnalis</i> , <i>Ocnerodrilidae</i> n. sp., <i>Haplodrilus michaelseni</i> , <i>Ocnerodrilus occidentalis</i> , <i>Fimoscolex</i> n. sp., <i>Glossoscolex</i> n. sp., <i>Belladrius</i> n. sp.	
	Floresta secundária	0-2	ND	ND	
São Jerônimo da Serra	Soja orgânica, PC	42	1,6	<i>P. corethrurus</i>	Brown et al. (2004b)
Lerroville	Soja orgânica, PD (2 anos)	142	10,9	<i>P. corethrurus</i>	
Cafeara	Soja, PD (24 anos)	48-240	0,3-12,2	<i>Dichogaster</i> sp., <i>Andiorrhinus</i> n. sp.	
	Culturas anuais, PD	13-35	0,2-0,9	<i>Dichogaster</i> spp., <i>P. corethrurus</i> , <i>Glossoscolex</i> n. sp., <i>Fimoscolex</i> n. sp., <i>Ocnerodrilidae</i> spp.	
	Pastagem (<i>Brachiaria</i> sp.)	90	10,7	<i>Dichogaster</i> spp., <i>P. corethrurus</i> , <i>Glossoscolex</i> n. sp., <i>Fimoscolex</i> n. sp., <i>Ocnerodrilidae</i> spp.	
Campo Mourão	Soja, PD	12-144	0,1-1,4	<i>Dichogaster</i> spp., <i>P. corethrurus</i> , <i>Glossoscolex</i> n. sp., <i>Fimoscolex</i> n. sp., <i>Ocnerodrilidae</i> spp.	Continua...
	Soja, cultivo mínimo	36	0,3	<i>Dichogaster</i> spp.	

Anexo 20.2. Continuação...

Estado Município	Ecosistema/tipo de manejo	Abundância ¹ (nº indiv. m ⁻²)	Biomassa ² (g m ⁻²)	Espécies/famílias	Referências
Carambei	Soja, PC	24	0,1	<i>Dichogaster</i> spp.	
	Culturas anuais, PD (18 anos)	38-170	5,1-50	<i>A. corticis</i> , <i>A. gracilis</i> , <i>Dichogaster</i> spp.	Tanck et al. (2000), Brown & Sautter (observação pessoal, 2004)
Rolândia	Culturas anuais, PC	0-6	0-0,6	<i>A. corticis</i> , <i>A. gracilis</i> , <i>Dichogaster</i> spp.	
	Campo nativo	0	0		
	Floresta secundária (<i>Araucaria</i>)	30-95	16,5-65,1	<i>A. corticis</i> , <i>A. gracilis</i>	
	Culturas anuais, PD	3*-13	ND	ND	Brown et al. (2003)
	Culturas anuais, PC	6	ND	ND	
	<i>Eucalyptus</i> sp.	12*	0,7	ND	
Arapoti	Pastagem (<i>Brachiaria</i> sp.)	2*	0,4	ND	
	Culturas anuais, PD (7 anos)	72-168	ND	<i>A. corticis</i> , <i>A. gracilis</i> , <i>P. corethrurus</i> , <i>Dichogaster</i> spp.	Peixoto & Marochi (1996), G. Brown (observação pessoal, 2004)
					Voss (1986)
Ponta Grossa	Culturas anuais, PD (4 anos)	44-117	ND	<i>A. corticis</i> , <i>A. gracilis</i>	
	Culturas anuais, PC	0	0		
Bela Vista do Paraíso	Culturas anuais, PD	10*-291	0,2*-1,5	ND	Brown et al. (2003)
	Culturas anuais, cultivo mínimo	86*-122	0,4*-1,7	ND	
	Floresta secundária	13*-51	0,7	ND	
	Pastagem	48*-182	0,8	ND	
Castro	Pastagem	270 [†]	83,4 [†]	<i>D. bolau</i> , <i>A. corticis</i> , <i>A. gracilis</i> , <i>A. morrisi</i> , <i>Metaphire californica</i> , <i>Bimastos parvus</i>	Ressetti (2004) ⁶
	Culturas anuais, PD	123 [†]	21,7 [†]	<i>A. corticis</i> , <i>A. gracilis</i> , <i>A. morrisi</i> , <i>M. californica</i> , <i>B. parvus</i>	
Curitiba	Floresta secundária	39 [†]	4,3 [†]	<i>D. bolau</i> , <i>A. corticis</i> , <i>A. morrisi</i>	
	Pastagem	8-123 [†]	0,3-45,4 [†]	Principalmente <i>Amyntas</i> spp.	
	Horta	8-92 [†]	0,1-20,3 [†]	Principalmente <i>Amyntas</i> spp.	
	Floresta secundária	0-54 [†]	0-25,5 [†]	Principalmente <i>Amyntas</i> spp.	
	Gramado	0-31 [†]	0-25,1 [†]	Principalmente <i>Amyntas</i> spp.	

Rio de Janeiro									
Seropédica	Maracujá (<i>Passiflora</i>) + adubo verde	640	17	Predominantemente <i>P. corethrurus</i>	Aquino et al. (1998b)				
	Bananal	85	1,2	Predominantemente <i>P. corethrurus</i>	Aquino (2001)				
	Culturas anuais, orgânicas	0-90	ND	Predominantemente <i>P. corethrurus</i>	Rodrigues et al. (2004), Aquino (2001)				
	Culturas anuais, PD	67-320	37	Predominantemente <i>P. corethrurus</i>	Rodrigues et al. (2004)				
	Culturas anuais, PC	140-180	19-23	Predominantemente <i>P. corethrurus</i>	Rodrigues et al. (2004)				
	Pousio	155	14	Predominantemente <i>P. corethrurus</i>					
	Floresta secundária	64	ND	Predominantemente <i>P. corethrurus</i> , <i>G. giganteus</i>	Aquino (2001)				
Juparaná	Café	18-34	ND	ND	Pimentel et al. (2002)				
	Pastagem	0	ND	ND					
	Floresta secundária	88	ND	ND					
Rondônia									
Ji-Paraná	Sistemas agroflorestais	90-109	4,5	ND	Barros et al. (2002)				
	Pastagem	374	146	ND					
Theobroma	Floresta primária (corte seletivo)	26	0,9	ND					
	Capoeira	3-13	0,1-1,4	ND					
	Pastagem	80	12,5	ND					
	Culturas anuais	35-131	1,0-1,4	ND					
Roraima									
Boa Vista	Savana	0*-23	0*-8,8	Principalmente <i>P. corethrurus</i> , poucos <i>P. roraimensis</i>	Guerra (1994b)				
	Transição savana-floresta	0*-43	0*-21,1	Principalmente <i>P. roraimensis</i> , alguns <i>P. corethrurus</i>					
	Floresta primária	0*-27	0*-12	<i>P. roraimensis</i> e <i>P. corethrurus</i>					
Ilha de Maracá	Ecotono savana-floresta	até 625	ND	<i>Pontsocolax</i> , <i>Glossodrilus</i> e <i>Righiodrilus</i> spp.	Righi (1998a)				
Confiança	Sistemas agroflorestais	64	ND	ND	Moreira et al. (1998)				
	Capoeira	176	ND	ND					
	Floresta primária	464	ND	ND					
Rio Grande do Sul									
Santa Maria	Culturas anuais	8-20	ND	ND	Lasta et al. (2002)				
	Plantas de cobertura após PC	0*-35	ND	ND	Campos et al. (1993)				

Continua...

Anexo 20.2. Continuação...

Estado Município	Ecosistema/tipo de manejo	Abundância ¹ (nº indiv. m ⁻²)	Biomassa ² (g m ⁻²)	Espécies/famílias	Referências
Teutônia	Culturas anuais, PD	28*-299	ND	<i>A. morrissi</i> , <i>A. gracilis</i> , <i>M. californica</i> , <i>A. corticis</i>	Krabbe et al. (1993, 1994)
	Culturas anuais, PC	0*-13	ND		
	Floresta secundária	35*-96	ND	<i>A. morrissi</i> , <i>A. corticis</i>	
Rio Grande	Arroz irrigado intensivo	>600	ND	Principalmente Ocnerothriidae (<i>Eukerria</i> spp.)	Silva et al. (2004), G. Brown (observação pessoal, 2003) Knapper (1972)
Não especificado	Campo	<1	ND	Principalmente <i>A. caliginosa</i>	
	Culturas anuais	1	ND	Principalmente <i>Amyntas</i> spp.	
	Floresta	<1	ND	Principalmente <i>P. corethrurus</i>	
Santa Catarina					
	Culturas anuais, PD com aplicação de esterco	175-641	ND		Baretta et al. (2003)
	Pastagens	~70	ND		
	Floresta secundária	94	ND		
São Paulo					
Botucatu	Não especificado	243	183	<i>P. corethrurus</i>	Miklós (1996)
Campos do Jordão	Floresta de Araucária	5-12*	ND	<i>A. corticis</i> , <i>Glossoscolex</i> spp.	Merlim (2005), Baretta et al. (2007)
	Reflorestamento com Araucária	8*-13	ND	<i>A. corticis</i> , <i>Glossoscolex</i> spp.	
	Reflorestamento queimado	3*-12	ND	<i>A. corticis</i> , <i>Glossoscolex</i> spp.	
Onda Verde	Pastagem	3-139	ND	<i>P. corethrurus</i>	Caballero (1973)
Votuporanga	Culturas anuais (1º ano)	105	ND	<i>P. corethrurus</i> , <i>Glossoscolex vizottoi</i>	Caballero (1973)
	Pastagem	120	ND	<i>P. corethrurus</i> , <i>G. vizottoi</i>	
São Roque	Morango orgânico	72	ND	<i>P. corethrurus</i> , <i>Amyntas</i> sp.	Uzeda et al. (2007)
	Floresta secundária	84	ND	<i>P. corethrurus</i> , <i>Amyntas</i> sp.	
	Agricultura orgânica	86	ND		Borges & Espíndola (1999)
	Agricultura de transição	51	ND		
	Agricultura convencional	8	ND		

Taciba	Soja, PD (1º ano)	138	7,4	<i>Glossoscolex</i> n. sp., <i>P. corethrurus</i> , <i>Dichogaster</i> spp.	Brown et al. (dados não publicados)
	Soja, PC (1º ano)	74	4,3	<i>Glossoscolex</i> n. sp., <i>P. corethrurus</i> , <i>Dichogaster</i> spp.	
	Pastagem (<i>Brachiaria</i> sp.)	240	8,8	<i>Glossoscolex</i> n. sp., <i>P. corethrurus</i> , <i>Dichogaster</i> spp.	
São Carlos	Pastagem (<i>Brachiaria</i> sp.)	218*-278	NA ⁷	ND	Brigante (2000)
	Pastagem (<i>Panicum</i> sp.)	550	NA	ND	
	Floresta secundária	70*-83	NA	ND	

¹ A maior parte das amostras foi tomada durante a época de chuvas, usando o método de extração manual de minhocas do solo, baseado no livro de métodos do TSBF (Anderson & Ingram 1993). O símbolo ¹ indica amostras tomadas usando formalina. O símbolo * indica amostras tomadas na época de secas;

² Peso fresco (direto do campo ou em formol);

³ Reflorestamento Econômico Consorciado Adensado, próximo a Pedro Peixoto;

⁴ ND = Não determinado;

⁵ Os autores citam o nome da espécie como *Tairona tiperna*. O nome correto é *Tuilba diana*;

⁶ Rissetti (2004) comparou dois tipos de extratores: formalina e alil isotiocianato;

⁷ NA = Não avaliada.

Ecologia e biodiversidade das minhocas no Estado do Paraná, Brasil¹

Klaus D. Sautter; George G. Brown; Amarildo Pasini; Norton P. Benito;
Daiane H. Nunes; Samuel W. James

Resumo

Neste trabalho apresentamos o atual conhecimento da ecologia e biodiversidade das minhocas no Estado do Paraná. Das 55 espécies conhecidas no Estado, 20 são exóticas e 35 nativas, principalmente da família Glossoscolecidae (23 spp.) e Ocnerodrilidae (10 spp.). As exóticas pertencem principalmente às famílias Megascolecidae (7 spp.) e Acanthodrilidae (6 spp.). As nativas têm distribuição mais restrita, enquanto as exóticas e as peregrinas (por ex., *Pontoscolex corethrus*), são encontradas em muitos locais. Considerando o pequeno número de coletas realizadas até o momento no Paraná, presupõe-se que ainda existam muitas espécies novas a serem descobertas nos diversos ecossistemas (principalmente nativos). Vários estudos ecológicos, incluindo quantificação da população de minhocas em diferentes ecossistemas nativos e agroecossistemas já foram realizados no Estado; verificou-se, geralmente, maiores abundâncias de minhocas nos sistemas de preparo reduzido de solo, nas pastagens e na semeadura direta, em relação ao preparo convencional, provavelmente devido à maior quantidade de alimento e menor perturbação física nos sistemas conservacionistas. Algumas espécies nativas sobrevivem em agroecossistemas (onde as exóticas geralmente predominam), mas normalmente elas estão restritas aos ecossistemas naturais com vegetação nativa (florestas primárias e secundárias, campos nativos), porém com abundância baixa. Muitas espécies nativas habitam solos encharcados (famílias Glossoscolecidae, Ocnerodrilidae e Almididae), e algumas são coletadas e vendidas para pescadores, uma atividade que ainda precisa ser regulamentada no Estado (e no País). Alguns ensaios e observações de campo têm sido realizados, sobre o efeito de minhocas introduzidas (principalmente do gênero *Amynthas*) na produtividade vegetal e nas propriedades físicas do solo; demonstrou-se a importância das espécies exóticas sobre os processos edáficos, alertando para a necessidade de mais estudos sobre o assunto, envolvendo não só exóticas, mas também espécies nativas do Estado, que podem estar fornecendo importantes serviços ambientais em diversos ecossistemas do Paraná.

Abstract

This chapter presents the current state of the art of the knowledge on earthworm ecology and biodiversity in the state of Paraná, Brazil. Of the 55 known species of earthworms, 20 are exotic and 35 are native species, mostly in the families Glossoscolecidae (23 spp.) and Ocnerodrilidae (10 spp.). The exotics belong mainly to the Megascolecidae (7 spp.) and Acanthodrilidae (6 spp.) families. Native species were found at only a few, generally restricted sites, while exotics and peregrine species (e.g., *Pontoscolex corethrus*) were found in many sites. Given the relatively low collection effort for the state, it is likely that many more new species still to be found inhabit the soils of the diverse (especially natural) ecosystems of Paraná. Various ecological studies, including many quantitative estimates of earthworm populations have been performed in natural and agroecosystems in Paraná (annual cropping, pastures and forests). These have generally shown higher abundances in reduced- or no-tillage agroecosystems and pastures, compared with conventionally tilled

¹ Trabalho ampliado e atualizado de Sautter et al. (2006).



systems, probably due to the higher amount of available food resources and lower disturbance in the former ecosystems. A few of the native species survive and can be found in agroecosystems (where exotics generally dominate), but most are restricted to the native, natural vegetation (primary or secondary forest, grasslands), where their abundance is generally low. Many of the native species in Paraná live in chronically wet soils (Glossoscolecidae, Ocnerodrilidae and Almididae families); some of these are harvested for the bait industry, which still must be regulated in the state (and country). A few experiments and field observations have also addressed the effect of introduced earthworm species (mainly *Amyntas* spp.) on plant production and on soil physical characteristics, among others. These have shown the major effects that these exotics can have on soil processes, and highlight the need for further research on the topic, not only using exotics, but also some of the important native species that may also be providing important services to various ecosystems in Paraná.

Introdução

Localizado na Região Sul do Brasil, o Estado do Paraná (PR) compreende uma área de 199.324 km², perfazendo cerca de 2,3% da área do Brasil. Em 1999 sua população era de 9.375.592 habitantes (5,7% do Brasil), sendo 80% na área urbana e 20% na rural. Em 1996, os estabelecimentos rurais ocupavam 159.466 km², cerca de 80% da superfície do PR. Estado eminentemente agropecuário, o PR possui cerca de 55.000 km² cobertos com lavoura (27,5% da área total), 67.000 km² cobertos com pastagens (33,5% da área total) e 28.000 km² cobertos com florestas (14% da área total). Em 1999, a produção agropecuária total do PR atingiu cerca de 50 milhões de toneladas.

O PR tem diversos tipos de vegetação, incluindo a Mata de *Araucaria angustifolia* (centro, sul, norte e sudoeste), os Cerrados (nordeste), as restingas (litoral), o campo nativo (centro-sul) e a Mata Atlântica (litoral, norte e sudoeste). O mais importante desses é a Mata Atlântica, considerada um "hot-spot" de biodiversidade.

Os solos predominantes no PR são os Latossolos, Cambissolos, Neossolos e Podzólicos. No norte do PR, a temperatura média anual está acima de 20°C e no sul, entre 16 e 18°C. Ocorre o inverso com a pluviosidade, sendo esta maior no

sul (acima de 1800 mm ano⁻¹) e menor no norte (abaixo de 1800 mm ano⁻¹).

Oligoquetos no Paraná - Estudos taxonômicos

Até o presente, não existem coleções formais de oligoquetos no PR. Porém, exemplares preservados podem ser encontrados em diversas instituições como as Universidades Estaduais de Londrina e Maringá, a Universidade Federal do Paraná, a Embrapa Soja e a Embrapa Florestas. Uma busca preliminar no Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (USP) (incluindo a coleção do Dr. Gilberto Righi), considerada a maior coleção de oligoquetos no Brasil, revelou apenas quatro registros de coleta no PR, porém com exemplares ainda não identificados. Até 2002, poucas coletas de minhocas haviam sido realizadas no PR e apenas 10 espécies eram conhecidas oficialmente: as exóticas (espécies não nativas ao Brasil) *Amyntas corticis*, *A. gracilis*, *A. morrisi*, *Pheretima darnleiensis*, *Metaphire californica* e *M. schmardae* (Voss, 1986; Chang, 1997) e as espécies nativas *Rhinodrilus duseni* (Michaelsen, 1918), *Pontoscolex corethrurus*, *Glossoscolex bergi* e *G. matogrossensis* (Zicsi & Csuzdi, 1987). O conhecimento da biologia e a importância das minhocas nos ecossistemas paranaenses também eram escassos. Portanto, para estimular o conhecimento da biodiversidade e importância das minhocas como bioindicadoras ambientais e da fertilidade do solo, foi iniciado, em 2003, um inventário extensivo das espécies de minhocas do PR como parte do projeto "Avaliação de populações de minhocas (Annelida: Oligochaeta) em sistemas agrícolas e naturais, e seu potencial como bioindicadores ambientais".

Na Figura 21.1 encontram-se os municípios onde minhocas foram coletadas até março de 2006, no PR. Os espécimes coletados estão depositados temporariamente na Embrapa Florestas, e posteriormente serão transferidos ao Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP). As coletas foram realizadas, até o momento, em 43 municípios. Entre abril e junho de 2006, visitou-se cerca de 30 municípios. O estudo taxonômico das amostras coletadas até março de 2005 resultou na identificação de 48 espécies de minhocas. Dessas, ≈25 são espécies novas (Tabela 21.1). No total, são conhecidas 55 espécies para o PR, sendo 35 espécies (64%) nativas (Tabela 21.1) e 20 espécies (36%) exóticas (Tabela 21.2).

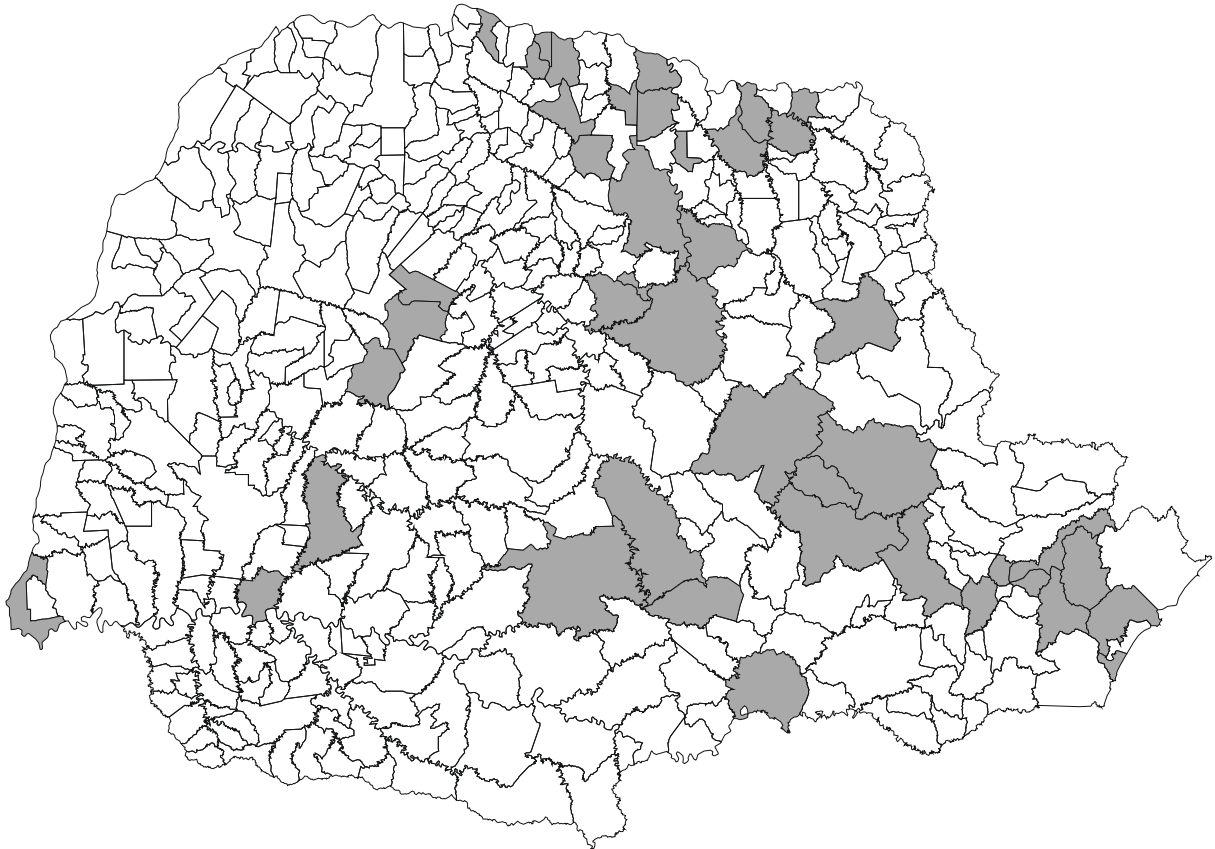


Figura 21.1. Mapa do Estado do Paraná, com destaque (cinza) para os 43 municípios onde se coletaram minhocas, até março de 2005.

A constatação de espécies de minhocas com distribuição relativamente ampla nos estados ou países vizinhos ao PR (incluindo as exóticas *Eisenia fetida* e *Pontodrilus litoralis*, assim como as nativas *Andiorrhinus* n. sp. 4, *Andiorrhinus paraguayensis*, *Glossodrilus bresslaui*, *Glossoscolex catharinensis*, *G. colonorum*, *G. giganteus australis*, *G. truncatus*, *G. uruguayensis*, *G. vizottoi*, *G. wiengreeni*, *Fimoscolex inurus*, *F. sacii* e *Opisthodrilus borelli*), permite lançar a hipótese de que a diversidade no Estado possa atingir, facilmente, 71 espécies.

O número de espécies de certo grupo presente numa determinada região é, frequentemente, controverso. As minhocas não são exceções. Fragoso (2001) estimou que o número de minhocas nos trópicos, seria de 20 espécies para cada 100.000 km². Porém, estudos realizados para o Estado de São Paulo (Brown & James, 2006, 2007, ver cap. 22; Righi, 1999) revelaram a presença de 77 espécies conhecidas em 250 mil km², o equivalente a 31 espécies para cada 100.000 km². Se forem extrapoladas essas estimativas para o PR, teríamos 40 a 62 espécies de minhocas. Contudo, se for considerado: (a) que apenas uma pequena parte do PR foi amostrada até agora (≈11% dos municípios); (b) que diversos habitats nativos, com

ecossistemas bastante diversificados, em várias regiões do PR, têm, ainda, que ser amostrados; (c) que o nível de endemismo das espécies nativas pode ser bastante alto, assim como observado no Estado de São Paulo (Brown & James, 2006, 2007, ver cap. 22; Righi, 1999) e no Brasil (James & Brown, 2006; ver cap. 20); (d) que já foram encontradas no PR, com um baixo esforço de coleta, 55 espécies; é bem provável que o número real seja muito maior que a estimativa mais alta (ou seja, 62 espécies). Esses fatos ressaltam a necessidade de estudos mais detalhados para conhecer a biodiversidade de minhocas no PR.

As minhocas exóticas mais difundidas no PR são as *Amyntas* (*A. gracilis* e *A. corticis*) e as *Dichogaster* spp., que se encontram em muitos municípios (Tabela 21.2). As espécies desses gêneros se concentram principalmente em locais próximos a habitações humanas, e estão associadas a áreas antrópicas, especialmente hortas, jardins e solos agrícolas. Durante as décadas de 1980 e 1990, alguns agricultores e pesquisadores constataram a invasão de minhocas do gênero *Amyntas* em novas áreas de cultivo, notadamente em campos com semeadura direta (ver Voss, 1986). A dúvida que se coloca nesta constatação é se há substitui-

Tabela 21.1. Espécies nativas de minhocas coletadas no Paraná, Brasil (dados atualizados de James & Brown, 2006).

Nº	Família Gênero e espécie	Localidades
Ocneroдрilidae		
1	<i>Belladrilus</i> n. sp. 1	Jaguapitã
2	<i>Belladrilus</i> sp. (não identif.)	Londrina
3	<i>Eukerria emete</i>	Londrina
4	<i>Haplodrillus michaelsoni</i>	Londrina
5	<i>Haplodrillus</i> n. sp. 1	Londrina
6	<i>Kerriona</i> n. sp. 1 ¹	Matinhos
7	<i>Kerriona</i> n. sp. 2	Antonina
	<i>Kerriona</i> sp. (não identif.)	Morretes
8	Ocneroдрilidae sp. 1	Jaguapitã
9	Ocneroдрilidae sp. 2	Centenário do Sul
10	Ocneroдрilidae sp. 3 (não identif.)	Ponta Grossa
	Ocneroдрilidae sp. (não identif.)	Guaraniaçu, Campo Mourão, Ortigueira, São Jerônimo da Serra
Almidae.....		
11	<i>Drilocrius</i> (?) n. sp. 1	Jaguapitã
12	<i>Drilocrius</i> (?) sp.	Bandeirantes
Glossoscolecidae		
13	<i>Andiorrhinus</i> n. sp. 2	Londrina, São Jerônimo
14	<i>Andiorrhinus</i> n. sp. 3	Ponta Grossa
	<i>Andiorrhinus</i> sp. (não identif.)	Curitiba, Faxinal, Ortigueira, Mauá, Irati, Campina Grande do Sul
15	<i>Fimoscolex</i> n. sp. 2	Jaguapitã
16	<i>Fimoscolex</i> n. sp. 3	Ponta Grossa
	<i>Fimoscolex</i> sp. (não identif.)	Londrina, Ponta Grossa
17	<i>Glossoscolex bergi</i> *	Foz do Iguaçu
18	<i>Glossoscolex matogrossensis</i> *	Foz do Iguaçu
19	<i>Glossoscolex</i> n. sp. 3	Lupionópolis
20	<i>Glossoscolex</i> n. sp. 4	Morretes
21	<i>Glossoscolex</i> n. sp. 5	São Jerônimo
22	<i>Glossoscolex</i> n. sp. 6	Antonina
23	<i>Glossoscolex</i> n. sp. 7	São Jerônimo
24	<i>Glossoscolex</i> n. sp. 8	Bandeirantes
25	<i>Glossoscolex</i> n. sp. 10	Jaguapitã
26	<i>Glossoscolex</i> n. sp. 12	Sertanópolis, Londrina
27	<i>Glossoscolex</i> n. sp. 14	Mauá, Ortigueira
28	<i>Glossoscolex</i> n. sp. 16	Ortigueira
29	<i>Glossoscolex</i> n. sp. 17	Ponta Grossa
30	<i>Glossoscolex</i> n. sp. 18	Campina Grande do Sul, Curitiba
31	<i>Glossoscolex</i> n. sp. 21	Lupionópolis, Londrina, Centenário do Sul
32	<i>Glossoscolex</i> n. sp. 22	Itaguajé
33	<i>Glossoscolex</i> n. sp. 23	Primeiro de Maio
	<i>Glossoscolex</i> sp. (não identif.)	Jaguapitã, Cafeara, Foz do Iguaçu
34	<i>Rhinodrillus duseni</i> *	Curitiba, Quatro Barras
35	<i>Urobenus brasiliensis</i>	Sertanópolis, Londrina, Faxinal, Mauá, Antonina, Foz do Iguaçu, Campina Grande do Sul
	<i>Urobenus</i> sp. (não identif.)	Sertanópolis, Londrina, São Jerônimo

¹ Encontrado em bromélias crescendo em cima de árvores e no chão da floresta. * minhocuçu.

Tabela 21.2. Espécies exóticas e/ou peregrinas de minhocas coletadas no Paraná, Brasil (atualizado de James & Brown, 2006).

Nº	Família Gênero e espécie	Localidades
Megascolecidae.....		
1	<i>Amyntas aeruginosus</i>	Prudentópolis
2	<i>Amyntas corticis</i>	15 municípios
3	<i>Amyntas gracilis</i>	15 municípios
4	<i>Amyntas morrisi</i>	Curitiba, Castro
	<i>Amyntas</i> sp. (não identif.)	São Mateus do Sul, Centenário do Sul, Londrina, Primeiro de Maio, Tibagi, Guarapuava, Bandeirantes
5	<i>Metaphire californica</i>	Castro, Curitiba
6	<i>Metaphire schmardae</i>	Curitiba
7	<i>Pheretima darnleiensis</i>	Curitiba
Lumbricidae.....		
8	<i>Eisenia andrei</i>	Londrina, São Jerônimo da Serra
9	<i>Bimastos parvus</i>	Castro
Acanthodrilidae.....		
10	<i>Dichogaster affinis</i>	Jaguapitã, Arapoti
11	<i>Dichogaster annae?</i>	Ibiaci
12	<i>Dichogaster bolau</i>	Castro, Jaguapitã, Arapoti, Londrina
13	<i>Dichogaster saliens</i>	Jaguapitã, Cafeara
14	<i>Dichogaster gracilis</i>	Londrina, Cafeara
15	<i>Dichogaster</i> sp. (<i>modigliani</i>)?	Arapoti
	<i>Dichogaster</i> sp. (não identif.)	Curitiba, São Jerônimo da Serra, Jataizinho, Londrina, Bela Vista do Paraíso, Campo Mourão, Carambeí, Cornélio Procópio
Eudrilidae.....		
16	<i>Eudrilus eugeniae</i>	Primeiro de Maio, Londrina
Glossoscolecidae.....		
17	<i>Pontoscolex corethrurus</i> ¹	20 municípios
Ocnerodrilidae.....		
18	<i>Eukerria eiseniana</i>	Jaguapitã, Cafeara
19	<i>Eukerria saltensis</i>	Jaguapitã
20	<i>Ocnerodrilus occidentalis</i>	Jaguapitã

¹ Minhoca nativa ao Brasil, porém não originária do PR. Deve ser considerada como espécie peregrina.

ção das espécies nativas por *Amyntas* ou apenas invasão de nichos desocupados. Infelizmente, os dados coletados até o momento ainda não permitem resolver essa questão.

Oligoquetos no Paraná - Estudos ecológicos

Na maioria dos estudos ecológicos efetuados no PR, as minhocas raramente foram identificadas em nível de espécie, com exceção das exóticas (*Amyntas* spp.). Diversas amostragens quantitativas foram realizadas, começando em 1979, em

vários ambientes, incluindo: culturas anuais (soja, milho, trigo, feijão, cobertura verde) em diferentes tipos de manejo (plantio direto = PD, cultivo mínimo = CM, preparo convencional = PC), pastagens e florestas (primárias e secundárias, *Eucalyptus* e *Pinus*). Coletas quantitativas foram feitas em pelo menos 22 locais em oito municípios do PR. Uma síntese desses dados pode ser encontrada em Brown et al. (2003; 2004) e no capítulo 20. A seguir, são apresentados apenas alguns exemplos e o resumo dos resultados mais relevantes desses estudos.

As amostragens foram realizadas usando principalmente o método de coleta manual, consistindo na retirada de minhocas de blocos de solo de 25 x 25 cm, até a profundidade de 30 ou 40 cm

(Anderson & Ingram, 1993). Em todos os casos, as minhocas coletadas foram quantificadas e, em alguns casos, colocadas em recipientes com formol 4%, para conservação e posterior pesagem para a determinação da biomassa e a identificação das espécies.

Em geral, considerando os dados disponíveis das populações de minhocas em diferentes ecossistemas e regiões do PR, observou-se que as lavouras sob PD e CM apresentaram maiores populações de minhocas do que sistemas de PC. Na região de Londrina (Figura 21.2), encontrou-se maior número (8-240 indivíduos m^{-2}) e biomassa (0,12-12,15 gr. peso fresco m^{-2}) de minhocas em PD e CM que sob PC (0-42 indiv. e 0-1,63 gr. p.fr. m^{-2}). Nas matas nativas e secundárias, as populações de minhocas foram ligeiramente superiores (16-52 indiv., 0,19-1,98 gr. p.fr. m^{-2}) àquelas encontradas sob PC. De todos os sistemas estudados, as pastagens, no geral, apresentaram maiores populações e biomassa (33-189 indiv., 1,49 a 11,44 gr. p.fr. m^{-2}) de minhocas (ver Nunes et al., 2007, cap. 26). Portanto, a presença de cobertura verde permanente tem efeito positivo importante na abundância de minhocas. Isso é devido, principalmente, à ausência de perturbação física do solo e o constante aporte de material orgânico, tanto na superfície como no interior do solo neste ecossistema. Diferenças entre os sistemas de cultivo (rotações vs. sucessão) também foram observadas em alguns casos, mas o pequeno número de amostras e repetições não permite, ainda, realizar generalizações a respeito.

Segundo Brown et al. (2004), na Fazenda Experimental da Embrapa Soja, constatou-se uma

correlação positiva ($R^2 = 0,45$; $P < 0,05$, $n = 11$) entre abundância (Figura 21.3) e biomassa de minhocas e o teor de C no solo. O aumento no teor de matéria orgânica no solo em decorrência do uso de boas técnicas de manejo tem sido frequentemente associado à presença de maiores populações de minhocas (Hendrix et al., 1992; Zou & González, 2001). A matéria orgânica no solo e a palhada são as principais fontes de alimento das minhocas (Brown et al., 2000). Portanto, a adição de maior quantidade de matéria orgânica ao solo, como ocorre em sistemas de PD e àqueles com certos tipos de rotações (vs. cultivos seqüenciais), deve beneficiar as populações de minhocas. De fato, usando os dados de biomassa e densidade de minhocas coletadas na Embrapa Soja, juntamente com outros disponíveis para a região (Figura 21.4), Brown et al. (2003) obtiveram relação positiva entre esses fatores e o tempo de cultivo em PD ($R^2 = 0,46$; $P < 0,05$). Quando os locais com PC (contado como idade negativa de PD) foram adicionados, a correlação também foi positiva ($R^2 = 0,49$; $P < 0,01$). Portanto, a população de minhocas tende a aumentar com o aumento no tempo de adoção do PD e a diminuir com o aumento da idade do PC.

Comparando os resultados de áreas com CM e PC (Figura 21.2), observou-se que o escarificador, usado no CM, tende a ser menos prejudicial às minhocas que o arado de discos, utilizado no PC, devido à menor frequência de uso e o menor volume de solo revolvido. A perturbação física intensiva do solo, associada ao PC ou a escarificações freqüentes (Foto 21.1), parece ser um fator determinante, reduzindo as populações de minhocas nos agroecossistemas do PR. Em várias ocasiões, não

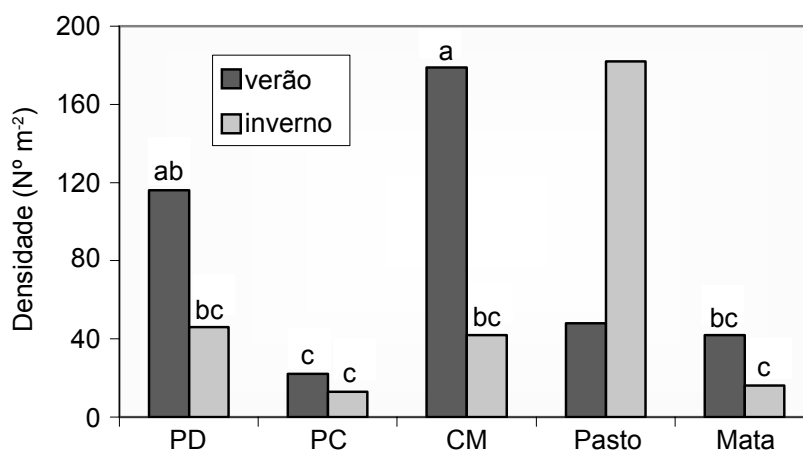


Figura 21.2. Densidade de minhocas em diferentes ecossistemas na região de Londrina-PR, Brasil. PD = Plantio Direto; PC = Preparo Convencional (arado de discos); CM = Cultivo Mínimo (preparo com escarificador cada 3 anos); Pasto = Pastagem (*Brachiaria* sp.); Mata = Floresta estacional semidecídua nativa (secundária e primária). Dados médios de Brown et al. (2003).

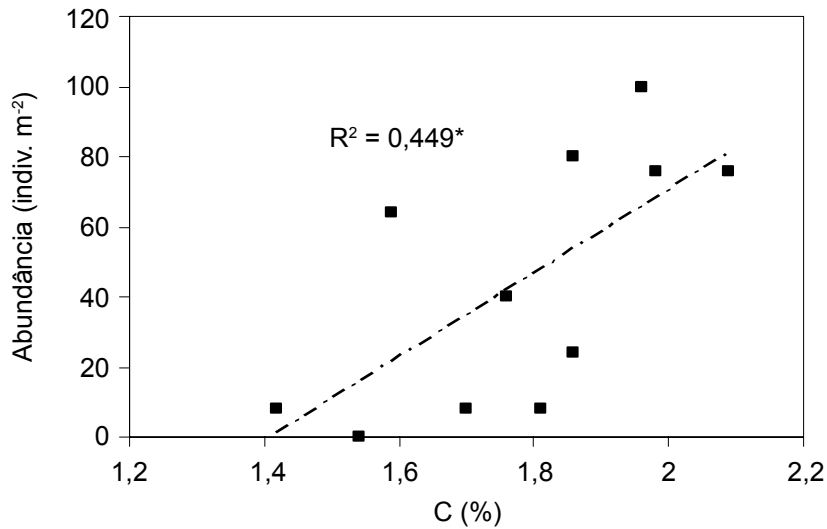


Figura 21.3. Abundância de minhocas em diversos experimentos de longa duração da Fazenda Experimental da Embrapa Soja, de acordo com o teor de C na camada superficial (0-10 cm) do solo (Brown et al., 2004). O coeficiente de correlação (R^2) foi significativo a $p < 0,05$.

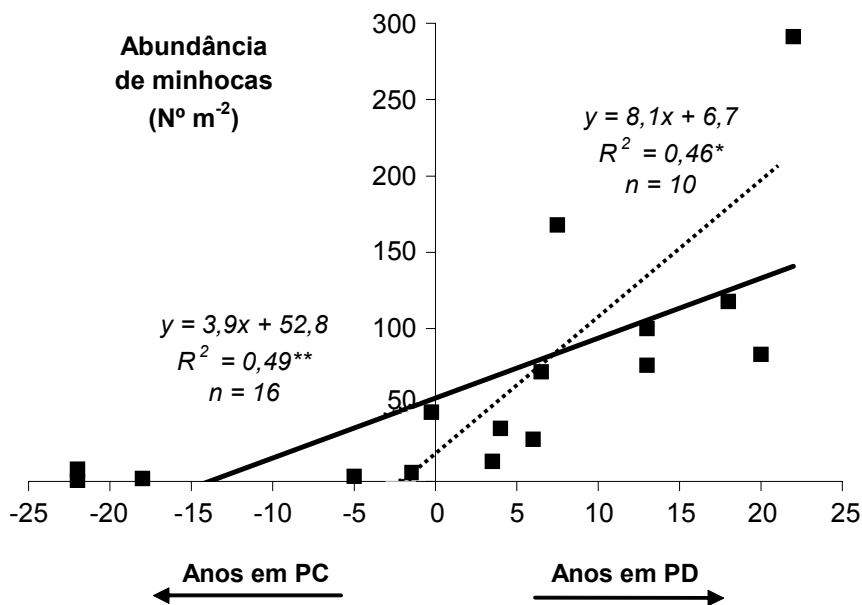


Figura 21.4. Efeito do tempo (anos) em PD (linha pontilhada) e PC+PD (linha completa) sobre as populações de minhocas (N° de indivíduos m^{-2}) na região norte do Paraná, em amostragens tomadas no verão (significância do coeficiente de correlação, R^2 : * $P < 0,05$, ** $P < 0,01$) (redesenhado de Brown et al., 2003).

foram encontradas minhocas nas amostras de solo das parcelas em PC. Ao contrário, naquelas sob PD sempre havia mais que 50 indiv. m^{-2} . A movimentação contínua do solo diminui o estoque de C no solo (menos alimento para as minhocas), expõe as minhocas à predação por pássaros e provoca altas taxas de mortalidade direta, pela mecanização bem como exposição à radiação solar e consequente desidratação (Paoletti, 1999). A aplicação de alguns agrotóxicos nas lavouras (inseticidas e alguns fungicidas), especialmente em sistemas convencionais

de produção, pode também afetar negativamente as populações de minhocas (Edwards & Bohlen, 1992).

Nas outras áreas estudadas no Leste e Sul do PR, observaram-se resultados similares, com maiores populações de minhocas em PD que em PC (Brown et al., 2003; Tanck et al., 2000; Voss, 1986, Mafra et al., 2003). Ao contrário do observado na região Norte (ver a seguir), a maioria das minhocas encontradas nestes sistemas era do gênero *Amyntas*.



Foto 21.1. Escarificação intensa de Latossolo Vermelho numa fazenda de produção orgânica em São Jerônimo da Serra. (Foto G.G. Brown)

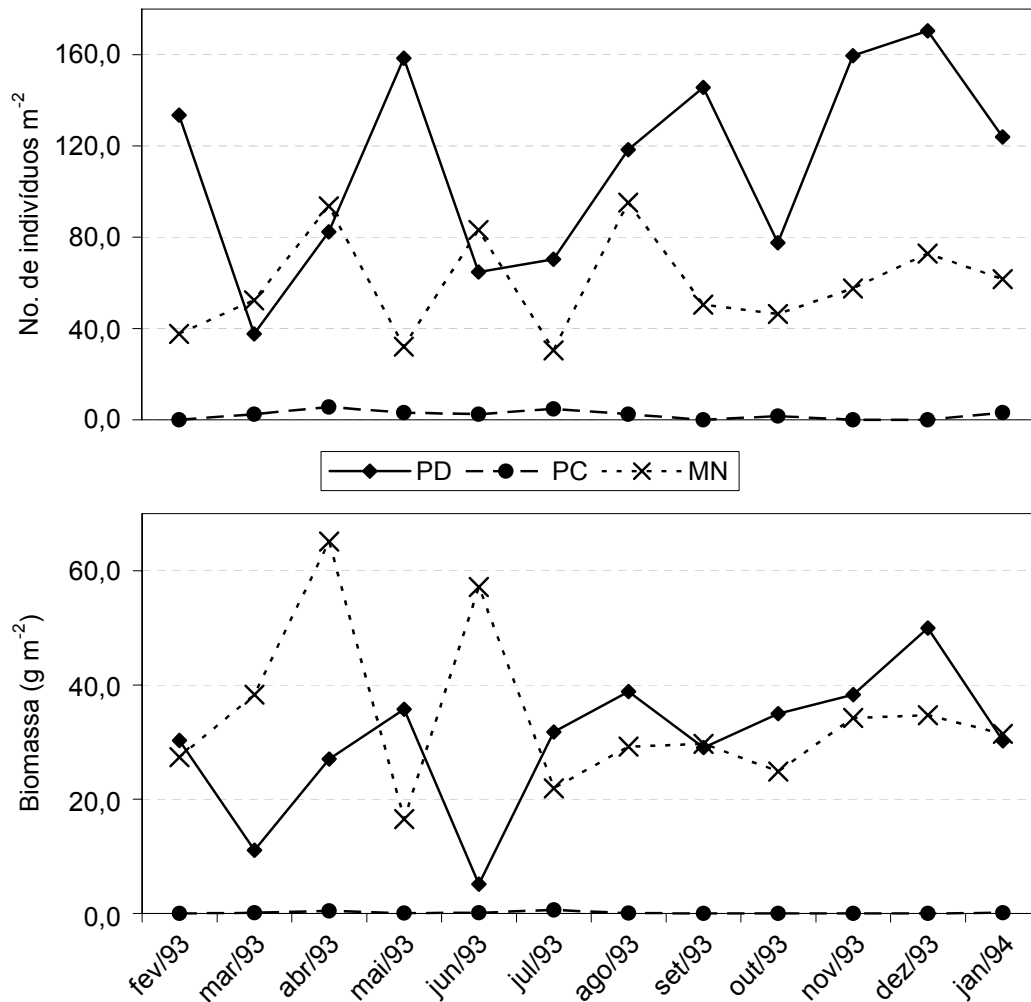


Figura 21.5. Densidade populacional e biomassa de minhocas durante o período de um ano (1993-4), em diferentes sistemas de preparo do solo e em mata secundária com *Araucaria angustifolia*, na região de Carambei-PR (fonte: Tanck, 1996). As minhocas foram retiradas usando o método de expulsão com formol diluído (1%). Nota: somente as *Amyntas* spp. foram coletadas. PD = Plantio direto; PC = Plantio convencional; MN = Mata nativa.

Por exemplo, Tanck et al. (2000) estudaram, durante um ano, a variação populacional das *Amyntas* spp. em agroecossistemas com PD e PC, em campo nativo e mata secundária com araucárias numa fazenda particular em Carambeí (Figura 21.5). Encontraram altas populações de minhocas no PD e na mata (40-170 indivíduos m⁻²), mas poucos exemplares no PC (0-6 indivíduos m⁻²) e nenhuma *Amyntas* spp. foi coletada no campo nativo.

Dionísio et al. (1995) estudaram as populações de *A. gracilis* em diferentes tipos de revegetação de áreas degradadas pela mineração de xisto a céu aberto, no município de São Mateus do Sul, e demonstraram que as maiores populações estavam em mata secundária, seguida por pastagens forrageiras em sucessão, *Eucalyptus vimminalis* com 14 anos de idade e pastagens de gramíneas. *Eucalyptus* sp. com seis anos de idade e consórcio de *Eucalyptus* sp., bracatinga e acácia negra, não apresentaram minhocas.

Os agroecossistemas amostrados, tanto no Norte como no Sul do PR, tendem a ter apenas minhocas exóticas ou invasoras. No Norte do PR, encontram-se principalmente os gêneros *Dichogaster* e *Pontoscolex*, apesar de algumas espécies nativas dos gêneros *Andiorrhinus* (Foto 21.2), *Belladrilus*, *Glossoscolex* e *Fimoscolex* também estarem presentes, mas em densidades muito baixas. Nas matas nativas da região Norte, predominam as espécies nativas endogêicas e epigêicas (saprófagas), principalmente dos gêneros *Glossoscolex* e *Urobenus*, respectivamente. Ambos os gêneros não foram encontrados (ainda) nos sistemas cultivados, provavelmente em decorrência da movimentação do solo e/ou a ausência de uma densa e diversi-

ficada camada de serapilheira, necessária para a sobrevivência das espécies epigêicas.

Muitas das espécies nativas encontradas no PR vivem em solos encharcados. Essas espécies pertencem principalmente às famílias Almidae (gênero *Drilocrius*), Ocnerodrilidae (gêneros *Haplodrilus*, *Eukerria*, *Kerriona*) e Glossoscolecidae (gênero *Glossoscolex*). Algumas Ocnerodrilidae como as *Kerriona* spp. são encontradas nas bromélias (Foto 20.4, cap. 20), enquanto as Almidae vivem principalmente em brejos pouco perturbados e as *Glossoscolex* spp. podem ser encontradas em áreas desmatadas e bastante alteradas, por exemplo, num brejo dentro de uma pastagem (Itaguajé, Bandeirantes, Ibiaci) ou ao lado de uma lavoura de trigo (Foto 21.3). Essas minhocas especialmente adaptadas podem ter importantes influências nas propriedades físicas (Foto 21.4) e no fluxo de gases e água no perfil dos solos de seus habitats, que geralmente são anaeróbicos já nos primeiros centímetros de profundidade. Essa é uma área importante para futuros estudos ecológicos com minhocas no PR.

Outras espécies dos gêneros *Glossoscolex* e *Andiorrhinus* são frequentemente usadas como isca para pesca e algumas são comercializadas localmente. Em Itaguajé, foram encontradas grandes quantidades de *Glossoscolex* n. sp. 22 sendo vendidas em diversas casas. Os indivíduos são mantidos em baldes ou caixas de madeira contendo uma pequena quantidade do solo de origem (brejo), mas as condições inadequadas para a sobrevivência em longo prazo fazem com que muitos indivíduos não resistam e morram durante o período em que



Foto 21.2. Exemplar de uma nova espécie de *Andiorrhinus*, encontrada em algumas lavouras de soja e trigo na região de Faxinal e Mauá da Serra. (Foto G.G. Brown)



Foto 21.3. Área de brejo inundável circundada por áreas de lavoura de trigo e pastagens, que serve como refúgio para a espécie *Glossoscolex* n. sp. 7, nas imediações do Parque Estadual do Penhasco Verde (São Jerônimo da Serra). (Foto G.G. Brown)



Foto 21.4. Aspecto de um solo hidromórfico em Campina Grande do Sul, com galeria nova de *Glossoscolex* n. sp. 18 (A) e coprólitos velhos ocupados por raízes (B). (Fotos G.G. Brown)

são comercializadas (Foto 21.5). Em Foz do Iguaçu foi encontrada uma *Glossoscolex* sp., proveniente do Paraguai, sendo vendida num clube de pesca, testemunha do tráfico ilegal que ocorre através da fronteira Brasil-Paraguai (Foto 21.6). Essas atividades, apesar de ilegais, sustentam economicamente diversas famílias que, infelizmente, pouco se preocupam com o efeito de suas atividades predatórias sobre o ecossistema, bem como sobre as populações de minhocas e sua sobrevivência. Em vários locais, observou-se o dano ecológico efetuado pela retirada desses animais de seu hábitat (Foto 21.7) O solo completamente revolvido dessas áreas e as populações de minhocas podem levar muitos anos para se recuperar.



Foto 21.5. Bandeja com grandes quantidades do minhocoçu *Glossoscolex* n. sp. 22 destinadas ao comércio, vendidas numa casa particular em Itaguajé, PR. (Foto G.G. Brown)



Foto 21.6. Minhocoçu (*Glossoscolex* sp.) vendido em Foz do Iguaçu, PR, proveniente do Paraguai. (Foto S.W. James)

As espécies de minhocas encontradas nos agroecossistemas do norte do PR são, geralmente, muito pequenas, apresentando biomassa muito baixa. São exemplares normalmente menores que 5 cm de comprimento, das famílias Acanthodrilidae, Glossoscolecidae e Ocnerodrilidae (gêneros *Dichogaster*, *Fimoscolex* e *Belladrilus*, respectivamente). Somente em alguns locais (PD de São Jerônimo da Serra e pastagens de Jaguapitã), onde havia minhocas de maior tamanho (por exemplo, a espécie peregrina *P. corethrurus*), a biomassa ultrapassou 10 gr m⁻². Esses valores contrastam com aqueles encontrados em diversos ecossistemas na região leste do PR, onde predominam as *Amyntas* spp. Nesses locais, a biomassa de minhocas frequentemente superou 20 g m⁻² sob PD, pastagens e mata secundária (Ressetti, 2004; Tanck et al., 2000) (Figura 21.5).



Foto 21.7. Aspecto de uma área de brejo, após a extração de minhocas da espécie *Glossoscolex* n. sp. 22, para venda como isca para pesca, na região de Itaguajé. (Foto G.G. Brown)

A pequena biomassa e o tamanho reduzido das minhocas parecem ser comuns, especialmente nas zonas mais quentes do PR, com solos oriundos do basalto (Latosolo Vermelho, Roxo e Terra Roxa Estruturada). Ainda é desconhecido porque existem poucas minhocas maiores nesses solos ou porque as *Amynthas* ainda não invadiram os Latossolos eutróficos da região. Diversas espécies de minhocas de tamanho individual maior, como *A. corticis*, *A. gracilis* ou *P. corethrurus*, já estão presentes, mas estão limitadas a áreas urbanas, onde são encontradas principalmente em jardins. Métodos de inoculação para estimular a colonização dessas espécies maiores nas lavouras da região devem ser investigados. Tais procedimentos poderiam gerar melhor aproveitamento dos benefícios físicos (galerias, buracos, coprólitos) e químicos (decomposição, mineralização, disponibilidade de nutrientes) da atividade dessas minhocas nos solos. Conseqüentemente, a produtividade das lavouras poderia ser beneficiada (Peixoto & Marochi, 1996; Brown et al., 1999).

Na Foto 21.8, pode-se observar os coprólitos de *Amynthas* spp. na área com PD de longa duração em Carambeí, estudada por Tanck et al. (2000). Esses coprólitos normalmente contêm maiores teores de nutrientes que o solo não ingerido, devido à ingestão preferencial de partículas mais ricas em argila e/ou matéria orgânica, as transformações ocorridas durante o trânsito in-



Foto 21.8. Coprólitos de *Amynthas* spp. em plantio direto, em Carambeí, onde foi realizado o trabalho de Tanck et al. (2000). (Foto G.G. Brown)

testinal e o acréscimo de N na forma de amônia nos coprólitos pela minhoca (Barois et al., 1999). A formação de coprólitos também tem efeitos na agregação e na porosidade do solo e a sua deposição na superfície cria um volume igual de poros dentro do solo, influenciando as propriedades hidráulicas.

Assim sendo, Kobiyama et al. (1994) demonstraram como as *Amynthas* spp. influenciaram a condutividade hidráulica saturada e a porosidade total do solo até uma profundidade 30 cm. A atividade das minhocas aumentou a proporção de poros com diâmetro $>0,06$ mm, aumentando dessa forma o tamanho médio dos poros e, com isto, melhorando a aeração e a condição do solo para as plantas. Portanto, mudas de bracatinga (*Mimosa scabrella*) cresceram melhor na presença de minhocas, especialmente com inoculação de 60 *Amynthas* m⁻² (Figura 21.6).

Peixoto e Marochi (1996) mostraram como a invasão de *Amynthas* spp., em lavouras com PD na região de Arapoti-PR (Foto 21.9), proporcionou aumento na quantidade de macroagregados no solo, infiltração de água e a fertilidade do solo, promovendo assim, aumento de 51% no rendimento de grãos da soja e 47% do trigo, e 29% na massa seca da cobertura de aveia (Figura 21.7).

O fenômeno de recolonização com minhocas nas lavouras em PD, após o abandono do PC, em meados dos anos 70, deu origem ao nome do Clube da Minhoca, uma associação de produtores da região dos Campos Gerais (Ponta Grossa) que adotaram a semeadura direta (PD) como nova técnica de cultivo. As minhocas se tornaram, assim, o organismo símbolo do benefício do plantio direto ao solo, à produtividade e à sustentabilidade agrícola.

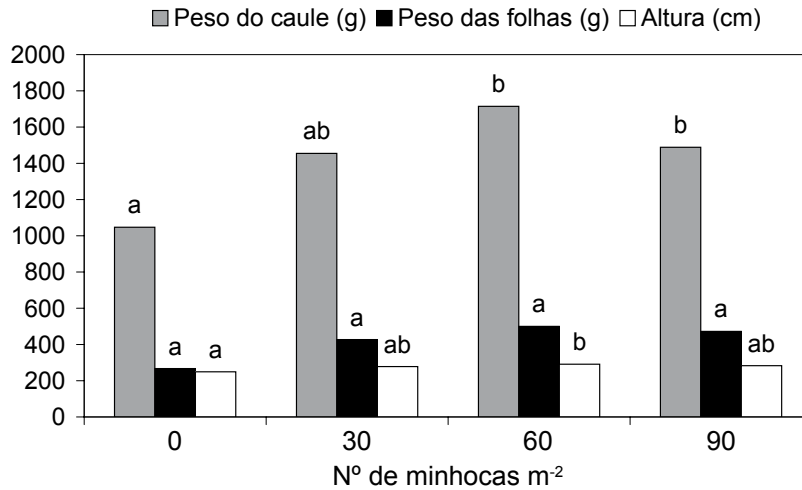


Figura 21.6. Peso do caule, das folhas e altura da brachiaria (*M. scabrella*) após sete meses, na ausência de minhocas (Tratamento 0) e com inoculação de 30, 60 e 90 *Amyntas* spp. m⁻² (extraído de Kobiyama, 1994). Letras diferentes acima das barras indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos, pelo teste de Duncan.

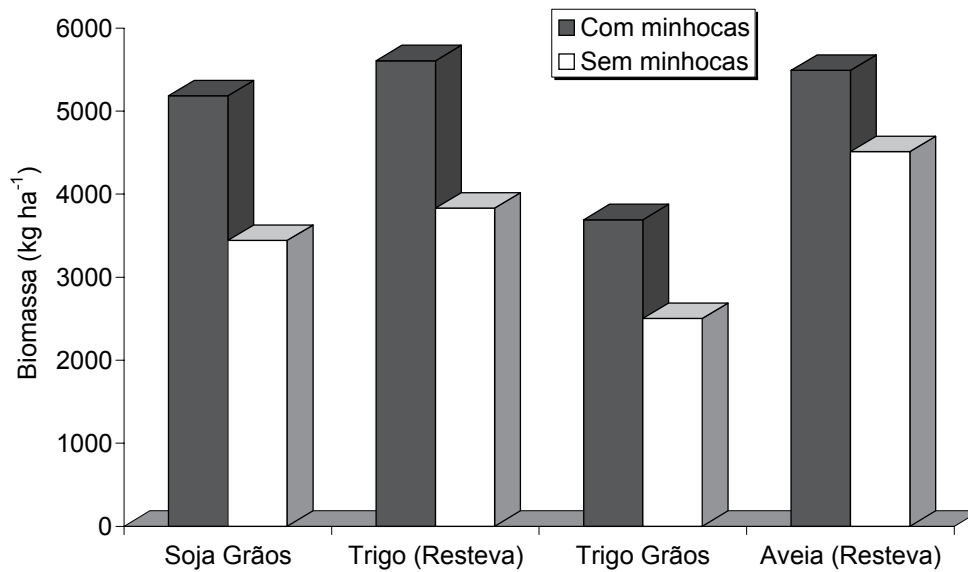


Figura 21.7. Biomassa de grãos da soja e trigo e massa seca do trigo e aveia, em áreas sob plantio direto invadidas ou não por minhocas *Amyntas* spp., na Fazenda Decolores, em Arapoti (Peixoto & Marochi, 1996).



Foto 21.9. *Amyntas* sp. em solo sob semeadura direta (PD), no local onde Peixoto & Marochi (1996) realizaram seu trabalho, na Fazenda Decolores em Arapoti. (Foto G.G. Brown)

Perspectivas para o futuro

O PR contém uma grande diversidade de minhocas cujo número total de espécies ainda é desconhecido. Até o momento, foram catalogadas 55 espécies, das quais mais de 30 são novas. Contudo, apesar dos trabalhos realizados até o momento, é evidente que ainda são necessárias muitas pesquisas, particularmente sobre as espécies nativas do PR e sua importância agrônômica.

Pesquisas da Embrapa em parceria com a Unicenp (Curitiba) e a UEL estão sendo conduzidas, desde 2002, para avaliar a distribuição de espécies nativas e exóticas, identificar os minhocucos da região e as espécies sendo comercializadas para pesca. Pretende-se, com isso: a) identificar áreas onde as minhocas estão influenciando de maneira importante as características do solo e sua função; b) reconhecer áreas precisando atenção especial para avaliação da biodiversidade; c) buscar controlar a extração de minhocas de seus habitats naturais, promovendo, assim, a preservação ambiental e populações de minhocas nativas ameaçadas; d) avaliar o potencial das minhocas como bioindicadoras ambientais (Paoletti, 1999) no PR; e e) alertar as autoridades competentes, os agricultores, a comunidade científica e a população em geral sobre esses assuntos.

Agradecimentos

G. Brown agradece o CNPq pelas bolsas concedidas e S. James agradece o Prodetab, IICA, CNPq, Fulbright Commission, NSF e a Embrapa pelo apoio. Os autores agradecem a colaboração de C. Rodríguez na identificação de algumas minhocas de Jaguapitã e o apoio e as licenças do IAP, IBAMA e diversas unidades de conservação do PR.

Referências

- ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. **Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods**. 2.ed. Wallingford: CAB International, 1993.
- BAROIS, I.; LAVELLE, P.; BROSSARD, M.; TONDOH, J.; MARTÍNEZ, M. A.; ROSSI, J. P.; SENAPATI, B. K.; ANGELES, A.; FRAGOSO, C.; JIMÉNEZ, J. J.; DECAËNS, T.; LATTAUD, C.; KANYONYO, J.; BLANCHART, E.; CHAPUIS-LARDY, L.; BROWN, G. G.; MORENO, A. G. Ecology of species with large environmental tolerance and/or extended distributions. In: LAVELLE, P.; BRUSSAARD, L.; HENDRIX, P. F. (Ed.). **Earthworm management in tropical agroecosystems**. Wallingford: CAB International, 1999. p. 57-85.
- BROWN, G. G.; JAMES, S. W. Earthworm biodiversity in São Paulo state, Brazil. **European Journal of Soil Biology**, v. 42, p. 145-149. 2006.
- BROWNG, G. G.; JAMES, S. W. Biodiversidade e biogeografia das minhocas no Estado de São Paulo, Brasil. In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. (Ed.). **Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. Capítulo 22.
- BROWN, G. G.; BAROIS, I.; LAVELLE, P. Regulation of soil organic matter dynamics and microbial activity in the drilosphere and the role of interactions with other edaphic functional domains. **European Journal of Soil Biology**, v. 36, 177-198, 2000.
- BROWN, G. G.; PASHANASI, B.; VILLENAVE, C.; PATRÓN, J. C.; SENAPATI, B. K.; GIRI, S.; BAROIS, I.; LAVELLE, P.; BLANCHART, E.; BLAKEMORE, R. J.; SPAIN, A. V.; BOYER, J. Effects of earthworms on plant production in the tropics. In: LAVELLE, P.; BRUSSAARD, L.; HENDRIX, P. F. (Ed.). **Earthworm management in tropical agroecosystems**. Wallingford: CAB International, p. 87-147, 1999.
- BROWN, G. G.; BENITO, N. P.; PASINI, A.; SAUTTER, K. D.; GUIMARÃES, M. F.; TORRES, E. No-tillage greatly increases earthworm populations in Paraná State, Brazil. **Pedobiologia**, v. 47, 764-771, 2003.
- BROWN, G. G.; JAMES, S. W.; SAUTTER, K. D.; PASINI, A.; BENITO, N. P.; NUNES, D. H.; KORASAKI, V.; SANTOS, E. F. dos; MATSUMURA, C.; MARTINS, P. T.; PAVÃO, A.; SILVA, S. H. da; GARBELIN, G.; TORRES, E. Avaliação das populações e de minhocas como bioindicadores ambientais no Norte e Leste do Estado do Paraná (03.02.5.14.00.02 e 03.02.5.14.00.03). In: SARAIVA, O. F. (Org.). **Resultados de pesquisa da Embrapa Soja - 2003: manejo de solos, plantas daninhas e agricultura de precisão**. Londrina: Embrapa Soja, 2004. p. 33-46. (Embrapa Soja. Documentos, 253).
- CHANG, Y. -C. Minireview: natural history of *Amyntas hawayanus* (Rosa, 1891). **Acta Biologica Paranaense**, Curitiba, v. 26, p. 39-50, 1997.
- DIONÍSIO, J. A.; TANCK, B. C. B.; SANTOS, A.; SILVEIRA, V. I.; SANTOS, H. R. Avaliação da população de oligochaeta (terrestres) em áreas

- degradadas. **Revista do Setor de Ciências Agrárias**, Curitiba, v. 13, p. 35-40, 1995.
- EDWARDS, C. A.; BOHLEN, P. J. The effects of toxic chemicals on earthworms. **Reviews in Environmental Contamination and Toxicology**, v. 125, p. 23-99, 1992.
- HENDRIX, P. F.; MUELLER, B. R.; BRUCE, R. R.; LANGDALE, G. W.; PARMELEE, R. W. Abundance and distribution of earthworms in relation to landscape factors on the Georgia Piedmont, USA. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 24, p. 1357-1361, 1992.
- FRAGOSO, C. Las lombrices de tierra de México (Oligochaeta; Annelida): diversidad, ecología y manejo. **Acta Zoologica Mexicana**, p. 131-171, 2001. Nueva série, Nº especial 1.
- JAMES, S. W.; BROWN, G. G. Earthworm ecology and diversity in Brazil. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. (Ed.). **Soil biodiversity in Amazonian and other Brazilian ecosystems**. Wallingford: CABI, 2006. p. 56-116.
- KOBIYAMA, M. **Influência da minhoca louca (*Amyntas* spp. Rosa, 1891) sobre o movimento da água no solo, relacionado ao crescimento da bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.)**. 1994. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal), Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- KOBIYAMA, M.; BARCIK, C.; SANTOS, H.R. Influência da minhoca (*Amyntas hawayanus*) sobre a produção de matéria seca de Bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth). **Revista do Setor de Ciências Agrárias**, Curitiba, v. 13, 199-203, 1994.
- MAFRA, A. L.; ALBUQUERQUE, J. A.; MEDEIROS, J. C.; ROSA, J. D.; FONTOURA, S. M. V.; COSTA, F. S.; BAYER, C. Manejo do solo e fauna edáfica em experimento de longa duração na região de Guarapuava, PR. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 19., 2003. Ribeirão Preto. **Resumos...** 1 CD-ROM
- MICHAELSEN, W. Die Lumbriciden. **Zoologische Jahrbücher, Abteilung für Systematik**, v. 41, p. 1-398, 1918.
- NUNES, D.; PASINI, A.; BENITO, N. P.; BROWN, G. G. Minhocas como bioindicadoras da qualidade ambiental: um estudo de caso na região de Jaguapitã-PR, Brasil. In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. (Ed.). **Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. Capítulo 26.
- PAOLETTI, M. G. The role of earthworms for assessment of sustainability and as bioindicators. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 74, p. 137-155, 1999
- PEIXOTO, R. T.; MAROCHI, A. I. A influência da minhoca *Pheretima* sp. nas propriedades de um latossolo vermelho escuro álico e no desenvolvimento de culturas em sistema de plantio direto, em Arapoti-PR. **Revista Plantio Direto**, v. 35, p. 23-25, 1996.
- RESSETTI, R. R. **Determinação da dose de alil isotiocianato em substituição à solução de formol na extração de Oligochaeta edáficos**. 2004. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- RIGHI, G. Oligochaeta. In: BRANDÃO, C. R.; CANCELLO, E. M. (Ed.). **Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil: síntese do conhecimento ao final do século XX**. 5. Invertebrados Terrestres. São Paulo: FAPESP, 1999. p. 13-21
- SAUTTER, K. D.; BROWN, G. G.; JAMES, S. W.; PASINI, A.; NUNES, D. H.; BENITO, N. P. Present knowledge on earthworm biodiversity in the State of Paraná, Brazil. **European Journal of Soil Biology**, v. 42, p. 296-300. 2006.
- TANCK, B. C. B. **Flutuação populacional do Oligochaeta edáfico *Amyntas* spp. (Kinberg, 1867) em quatro ecossistemas, através de dois métodos de extração**. 1996. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- TANCK, B. C. B.; SANTOS, H. R.; DIONÍSIO, J. A. Influência de diferentes sistemas de uso e manejo do solo sobre a flutuação populacional do oligoqueta edáfico *Amyntas* spp. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 409-415, 2000.
- VOSS, M. Populações de minhocas em diferentes sistemas de plantio. **Plantio Direto**, v. 4, p. 6-7, 1986.
- ZICSI, A.; CSUZDI, C. Neue und bekannte Glossoscoleciden-Arten aus Südamerika. 2. Oligochaeta: Glossoscolecidae. **Acta Zoologica Hungarica**, v. 33, p. 269-275, 1987.
- ZOU, X.; GONZÁLEZ, G. Earthworms in tropical tree-plantations: effects of management and relations with soil carbon and nutrient use efficiency. In: REDDY, M.V. (Ed.). **Management of tropical plantation forests and their soil litter system: Litter biota and soil nutrient dynamics**. Enfield: Science Publishers, 2001. p. 289-301.

Biodiversidade e biogeografia das minhocas no Estado de São Paulo, Brasil*

George G. Brown; Samuel W. James

Abstract

This chapter presents a synthesis of the geographic distribution and an up-to-date species list of the terrestrial earthworms of the state of São Paulo (SP), Brazil. Seventy-seven species/subspecies are known, of which 39% are exotic and 61% native. Most of the known species are glossoscolecids (52% of total) and ocneroдрilids (18% of total). *Pontoscolex corethrurus* and *Amyntas gracilis* are widespread in the state, while many native species appear to be endemic. Several large-bodied species (*minhocuçu*s), some intensely harvested for fish bait, may be endangered. Considering the significance of earthworm activity for soil function, the intensity of land use transformation in Brazil, and the probable existence of new species to be described from SP and other Brazilian states, taxonomic training of Brazilian scientists is an urgent necessity.

Resumo

Este trabalho apresenta uma síntese do conhecimento da distribuição geográfica das minhocas e uma lista atualizada das espécies presentes no Estado de São Paulo (SP), Brasil. Setenta e sete espécies/subespécies são conhecidas, das quais 39% são exóticas e 61% nativas ao Estado. Do total, a maior parte é das famílias Glossoscolecidae (52%) e Ocneroдрilidae (18%). *Pontoscolex corethrurus* e *Amyntas gracilis* são amplamente distribuídas no Estado, enquanto muitas espécies nativas parecem ser endêmicas. Vários minhocuçu, alguns dos quais são coletadas e comercializadas intensamente, podem estar correndo perigo de extinção. Considerando a importância da atividade das minhocas para diversas funções no solo, a intensa transformação da paisagem e o uso intensivo do solo no País e a existência de novas espécies a serem ainda descritas em SP e em outros estados da república, urge o treinamento de cientistas brasileiros na taxonomia e na identificação de espécies de minhocas no Brasil.

Introdução

O Estado de São Paulo (SP) é o mais urbanizado, industrializado, rico, densamente povoado e poluído do País. Os aproximadamente 320.000 km² são usados principalmente para agricultura e outros usos antrópicos. Apenas 13% restam com vegetação nativa, da qual a maior parte são florestas. A maioria está (60%) localizada na região litorânea e o resto (40%) está espalhado em muitos fragmentos pequenos no interior do Estado.

O Estado também detém o título da fauna e flora melhor conhecida do País, devido a longos e detalhados estudos iniciados desde a época da colônia por historiadores naturais brasileiros e estrangeiros. Numa síntese do conhecimento da biodiversidade de invertebrados terrestres de SP (Brandão & Cancellato, 1999), Righi (1999) citou 69 espécies de oligoquetas para o Estado, sendo 18 aquáticas e 61 terrestres, divididas em sete famílias e 23 gêneros. Porém, essa síntese incluía oligoquetos micro e megadrilos (não somente minhocas terrestres), várias espécies com sinonímia, e não apresentava a distribuição

* Trabalho ampliado e atualizado de Brown & James (2006).



completa de cada espécie de minhoca no Estado. Por essa razão, decidiu-se apresentar uma nova lista, atualizada, contendo a distribuição geográfica de todas as espécies de minhocas terrestres de SP.

Materiais e Métodos

Toda a bibliografia taxonômica disponível sobre as minhocas em SP e no Brasil foi analisada e as espécies encontradas no Estado e sua localização foi colocada numa base de dados computadorizada. Os dados no registro da coleção de minhocas do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP, incluindo a coleção particular do Righi) foram incluídos na base de dados, além de informação das amostragens realizadas pelos autores. Foram criados mapas da distribuição geográfica das coletas, conforme o município. Para algumas espécies mais frequentes, se geraram mapas individuais, localizando sua distribuição geográfica no Estado.

Resultados e Discussão

Amostras qualitativas para descrição de espécies de minhocas foram realizadas em 120 (19%) dos 645 municípios do Estado (Figura 22.1). Essas amostragens estão concentradas principalmente no NO, S e SE do Estado, onde Caballero (1973) e Righi e seus alunos/colegas de trabalho realizaram coletas. Uma grande parte do interior do Estado, especialmente a parte central, O, SO, NE e L, e algumas áreas mais remotas da Mata Atlântica do litoral (especialmente no L) continuam escassamente explorados e/ou desconhecidas enquanto às espécies de minhocas presentes.

Portanto, apesar de Righi (1999) ter listado 50 espécies válidas (excluindo as sinonímias) de minhocas (megadrilos) terrestres para o Estado, quando foram incluídos os dados de coletas recentes (James & Brown, 2006), da revisão da literatura, das sinonímias, e das minhocas na própria coleção do MZUSP, outras 27 espécies (a maioria nativas) foram encontradas, totalizando 77 espécies/subespécies de minhocas, pertencentes a 29 gêneros (Anexo 22.1). Do total, 47 (61%) são

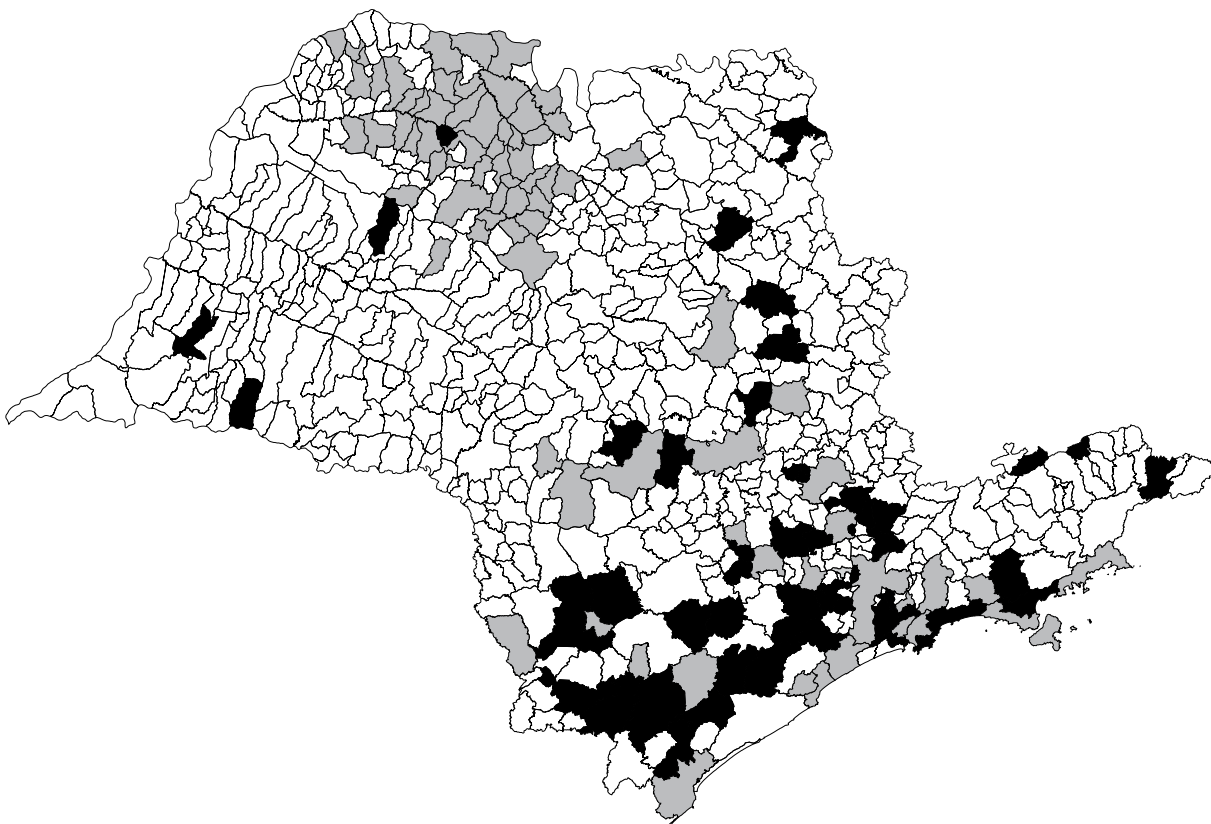


Figura 22.1. Distribuição dos 120 municípios onde já se coletaram minhocas no Estado de São Paulo (todos os espaços preenchidos). Os municípios onde se encontra a espécie *P. corethrurus* (frequentemente associada à outras espécies também) estão sinalizados em cinza. Municípios em negro indicam áreas onde ainda não foi encontrada a espécie *P. corethrurus*.

nativas e 30 (39%) são exóticas. Das espécies/subespécies nativas, 38 (49% do total) são da família Glossoscolecidae e cinco da família Ocnerodrilidae. Das espécies exóticas, 10 são da família Megascolecidae, oito da Ocnerodrilidae e seis da família Acanthodrilidae. Diversas amostragens realizadas de 2002 a 2006 pelos autores revelaram 17 espécies, incluindo várias ainda não descritas (Anexo 22.1). Por exemplo, numa visita de um dia para a Reserva Biológica de Boracéia, foram encontradas várias espécies ainda não descritas (ver Fotos 22.1 e 20.8, sessão 20), apesar de a reserva ter sido amostrada em diversas ocasiões no passado.

Como o Estado está amplamente transformado, intensamente explorado e pressionado antropicamente, esperava-se que uma grande proporção das espécies encontradas fosse ser adaptada à perturbação e de ampla distribuição. Porém, essas representaram apenas 39% do total. A mais amplamente distribuída é a *Pontoscolex corethrurus*, encontrada em 68% dos municípios amostrados, e parece ser uma boa indicadora de perturbação do ecossistema (Figura 22.1). É bem provável que se encontre em todos os municípios do Estado, sendo a minhoca mais amplamente distribuída no Brasil (Brown et al., 2006; ver também cap. 20), encontrando-se também em muitos dos países tropicais, tanto da América como da África, na Ásia e na Oceania. As espécies *Eisenia fetida*, *E. andrei* e *Eudrilus eugeniae* são usadas amplamente para a minhocultura e portanto são encontradas em muitos municípios do Estado, apesar de não estarem representadas com exemplares preservados em coleções, por exemplo, a do Museu de Zoologia da USP em São Paulo (a maior coleção de oligoquetos do país). As minhocas exóticas da família Megascolecidae, em particular as espécies pheretimoides do gênero *Amyntas* (especialmente *A. gracilis*), conhecidas como minhocas “bravas”, “loucas”, saltadoras” ou “puladoras” pelo comportamento vivaz que demonstram, mexendo muito quando incomodadas ou trazidas à superfície, também são amplamente distribuídas no Estado, ainda que não estejam presentes em coleções (Figura 22.2).

Existe um alto número de espécies “endêmicas” (encontradas em só um ou poucos lugares próximos uns dos outros). Das 47 espécies nativas, 30 se conhecem de apenas um local, e seis de apenas dois locais. Portanto, 77% poderiam ser consideradas “endêmicas”. Esse alto endemismo pode ser real ou apenas um artefato de um baixo número de amostragens, fazendo com que seja necessário realizar um inventário muito mais amplo



Foto 22.1. Exemplar único do minhocuço *Fimoscolex* n. sp. 1, encontrado em profundidade (a 50 cm), em solo hidromórfico na Estação Biológica de Boracéia, Município de Salesópolis. (Foto G.G. Brown)

e preciso da distribuição das espécies no Estado para determinar o nível de restrição da distribuição dessas espécies. Reconhece-se, de fato, que as minhocas estão sujeitas a um alto grau de endemismo, devido à sua baixa capacidade de dispersão e o alto nível de fragmentação atual da paisagem e da vegetação nativa remanescente em São Paulo. Por exemplo, Lee (1959) encontrou 200 espécies de minhocas na Nova Zelândia, sendo a maioria coletada em apenas um local.

No estado existem pelo menos 25 espécies de minhocuçus, ou seja, minhocas grandes com comprimento por volta de 30 cm ou mais e diâmetro geralmente maior de 1 cm. Algumas dessas espécies são amplamente coletadas para usar como isca para pescaria e várias são comercializadas. Pertencem principalmente ao gênero *Goiascolex* (n. sp. 1), *Andiorrhinus* (Foto 22.2) e *Glossoscolex*; por exemplo, *G. vizottoi* (Figura 22.3), *G. uruguayensis*, *G. paulistus* (Foto 22.3). Essa atividade, apesar de ilegal, continua sendo praticada pelos “minhoqueiros” que vivem dessa atividade como renda principal ou complementar. Em algumas áreas, a extração dessas minhocas pode causar sérios danos ambientais diretos (erosão do solo, perda de nutrientes; ver Foto 22.2) e indiretos (perda da estrutura física do solo e de benefícios das minhocas ao solo), chegando até a dizimar e/ou comprometer as populações das minhocas do local de coleta. Consequentemente, os “minhoqueiros” passam então a explorar novas áreas para “arrancar” as minhocas, aumentando a incidência e proporção do problema.



Figura 22.2. Municípios amostrados no Estado de São Paulo onde se encontrou a espécie *Amynthas gracilis*.



Figura 22.3. Municípios amostrados no Estado de São Paulo onde se encontrou a espécie *Glossocolex vizottoi*.

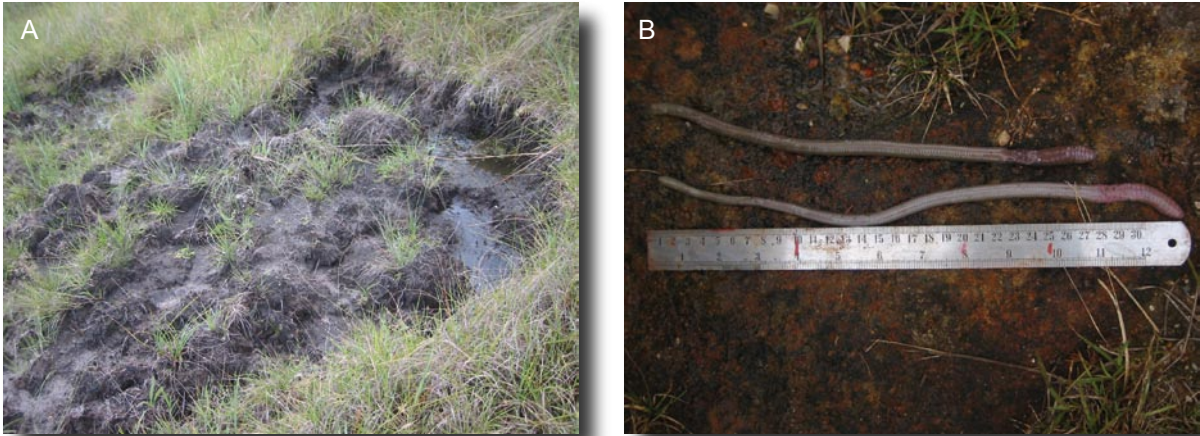


Foto 22.2. Exemplo de destruição ambiental (A) após coleta de minhocoçu (B) *Andiorrinus* n. sp. 1) na margem do Rio Verde (Município de Itaberá). (Fotos G.G. Brown)



Foto 22.3. Exemplar da espécie de minhocoçu *Glossoscolex paulistus* (em mãos do co-autor S.W. James), coletado por “minhoqueiros” para vender como isca para pesca, em pastagens nos arredores de Assistência (perto de Rio Claro). (Foto G.G. Brown)

Considerações Finais

Apesar do esforço realizado até o momento no Estado, ainda há muito que fazer, tanto taxonomicamente como estudos da biologia e ecologia das espécies presentes. Dada a ausência de taxônomos ativos no Estado e no País, é imprescindível que se fomente a capacitação de pesquisadores e alunos brasileiros para a identificação do material já coletado e que está sendo coletado em diversos projetos incluindo oligoquetas. Somente assim se poderá conhecer a grande diversidade de minhocas de São Paulo e do País, e seus possíveis efeitos benéficos sobre o ecossistema solo, seus processos e o crescimento vegetal.

Agradecimentos

Agradecemos o CNPq pelas bolsas concedidas a G. Brown; Prodetab, Embrapa, NSF, CNPq

e Fulbright pelo financiamento das visitas do S. James; o IBAMA pela licença de coleta; e à C.R. Brandão, S. Casari e E.P. Gonçalves do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo pelas facilidades e o acesso à coleção e material do Dr. G. Righi.

Referências

- BRANDÃO, C. R.; CANCELLO, E. M. (Ed.). **Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil: síntese do conhecimento ao final do século XX.** 5. Invertebrados Terrestres. São Paulo: FAPESP, 1999.
- BROWN, G. G.; JAMES, S. W. Earthworm biodiversity in São Paulo state, Brazil. **European Journal of Soil Biology**, v. 42, p. 145-149, 2006.
- BROWN, G. G.; JAMES, S. W.; PASINI, A.; NUNES, D. H.; BENITO, N. P.; MARTINS, P. T.; SAUTTER, K. D. Exotic, peregrine and invasive earthworms

in Brazil: diversity, distribution and effects on soils and plants. **Caribbean Journal of Science**, v. 42, p. 339-356, 2006.

CABALLERO, M. E. S. **Bionomia dos Oligochaeta terrestres da região norte-ocidental do Estado de São Paulo**. 1973. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, São José do Rio Preto.

GATES, G. E. Contributions to a revision of the earthworm family Ocnerothricidae. IX. What is *Ocnerothricus occidentalis*? **Bulletin of the Tall Timbers Research Station**, v. 14, p. 13-28, 1973.

JAMES, S. W.; BROWN, G. G. Earthworm ecology and diversity in Brazil. In: MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. (Ed.). **Soil biodiversity in Amazonian and other Brazilian ecosystems**. Wallingford: CABI, 2006. p. 56-116.

LEE, K. E. **The earthworm fauna of New Zealand**. Wellington: DSIR 1959. (Bulletin N° 130).

RIGHI, G. Oligochaeta. In: BRANDÃO, C. R.; CANCELLO, E. M. (Ed.). **Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil**: síntese do conhecimento ao final do século XX. 5. Invertebrados Terrestres. São Paulo: FAPESP, 1999. p. 13-21.

Anexo 22.1. Lista das espécies de minhocas terrestres (megadrilos) encontradas no Estado de São Paulo (ampliada de Righi, 1999 e Brown e James, 2006), sua distribuição nos municípios do estado, origem (nativa ou exótica) e endemismo.

Família Gênero espécie	Municípios	Nativa/ Exótica	Endêmica
Acanthodrilidae			
<i>Chilota</i> sp.	Barueri	Exótica	Não
<i>Dichogaster annae</i>	São Paulo, Osasco	Exótica	Não
<i>Dichogaster bolau</i>	São Paulo, Guarujá, Mirassol, Taciba, Botucatu, Anhembí, Campos do Jordão, Paraibuna	Exótica	Não
<i>Dichogaster gracilis</i>	Taciba	Exótica	Não
<i>Dichogaster sailens</i>	São Paulo, Botucatu, Mirassol, Colina, Taciba	Exótica	Não
<i>Dichogaster</i> spp. (não identificadas)	Campinas, Ilha Bela, Barueri	?	?
<i>Microscolex dubius</i>	São Paulo	Exótica	Não
Almidae			
<i>Drilocrius dreheri</i>	Franca, Tanabi, São José do Rio Preto, Mirassol, Neves Paulista	Nativa	Sim
<i>Drilocrius iheringi</i>	Piracicaba	Nativa	Sim
Eudrilidae			
<i>Eudrilus eugeniae</i>	São Sebastião, São Paulo, Campinas, Boituva, Vinhedo	Exótica	Não
Lumbricidae			
<i>Bimastos parvus</i>	Burí, Anhembí	Exótica	Não
<i>Eisenia fetida</i> e/ou <i>E. andrei</i>	São Paulo, Campinas, Boituva	Exótica	Não
Megascolecidae			
<i>Amyntas aspergillum</i>	São Paulo	Exótica	Não
<i>Amyntas corticis</i> (ex- <i>diffringens</i>)	São Paulo, São Sebastião, Ilha Bela, Campos do Jordão, Salesópolis	Exótica	Não
<i>Amyntas gracilis</i> (ex- <i>hawayanus</i>)	36 municípios (ver Figura 22.2)	Exótica	Não
<i>Amyntas morrissi</i>	Taquarivaí	Exótica	Não
<i>Amyntas</i> sp. (não identificadas)	São Roque, Itariri, Peruibe, Barueri	Exóticas	Não
<i>Metaphire californica</i>	Piracicaba, São Paulo	Exótica	Não
<i>Metaphire schmardae</i>	Cotia, Colina, São Paulo	Exótica	Não
<i>Pheretima darnleiensis</i>	São Paulo, São Sebastião, Campos do Jordão, Salesópolis, São José do Rio Preto	Exótica	Não
<i>Polypheretima elongata</i>	Anhembí	Exótica	Não
<i>Polypheretima taprobanae</i> *	São Paulo, Santo André, Piracicaba	Exótica	Não
<i>Pontodrilus litoralis</i>	Cananéia, Bertioga, Santos, Ubatuba	Exótica	Não

Continua...

Anexo 22.1. Continuação...		Municípios		Nativa/ Exótica	Endêmica
Família	Gênero espécie				
Ocnerodrilidae					
<i>Belladriulus otarion</i>		Iporanga		Nativa	Sim
<i>Eukerria eiseniana</i>		Botucatu		Exótica	Não
<i>Eukerria emete</i> (?)		Piracicaba		Exótica?	Não
<i>Eukerria saltensis</i>		São Paulo, Anhembi		Exótica	Não
<i>Eukerria stagnalis</i>		Ilha Bela		Exótica	Não
<i>Eukerria</i> sp.		Taciba		?	?
<i>Gordiodrilus habessinus</i> (?)		Rio Claro		Exótica	Não
<i>Gordiodrilus marculi</i>		Anhembi, Biringuí, Rio Claro		Nativa?	Sim
<i>Gordiodrilus paski</i>		São Paulo		Exótica	Não
<i>Haplodrilus iheringi</i>		Piracicaba		Native	Sim
<i>Kerriona limae</i>		Salesópolis		Nativa	Sim
<i>Nematogenia panamaensis</i>		Botucatu		Exótica	Não
<i>Ocnerodrilus ibemi</i>		São Sebastião		Nativa	Sim
<i>Ocnerodrilus occidentalis</i> ¹		São Paulo		Exótica	Não
Ocnerodrilidae sp. (não identificadas)		Burí, Taquarivaí, Salesópolis, Itaberá		?	?
Glossoscolecidae					
<i>Andiorrhinus</i> n. sp. 1		Burí		Nativa	?
<i>Andiorrhinus</i> n. sp. 4*		Itaberá (Foto 22.2)		Nativa	?
<i>Fimoscolex angai</i>		Salesópolis		Nativa	Sim
<i>Fimoscolex inurus</i> *		Cotia, Salesópolis, Ribeirão Pires, Mogi das Cruzes, São Paulo, Itatiba		Nativa	Sim
<i>Fimoscolex sacii</i> *		São Bernardo do Campo, Registro, Jacupiranga, Juquitiba, Miracatu, Vargem Grande, Ibiúna, Itapeperica da Serra, Juquiá		Nativa	Não
<i>Fimoscolex</i> n. sp. 1*		Salesópolis (Foto 22.3)		Nativa	?
<i>Fimoscolex</i> n. sp. 2		Taciba		Nativa	?
<i>Glossodrilus bresslaui</i>		Cananéia		Nativa	Não
<i>Glossoscolex amomee</i> *		São Paulo, Santo André, São Bernardo do Campo, Peruibe, Cotia, Jarinú, São Vicente, Cubatão		Nativa	Sim
<i>Glossoscolex bondari</i>		Piracicaba, Rio Claro, Campos do Jordão		Nativa	Não
<i>Glossoscolex catharinensis</i> *		Ribeirão Pires, Santo André		Nativa	Não

<i>Glossoscolex fachinei</i> *	Araras	Nativa	Sim
<i>Glossoscolex fasoldi</i> *	Santo André, Piracicaba	Nativa	Sim
<i>Glossoscolex giganteus giganteus</i> *	Santo André, Campos do Jordão	Nativa	Não
<i>Glossoscolex giganteus australis</i> *	Apiáí	Nativa	Sim
<i>Glossoscolex gordurensis</i>	Campos do Jordão, Itanhaém, Santo André, Ribeirão Pires	Nativa	Não
<i>Glossoscolex grandis ibirai</i> *	Ibirá	Nativa	Sim
<i>Glossoscolex grecoi</i>	Pirassununga, Vassununga	Nativa	Sim
<i>Glossoscolex montagneri</i> *	São Sebastião	Nativa	Sim
<i>Glossoscolex mrazi</i>	São Paulo?	Nativa	Sim
<i>Glossoscolex paulistus</i> *	Piracicaba, Sumaré, Rio Claro, Araras (Foto 22.1)	Nativa	Sim
<i>Glossoscolex sazimae</i> *	Caraguatatuba	Nativa	Sim
<i>Glossoscolex tocape</i>	Ribeirão Preto	Nativa	Sim
<i>Glossoscolex tupij</i> *	São Paulo	Nativa	Sim
<i>Glossoscolex umijae</i> *	Cotia	Nativa	Sim
<i>Glossoscolex (uruguayensis) corderoi</i> *	São Manuel, Botucatu, Buri	Nativa	?
<i>Glossoscolex vizottoi</i> *	25 municípios (ver Figura 22.3)	Nativa	Sim
<i>Glossoscolex wiengreeni</i> *	São Paulo, Santo André, Eldorado, Piquete, Ilha de Vitória	Nativa	Não
<i>Glossoscolex</i> n. sp. 1	Taciba	Nativa	?
<i>Glossoscolex</i> n. sp. 2	Salesópolis (ver Foto 20.8, cap. 20)	Nativa	?
<i>Glossoscolex</i> n. sp. 9*	Salesópolis	Nativa	?
<i>Glossoscolex</i> n. sp. 11	Buri	Nativa	?
<i>Glossoscolex</i> n. sp. 13*	Ilha Bela	Nativa	?
<i>Glossoscolex</i> n. sp. 15	Buri	Nativa	?
<i>Glossoscolex</i> spp. (não identificadas)	Cananéia, Campinas, Itaberá, Águas de Santa Bárbara, Assistência, Campos do Jordão	Nativas?	?
<i>Goiascolex</i> n. sp. 1*	Boituva	Exótica	Não
<i>Pontoscolex corethrurus</i>	81 municípios (ver Figura 22.1)	Exótica	Não
<i>Rhinodrilus duseni</i> *	Pilar do Sul, Itapeva	Nativa	Não
<i>Rhinodrilus garbei</i> *	Botucatu	Nativa	Não
<i>Righidrilus itajo</i>	Araras	Nativa	Sim
<i>Tupinaki bokermani</i>	Santo André	Nativa	Sim
<i>Urobenus brasiliensis</i>	Santo André, Jundiáí, São Bernardo do Campo, Botucatu, Mariporã, Cubatão	Nativa	Não

¹ Gates (1973) considerou a espécie *Ocnodrilus hendrii paulistus* Righi, 1968 como sinônimo de *Ocnodrilus occidentalis*.

² Para detalhes sobre as referências bibliográficas de cada espécie e local, favor consultar James & Brown (2006) e Brown & James (2006, 2007; ver capítulo 20).

* minhocoçu.

Ação das minhocas na estrutura e composição química de um solo arenoso hidromórfico do Amazonas

Álvaro Luiz Mafra; Andreas Attila de Wolinsk Miklós; Adolpho Jose Melfi; Vincent Eschenbrenner; Boris Volkoff

Abstract

A pedological survey carried out in hydromorphic sandy soils of the upper Rio Negro basin revealed the presence of large earthworms and abundant surface mounds. Therefore, the density of surface mounds created by earthworms was evaluated in two areas, in 25 replicates of 4 m². The biostructures and adjacent soil in each soil horizon were characterized for macro and micromorphology, texture and chemical properties. The soil surface microrelief resulted from the deposition of large amounts of earthworm castings. These structures had color, structure, texture and chemical characteristics similar to the adjacent A horizon, implying that the earthworms have probably processed all the soil in this layer. Earthworm activity directly influenced aggregation and porosity of the A horizon, affecting organic matter dynamics, nutrient cycling and availability, by mixing materials in the soil profile, up to a depth of 70 to 150 cm.

Resumo

Avaliações pedológicas em solos arenosos hidromórficos na região do alto Rio Negro, evidenciaram ocorrência sistemática de minhocas e grandes quantidades de excrementos superficiais (murunduns). Portanto, no presente estudo foi avaliada a influência da atividade desses animais no desenvolvimento da estrutura e composição química do solo. A densidade de montículos superficiais foi avaliada em duas áreas, em 25 parcelas de 4 m². Essas bioestruturas e o solo adjacente nos diferentes horizontes pedológicos foram caracterizadas quanto a macro e micromorfologia, granulometria e composição química. O microrrelevo presente de forma generalizada na superfície dos solos é resultante da deposição de excrementos desses animais. Essas estruturas biológicas têm cor, estrutura, distribuição granulométrica e composição química semelhante ao horizonte A adjacente, apontando para uma ação marcante da biota sobre a camada superficial desses solos, fazendo supor que todo este material tenha sido mobilizado pelos animais. A atividade das minhocas influencia diretamente a agregação e porosidade na camada superficial do solo, afetando também a dinâmica da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes, pela mistura de materiais no perfil do solo, inclusive em subsuperfície, a cerca de 70 a 150 cm de profundidade.

Introdução

Nas regiões tropicais úmidas as florestas naturais encontram-se em estreita relação com processos hidrogeoquímicos que ocorrem principalmente na camada superficial do solo. Aí uma diversificada comunidade de animais interage com a vegetação e atua na decomposição da matéria orgânica e na ciclagem do carbono, nitrogênio e elementos minerais no solo (Lavelle & Martin, 1992). Nesses ambientes salienta-se o papel das minhocas que são um dos principais componentes da fauna edáfica, compondo normalmente mais de 50% da biomassa animal no solo (Fragoso & Lavelle, 1992).



Nessas condições, as minhocas participam ativamente na organização estrutural do solo, pela abertura de galerias e deposição de materiais na superfície e no interior do solo (Höefer et al., 2001). Essas ações mecânicas podem ocasionar modificações na estrutura do solo, formando agregados na superfície e no interior do perfil, os quais modificam os atributos físico-hídricos do solo, como densidade, arranjo e quantidade de poros, alterando a infiltração d'água, aeração, resistência do solo à erosão, entre outros mecanismos (Bouché & Al-Addan, 1997; Bastardie et al., 2002). As minhocas interferem, ainda, através de seu comportamento alimentar, na ciclagem de nutrientes e decomposição da matéria orgânica (Zhang et al., 2003), alterando a mineralização e humificação das substâncias orgânicas e modificando o tempo de residência do carbono no solo (Stout & Goh, 1980; Guggenberger et al., 1996).

Na região do Alto Rio Negro, Amazonas (AM), são observadas extensas áreas naturais cobertas por solos arenosos hidromórficos nos quais foi constatada, num estudo pedológico detalhado (Mafra et al., 2002), a ocorrência sistemática de minhocas formando enormes e abundantes montículos (murunduns) na superfície do solo. A caracterização desses materiais nos diferentes horizontes pedológicos é tratada no presente artigo, que visa compreender a influência desses animais sobre a composição e estrutura do solo.

Material e Métodos

A área de estudo situa-se no km 199,8 da rodovia BR307, entre São Gabriel da Cachoeira e Cucuí, AM. A presença das minhocas no pedoambiente foi observada em diversos transectos abertos na mata, em áreas de baixada às margens da estrada. Na porção mais ao norte desta área escolheu-se uma área piloto representativa das condições pedogeomórficas e de vegetação da região, onde se fez um estudo detalhado da ação destes animais no solo (Figura 23.1).

O clima regional é do tipo tropical chuvoso constantemente úmido (Afi), segundo a classificação de Köppen. A precipitação pluviométrica média é em torno de 3000 mm por ano, sem ocorrência de estação seca. As temperaturas médias anuais situam-se entre 24° e 26°C. O substrato geológico é composto por granitos pertencentes ao Complexo Guianense (Brasil, 1976). O relevo regional é predominantemente plano, com ocorrência generalizada

de solos hidromórficos como Espodosolos e Neossolos Quartzarênicos (EMBRAPA, 1981, 1999), associados à cobertura vegetal de campinarana alta, com cerca de 20 a 30 m de altura (Rodrigues, 1961).

A influência das minhocas na composição e estrutura do solo foi caracterizada em quatro trincheiras, abrangendo a variabilidade de solos anteriormente levantada (Mafra et al., 2002). As bioestruturas e o solo adjacente nos diferentes horizontes foram descritos quanto à cor, textura, estrutura, consistência e distribuição de raízes (Lemos & Santos, 2002). Esta descrição foi complementada pelo exame mesomorfológico em amostras indeformadas sob microscópio estereoscópico. Estes materiais foram também caracterizados quanto a micromorfologia, tomando-se amostras indeformadas e orientadas, que foram posteriormente secas em estufa a 40°C e impregnadas com resina araldite sob vácuo. Após o endurecimento, as amostras foram cortadas e montaram-se lâminas delgadas (Castro, 1985). A terminologia empregada foi baseada em Bullock et al. (1985) e Lima et al. (1985). Os solos foram classificados de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999).

As bioestruturas formadas pelas minhocas na superfície do solo foram caracterizadas pela análise descritiva dos montículos constituídos por seus excrementos em dois locais distintos na planície hidromórfica, nas proximidades das trincheiras empregadas para caracterização do solo (Figura 23.1), adotando-se 25 repetições de 4 m². As medidas do diâmetro médio na base e altura dos montículos foram efetuadas em junho de 1999. O volume de terra presente nessas estruturas foi calculado considerando-se o formato cônico. Alguns exemplares de minhoca foram capturados durante a escavação do solo, os quais foram examinados taxonomicamente pela Dr^a Ana G. Moreno da Universidad Complutense, Madri, Espanha.

Os materiais presentes nos montículos de minhoca e nos horizontes pedológicos foram analisados quanto à granulometria e composição química. A granulometria foi determinada procedendo-se a separação prévia do cascalho. A terra fina sem remoção da matéria orgânica foi dispersa com hidróxido de sódio e hexametáfosfato de sódio, separando-se as areias por peneiramento, em cinco classes: muito grossa, de 2 a 1 mm; grossa, de 0,5 a 1 mm; média, de 0,25 a 0,5 mm; fina, de 0,1 a 0,25 mm e muito fina, de 0,05 a 0,1 mm. A argila foi determinada pelo método do densímetro e o silte foi calculado por diferença (Camargo et al., 1986).

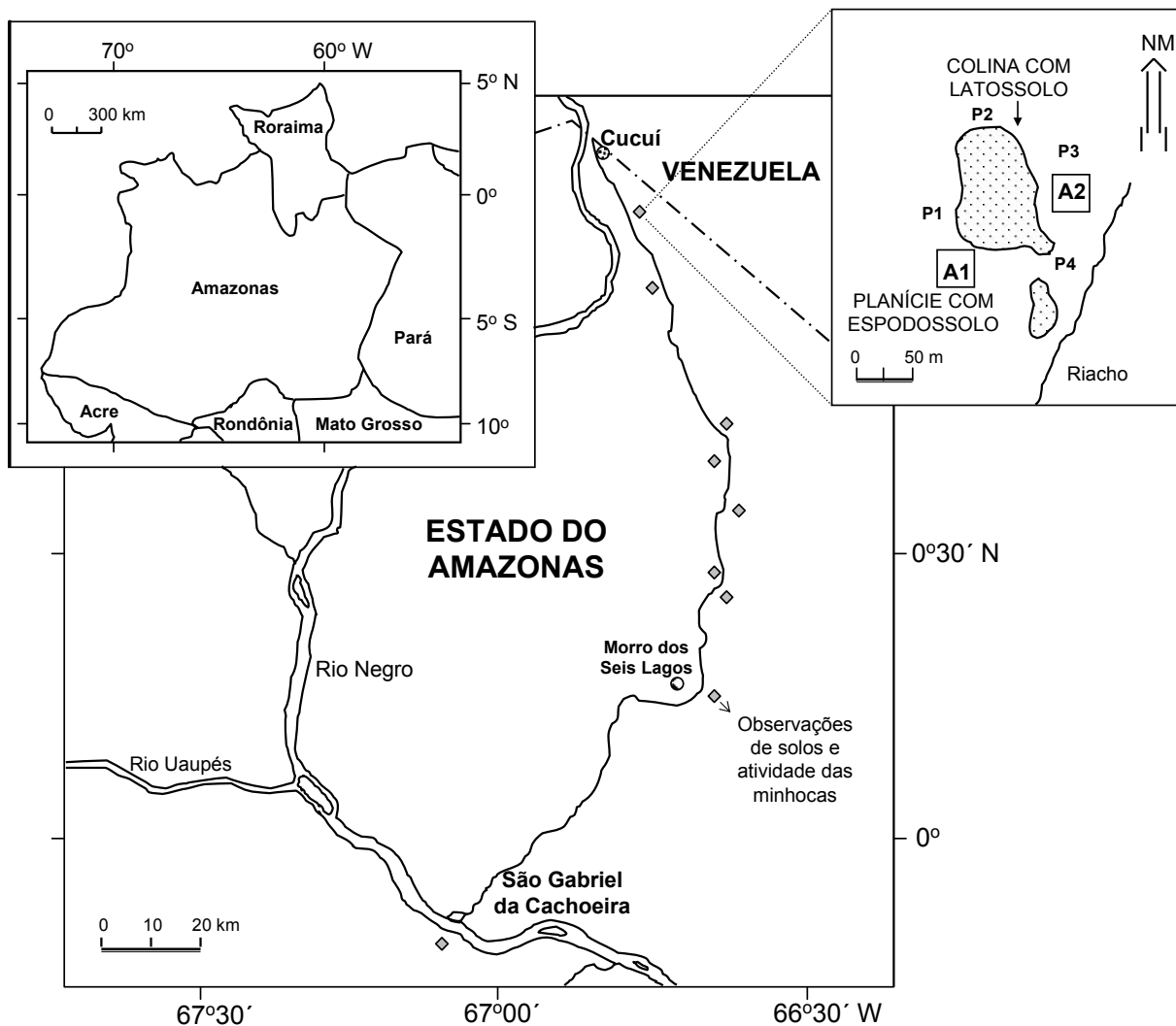


Figura 23.1. Localização da área de estudo na região do alto Rio Negro, AM, Brasil, com detalhe do local de amostragem.

A partir das distribuições percentuais das frações de areia calcularam-se o diâmetro médio e o desvio padrão, de acordo com Folk & Ward (1957), visando identificar a uniformidade dos materiais e a possível influência das minhocas na distribuição e segregação das frações granulométricas no perfil. Esses cálculos foram efetuados com uso do programa "Phi" (Van Lier & Vidal-Torrado, 1992). A caracterização química dos materiais incluiu determinações do pH em água e em KCl 1 mol L⁻¹. As bases trocáveis foram extraídas por resina trocadora de íons, com determinação de Ca²⁺ e Mg²⁺ por espectrofotometria de absorção atômica e por fotometria de chama para o K⁺. O carbono orgânico foi determinado por oxidação úmida. O Al³⁺ trocável foi extraído por KCl 1 mol L⁻¹ e a acidez potencial (H⁺ + Al³⁺) foi extraída com acetato de cálcio a pH 7,0 e determinados por titulometria. A partir desses resultados calcularam-se a capacidade de troca ca-

tiônica (T), saturação por bases (V) e saturação por Al (m) (Camargo et al., 1986; EMBRAPA, 1997).

Resultados

Ocorrência das minhocas e ações no solo

A atividade mais destacada das minhocas nos solos da planície estudada concentra-se na camada superficial, que apresenta aspecto muito irregular e microrrelevo decorrente dos montículos formados pelos excrementos de minhocas. Esses animais têm ocorrência generalizada em solos hidromórficos, sendo constatados em todos os locais de baixada, nas áreas de mata percorridas durante o estudo de campo ao longo da rodovia BR307 (Fi-

gura 23.1). Os exemplares capturados pertencem à família Glossoscolecidae, com ao menos três tipos morfológicos. Um deles com cerca de 1 cm de diâmetro e um segundo com 5 a 6 mm de diâmetro e comprimentos superiores a 60 cm nos exemplares imaturos (Foto 23.1). Um terceiro tipo era composto por animais de 2 a 3 mm de diâmetro e em torno de 20 cm de comprimento. Infelizmente, nenhum deles era adulto e, portanto, não foi possível realizar a identificação em nível específico.

Os solos estudados têm seqüência de horizontes A, com montículos de minhoca na superfície, E, Bh e C. O nível permanente do lençol freático nesses solos permanece de 10 a 20 cm de profundidade e os perfis estudados foram classificados como Espodosolos Cárpicos Hidromórficos (Tabela 23.1).

Descrição das bioestruturas na superfície dos solos

As bioestruturas formadas pelas minhocas na superfície do solo mostraram distribuição aleatória nas parcelas amostradas, com densidade média de $3,3 \pm 1,2$ montículos por metro quadrado (Tabela 23.2). Essas estruturas tinham formato cônico-arredondado, dimensões médias de 14 ± 2 cm de altura e 17 ± 2 cm de diâmetro basal, (Foto 23.2), com grande amplitude em virtude da contínua re-



Foto 23.1. As espécies de minhocas capturadas na planície hidromórfica da região do alto Rio Negro, AM, Brasil. (Foto A.L. Mafra)



Foto 23.2. Montículos de solo organomineral depositados na superfície do solo pela atividade bioturbadora das minhocas na região do alto Rio Negro, AM, Brasil. (Fotos A.L. Mafra)

Tabela 23.1. Características macromorfológicas de dois perfis típicos de solo sob ação das minhocas na planície hidromórfica, região do alto Rio Negro, AM, Brasil. O perfil P2 teve morfologia intermediária entre os perfis P1 e P3.

Am. ¹	Prof. (cm)	Cor úmida	Textura	Estrutura	Consistência		Outros aspectos	Transição	
					Seca ²	Úmida / Molhada			
P1: ESPODOSSOLO CÁRBICO Hidromórfico dúrico									
Ex.	15-0	10YR 3/2	Arenosa	Granular, muito grande, fraca	Macia	Muito friável	Lig. plástica e lig. pegajosa	Raízes finas comuns	Difusa e irregular
A	0-21	10YR 4/3 10YR 3/4	Arenosa	Grumosa e granular, muito grande, fraca	Muito macia	Muito friável	Lig. plástica e lig. pegajosa	Raízes abundantes	Clara e plana
E	21-73	10YR 6/2	Arenosa	Grãos simples	Solta	Solta	Não plástica e não pegajosa	Raízes abundantes	Clara e ondulada
Bh	73-110	10YR 2/2	Arenosa	Maciça	Lig. dura a dura	Friável a firme	Não plástica e não pegajosa	Cerosidade de natureza orgânica	Gradual e plana
BhC	110-130	10YR 3/3	Arenosa	Maciça	Lig. dura	Friável a firme	Não plástica e não pegajosa	Cerosidade de natureza orgânica	Gradual e plana
Cgr	130-150+	10YR 6/3 5Y 4/3	Franco-arenosa	Maciça	Lig. dura	Friável	Não plástica e não pegajosa	Micas e feidspatos intemperizados	-
P3: ESPODOSSOLO CÁRBICO Hidromórfico arênico (morfologia semelhante ao P4)									
Ex.	10-0	10YR 3/2	Arenosa	Granular, muito grande, fraca	Macia	Muito friável	Lig. plástica e lig. pegajosa	Raízes pouco abundantes	Difusa e irregular
A	0-18	10YR 3/2	Arenosa	Grumosa e granular, grande, fraca	Muito macia	Solta	Não plástica e não pegajosa	Raízes muito abundantes	Clara e plana
E	18-105	5Y 5/1	Arenosa	Grãos simples	Solta	Solta	Não plástica e não pegajosa	Raízes abundantes	Clara e plana
E/Bh	105-150	10YR 4/2 10YR 3/2	Arenosa	Maciça e grãos simples	Solta	Solta	Não plástica e não pegajosa	Raízes comuns	Gradual e plana
Cg	150-180+	2.5Y 7/2	Arenosa a franco-arenosa	Maciça	Lig. dura	Friável	Lig. plástica e lig. pegajosa	Raízes raras	-

¹ Am. = Amostras e horizontes do perfil pedológico; Ex. = excrementos de minhocas.

² Lig. = ligeiramente

Tabela 23.2. Aspectos descritivos dos montículos de minhoca em duas áreas distintas na planície hidromórfica, região do alto Rio Negro, AM, Brasil.

Áreas ¹	Densidade ²		Altura		Diâmetro basal		Massa	
	Md±DP	Amplit.	Md±DP	Amplit.	Md±DP	Amplit.	Md±DP	Amplit.
	(Número m ⁻²)		(cm)		(kg m ⁻²)			
A1	3,3±0,9	1,8-5,3	13,9±2,0	5-33	16,2±1,8	8-36	3,2±1,0	1,8-5,2
A2	3,4±1,2	1,3-5,5	13,8±1,2	6-30	16,9±1,6	8-32	3,5±1,2	1,5-5,2

¹ Médias de 25 repetições. A1, a cerca de 10 m do perfil P1 e A2, a cerca de 10 m do perfil P3 (Ver Figura 23.1).

² Md = média, DP = desvio padrão, Amplit. = amplitude

construção face ao desgaste promovido pela ação da chuva. A quantidade de material depositado nos montículos atingiu cerca de 3 kg m⁻² (Tabela 23.2), equivalente a uma camada de 3 mm de solo, ou aproximadamente 30 Mg ha⁻¹ de solo, considerando a densidade de 0,99 g cm⁻³ estimada para estas estruturas.

Essas bioestruturas apresentam aspectos morfológicos semelhantes ao horizonte superficial adjacente (Tabela 23.1). A coloração desses materiais é bruno-muito-escura, relacionada com a presença de matéria orgânica finamente fragmentada. A textura é arenosa, com estrutura formada por agregados granulares a grumosos, de 0,6 a 1,2 cm de diâmetro. O grau de estrutura é fraco, com consistência macia a muito macia quando seco, o

que se relaciona com a textura arenosa dos materiais. A consistência molhada é ligeiramente plástica a ligeiramente pegajosa. Raízes finas são comuns a abundantes.

Do ponto de vista micromorfológico, esses materiais têm estrutura isotrópica, sendo formados por um plasma organomineral, que preenche parcialmente o espaço entre o esqueleto. A composição é marcada pelo predomínio de grãos de quartzo (areia fina e média) e fragmentos vegetais, em alguns casos com a estrutura vegetal conservada (Fotos 23.3a, b). Os agregados presentes no horizonte A têm composição semelhante ao material que forma os excrementos (Fotos 23.3b, c), sendo variáveis quanto ao enriquecimento em material orgânico. Isto provavelmente se deva aos

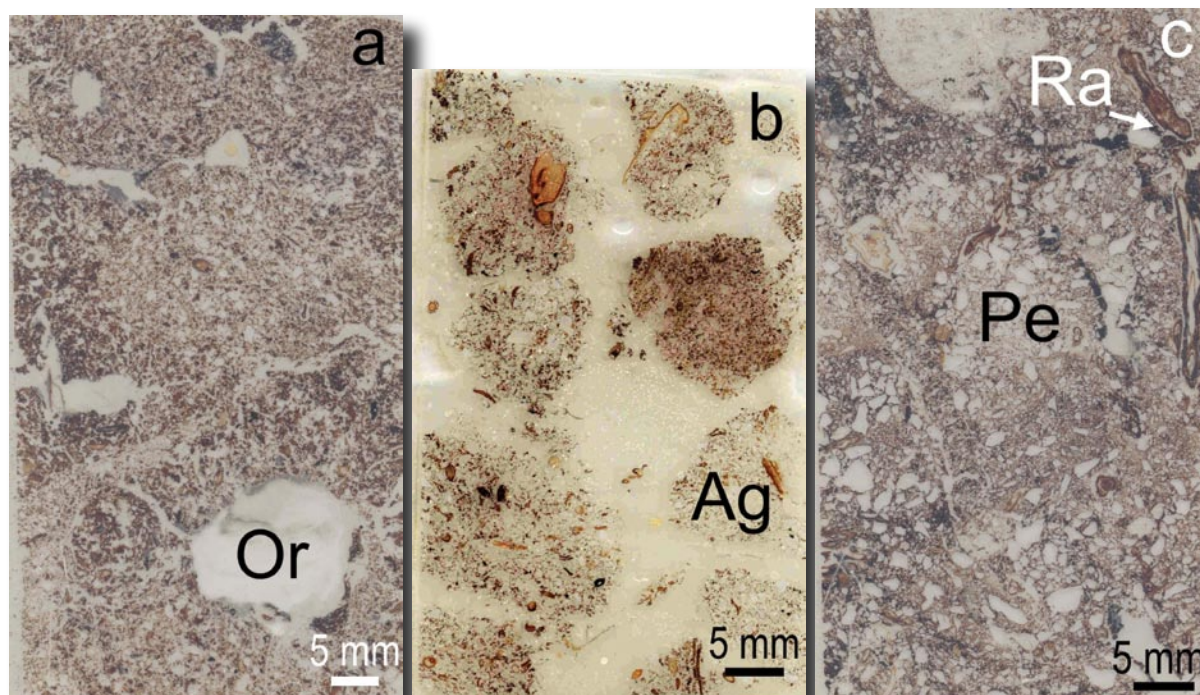


Foto 23.3. Imagens das seções delgadas dos constituintes de um Espodossolo sob influência da atividade de minhocas. (a) Montículo depositado na superfície do solo, evidenciando orifício (Or) de passagem do animal; (b) Horizonte A, com presença de agregados (Ag) formados pela ação da atividade animal; (c) Horizonte Bh, com presença de raízes (Ra) e pedotúbulos (Pe) formados durante o deslocamento das minhocas.

diferentes materiais ingeridos, tanto relacionados com os alimentos ingeridos, como provenientes da escavação e limpeza dos canais de circulação desses animais no perfil.

Ações das minhocas sobre o solo em subsuperfície

Em subsuperfície, abaixo da camada escura e enriquecida em matéria orgânica que compõe o horizonte A, encontrava-se uma camada de areia branca, constituindo o horizonte E. Sob este ocorria um horizonte escuro com acúmulo de matéria orgânica (Bh) e mais abaixo, o material de alteração do granito que compunha o horizonte C (Tabela 23.1). Nessas camadas subjacentes a estrutura é maciça, sendo alterada pela presença de inúmeros pedotúbulos formados pelas minhocas (Foto 23.3c). Estas bioestruturas apresentavam variações quanto ao tamanho e composição. Os agrotubos ocorriam no horizonte Bh e tinham de 2 a 15 mm de diâmetro, constituídos principalmente por areia fina; eram mais pobres em matéria orgânica e tinham cor mais clara que a matriz. Os isotubos e estriotubos, presentes principalmente no horizonte C e no saprolito, tinham de 4 a 12 mm de diâmetro, e constituição mais heterogênea, mostrando acúmulo de matéria orgânica na forma de um plasma isotrópico e, em algumas porções, concentração de areia grossa. Essas estruturas evidenciam intensa mistura de materiais no perfil advinda da atividade das minhocas.

Granulometria e atributos químicos dos materiais

A distribuição granulométrica dos materiais analisados mostrou-se similar entre as bioestruturas e o solo adjacente. Esses materiais tinham teores de argila inferiores a 60 g kg^{-1} e não apresentavam cascalho. Na base dos perfis os materiais de alteração que compõem o horizonte C tinham maior quantidade de material fino, chegando a 140 a 220 g kg^{-1} de argila (Tabela 23.3). Entre as areias, observou-se predomínio da fração fina, compondo 34 a 54% do total. A similaridade observada entre o material mobilizado pelas minhocas e o solo adjacente quanto ao tamanho das partículas foi também expressa pelo diâmetro médio e amplitude. Os perfis tiveram incremento progressivo no tamanho das partículas em profundidade, o que se deve ao aumento nos teores de cascalho e areia grossa, resultando num aumento do diâmetro médio (Tabela 23.4).

Os materiais analisados foram muitos ácidos, com pH em água variando de 4,2 a 4,9 em superfície, não havendo diferenças entre as estruturas biológicas e o solo adjacente. A semelhança entre esses materiais também se verificou em relação aos teores de carbono orgânico, bases e Al trocáveis, acidez potencial, capacidade de troca de cátions e saturação por alumínio. Contudo, as estruturas biológicas mostraram uma tendência de apresentar maior teor de fósforo (Tabela 23.3).

Algumas diferenças quanto à composição química foram constatadas entre os perfis analisados. O perfil 1 constituído por um Espodossolo Cárbico dúrico apresentou maior teor de carbono orgânico no horizonte Bh, atingindo cerca de 35 g kg^{-1} , o que difere dos perfis P3 e P4, que eram arênicos e apresentavam teores de carbono orgânico em torno de apenas 10 g kg^{-1} . Esta diferença entre os perfis arênicos e dúrico também se verificou com relação aos teores de Al trocável, acidez potencial e capacidade de troca de cátions, que foram mais elevados em subsuperfície no solo dúrico em relação aos outros espodossolos. A maior capacidade de troca catiônica observada no perfil P1 possivelmente esteja relacionada à extração de compostos organominerais amorfos pelo acetado de Ca. Estes compostos seriam formados com alumínio, abundante neste material, o que se manifesta pelos altos teores deste elemento na forma trocável, extraídos por KCl. Os teores de Al trocável podem ser relacionados com a quantidade de matéria orgânica nesses solos.

Discussão

Formação dos montículos na superfície do solo

A caracterização da atividade das minhocas, baseada na quantidade de montículos superficiais, constituiu-se numa estimativa estática efetuada em uma só época do ano, coincidente com o período de intensa pluviosidade local e maior desgaste dessas bioestruturas. A presença abundante de dejeções recentes, bruno-escuras, brilhantes e mais úmidas, constatadas durante o trabalho de campo evidencia uma dinâmica de renovação das mesmas, contínua e rápida. Nesse sentido, vários estudos têm mostrado boa correlação entre a produção de excrementos na superfície do solo e a atividade das minhocas (Edwards & Lofty, 1977).

Tabela 23.3. Granulometria e atributos químicos do solo e materiais sob ação das minhocas na planície hidromórfica, região do alto Rio Negro, AM, Brasil.

Am. ¹	Prof. (cm)	Granulometria			pH		C _{Org} ² (g kg ⁻¹)	P (mg kg ⁻¹)	Bases trocáveis		SB ³	Al	H+Al	T ⁴	m ⁵ (%)
		Areia	Silte	Argila	Água	KCl			K	Ca+Mg					
P1: ESPODOSSOLO CÁRBICO Hidromórfico dúrico															
Ex.	15-0	740	200	60	4,9	3,2	28	13	0,7	2	2,7	14	84	87	84
A	0-20	750	210	40	4,2	3,1	30	8	0,8	2	2,8	16	90	93	85
Bh	75-85	870	90	40	3,9	3,3	35	1	0,1	2	2,1	46	196	198	96
Cgr	140-150	660	170	170	4,2	3,7	17	2	0,7	2	2,7	49	262	265	95
P2: ESPODOSSOLO CÁRBICO Hidromórfico arênico															
Ex.	10-0	710	230	60	4,3	2,8	40	17	0,8	4	4,8	15	91	96	76
A	0-10	730	210	60	4,4	2,9	28	13	1,4	3	4,4	16	112	116	78
E/Bh	120-130	900	40	60	4,5	3,7	8	2	0,2	3	3,2	9	32	35	74
Cg	150-160	720	140	140	4,8	3,8	8	1	0,5	2	2,5	13	41	44	84
P3: ESPODOSSOLO CÁRBICO Hidromórfico arênico															
Ex.	10-0	830	120	50	4,6	2,7	40	15	0,8	3	3,8	12	100	104	76
A	0-10	840	110	50	4,2	2,7	37	10	1,5	2	3,5	13	104	108	79
E/Bh	130-140	920	40	40	3,7	3,0	13	2	0,5	4	4,5	9	50	55	67
Cg	170-180	500	280	220	4,6	3,7	31	2	1,2	5	6,2	26	115	121	81
P4: ESPODOSSOLO CÁRBICO Hidromórfico arênico															
Ex.	10-0	750	190	60	4,4	2,7	35	33	1,4	5	6,4	19	70	76	75
A	0-10	820	120	60	4,3	2,7	34	27	1,2	2	3,2	13	56	59	80
E/Bh	130-140	900	60	40	4,5	3,4	8	1	0,2	2	2,2	9	34	36	80
Cg	170-180	540	280	180	4,4	3,5	3	1	0,7	4	4,7	9	20	25	66

¹ Am. = Amostras; Ex. = excrementos de minhocas;² C_{Org} = carbono orgânico;³ SB = soma de bases trocáveis;⁴ T = CTC a pH 7,0 = [SB + (H+Al)];⁵ m = saturação por Al = (Al/(SB + Al))

A quantidade de excrementos acumulada na superfície do solo apresenta grandes variações entre diferentes formações florestais e condições pedoclimáticas. Porém, dados para as condições de floresta tropical úmida são em geral esparsos. Nye (1955), em um trabalho pioneiro, relata uma deposição anual de excrementos na superfície do solo sob floresta tropical mista de baixa altitude em Gana da ordem de 5 kg m^{-2} . Valores equivalentes são reportados em florestas da Índia, totalizando 4 kg m^{-2} (Tuneera & Ramakrishnan, 1991) e por Nooren et al. (1995) na Costa do Marfim, onde se constatou $3,2 \text{ kg m}^{-2}$. Neste caso, foi também avaliada a taxa de desintegração dessas estruturas superficiais, que chegou a 40%, considerando-se a pluviosidade local de 1.800 mm anuais. Quantidades sensivelmente maiores de excrementos depositados anualmente na superfície foram estimadas por Gould et al., (1987), atingindo cerca de 26 kg m^{-2} , num solo coberto por florestas tropicais na Malásia.

No Brasil, alguns estudos indicam um acúmulo anual de dejeções de minhoca em torno de 8 kg m^{-2} na superfície do solo sob floresta densa nas proximidades de Rio Branco, Acre (Guerra, 1988) e quantidades inferiores a $0,1 \text{ kg m}^{-2}$ em áreas de savana e floresta nos arredores de Boa Vista, Roraima (Guerra, 1994).

Influência das minhocas na organização estrutural do solo

As minhocas ora estudadas interferem na organização estrutural do solo, tanto na superfície pela formação dos montículos e fragmentação da serapilheira, quanto no interior do solo pela incorporação e mistura de materiais. Nesse caso, os animais descritos podem ser enquadrados quanto ao comportamento ecológico como anécicas (Fragoso & Lavelle, 1992), ou seja, minhocas que vivem em galerias no interior do solo e alimentam-se de serapilheira. Ressalta-se que as minhocas, juntamente com outros organismos da macrofauna, constituem-se engenheiros do solo (Lavelle et al., 1997), com marcante efeito sobre a estrutura e agregação, tanto em regiões temperadas (Van den Bygaart et al., 2000), como em regiões tropicais (Blanchart et al., 1997).

As implicações da atividade das minhocas nos solos estudados podem ser relacionadas com a marcante agregação das partículas na camada superficial do solo, o que também foi relatado por Miura et al. (1993) em solos do nordeste da Tailândia e descrito em exame microestrutural reportado

por West et al. (1991) e Phillips & FitzPatrick (1999) em Espodosolos e Cambissolos do hemisfério norte, e por Davidson et al. (2002) em solos brunos na Escócia. Assim, os montículos de solo presentes na superfície, constituídos por dejeções das minhocas, apresentam moderada resistência à desagregação pela chuva, sendo também influenciada pela presença abundante de raízes. Já os canais de circulação dos animais (Foto 23.3a) podem servir como drenos verticais de água, em ocasiões de chuvas intensas.

As minhocas também podem afetar a distribuição vertical e a dinâmica de decomposição da matéria orgânica. Na superfície do solo, os materiais orgânicos são ingeridos pelas minhocas, promovendo fragmentação e mistura junto às partículas minerais (Foto 23.3a, b). Dessa forma, é favorecida sua decomposição, favorecendo também a liberação de nutrientes para a vegetação, que forma um denso tapete de raízes no horizonte A. Possivelmente, a atividade conjunta da fauna edáfica e das plantas seja o fator mais importante para explicar a ocorrência de floresta tão desenvolvida, num solo extremamente arenoso e pobre em nutrientes, num ambiente permanentemente úmido.

Em subsuperfície, as galerias abertas por esses animais no interior do solo, descritas nos exames macro e micromorfológicos, podem ser relacionadas com a incorporação e mistura de materiais no perfil, evidenciado pela grande quantidade de fragmentos vegetais presentes nos excrementos e pedotúbulos. Esses animais podem contribuir para a mistura vertical de materiais no solo, criando canais que favorecem a circulação de soluções e matéria orgânica (Foto 23.3c), influenciando a formação do horizonte Bh em subsuperfície (Farmer et al., 1983).

Ação das minhocas em atributos físicos e químicos do solo

A formação dos montículos na superfície dos solos pelas minhocas em decorrência de seus hábitos alimentares e construtores cria condições diferenciadas de umidade e aeração. Essas modificações podem afetar vários atributos do solo e processos como ciclagem de nutrientes e decomposição da matéria orgânica (Lavelle, 1988). Saliencia-se que para as condições de solos florestais sob clima tropical úmido esses efeitos são ainda pouco conhecidos.

As bioestruturas superficiais aqui relatadas, da mesma forma que o horizonte superficial

desses solos, são constituídas por material de granulometria mais fina em relação aos horizontes pedológicos subjacentes (Tabela 23.4), o que pode ser resultante da triagem das partículas exercida por esses animais, como também decorrente do intemperismo químico dos grãos de quartzo em direção à superfície do solo (Fritsch, 1988). Saliencia-se nesse caso, que os constituintes do solo estariam estreitamente dependentes do material de origem subjacente, indicando autoctonia, conforme evidenciado pelas mudanças graduais na granulometria, composição e formato dos grãos, além da presença de litorelíquias no topo do horizonte Bh (Mafra et al., 2002).

Essas ações de ordem mecânica exercidas pelas minhocas podem resultar numa diferenciação textural, como descrito em relação ao acúmulo de uma camada arenosa na superfície de solos sob florestas tropicais na Costa do Marfim, pela erosão diferencial dos montículos formados por estes animais aí presentes (Nooren et al., 1995). Outro efeito sobre a granulometria dos materiais sob a ação

Essas ações de ordem mecânica exercidas pelas minhocas podem resultar numa diferenciação textural, como descrito em relação ao acúmulo de uma camada arenosa na superfície de solos sob florestas tropicais na Costa do Marfim, pela erosão diferencial dos montículos formados por estes animais aí presentes (Nooren et al., 1995). Outro efeito sobre a granulometria dos materiais sob a ação

Tabela 23.4. Distribuição granulométrica e análise estatística da fração areia dos solos e materiais sob ação das minhocas na planície hidromórfica, região do alto Rio Negro, AM, Brasil.

Am. ¹	Prof. (cm)	Cascalho (g kg ⁻¹)	Frações de areia ²					Diâmetro médio (mm)	Amplitude DM±DP ³
			MG	G	M	F	MF		
P1: ESPODOSSOLO CÁRBICO Hidromórfico dúrico									
Ex.	15-0	0	1	14	26	46	13	0,24	0,13 - 0,46
A	0-20	0	1	17	28	40	14	0,25	0,13 - 0,49
E	40-50	4	10	34	24	27	5	0,40	0,19 - 0,84
Bh	75-85	22	18	26	21	28	7	0,42	0,18 - 0,97
	90-100	43	21	23	20	28	8	0,42	0,17 - 1,01
BhC	110-120	54	22	23	20	27	9	0,42	0,17 - 1,03
Cgr	140-150	39	24	29	18	23	6	0,48	0,21 - 1,12
P2: ESPODOSSOLO CÁRBICO Hidromórfico arênico									
Ex.	10-0	0	0	4	15	54	27	0,17	0,10 - 0,28
A	0-10	0	0	7	16	51	26	0,18	0,10 - 0,32
E	30-40	0	1	11	20	50	18	0,21	0,11 - 0,40
	60-70	6	7	29	23	32	9	0,34	0,16 - 0,71
E/Bh	120-130	36	19	24	21	29	7	0,41	0,18 - 0,97
Cg	150-160	96	17	19	19	33	12	0,36	0,14 - 0,88
P3: ESPODOSSOLO CÁRBICO Hidromórfico arênico									
Ex.	10-0	0	0	8	21	48	23	0,19	0,11 - 0,37
A	0-10	1	2	15	21	45	17	0,24	0,12 - 0,48
E	30-40	2	2	16	27	43	11	0,26	0,13 - 0,50
	100-110	3	2	16	26	43	12	0,26	0,13 - 0,50
E/Bh	130-140	8	4	23	21	39	12	0,28	0,13 - 0,58
Cg	150-160	39	17	24	19	31	10	0,38	0,16 - 0,92
	170-180	29	17	22	22	30	9	0,38	0,16 - 0,92
P4: ESPODOSSOLO CÁRBICO Hidromórfico arênico									
Ex.	10-0	0	2	15	28	39	15	0,25	0,13 - 0,49
A	0-10	0	2	19	32	34	13	0,27	0,14 - 0,54
E	50-60	6	5	31	30	27	6	0,36	0,18 - 0,71
	100-110	5	6	29	29	29	7	0,35	0,17 - 0,71
E/Bh	130-140	39	19	28	24	23	6	0,45	0,20 - 1,02
Cg	160-170	142	18	29	23	19	10	0,43	0,18 - 1,02

¹ Am. = Amostras; Ex. = excrementos de minhocas;

² Frações: MG = muito grossa: 2-1 mm; G = grossa: 1-0,5 mm; M = média: 0,5-0,25 mm; F = fina: 0,25-0,1 mm; MF = muito fina: 0,1-0,05 mm;

³ Diâmetro médio ± desvio padrão.

das minhocas foi relatado por West et al. (1991), que indica segregação das partículas exercida por estes animais, resultando em maior quantidade de argila e menor quantidade de areia grossa nos excrementos em relação ao solo original.

Alguns trabalhos conduzidos nas condições de floresta tropical úmida têm evidenciado modificações na composição química dos materiais presentes nas dejeções das minhocas em relação ao solo controle onde atuam. Tuneera & Ramakrishnan (1991) evidenciaram maior teor de nutrientes nas bioestruturas em solos do nordeste da Índia. Efeitos semelhantes em relação à quantidade de carbono e nutrientes foram relatados em solos da Tailândia (Miura et al., 1993) e detalhados em condições controladas por Ganeshamurthy et al. (1998), que atribuíram as mudanças na composição dos materiais ao comportamento alimentar seletivo das minhocas, concentrando carbono e nutrientes nos excrementos. Esses autores observaram também aumento na atividade enzimática nas bioestruturas, o que contribuiria no incremento dos teores de fósforo e enxofre das dejeções. Outro estudo desenvolvido num solo sob plantações de manga no Senegal, comparou atributos físicos e químicos do solo entre estruturas formadas por minhocas e o solo adjacente (Mora et al., 2003). A composição química em termos de nutrientes e os fatores físicos, com exceção do armazenamento de água, não tiveram variação significativa entre os diferentes materiais analisados. As maiores diferenças foram encontradas em relação aos conteúdos de compostos aminados, proteínas e fenóis, sugerindo que as estruturas biológicas representariam locais de armazenamento da matéria orgânica, de forma mais protegida contra mineralização (Mora et al., 2003).

As interferências da atividade das minhocas na dinâmica da matéria orgânica têm relação com o consumo e fragmentação da serapilheira, o que particularmente mostra-se variável em função do hábito alimentar das minhocas. Anderson et al. (1983) constataram que as minhocas não interferiam significativamente na decomposição da serapilheira num estudo conduzido em Sarawak, Indonésia, o que possivelmente se explica pela participação mais efetiva de outros grupos de animais nesse processo e/ou pelo predomínio de espécies de minhocas geófagas nesta área. Já em outro estudo considerando diversas situações Swift & Anderson (1989), puderam constatar que além da ação direta das minhocas na fragmentação da serapilheira pela ingestão, estes animais influíam na decomposição dos materiais pelo soterramento da

fitomassa quando da construção dos montículos na superfície. A velocidade de humificação da matéria orgânica também depende da interação das minhocas com a atividade microbiana. Em alguns casos se observa aceleração inicial na decomposição dos materiais pelo aumento da atividade microbiana em resposta à condições favoráveis no interior do trato digestivo desses animais (Edwards, 1985). Com o tempo, observa-se, em muitos casos, menor decomposição da matéria orgânica em relação ao solo controle, em virtude da proteção física exercida pela estrutura mais compacta presente nos montículos e pelas ligações entre os componentes orgânicos e minerais, favorecido pela secreção de compostos orgânicos pelas minhocas (Shipitalo & Protz, 1989; Lavelle & Martin, 1992).

Além das implicações de ordem estritamente pedológica, muitas das alterações na estrutura e composição dos materiais trabalhados pelas minhocas, podem também afetar o desenvolvimento da vegetação, pela criação de condições mais favoráveis ao crescimento das raízes, o que favoreceria o reestabelecimento de plantas em áreas abertas (Araujo & López-Hernández, 1999).

Conclusões

O microrrelevo presente de forma generalizada na superfície dos solos hidromórficos presentes na região estudada é resultante da atividade de minhocas, pela deposição de excrementos.

Essas estruturas têm cor, estrutura, distribuição granulométrica e composição química semelhante ao horizonte A adjacente, apontando para uma ação marcante das minhocas sobre a camada superficial desses solos, fazendo supor que todo este material tenha sido mobilizado pelos animais.

A atividade das minhocas influencia diretamente a agregação e porosidade na camada superficial do solo, afetando também a dinâmica da matéria orgânica e dos nutrientes, pela mistura de materiais no perfil do solo, inclusive em subsuperfície, a cerca de 70 a 150 cm de profundidade.

Referências

ANDERSON, J. M.; PROCTOR, J.; VALLACK, H. W. Ecological studies in four contrasting lowland rain forests in Gunung Mulu National Park, Sarawak,

- III. Decomposition processes and nutrient losses from leaf litter. **Journal of Ecology**, v. 71, p. 503-527, 1983.
- ARAUJO, Y.; LÓPEZ-HERNÁNDEZ, D. Earthworm populations in a savanna-agroforestry system of Venezuelan Amazonia. **Biology and Fertility of Soils**, v. 29, p. 413-418, 1999.
- BASTARDIE, F.; CANNAVACCIUOLO, M.; CAPOWIEZ, Y.; DREUZY, J. R.; BELLIDO, A.; CLUZEAU, D. A new simulation for modelling the topology of earthworm burrow systems and their effects on macropore flow in experimental soils. **Biology and Fertility of Soils**, v. 36, p. 161-169, 2002.
- BLANCHART, E.; LAVELLE, P.; BRAUDEAU, E.; BISSONNAIS, Y.; VALENTIN, C. Regulation of soil structure by geophagous earthworm activities in humid savannas of Ivory Coast. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 29, p. 431-439, 1997.
- BOUCHÉ, M. B.; AL-ADDAN, F. Earthworms, water infiltration and soil stability: some new assessments. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 29, p. 441-452, 1997.
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia, Departamento Nacional da Produção Mineral. Levantamento de Recursos Naturais, **Projeto Radambrasil: Pico da Neblina**. Rio de Janeiro: 1976. 374 p. Folha NA.19.
- BULLOCK, P.; FEDEROFF, N.; JONGERIUS, A.; STOOPS, G.; TURSINA, T. **Handbook for soil thin section description**. London: Waine Research Publications, 1985, 152 p.
- CAMARGO, O. A.; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A. S. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos**. Campinas: IAC, 1986, 94 p. (Boletim Técnico, 106).
- CASTRO, S. S. Impregnação de amostras de solo para confecção de lâmina delgada. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 10, p. 44, 1985.
- DAVIDSON, D. A.; BRUNEAU, P. M. C.; GRIEVE, I. C.; YOUNG, I. M. Impacts of fauna on an upland grassland soil as determined by micromorphological analysis. **Applied Soil Ecology**, v. 20, p. 133-143, 2002.
- EDWARDS, C. A. Earthworms in soil formation, structure and fertility. **Quaestiones Entomologicae**, v. 21, p. 517-522, 1985.
- EDWARDS, C. A.; LOFTY, J. R. **Biology of earthworms**, 2 ed. London: Chapman and Hall, 1977. 333 p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p. (EMBRAPA- CNPS. Documentos, 1).
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 1999. 412 p.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Mapa de solos do Brasil**. Rio de Janeiro: 1981.
- FARMER, V. C.; SKJEMSTAD, J. O.; THOMPSON, C. H. Genesis of humus B horizons in hydromorphic humus podzols. **Nature**, v. 304, p. 342-344, 1983.
- FOLK, R. L.; WARD, W. C. Brazos river bar: a study on the significance of grain-size parameters. **Journal of Sediment Petrology**, v. 27, p. 3-26, 1957.
- FRAGOSO, C.; LAVELLE, P. Earthworm communities of tropical rain forests. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 24, p. 1397-1408, 1992.
- FRITSCH, E. Morphologie des quartz d'une couverture ferrallitique dégradée par hydromorphie. **Cahiers ORSTOM**, v. 24, p. 3-15, 1988. Série Pédologie.
- GANESHAMURTHY, A. N.; MANJIAH, K. M.; RAO, A. S. Mobilization of nutrients in tropical soils through worm casting: availability of macronutrients. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 30, p. 1671-1676, 1998.
- GOULD, E.; ANDAU, M.; EASTON, E. Observations of earthworms in Sepilok forest, Sabah, Malaysia. **Biotropica**, v. 19, p. 370-372, 1987.
- GUERRA, R. T. Ecologia dos oligochaeta da Amazônia. II. Estudo da estivação e da atividades de *Chibui bari*, através da produção de excrementos. **Acta Amazonica**, v. 18, p. 27-34, 1988.
- GUERRA, R. T. Earthworm activity in forest and savanna soils near Boa Vista, Roraima, Brazil. **Acta Amazonica**, v. 24, p. 303-308, 1994.
- GUGGENBERGER, G.; THOMAS, R. J.; ZECH, W. Soil organic matter within earthworm casts of an anecic-endogeic tropical pasture community, Colombia. **Applied Soil Ecology**, v. 3, p. 263-274, 1996.
- HÖFER, H.; HANAGARTH, W.; GARCIA, M.; MARTIUS, C.; FRANKLIN, E.; ROEMBKE, J.; BECK, L. Structure and function of soil fauna communities in Amazonian anthropogenic and natural ecosystems. **European Journal of Soil Biology**, v. 37, p. 229-235, 2001.
- LAVELLE, P. Earthworm activities and the soil system. **Biology and Fertility of Soils**, v. 6, p. 237-251, 1988.
- LAVELLE, P.; BIGNELL, D.; LEPAGE, M.; WOLTERS, V.; ROGER, P.; INESON, P.; HEAL, O. W.; DHILLION, S. Soil function in a changing world:

- The role of invertebrate ecosystem engineers. **European Journal of Soil Biology**, v. 33, p. 159-193, 1997.
- LAVELLE, P.; MARTIN, A. Small-scale and large-scale effects of endogeic earthworms on soil organic matter dynamics in soils of the humid tropics. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 24, p. 1492-1498, 1992.
- LEMOS, R. C.; SANTOS, R. D. **Manual de método de trabalho de campo**. 4ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. 83 p.
- LIMA, P. C.; CURI, N.; LEPSCH, I. F. Terminologia de micromorfologia do solo. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 10, p. 33-43, 1985.
- MAFRA, A. L.; MIKLÓS, A. A. W.; MELFI, A. J.; VOLKOFF, B. Pedogênese numa seqüência Latossolo-Espodossolo na região do Alto Rio Negro, Amazonas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 381-394, 2002.
- MIURA, K.; SUBHASARAM, T.; NOOCHAN, N.; TAWINTHUNG, N. Influence of cast formation by Megascolecid earthworms on some soils in Northeast Thailand. **Japanese Journal of Tropical Agriculture**, v. 37, p. 202-208, 1993.
- MORA, P.; SEUGE, C.; CHOTTE, J. L.; ROULAND, C. Physico-chemical typology of the biogenic structures of termites and earthworms: A comparative analysis. **Biology and Fertility of Soils**, v. 37, p. 245-249, 2003.
- NOOREN, C. A. M.; VAN BREEMEN, N.; STOOORVOGEL, J. J.; JONGMANS, A. G. The role of earthworms in the formation of sandy surface soils in a tropical forest in Ivory Coast. **Geoderma**, v. 65, p. 135-148, 1995.
- NYE, P. H. Some soil forming processes in the humid tropics. IV. Action of soil fauna. **Journal of Soil Science**, v. 6, p. 78-84, 1955.
- PHILLIPS, D. H.; FITZPATRICK, E. A. Biological influences on the morphology and micromorphology of selected Podzols (Spodosols) and Cambisols (Inceptisols) from the eastern United States and north-east Scotland. **Geoderma**, v. 90, p. 327-364, 1999.
- RODRIGUES, W. A. Aspectos fitossociológicos das caatingas do Rio Negro. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, v. 15, p. 1-62, 1961. Serie Botânica.
- SHIPITALO, M. J.; PROTZ, R. Chemistry and micromorphology of aggregation in earthworm casts. **Geoderma**, v. 45, p. 357-374, 1989.
- STOUT, J. D.; GOH, K. M. The use of radiocarbon to measure the effects of earthworms on soil development. **Radiocarbon**, v. 22, p. 892-896, 1980.
- SWIFT, M. J.; ANDERSON, J. M. Decomposition. In: LIETH, H.; WERGER, M. J. A. (Ed.). **Tropical rain forest ecosystems**. Amsterdam: Elsevier, 1989. p. 547-569
- TUNEERA, B.; RAMAKRISHNAN, P.S. Population dynamics of earthworms and their activity in forest ecosystems of north-east India. **Journal of Tropical Ecology**, v. 7, p. 305-318, 1991.
- VAN DEN BYGAART, A. J.; FOX, C. A.; FALLOW, D. J.; PROTZ, R. Estimating earthworm-influenced soil structure by morphometric image analysis. **Soil Science Society of America Journal**, v. 64, p. 982-988, 2000.
- VAN LIER, Q. J.; VIDAL-TORRADO, P. Phi: programa de microcomputador para análise estatística da granulometria de sedimentos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 16, p. 277-281, 1992.
- WEST, L. T.; HENDRIX, P. F.; BRUCE, R. R. Micromorphic observation of soil alteration by earthworms. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 34, p. 363-370, 1991.
- ZHANG, X.; WANG, J.; XIE, H.; WANG, J.; ZECH, W. Comparison of organic compounds in the particle-size fractions of earthworm casts and surrounding soil in humid Laos. **Applied Soil Ecology**, v. 23, p. 147-153, 2003.

Listado de las especies de lombrices de tierra de América Central (Guatemala, Belice, Honduras, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica, Panamá), las “Guyanas” (Surinam, Guyanne Française, Guyana), Venezuela y Paraguay

George G. Brown; Carlos Fragoso

Abstract

This chapter presents for the first time, the diversity of native and exotic earthworm species of Surinam, French Guyana, Guyana, Venezuela and Paraguay and updates the species list of Central America. The number of native and exotic species known in each of these countries is, respectively: Surinam, 9 and 5; French Guyana, 23 and 9; Guyana, 7 and 5; Venezuela, 55 and 19; Paraguay, 8 and 27; Guatemala, 17 and 11; Belize, 2 and 7; Honduras, 3 and 9; El Salvador, 9 and 7; Nicaragua, 0 and 3; Costa Rica, 23 and 11; and Panamá, 17 and 15. The total number of known native and exotic earthworms is 67 and 29 species in Central America and 36 and 13 species in the “Guyanas”, respectively. Most of the native earthworms in the South American countries, Costa Rica and Panama belong to the Glossoscolecidae family, although Acanthodrilidae are also important in the other Central American countries; the Ocnerodrilidae families are found in almost all countries listed. The spatial distribution of the samples in most countries shows that there are still many unexplored areas and that greater sampling efforts and taxonomic studies are needed to properly assess the true diversity of the Oligochaete fauna of these countries.

Resumen

Se presenta por primera vez un listado de las lombrices de tierra nativas y exóticas de Surinam, Guyana Francesa, Guyana, Venezuela y Paraguay y se actualiza el de América Central. El número de especies nativas y exóticas conocidas en cada uno de estos países fue, respectivamente: Surinam, 9 y 5; Guyana Francesa, 23 y 9; Guyana, 7 y 5; Venezuela, 55 y 19; Paraguay, 8 y 27; Guatemala, 17 y 11; Belice, 2 y 7; Honduras, 3 y 9; El Salvador, 9 y 7; Nicaragua, 0 y 3; Costa Rica, 23 y 11; y Panamá, 17 y 15. El total de especies en América Central fueron 67 nativas y 29 exóticas; para las “Guyanas” fueron 36 y 13 especies, respectivamente. La mayor parte de las lombrices nativas encontradas en los países sudamericanos y en Costa Rica y Panamá pertenece a la familia Glossoscolecidae, aunque Acanthodrilidae también fue importante en los otros países centroamericanos; los ocnerodrilidos se presentaron en casi todos los países. En la mayor parte de estos países la distribución espacial de los muestreos indica la existencia de áreas inexploradas que requieren mayores esfuerzos de muestreo y estudios taxonómicos para conocer mejor la oligoquetofauna de todos estos países.

Introducción

Hasta la fecha no se ha realizado un inventario de la biodiversidad de lombrices de tierra del Paraguay, de Venezuela, Surinam, la Guyana Francesa y Guyana. Fragoso et al. (1995) enlistaron las especies nativas de América Central, pero no proporcionaron los registros de las localidades ni tampoco un listado de las especies exóticas en cada país. Con



objeto de actualizar esta información, el presente capítulo sintetiza la información disponible de las lombrices de tierra nativas y exóticas de los países centroamericanos (continentales) y las "Guyanas" (*sensu lato*); también se incluye información para Venezuela y Paraguay, países que no cuentan hasta el momento con un inventario de especies. Para cada país se proporcionan las localidades de colecta y las respectivas referencias bibliográficas pertinentes. En aquellos casos en que los autores no han citado las localidades o cuando no se conocen, se les ha puesto un signo de interrogación (?). Aunque el listado trató de usar la información disponible, es posible que se hayan omitido algunas referencias y/o especies. En este caso pedimos a los lectores ayuda para actualizar los listados en futuras publicaciones.

Biodiversidad de lombrices de tierra en la América Central Continental

América Central Continental se sitúa aproximadamente entre 7° - 18° N y 77° - 92.5° W. Es una porción de tierra extensa pero relativamente estrecha, situada entre México (América del Norte) y Colombia (América del Sur). A lo largo de estos 1900 km se encuentran varias cadenas montañosas y numerosos volcanes que se extienden desde Panamá hasta Guatemala (principalmente en el lado del Pacífico); el accidentado paisaje es fruto de la historia geológica, incluyendo el movimiento de la placa caribeña hacia el Océano Pacífico. El último contacto entre América del Norte y América del Sur ocurrió en América Central hace 3 millones de años, terminando de unir dos continentes que habían estado conectándose intermitentemente. La mezcla de la fauna y flora de ambos continentes generó una biota bastante diversificada (con especies endémicas), intermediaria entre los dos. Por esta razón la fauna oligoquetológica de América Central esta compuesta de familias, géneros (y especies) típicas tanto de la parte neotropical de Norte América como de la región norte de Sudamérica.

A pesar de la importancia biogeográfica de Centroamérica, las lombrices de esta región han sido en general poco estudiadas; inclusive algunos países apenas si cuentan con registros de lombrices (por ejemplo Honduras). De Nicaragua se conocen solamente lombrices de las intercepciones realizadas en la aduana de los EUA (Gates 1965, 1972a, 1982). Aunque en 1867 Kinberg registró

las primeras lombrices de la región, fue 30 años más tarde cuando Gustav Eisen, a partir de ejemplares colectados en sus viajes, describió más de 15 especies (Eisen 1893, 1896a,b, 1900), muchas de las cuales (principalmente Ocherodrilidae) posteriormente fueron calificadas como sinónimos (especialmente por Gates, 1973a). Desafortunadamente muchas de las especies (y tipos) que Eisen colectó y describió se perdieron durante el gran temblor en San Francisco en 1906.

Algunos años más tarde y a partir de ejemplares colectados por diversos exploradores europeos, Luigi Cognetti de Martiis (Cognetti, 1904a,b, 1905a, 1907, 1908) describió diversas especies centroamericanas y publicó la lista de las especies conocidas de la región neotropical (Cognetti, 1905b, 1906). A estos trabajos siguieron los de J. Wilhelm Michaelsen y Leon Černosvitov quienes describieron principalmente especies de Guatemala (colectadas por Eisen), Costa Rica (Michaelsen, 1899, 1911, 1912) y Honduras (Michaelsen, 1935; Černosvitov, 1942). Gordon E. Gates actualizó los listados de Cognetti (*loc. cit.*, arriba) pero solo para México, la mayor parte del Caribe y Centro América (Gates, 1942). Las especies de El Salvador fueron estudiadas y descritas principalmente por Otto Graff, quien encontró 15 especies (Graff, 1957). Por estos años Gates (1957, 1962a) registró varias especies nativas y exóticas (principalmente colectadas por Eisen) en Guatemala.

Más recientemente Gilberto Righi y Julio Fraile Merino (Righi, 1972; Righi & Merino, 1987), Csaba Csuzdi y András Zicsi (Csuzdi & Zicsi, 1991), Samuel James (James, datos no publicados; comunicación personal) y Emmanuel Lapied (comunicación personal; Lapied & Lavelle, 2003) estudiaron diversas especies provenientes de Costa Rica. En Panamá, varias especies nativas y exóticas fueron estudiadas por la familia Reynolds (Reynolds & Reynolds, 2002), Ana Moreno (Moreno & Pérez-Santos, 1997), Csuzdi & Zicsi (1991), Zicsi (1992), James (1990), Righi (1984b) y Gates (1968, 1972b, 1973c, 1979a). John W. Reynolds y colaboradores (Reynolds & Righi, 1994; Reynolds & Guerra, 1995; Reynolds et al., 1995) fueron los primeros en registrar lombrices de Belice, de donde se conocen apenas nueve especies: dos nativas y siete exóticas.

La última síntesis de información sobre la diversidad y distribución de las lombrices de tierra de la región fue publicada por Fragoso et al. (1995), quienes registraron 44 especies nativas,

aunque no incluyeron las especies exóticas. En los Cuadros 24.1-24.7 se actualiza este listado, con información sobre la distribución (localidades de colecta) y referencias bibliográficas de cada especie nativa y exótica de Panamá (Cuadro 24.1), Costa Rica (Cuadro 24.2), El Salvador (Cuadro 24.3), Guatemala (Cuadro 24.4), Belice (Cuadro 24.5), Honduras (Cuadro 24.6) y Nicaragua (Cuadro 24.7).

Tomando en cuenta la información de los Cuadros 24.1-24.7, en Centroamérica se han registrado 96 especies de lombrices terrestres; de estas 67 son nativas y 29 exóticas (Cuadro 24.8). La mayor parte de las especies nativas son de las familias Acanthodrilidae (39 spp.) y Glossoscolecidae (19 spp.). Muchas más especies nuevas de estas u otras familias (v.g. Ocnerodrilidae) se encontrarán cuando se realicen mayores esfuerzos de colecta. Particularmente importante será el estudio de las lombrices nativas de Ocnerodrilidae para dilucidar si son válidas las sinonimias de *Ocnerodrilus occidentalis* Eisen, 1878 realizadas por Gates (1973c) y cuestionadas por Righi & Merino (1987) y Righi (1994).

Los países mejor conocidos y con mayor diversidad de especies nativas y exóticas de esta región son Costa Rica (23 y 11 spp., respectivamente), Panamá (17 y 15 spp., respectivamente) y Guatemala (15 y 11 spp., respectivamente). En Costa Rica (Fraile-Merino, 1989; Lapied & Lavelle, 2003; Sánchez-de-León et al., 2006) y Panamá (Sarlo, 2006) se han realizado además, diversos estudios ecológicos sobre lombrices de tierra. De Belice y Honduras se conocen sólo 2 y 3 especies nativas, respectivamente, y de Nicaragua se conocen solamente tres especies exóticas. En estos dos últimos países investigadores del CIAT realizaron diversos estudios ecológicos (Edmundo Barrios, comunicación personal, 2006), aunque las lombrices colectadas no se han identificado. De El Salvador se conocen 16 especies, 15 de ellas del estudio de Graff (1957).

Considerando el bajo esfuerzo de muestreo realizado hasta la fecha en la mayor parte de Centroamérica, el número de especies de lombrices de tierra conocidas subestima la biodiversidad total. Debido a que la fauna nativa se concentra en sitios no perturbados, es urgente concentrar los esfuerzos de colecta en las áreas mejor conservadas de vegetación natural (reservas, parques). El muestreo en áreas perturbadas también deberá realizarse, con objeto de averiguar el grado de invasión de las exóticas así como registrar la permanencia de nativas.

Las lombrices de tierra de las Guyanas (Surinam, Guyana, Guyanne Française)

Las Guyanas (*sensu lato*) incluyen Surinam (ex-Guyana Holandesa), Guyana (ex-Guyana Inglesa) y Guyana Francesa, aunque algunas partes del sur de Venezuela y del norte de Brasil también se encuentran dentro de esta región geográfica. El territorio está limitado al norte por el Océano Atlántico y una planicie costera, al este por la cuenca del Río Orinoco y al sur y al oeste por la cuenca del Río Amazonas. La principal característica físico-geográfica de la región es la presencia de un macizo montañoso antiquísimo (dos mil millones de años) llamado el plató de las Guyanas, constituido por mesetas y picos no muy altos aunque impresionantes y por los llamados “*tepuis*”, que sobresalen de las planicies aledañas con vegetación selvática Amazónica o praderas nativas de la región y que llegan a alcanzar 2727 m (Monte Roraima) y 2994 m (Pico da Neblina). La fauna y flora de la región continúa siendo poco explorada o conocida y está constituida por muchas especies endémicas.

El primer registro de lombrices de tierra de la región fue de Edmond Perrier (1872), quien mencionó la presencia en la Guyana Francesa (Cayena) de *Pontoscolex corethrurus* (Müller, 1857) y de una especie gigante, *Anteus gigas*. Desafortunadamente, esta última especie no se ha encontrado de nuevo y los tipos están perdidos (Reynolds & Cook, 1976), por lo que el género actual de la especie es incierto (principalmente porque no se conoce la estructura de las glándulas calcíferas). A finales del siglo XIX varios taxónomos europeos describieron diversas especies nativas y reportaron especies exóticas de Surinam (Horst 1887, 1898, 1899) y Guyana (Rosa, 1898; Beddard, 1887a,b, 1891, 1895, 1900; Beddard & Fedarb, 1899).

El conocimiento de la fauna de Surinam se debe principalmente a los trabajos de Michaelsen (1900, 1918, 1933), R. Horst (*loc. cit.*, arriba) y Righi (1969, 1993a). En total, se encuentran en el país 14 especies, cinco exóticas y nueve nativas (principalmente de la familia Glossoscolecidae) (Cuadros 24.8 y 24.9). De Guyana se conocen 12 especies, siete nativas (6 spp. de la familia Glossoscolecidae) y cinco exóticas (Cuadros 24.8 y 24.10).

La oligoquetofauna de la Guyana Francesa fue descrita principalmente por Černovítov (1934, 1935) a partir de ejemplares colectados en una misión (Geay) realizada al final del siglo XIX. Los ejemplares están depositados en la colección del

Cuadro 24.1. Lista y distribución de las lombrices de tierra nativas y exóticas de Panamá.

Familia Género y especie	Localidad	Referencia	Origen
Glossoscolecidae			
<i>Anteoides</i> sp. nov. 1	Sardinilla	James (datos no publicados)	Nativa
<i>Diachaeta</i> (<i>Diachaeta</i>) <i>thomasii</i> Benham, 1886	Isla Contadora	Reynolds & Reynolds (2002)	Exótica
<i>Glossodrilus crassicauda</i> (Cognetti, 1905)	Punta de Sabana	Cognetti (1905a)	Nativa
<i>Glossodrilus parvus</i> Cognetti, 1905	Ciman	Cognetti (1905a)	Nativa
<i>Glossodrilus nemoralis</i> (Cognetti, 1905)	Margen del Río Cianati	Cognetti (1905a)	Nativa
<i>Glossodrilus smithi</i> (Cognetti, 1905)	Punta de Sabana	Cognetti (1905a)	Nativa
<i>Martiodrilus</i> (<i>Cordilleroscolex</i>) <i>darsonianus</i> (Cognetti, 1905)	Margen del Río Cianati	Cognetti (1905a)	Nativa
<i>Martiodrilus</i> (<i>Cordilleroscolex</i>) <i>panamaensis</i> James, 1990	En las afueras de la Ciudad de Panamá	James (1990)	Nativa
<i>Martiodrilus yunkerii</i> (Gates, 1968)	Darién	Gates (1968)	Nativa
<i>Perisoclex brachycystis</i> (Cognetti, 1905)	Punta de Sabana, Cristóbal Colón	Cognetti (1905a), Zicsi (1992)	Nativa
<i>Perisoclex mirus</i> Cognetti, 1905	Margen del Río Cianati	Cognetti (1905a)	Nativa
<i>Pontoscolex</i> (<i>Pontoscolex</i>) <i>corethrurus</i> (Müller, 1857)	Isla Contadora, margen del Río Lara, Colón, Isla San José, Panamá, Ciman	Cognetti (1905a), Michaelsen (1916, 1918), Reynolds & Reynolds (2002)	Exótica
<i>Pontoscolex</i> (<i>Pontoscolex</i>) <i>illjeborgi</i> Eisen, 1896 ¹	Isla San José	Kinberg (1867)	Nativa
<i>Onychochaeta elegans elegans</i> (Cognetti, 1905)	Punta de Sabana	Cognetti (1905a)	Exótica
<i>Randrilus simonoi</i> Moreno & Pérez-Santos, 1997	Nusagandi	Moreno & Pérez-Santos (1997)	Nativa
<i>Randrilus soriao</i> Moreno & Pérez-Santos, 1997	Playona (Darién)	Moreno & Pérez-Santos (1997)	Nativa
Acanthodrilidae			
Subfamilia Benhamiinae			
<i>Dichogaster</i> (<i>Diplotheocodrilus</i>) <i>affinis</i> (Michaelsen, 1890)	Cristóbal	Csuzdi & Zicsi (1991)	Exótica
<i>Dichogaster</i> (<i>Diplotheocodrilus</i>) <i>bolau</i> (Michaelsen, 1891)	Punta de Sabana, Cristóbal, Isla Contadora	Cognetti (1905a), Csuzdi & Zicsi (1991), Reynolds & Reynolds (2002)	Exótica
<i>Dichogaster</i> (<i>Diplotheocodrilus</i>) <i>modiglianii</i> (Rosa, 1896)	Panamá, Cristóbal	Righi (1984b), Csuzdi & Zicsi (1991)	Exótica
<i>Dichogaster</i> (<i>Diplotheocodrilus</i>) <i>saliens</i> (Beddard, 1893)	Panamá	Righi (1984b)	Exótica
<i>Dichogaster</i> (?) sp.	Panamá, Punta de Sabana	Cognetti (1905a)	?
<i>Eutrigaster</i> (<i>Graffia</i>) <i>sporadonephra sporadonephra</i> (Cognetti, 1905)	Punta de Sabana, margen de los Ríos Lara y Cianati	Cognetti (1905a)	Nativa

<i>Eutrigaster (Graffia) verens</i> (Cognetti, 1905)	Punta de Sabana	Cognetti (1905b)	Nativa
<i>Pickfordia (Omodeoscolex) divergens divergens</i> (Cognetti, 1905)	Punta de Sabana	Cognetti (1905a), Jamieson (1974)	Nativa?
Megascolecidae			
<i>Amyntas corticis</i> (Kinberg, 1867)	La Laguna (Volcán, Chiriqui)	Gates (1972a,b)	Exótica
<i>Amyntas gracilis</i> (Kinberg, 1867)	Isla Contadora	Reynolds & Reynolds (2002)	Exótica
<i>Metaphire californica</i> (Kinberg, 1867)	Colón	Cognetti (1905a)	Exótica
<i>Polypheretima elongata</i> (Perrier, 1872)	Panamá, Isla Contadora	Cognetti (1905a), Reynolds & Reynolds (2002)	Exótica
Ocnerothriidae			
<i>Nematogenia panamaensis</i> Eisen, 1900	Panamá?	Eisen (1900)	Exótica
<i>Ocnerothrius sabanae</i> Cognetti, 1905	Punta de Sabana	Cognetti (1905a,b)	Nativa
Eudriidae			
<i>Eudrilus eugeniae</i> (Kinberg, 1867)	Isla Contadora y varias otras localidades	Eisen (1900), Reynolds & Reynolds (2002)	Exótica
Lumbricidae			
<i>Dendrodrilus rubidus subrubicundus</i> (Eisen, 1874)	? (En suelo de orquídeas, llegando a los EUA)	Gates (1979a)	Exótica
<i>Octolasion lacteum</i> (Savigny, 1826)	? (En suelo de orquídeas, llegando a los EUA)	Gates (1973c)	Exótica

¹ La lombriz identificada por Kinberg (1867) puede ser tanto *P. corethrorurus* como *P. liljeborgi* Eisen, 1896, dada la descripción incompleta del autor (Michaelson, 1918).

Cuadro 24.2. Lista y distribución de las lombrices de tierra nativas y exóticas de Costa Rica.

Familia Género y especie	Localidad	Referencia	Origen
Glossoscolecidae			
<i>Andiodrilus biolleyi</i> Cognetti, 1904	Rancho Redondo, Tablazo, Villa Mills, Ojo de Agua	Cognetti (1904a, 1907), Righi (1972)	Nativa
<i>Andiodrilus orosiensis</i> Michaelsen, 1912	Orosi	Michaelsen (1912)	Nativa
<i>Andiodrilus</i> sp. (possibly <i>biolleyi</i>)	Cerro Cacao	James (datos no publicados)	Nativa
<i>Glossodrilus cibica</i> Righi & Merino, 1987	San Francisco de San Isidro	Righi & Merino (1987)	Nativa
<i>Glossodrilus dorasque</i> Righi & Merino, 1987	Finca Sta. Lucia	Righi & Merino (1987)	Nativa
<i>Glossodrilus nemoralis</i> (Cognetti, 1905)	Santo Domás de Sto. Domingo	Righi & Merino (1987)	Nativa
<i>Glossodrilus orosi</i> Righi & Merino, 1987	Santo Domás de Sto. Domingo	Righi & Merino (1987)	Nativa
<i>Glossodrilus</i> sp.	Cerro Cacao	James (datos no publicados)	Nativa
<i>Pontoscolex (Pontoscolex) corethrurus</i> (Müller, 1857)	San José, Rancho Redondo, Reventazón, Carrillo, Esparta, Turrialba, San Pablo, Finca Sta. Lucia, margen de los Ríos Centeno y Chitaria, Great Island, Parques Nacionales de Tortuguero y Cahuita, Cahuita, Puerto Viejo, Bribri, Manzanillo	Cognetti (1904a,b, 1908), Righi (1972), Righi & Merino (1987), Michaelsen (1918), James (datos no publicados), Lapied & Lavelle (2003)	Exótica
<i>Quimbaya</i> sp.	Cerro Cacao	James (datos no publicados)	Nativa
Acanthodrilidae			
Subfamilia Benhamiinae			
<i>Dichogaster (Diplotheocodrilus) annae</i> (Horst, 1893)	Heredia	Righi & Merino (1987)	Exótica
<i>Dichogaster (Diplotheocodrilus) bolau</i> (Michaelsen, 1891)	Heredia, margen del Río Centeno e interceptada en los EUA	James (datos no publicados), Righi & Merino (1987), Gates (1982)	Exótica
<i>Dichogaster (Diplotheocodrilus) modiglianii</i> (Rosa, 1896)	Heredia, Cañas	Righi & Merino (1987)	Exótica
<i>Dichogaster (Diplotheocodrilus) saliens</i> (Beddard, 1893)	Heredia	Righi & Merino (1987)	Exótica
<i>Dichogaster (Diplotheocodrilus) tristani</i> Cognetti, 1907	San José	Cognetti (1907), Michaelsen (1912), Csuzdi & Zicsi (1991)	Nativa
<i>Dichogaster</i> n. sp.1	Estación Biológica de Marengo	James (datos no publicados)	Nativa
<i>Dichogaster</i> n. sp.2	Cerro Cacao	James (datos no publicados)	Nativa
<i>Dichogaster</i> n. sp.3	Cerro Cacao	James (datos no publicados)	Nativa
<i>Dichogaster</i> n. sp.4	Cerro Cacao	James (datos no publicados)	Nativa

<i>Dichogaster</i> sp.	Llano Grande, Cahuita, Puerto Viejo, Parque Nacional Cahuita, Manzanillo, Heredia, e interceptada en los EUA	Lapied & Lavelle (2003), Gates (1982), Cognetti (1908)	?
<i>Eutrigger (Eutrigger) guetare</i> (Righi & Merino, 1987)	Cerro Chirripo	Righi & Merino (1987)	Nativa
<i>Eutrigger (Eutrigger) hilaris</i> (Cognetti, 1904)	Rancho Redondo, Tablazo, Llano Grande, Los Cartagos	Cognetti (1904a, 1907, 1908), Righi (1972)	Nativa
<i>Eutrigger (Eutrigger) kepo</i> (Righi & Merino, 1987)	Volcan Poás	Righi & Merino (1987)	Nativa
<i>Eutrigger (Graffia) michaelsoniana</i> Csuzdi & Zicsi, 1991	Finca Hamburg	Csuzdi & Zicsi (1991)	
<i>Eutrigger (Eutrigger) oraedivitis</i> Cognetti, 1904	Tablazo	Cognetti (1904b), Jamieson (1974)	Nativa
<i>Eutrigger (Graffia) picadoi</i> (Michaelson, 1912)	Monte de la Cruz	Michaelson (1912), Righi & Merino (1987)	Nativa
<i>Eutrigger (Graffia) sporadonephra sporadonephra</i> (Cognetti, 1905)	Turrialba	Cognetti (1908)	Nativa
Megascleidae			
<i>Amyntas corticis</i> (Kinberg, 1867)	San José, Rancho Redondo, La Palma, Tablazo, Sta. Clara (Reventazón), Turrucares, Cachi, Carrillo, Tejar de Cartago, Sta. Maria de Dota, Turrialba, San Pablo	Cognetti (1904a,b, 1907, 1908), Righi & Merino (1987)	Exótica
<i>Metaphire californica</i> (Kinberg, 1867)	San José, Rancho Redondo, Turrialba, San Pablo	Cognetti (1904b), Righi & Merino (1987)	Exótica
<i>Polypheretima elongata</i> (Perrier, 1872)	Heredia	Righi & Merino (1987)	Exótica
Ocnerodrilidae			
<i>Nematogenia panamaensis</i> Eisen, 1900	San José	Cognetti (1904b)	Nativa
<i>Ocnerodrilus alox</i> Righi & Merino, 1987	San Francisco de San Isidro	Righi & Merino (1987)	Nativa
<i>Ocnerodrilus simplex</i> Cognetti, 1904	San José	Cognetti (1904b)	Nativa
Lumbricidae			
<i>Aporrectodea caliginosa</i> (Savigny, 1826)	Cariblanco	Cognetti (1907)	Exótica
<i>Aporrectodea trapezoides</i> (Dugès, 1828)	San José	Cognetti (1904b)	Exótica
<i>Bimastos parvus</i> (Eisen, 1874)	Llano Grande	Cognetti (1908)	Exótica
Almidae			
<i>Drilocrius alfari</i> Cognetti, 1904	San José	Cognetti (1904b)	Nativa

Cuadro 24.3. Lista y distribución de las lombrices de tierra nativas y exóticas de El Salvador.

Familia Género y especie	Localidad	Referencia	Origen
Glossoscolecidae			
<i>Pontoscolex (Pontoscolex) corethrurus</i> (Müller, 1857)	Laguna de Guija, Hacienda San José, Hacienda Los Planes, Santa Tecla, Cumbre de Jayaque, Los Chorros, La Joya, Finca Los Planes, La Palma, Cerro de Guazapa, Zacatecoluca, Morotal, Vulcancito, Volcán San Vicente y varias otras localidades (también interceptada en los EUA)	Graff (1957), Eisen (1900), Gates (1973a)	Exótica
Acanthodrilidae			
Subfamilia Benhamiinae			
<i>Dichogaster (Diplotheodrilus) affinis</i> (Michaelsen, 1890)	Cerca de Santa Ana, Laguna Zapotitan, Santa Tecla, Volcán San Vicente	Graff (1957)	Exótica
<i>Dichogaster (Diplotheodrilus) saliens</i> (Beddard, 1893)	Cerca de Santa Ana	Graff (1957)	Exótica
<i>Eutrigaster (Eutrigaster) orobia</i> (Graff, 1957)	Volcán Laguna de las Ranas	Graff (1957)	Nativa
<i>Eutrigaster (Eutrigaster) vialis</i> (Michaelsen, 1912)	Volcanes Santa Ana, Laguna de las Ranas y San Vicente	Graff (1957)	Nativa
<i>Eutrigaster (Graffia) sporadonephra sporadonephra</i> (Cognetti, 1905)	Volcán Laguna de las Ninfas, Volcán Laguna de las Ranas, Santa Ana, Metapan, Hacienda Los Planes, Monte Cristo, Volcán San Vicente	Graff (1957)	Nativa
Subfamilia Acanthodrilinae			
<i>Diplotrema haffneri</i> (Graff, 1957)	Morotal	Graff (1957)	Nativa
<i>Diplotrema zilchi</i> (Graff, 1957)	El Grito	Graff (1957)	Nativa
<i>Kaxdrilus salvadorensis</i> (Graff, 1957)	Monte Cristo	Graff (1957)	Nativa
<i>Microscolex phosphoreus</i> (Dugès, 1837)	Santa Ana	Graff (1957)	Exótica
Subfamilia Octochaetinae			
<i>Ramiellona lasiura</i> (Graff, 1957)	Monte Cristo	Graff (1957)	Nativa
<i>Ramiellona sauerlandti</i> (Graff, 1957)	San Salvador	Graff (1957)	Nativa
<i>Ramiellona vulcanica</i> (Graff, 1957)	Volcán Laguna de las Ranas	Graff (1957)	Nativa
Megascolecidae			
<i>Amyntas corticis</i> (Kinberg, 1867)	Santa Tecla, Boquerón, San Salvador, San Vicente	Graff (1957)	Exótica
<i>Amyntas gracilis</i> (Kinberg, 1867)	? (interceptada en los EUA)	Gates (1965, 1972a, 1982)	
<i>Metaphire houlleti</i> (Perrier, 1872)	Finca La Joya, Laguna de Zapotitan, Ciudad Arce, Finca Los Planes, Cerro de Guazapa, Finca San Jacinto, Conchagua	Graff (1957)	Exótica

Cuadro 24.4. Lista y distribución de las lombrices de tierra nativas y exóticas de Guatemala.

Familia Género y especie	Localidad	Referencia	Origen
Glossoscolecidae			
<i>Pontoscolex (Pontoscolex) corethrurus</i> (Müller, 1857)	Totonicapan, Escuintla y varias otras localidades (también interceptada en los EUA)	Eisen (1900), Gates (1962a, 1973a), Frago (datos no publicados)	Exótica
<i>Pontoscolex (Pontoscolex) illjeborgi</i> Eisen, 1896	La Antigua	Eisen (1896a)	Nativa
Acanthodrilidae			
Subfamilia Benhamiinae			
<i>Dichogaster (Diplotheodrilus) annae</i> (Horst, 1893)	Escuintla	Fragoso (datos no publicados)	Exótica
<i>Dichogaster guatemalae</i> (Eisen, 1900)	Ciudad de Guatemala, Totonicapan	Eisen (1900), Csuzdi (1997)	Nativa
<i>Eutrigaster (Eutrigaster) vialis</i> (Michaelsen, 1912)	Huehuetenango	Michaelsen (1912)	Nativa
Subfamilia Acanthodrilinae			
<i>Diploprema whitmani</i> (Eisen, 1900)	Cobán, Totonicapan	Eisen (1900), Csuzdi (1997)	Nativa
<i>Kaxdrilus cristallifer</i> (Eisen, 1900)	Tactic	Eisen (1900)	Nativa
<i>Kaxdrilus hamiger</i> (Michaelsen, 1911)	Huehuetenango, Totonicapan	Michaelsen (1911), Csuzdi (1997)	Nativa
<i>Kaxdrilus tamajusi</i> (Eisen, 1896)	Tamaju cerca del Río Polochic	Eisen (1896b)	Nativa
Subfamilia Octochaetinae			
<i>Ramiellona americana</i> (Gates, 1957)	? (Interceptada en los EUA)	Gates (1957)	Nativa
<i>Ramiellona balantina</i> Gates, 1962	Totonicapan	Gates (1962a)	Nativa
<i>Ramiellona eiseni</i> (Michaelsen, 1911)	Huehuetenango	Michaelsen (1911)	Nativa
<i>Ramiellona guatemalana</i> Gates, 1962	Totonicapan	Gates (1962a)	Nativa
<i>Ramiellona irpex</i> (Michaelsen, 1911)	Huehuetenango	Michaelsen (1911)	Nativa
<i>Ramiellona strigosa</i> Gates, 1962	Totonicapan	Gates (1962a)	Nativa
<i>Ramiellona tecumumami</i> (Michaelsen, 1911)	Huehuetenango	Michaelsen (1911)	Nativa
Megascolecidae			
<i>Amyntas corticis</i> (Kinberg, 1867)	Totonicapan e interceptada en los EUA	Gates (1962a, 1972b)	Exótica
<i>Amyntas gracilis</i> (Kinberg, 1867)	Escuintla e interceptada en los EUA	Gates (1965, 1972a, 1982), Frago (datos no publicados)	Exótica
<i>Amyntas morrissi</i> (Beddard, 1892)	? (Interceptada en los EUA)	Gates (1972a, 1982)	Exótica
<i>Argilophilus hyalinus</i> (Eisen, 1900)	Cobán	Eisen (1900)	Nativa
<i>Polypheretima elongata</i> (Perrier, 1872)	Escuintla	Fragoso (datos no publicados)	Exótica

Continuación...

Cuadro 24.4. Continuación...

Familia Género y especie	Localidad	Referencia	Origen
Lumbricidae			
<i>Allobophora chlorotica</i> (Savigny, 1826)	Ciudad de Guatemala	Michaelisen (1899)	Exótica
<i>Aporrectodea trapezoides</i> (Dugès, 1828)	Escuintla	Fragoso (datos no publicados)	Exótica
<i>Bimastos parvus</i> (Eisen, 1874)	Totenicapán	Michaelisen (1899), Gates (1962a)	Exótica
<i>Dendrodrilus rubidus rubidus</i> (Savigny, 1826)	Totenicapán	Michaelisen (1899), Gates (1962a)	Exótica
<i>Eisenia fetida</i> (Savigny, 1826)	Guatemala	Michaelisen (1899)	Exótica
Sparganophilidae			
<i>Sparganophilus eiseni</i> ¹ Smith, 1895	Ciudad de Guatemala, Cobán	Eisen (1896b)	Nativa?
Ocnerodrilidae			
<i>Ilyogenia tuberculata</i> (Eisen, 1900)	Ciudad de Guatemala	Eisen (1900)	Nativa
<i>Ocnerodrilus occidentalis</i> ² Eisen, 1878	Antigua, Ciudad de Guatemala, Llano Grande, Santo Tomás, Tamaju	Eisen (1893, 1900)	Exótica?

¹ Eisen (1896b) describió a *Sparganophilus benhami guatemalensis* que, a pesar de haber sido considerada válida por Michaelisen (1900, 1918) fue registrada como sinónimo de *Sparganophilus eiseni* por Hague (1923) y Reynolds (1980). Sin embargo, Gates (1982) pensaba que la sinonimia debería ser reconfirmar.

² Eisen (1893, 1900) describió varias especies de *Ocnerodrilus* (incluyendo *O. agricola*, *O. contractus*, *O. guatemalae*, *O. hendrii*, *O. limicola* y *O. rosae*) que Gates (1973b, 1982) puso en sinonimia con *O. occidentalis*. Sin embargo, Righi (1984b) descubrió una población de *O. occidentalis* con y sin espermatocas y encontró además, las especies *Ilyogenia comondui* Righi, 1984 y *O. alox* Righi & Merino, 1987. Esto llevó a Righi & Merino (1987) y Righi (1994) a considerar como válidas a algunas de las especies calificadas como sinónimos por Gates (1973b). Se necesita urgentemente el estudio detallado de los ocnerodrilos nativos de la América Central para aclarar estas sinonimias.

Cuadro 24.5. Lista y distribución de las lombrices de tierra nativas y exóticas de Belice.

Familia Género y especie	Localidad	Referencia	Origen
Glossoscolecidae			
<i>Pontoscolex (Pontoscolex) corethrurus</i> (Müller, 1857)	Varias localidades	Reynolds & Righi (1994), Reynolds et al. (1995)	Exótica
<i>Diachaeta (Diachaeta) thomasii</i> Benham, 1886	San Ignacio, Bullet Tree, Spanish Lookout, Black Maneddy	Reynolds & Guerra (1994), Reynolds et al. (1995)	Exótica
Acanthodrilidae			
Subfamilia Acanthodrilinae			
<i>Balanteodrilus pearsei</i> Pickford, 1938	Margen del Río Mopan (Cayo)	Reynolds et al. (1995)	Nativa
<i>Eodrilus jenniferae</i> Righi, 1994	Belize Zoo	Reynolds & Righi (1994), Reynolds et al. (1995)	Nativa
Benhamiidae			
<i>Dichogaster (Diplotheodrilus) bolau</i> (Michaelsen, 1891)	Pelican, Corozal, Belize Zoo, Ontario, San Francisco, Carmelita	Reynolds & Righi (1994), Reynolds et al. (1995)	Exótica
Megascoclecidae			
<i>Metaphire houlleti</i> (Perrier, 1872)	Sta. Elena, Independence	Reynolds et al. (1995)	Exótica
<i>Polypheretima elongata</i> (Perrier, 1872)	Varias localidades	Reynolds & Guerra (1994), Reynolds et al. (1995)	Exótica
Ocnerodrilidae			
<i>Eukerria kuekenhali</i> (Michaelsen, 1908)	Cerca de Dangriga	Reynolds et al. (1995)	Exótica
Eudrilidae			
<i>Eudrilus eugeniae</i> (Kinberg, 1867)	Belize City	Reynolds et al. (1995)	Exótica

Cuadro 24.6. Lista y distribución de las lombrices de tierra nativas y exóticas de Honduras.

Familia Género y especie	Localidad	Referencia	Origen
Glossoscolecidae			
<i>Pontoscolex (Pontoscolex) corethrurus</i> (Müller, 1857)	La Ceiba, Isla Bonaco, Isla Swan, varios lugares del país e interceptada en los EUA	Eisen (1900), Gates (1973a), Černosvitov (1942), Reynolds & Reynolds (2006)	Exótica
Acanthodrilidae			
Subfamilia Benhamiinae			
<i>Dichogaster (Diplotheodrilus) bolalui</i> (Michaelsen, 1891)	La Ceiba	Reynolds & Reynolds (2006)	Exótica
<i>Eutrígaster (Graffia) sporadonephra disa</i> (Righi, 1972)	Olancho	Righi (1972)	Nativa
Subfamilia Octochaetinae			
<i>Ramiellona stadelmanni</i> Michaelsen, 1935	Langatilla	Michaelsen (1935)	Nativa
Megascolecidae			
<i>Amynthas corticis</i> (Kinberg, 1867)	La Ceiba	Reynolds & Reynolds (2006)	Exótica
<i>Amynthas rodericensis</i> (Grubbe, 1879)	La Ceiba	Reynolds & Reynolds (2006)	Exótica
<i>Polypheretima elongata</i> (Perrier, 1872)	La Ceiba	Reynolds & Reynolds (2006)	Exótica
<i>Pontodrilus litoralis</i> (Grubbe, 1855)	La Ceiba	Reynolds & Reynolds (2006)	Exótica
Ocnodrilidae			
<i>Eukerria kuekenthali</i> (Michaelsen, 1908)		Reynolds & Reynolds (2006)	Nativa
<i>Gordodrilus elegans</i> Beddard, 1892	Isla Bonaco	Černosvitov (1942)	Nativa
<i>Ocnodrilus occidentalis</i> Eisen, 1878	? (interceptada en los EUA)	Gates (1979b)	Exótica
Eudrilidae			
<i>Eudrilus eugeniae</i> (Kinberg, 1867)	La Ceiba e interceptada en los EUA	Gates (1982), Reynolds & Reynolds (2006)	Exótica

Cuadro 24.7. Lista y distribución de las lombrices de tierra nativas y exóticas de Nicaragua.

Familia Género y especie	Localidad	Referencia	Origen
Glossoscolecidae			
<i>Pontoscolex (Pontoscolex) corethrus</i> (Müller, 1857)	? (interceptada en los EUA)	Gates (1972a)	Exótica
Moniligastridae			
<i>Drawida barwelli</i> (Beddard, 1886)	? (interceptada en los EUA)	Gates (1965)	Exótica
Megascolecidae			
<i>Dichogaster</i> sp.	? (interceptada en los EUA)	Gates (1982)	?

Cuadro 24.8. Riqueza de especies nativas y exóticas de lombrices de tierra en Centro América Continental, las "Guayanas", Venezuela y Paraguay.

Países	Especies nativas		Especies exóticas		Total
Panamá	17	15	32		
Costa Rica	23	11	34		
El Salvador	9	7	16		
Guatemala	17	11	28		
Belize	2	7	9		
Honduras	3	9	12		
Nicaragua	0	3	3		
Total América Central Continental	67	29	96		
Surinam	9	5	14		
Guyanne Française	23	9	32		
Guyana	7	5	12		
Total de las "Guayanas"	36	13	49		
Venezuela	55	19	74		
Paraguay	27	8	35		

Cuadro 24.9. Lista y distribución de las lombrices de tierra nativas y exóticas del Surinam.

Familia Género y especie	Localidad	Referencia	Origen
Glossoscolecidae			
<i>Enantiodrilus cognettii</i> Michaelsen, 1933	Hendriktop	Michaelsen (1933)	Nativa
<i>Martiodrilus (Botaria) heileri</i> (Michaelsen, 1918)	Margen del Río Surinam	Michaelsen (1918)	Nativa
<i>Martiodrilus (Maipure) tenkatei</i> (Horst, 1887)	Paramaribo	Horst (1887)	Nativa
<i>Onychochaeta windlei</i> Beddard, 1890	Paramaribo	Michaelsen (1918)	Exótica
<i>Pontoscolex (Meroscolex) hoogmoedi</i> (Righi, 1969)	Margen del Río Coeroeni, Post Tigris	Righi (1969)	Nativa
<i>Pontoscolex (Pontoscolex) corethrurus</i> (Müller, 1857)	Paramaribo, Brokponde, margen de los Ríos Surinam y Saramacca	Zicsi (1995), Michaelsen (1918, 1933), Righi (1993a), Horst (1898)	Nativa
<i>Pontoscolex (Pontoscolex) vandersleenii</i> Michaelsen, 1933	Voltzberg	Michaelsen (1933)	Nativa
<i>Thamnodrilus duodenarius</i> Michaelsen, 1918	Margen del Río Surinam	Michaelsen (1918)	Nativa
<i>Thamnodrilus gonggrijpi</i> Michaelsen, 1933	Hendriktop	Michaelsen (1933)	Nativa
Acanthodrilidae			
Subfamilia Benhamiinae			
<i>Dichogaster (Diplotheodrilus) gracilis</i> (Michaelsen, 1892)	Paramaribo	Horst (1899)	Exótica
<i>Wegeneriona beauforti</i> (Michaelsen, 1933)	Voltzberg	Michaelsen (1933)	Nativa
Eudrilidae			
<i>Eudrilus eugeniae</i> (Kinberg, 1867)	?	Michaelsen (1900)	Exótica
Megascolecidae			
<i>Amyntas rodericensis</i> (Grubbe, 1879)	?	Gates (1972a)	Exótica
<i>Polypheretima elongata</i> (Perrier, 1872)	Paramaribo	Horst (1898)	Exótica

Cuadro 24.10. Lista y distribución de las lombrices de tierra nativas y exóticas de Guyana.

Familia Género y especie	Localidad	Referencia	Origen
Glossoscolecidae			
<i>Andiorrhinus</i> sp. nov.1	Monte Roraima	James (datos no publicados)	Nativa
<i>Martiodrilus (Maipure) potarensis</i> (Rosa, 1898)	Margen del Río Potaro	Rosa (1898)	Nativa
<i>Pontoscolex (Pontoscolex) corethrurus</i> (Müller, 1857)	Georgetown, margen de los Ríos Potaro y Cuyuni, Mazaruni	Gates (1973a), Černosvitov (1942), Beddard (1895)	Nativa
<i>Pontoscolex (Pontoscolex) hingstoni</i> Stephenson, 1931	Margen del Arroyo Marabali (Río Essequibo)	Stephenson (1931b)	Nativa
<i>Righiodrilus oliveirae</i> (Righi, 1982)	Lethem (margen del Río Itapocu)	Righi (1982)	Nativa
<i>Thamnodrilus guilelmi</i> Beddard, 1887	?	Beddard (1887a)	Nativa
Acanthodrilidae			
Subfamilia Benhamiinae			
<i>Dichogaster (Diplotheodrilus) bolau</i> (Michaelsen, 1891)	?	Gates (1982)	Exótica
Megascolecidae			
<i>Amyntas rodericensis</i> (Grube, 1879)	?	Černosvitov (1942), Beddard (1900)	Exótica
<i>Polypheretima elongata</i> (Perrier, 1872)	?	Beddard & Fedarb (1899)	Exótica
Ocnerodrilidae			
<i>Liodrilus eiseni</i> (Beddard, 1891)	?	Beddard (1891)	Nativa
Sparganophilidae			
<i>Sparganophilus</i> sp.	Kwabanna (cerca del Río Waini)	Stacey & Coates (1996)	Exótica?
Eudrilidae			
<i>Eudrilus eugeniae</i> (Kinberg, 1867)	?	Beddard (1887b)	Exótica

Museo de Historia Natural de Paris (Jamieson, 1975). Otras muestras realizadas recientemente, pero aún no identificadas en nivel de especie fueron tomadas por Emmanuel Lapied, Patrick Lavelle, Stephan Scheu y colaboradores (comunicaciones personales, 2004 a 2006; Lavelle & Lapied, 2003). En el país se encuentran por lo menos 32 especies; 23 nativas (21 spp. de la familia Glossoscolecidae) y 9 exóticas (Cuadros 24.8 y 24.11).

Diversos estudios ecológicos han sido realizados en la Guyana Francesa, especialmente por investigadores del Institut de Recherche pour le Développement (IRD) y del Museo de Historia Natural de Paris. Aunque no todos estén publicados, éstos estudios indican una presencia importante de lombrices de tierra en los bosques secundarios y primarios del país (Lavelle et al., comunicación personal, 2006; Topoliantz, 2002). En particular, la especie *P. corethrurus* ha sido estudiada en mayor detalle (Topoliantz, 2002), confirmando su importancia para la fertilidad del suelo y la productividad agrícola en la región (Ponge et al., 2006; Topoliantz & Ponge, 2005; Topoliantz et al., 2002). Incluso, se cre que ésta especie sea la responsable por incorporar carbón al suelo, facilitando así la creación de los suelos fértiles llamados de "terra preta do índio" en la Amazonia (Ponge et al., 2006).

Las región de las Guyanas es el lugar de mayor diversificación del género *Pontoscolex* Schmarda, 1861 y Righi (1984d) considera esta región el origen de la especie tropical con mayor distribución mundial, *P. corethrurus* (Foto 24.1). En las Guyanas (*sensu strictu*) se encuentran ocho especies del género *Pontoscolex*; pero si se incluye a otras tres especies de la región encontradas en Brasil (vea Brown & James, 2007; cap. 20) y Venezuela (ver sección abajo), el total llega a 11 especies (de 21 especies en el género; Frago & Brown, 2007; cap. 1).

En la región se han encontrado solamente algunas especies límnicas de las familias Almididae (*Drilocrius*), Sparganophilidae (*Sparganophilus*) y Ocnerodrilidae (*Liodrilus*). Al igual que en Centroamérica, estas lombrices han sido muy poco estudiadas en la región de las Guyanas. Considerando la alta precipitación de la región (mayor de 3000 mm) y la gran cantidad de ríos que la atraviesan, es de esperar que futuros muestreos revelen la existencia de varias especies nativas y exóticas de estos y de otros géneros pertenecientes a estas familias.

Algunas de las mayores especies de lombrices del mundo (varias spp. con más de 1 m



Foto 24.1. *Pontoscolex corethrurus* (Müller, 1857). Esta especie originaria del macizo guyanense ha sido esparcida, principalmente por actividades humanas, a todas las regiones tropicales del mundo. (Foto P. Lavelle)

de longitud) habitan esta región (Brown y James, observación personal; E. Lapied, observación personal; Perrier, 1872; Righi, 1969; Černovítov, 1934, 1935) y son por lo general bien conocidas por los pobladores locales (ver por ejemplo, Paoletti et al., 2003). Muchas de estas especies tienen necesidades particulares de suelo y vegetación para sobrevivir y además son generalmente endémicas de una región o una pequeña área geográfica (Brown & James, 2007; ver cap. 20). Por lo tanto, por su importancia como ingenieros del ecosistema suelo (Lavelle et al., 1997; ver Foto 24.2) y por ser fácilmente reconocidas por la población local, se pueden usar como especies indicadoras o para fomentar la conservación de un área local particular, tal y como ocurrió con la lombriz gigante del Gippssland (*Megascolides australis* McCoy, 1878) en Australia (Van Praagh, 1997). Para tener éxito, estas iniciativas deberán incluir la educación de la población local, el apoyo de las instancias gubernamentales y la participación de ONG's. En Brasil, un proyecto financiado por el gobierno del estado de Minas Gerais y Conservation Internacional, ha tenido éxito en concientizar a la población sobre la necesidad de conservar y darle un uso sostenible a una lombriz gigante (*Rhinodrilus alatus* Righi, 1971) colectada para su venta como carnada para pescadores de la región (Maria Auxiliadora Drummond, comunicación personal).

Al considerar Surinam y las dos Guyanas en conjunto, resulta un total de 49 especies de lombrices de tierra, 36 nativas y 13 exóticas. La mayor parte de las especies nativas (32 spp.) pertenece a Glossoscolecidae. Sin embargo, si consideramos el fuerte endemismo de las especies de animales, incluyendo las lombrices de tierra de

Cuadro 24.11. Lista y distribución de las lombrices de tierra nativas y exóticas de la Guyana Francesa.

Familia Género y especie	Localidad	Referencia	Origen
Glossoscolecidae			
<i>Glossodrilus</i> ¹ (?) sp.	Oyapock	Černosvitov (1934, 1935)	Nativa?
<i>Martiodrilus (Maipure) tenkatei</i> (Horst, 1887)	?	Černosvitov (1934, 1935)	Nativa
<i>Martiodrilus</i> sp.nov.1	?	Lavelle & Lapiéd (2003)	Nativa
<i>Martiodrilus</i> sp.nov.2	?	Lavelle & Lapiéd (2003)	Nativa
<i>Martiodrilus</i> sp.nov.3	?	Lavelle & Lapiéd (2003)	Nativa
<i>Martiodrilus</i> sp.nov.4	?	Lavelle & Lapiéd (2003)	Nativa
<i>Martiodrilus</i> sp.nov.5	Nourages	E. Lapiéd (comunicación personal)	Nativa
<i>Martiodrilus</i> sp.nov.6	Petit Saut	E. Lapiéd (comunicación personal)	Nativa
<i>Pontoscolex (Meroscolex) guianicus</i> (Černosvitov, 1934)	Camopi	Černosvitov (1934, 1935)	Nativa
<i>Pontoscolex (Meroscolex) longissimus</i> (Černosvitov, 1934)	Camopi	Černosvitov (1934, 1935)	Nativa
<i>Pontoscolex (Pontoscolex) corethrurus</i> (Müller, 1857)	Camopi, Ilet la Mère, Ounary, St. Georges Oyapock, Ilet le Père, Cayenne, Bas Mahury, Maripasoula, Elahé	Černosvitov (1934, 1935), Perrier (1872), Topoliantz & Ponge (2005), Topoliantz (2002)	Nativa
<i>Pontoscolex (Pontoscolex) spiralis</i> Borges & Moreno, 1990	?	E. Lapiéd (comunicación personal)	Nativa?
<i>Pontoscolex</i> sp.nov.1	?	Lavelle & Lapiéd (2003)	Nativa
<i>Rhinodrilus? gigas</i> ² (Perrier, 1872)	Cayenne	Perrier (1872)	Nativa
<i>Rhinodrilus longus</i> Černosvitov, 1934	Bas Mahury	Černosvitov (1934, 1935)	Nativa
<i>Rhinodrilus</i> sp. nov.1	Village Saul	E. Lapiéd (comunicación personal)	Nativa
<i>Rhinodrilus</i> sp.nov.	?	Lavelle & Lapiéd (2003)	Nativa
<i>Rhinodrilus</i> sp.	Camopi	Černosvitov (1934, 1935)	Nativa?
<i>Righiodrilus</i> sp.nov.1	?	Lavelle & Lapiéd (2003)	Nativa
<i>Righiodrilus</i> sp.nov.2	?	Lavelle & Lapiéd (2003)	Nativa
<i>Righiodrilus</i> sp.nov.3	Paracou, cerca de Sinnamary	E. Lapiéd (comunicación personal)	Nativa
<i>Thamnodrilus duodenarius</i> Michaelsen, 1918	Camopi	Černosvitov (1934, 1935)	Nativa
<i>Thamnodrilus?</i> sp.	?	Černosvitov (1934, 1935)	Nativa?

Continuación...

Cuadro 24.11. Continuación...			
Familia		Localidad	Referencia
Género y especie			Origen
Acanthodrilidae			
Subfamilia Benhamiinae			
<i>Dichogaster (Diplotheocodrilus) bolau</i>	St. Georges Oyapock, Bas Mahury, Ilet le Père, Ounary, Montabo, Cayenne	Černosvitov (1934, 1935)	Exótica
<i>Dichogaster (Diplotheocodrilus) modiglianii</i>	?	Černosvitov (1934, 1935)	Exótica
<i>Dichogaster</i> sp.	St. Georges Oyapock, Camopi, Maroni, St. Hermina, Ilet le Père	Černosvitov (1934, 1935)	Exótica?
Lumbricidae			
<i>Eisenia fetida</i> (Savigny, 1826)	?	Černosvitov (1934, 1935)	Exótica
<i>Dendrodriilus rubidus rubidus</i> (Savigny, 1826)	?	Černosvitov (1934, 1935)	Exótica
Eudrilidae			
<i>Eudrilus eugeniae</i> (Kinberg, 1867)	St. Georges Oyapock	Černosvitov (1934, 1935), Michaelson (1900)	Exótica
Megascolecidae			
<i>Amyntas gracilis</i> (Kinberg, 1867)	?	Černosvitov (1934, 1935)	Exótica
<i>Amyntas rodericensis</i> (Grube, 1879)	Morne de Montabe	Černosvitov (1934, 1935)	Exótica
<i>Metaphire houletti</i> (Perrier, 1872)	Ilet le Père	Černosvitov (1934, 1935)	Exótica
<i>Polypheretima elongata</i> (Perrier, 1872)	?	Gates (1972a)	Exótica
Almidae			
<i>Drilocrius</i> sp.1?	?	E. Laped (comunicación personal)	Nativa
<i>Drilocrius</i> sp.2?	?	E. Laped (comunicación personal)	Nativa

¹ Černosvitov (1934, 1935) identificó a esta especie dentro del género *Glossoscolex*, el cual se restringe al sureste de Brasil, Uruguay, norte de Argentina y Paraguay. El ejemplar probablemente corresponde a un *Glossodrilus*.

² La especie fue originalmente descrita como *Anteus gigas* Perrier, 1872, pero el tipo de la especie esta perdido (Reynolds & Cook, 1976). Michaelson (1918) transfirió la especie al género *Thamnodrilus* y Cognetti (1906) al género *Rhinodrilus*. Sin embargo, la clasificación genérica de esta especie aún esta incierta debido a que no se conoce la estructura de las glándulas calcíferas.



Foto 24.2. Evidencia de los efectos importantes de la actividad de lombrices gigantes (ingenieras del ecosistema) sobre el suelo de los bosques de la región de las guyanas. En estas fotos se muestran las galerías (A) y excrementos (B y C, en las manos de Samuel James) de una especie gigante de lombriz (aún no colectada o identificada) nativa del estado brasileño de Amapá. La especie probablemente también ocurre en la vecina Guyana Francesa. El suelo de los bosques de la región (alrededores de Lourenço, Amapá) está cubierto de turrículos de esta lombriz y de por lo menos dos otras especies de gran tamaño (Brown & James, observação pessoal, 2006). Según los moradores de la región, la lombriz gigante tiene alrededor de 3 metros cuando viva (probablemente 2 m o menos cuando preservada). (Fotos G.G. Brown)

la región (más del 90%; Lavelle & Lapied, 2003) y la baja cobertura geográfica de las escasas colectas realizadas hasta la fecha, el número de especies conocidas está seguramente subestimado (Lavelle & Lapied, 2003). Como ejemplo de esto tenemos las numerosas especies nuevas encontradas en recientes colectas realizadas en la región (v.g., Foto 24.3).

Las grandes distancias, la dificultad de transporte y la baja densidad poblacional en la región han dificultado la colonización y la alteración de la vegetación natural; además, existen grandes parques que conservan una importante fracción de la vegetación nativa de las Guyanas. Sin embargo, las tendencias actuales de colonización humana y destrucción de la Amazonía son un aviso de la urgente necesidad de realizar mayores estudios que lleven a la cuantificación e identificación de la biodiversidad de la región, buscando conservar poblaciones y comunidades de especies endémicas.



Foto 24.3. Especie nueva de una lombriz gigante de la familia Glossoscolecidae, género *Andiorrhinus*, colectada por Bruce Means en las faldas del Monte Roraima, Guyana (cerca de la frontera con Brasil y Venezuela). La descripción de la especie está siendo realizada por Samuel James. (Foto B. Means)

Las lombrices de tierra de Venezuela

Venezuela se considera un país con megadiversidad biológica y elevada diversidad geográfica. El territorio incluye más de 2800 km de

costa y se divide en nueve regiones geográficas, las que de manera un poco burda corresponden a 8 regiones biogeográficas, climáticas y ecológicas: 1)

la región Insular (islas del Caribe); 2) las Cordilleras Central y Oriental (aproximadamente paralelas al Golfo, con picos de aproximadamente 2600-2700 m de altitud) en el norte; 3) el Coro y las llanuras del Lago de Maracaibo (regiones más secas) en el noroeste; 4) la zona Andina (con picos de más de 5000 m de altitud) en el oeste; 5) los llanos del Orinoco (Orinoquía) al sudoeste y el centro; 6) la zona cerca del delta del Orinoco; 7) la llanura amazónica (selvas y sabanas) en el extremo sur; 8) el plato de las Guyanas en los estados de Amazonas y Bolívar, en la frontera con Brasil, Colombia y Guyana. Esta última región es la menos explorada y mejor preservada del país.

En 1872, Perrier describió la primera especie de lombriz de tierra de Venezuela (*Rhinodrilus paraxodus*), proveniente de Caracas. Al final del siglo XIX y al comienzo del XX, Michaelsen (1892, 1895, 1897, 1900, 1936) describió diversas especies nativas y registró varias especies exóticas en cercanías de Caracas y Puerto Cabello. Cognetti (1905, 1906, 1908), Cordero (1944a,b), Cernosvitov (1934, 1935), Omodeo (1955), Csuzdi & Zicsi (1991), Drachenberg (1991) y Zicsi (1995) contribuyeron de forma importante para el conocimiento de la oligoquetofauna de Venezuela, pero la mayor parte de las especies conocidas (48 spp.) fueron descritas y/o citadas por Righi y sus colaboradores (Cuadro 24.12), a partir de 1982.

De Venezuela se conocen actualmente 74 especies, 55 nativas (todas de la familia Glossoscolecidae) y 19 exóticas. Las especies nativas son principalmente de los géneros *Andiorrhinus* (20 spp.), *Rhinodrilus* (12 spp.), *Pontoscolex* (5 spp.) y *Righidrilus* (4 spp.). Cuatro géneros monoespecíficos de la familia Glossoscolecidae se encuentran solamente en Venezuela: *Eudevoscoclex* Cordero, 1944, *Perolofius* Righi & Németh, 1983, *Pseudochibui* Drachenberg, 1991 y un género nuevo aún por describir (Drachenberg, datos no publicados). Los tres últimos géneros son todos de la región Amazónica.

Diversos estudios ecológicos se han realizado en Venezuela, principalmente en la región Amazónica y la Cordillera Central. Németh & Herrera (1982) y Araujo & López-Hernández (1999) estudiaron las lombrices de la selva cerca de San Carlos de Río Negro y del ecotono bosque-sabana cerca de Puerto Ayacucho, respectivamente. Paoletti (1989) y Paoletti et al. (1988, 1991) estudiaron las poblaciones de lombrices de tierra en diversos ecosistemas y tipos de vegetación (incluyendo un bosque de niebla de la Cordillera Central) a lo largo de un transecto

Cuadro 24.12. Lista y distribución de las lombrices de tierra nativas y exóticas de Venezuela.

Familia Género y especie	Localidad	Referencia	Origen
Glossoscolecidae			
<i>Andiordrilus venezuelanus</i> Righi, 1989	Rancho Grande	Righi (1989)	Nativa
<i>Andiordrilus</i> sp.	San Carlos de Río Negro	Németh & Herrera (1982)	Nativa
<i>Andiorrhinus (Amazonidrilus) amazonius</i> Michaelsen, 1918	San Carlos de Río Negro	Righi & Németh (1983)	Nativa
<i>Andiorrhinus (Amazonidrilus) duidanus</i> Michaelsen, 1936	Cerro del Duida	Michaelsen (1936)	Nativa
<i>Andiorrhinus (Amazonidrilus) gavi</i> Righi & Araujo, 2000	Páramo Gavidia	Righi & Araujo (2000)	Nativa
<i>Andiorrhinus (Amazonidrilus) mandauaka</i> Righi & Németh, 1983	San Carlos de Río Negro	Righi & Németh (1983)	Nativa
<i>Andiorrhinus (Amazonidrilus) motto</i> Righi & Araujo, 1999	Toki, Pato Guayabal, Caño Tigre, Guatamo (margen del Río Padamo)	Paoletti et al. (2003), Righi & Araujo (1999)	Nativa
<i>Andiorrhinus (Amazonidrilus) tarumanis</i> Righi, 1986	Serranía de Unturami	Drachenberg (1991)	Nativa

<i>Andiorrhinus (Andiorrhinus) kuru</i> Moreno & Paoletti, 2004	Buena Vista	Paoletti et al. (2003), Moreno & Paoletti (2003, 2004)	Nativa
<i>Andiorrhinus (Andiorrhinus) muku</i> Righi, 1989	Guaramacal	Righi (1989)	Nativa
<i>Andiorrhinus (Andiorrhinus) salvadorii</i> Cognetti, 1908	Escorial	Cognetti (1908)	Nativa
<i>Andiorrhinus (Andiorrhinus) venezuelanus</i> (Cognetti, 1908)	R. Atabapo, Escorial	Cognetti (1908), Drachenberg (1990)	Nativa
<i>Andiorrhinus (Meridrilus) boconius</i> Righi, 1989	Guaramacal, La Cristalina, La Laguna	Righi (1989)	Nativa
<i>Andiorrhinus (Meridrilus) guamo</i> Righi, 1989	Guaramacal	Righi (1989)	Nativa
<i>Andiorrhinus (Meridrilus) kuika</i> Righi, 1993	Piedras Blancas, Mucubají, Páramo Mifafi e Escorial	Righi (1993), Righi & Araujo (2000)	Nativa
<i>Andiorrhinus (Meridrilus) mukuci</i> Righi, 1993	Mucubají	Righi (1993)	Nativa
<i>Andiorrhinus (Turedrilus) baniwa</i> Righi & Németh, 1983	San Carlos de Río Negro	Righi & Németh (1983)	Nativa
<i>Andiorrhinus (Turedrilus) bare</i> Righi & Németh, 1983	San Carlos de Río Negro	Righi & Németh (1983)	Nativa
<i>Andiorrhinus (Turedrilus) brunneus</i> (Michaelson, 1892)	Portachuelo, Rancho Grande, Galipan (cerca de Caracas)	Righi (1993), Michaelson (1892)	Nativa
<i>Andiorrhinus (Turedrilus) marcuzzii</i> Omodeo, 1955	El Junquito	Omodeo (1955)	Nativa
<i>Andiorrhinus (Meridrilus) rimeda</i> Righi & Araujo, 2000	Mérida	Righi & Araujo (2000)	Nativa
<i>Andiorrhinus (Turedrilus) royeri</i> Drachenberg, 1991	Margen del Río Mavaca	Drachenberg (1991)	Nativa
<i>Anteoides kino</i> Righi & Molina, 1994	Parque Forestal Ticoporo	Righi & Molina (1994)	Nativa
<i>Anteoides</i> sp.	Palos Grandes	Omodeo (1955)	Nativa
<i>Cirodrilus venezuelanus</i> Righi & Molina, 1994	Parque Forestal Ticoporo	Righi & Molina (1994)	Nativa
<i>Diachaeta (Amazo) mingua</i> Righi & Németh, 1983	San Carlos del Río Negro	Righi & Németh (1983)	Nativa
<i>Diachaeta (Amazo) uaimiri</i> Righi & Németh, 1983	San Carlos del Río Negro	Righi & Németh (1983)	Nativa
<i>Enantiodrilus borellii</i> Cognetti, 1902	Parque Forestal Ticoporo	Righi & Molina (1994)	Nativa
<i>Eudevosclex vogelsangi</i> Cordero, 1944	El Junquito, Quebrada Cacaíto, San José del Avila, La Florida	Cordero (1944b)	Nativa
<i>Glossodrilus cornutus</i> Righi & Molina, 1994	Parque Forestal Ticoporo	Righi & Molina (1994)	Nativa
<i>Glossodrilus marabora</i> Righi, 1984	Monte El Avila	Righi (1984a), Paoletti (1989)	Nativa
<i>Goiascolex?</i> sp.	Puerto Ayacucho	Araujo & López-Hernández (1999)	Nativa
<i>Onychochaeta windlei</i> Beddard, 1890	Parque Forestal Ticoporo, El Guayabo, Páramo Mucubají, Páramo Gavidia, Páramo Piedras Blancas, Guaramacal, Puerto Cabello	Cordero (1944a), Michaelson (1897), Righi & Araujo (2000), Righi & Molina (1994), Righi (1989, 1993)	Nativa
<i>Onychochaeta</i> sp.	Puerto Ayacucho	Araujo & López-Hernández (1999)	Nativa

Continuación...

Familia Género y especie		Localidad	Referencia	Origen
<i>Perolofius jungstromi</i>	Righi & Németh, 1983	San Carlos del Río Negro	Righi & Németh (1983)	Nativa
<i>Pontosclex (Merosclex) roaimensis</i>	Righi, 1984	Sta. Elena de Uairem	Righi (1984d)	Nativa
<i>Pontosclex (Pontosclex) corethrusus</i>	(Müller, 1857)	Varias localidades	Cognetti (1906), Righi (1984a,d, 1989, 1993a), Righi & Molina (1994), Cordero (1944a), Omodeo (1955), Černosvitov (1934, 1935), Paoletti (1989)	Nativa
<i>Pontosclex (Pontosclex) cuasi</i>	Righi, 1984	Sta. Elena de Uairem	Righi (1984d)	Nativa
<i>Pontosclex (Pontosclex) kuneguara</i>	Righi, 1989	Parque Nacional Guatopo	Righi (1989)	Nativa
<i>Pontosclex (Pontosclex) uairemensis</i>	Righi, 1985	Sta Elena de Uairem	Righi (1985a)	Nativa
<i>Pseudochibui mavaca</i>	Drachenberg, 1991	margen del Río Mavaca	Drachenberg (1991)	Nativa
<i>Rhinodrilus appuni appuni</i>	(Michaelisen, 1892)	Puerto Cabello	Michaelisen (1892)	Nativa
<i>Rhinodrilus appuni pavoni</i>	Righi & Araujo, 1999	Laja de la Lejanía, Majada, Aeropuerto (Puerto Ayacucho)	Righi & Araujo (1999)	Nativa
<i>Rhinodrilus ayacu</i>	Righi, 1996	Puerto Ayacucho	Righi (1996)	Nativa
<i>Rhinodrilus corderoi</i>	Righi, 1985	San Esteban	Righi (1985b)	Nativa
<i>Rhinodrilus cucho</i>	Righi, 1996	Puerto Ayacucho	Righi (1996)	Nativa
<i>Rhinodrilus elisianae</i>	Righi et al., 1976	Río Mavaca	Drachenberg (1991)	Nativa
<i>Rhinodrilus fuenzalidae</i>	Cordero, 1944	El Guyabo, Rancho Grande	Cordero (1944a), Paoletti (1989)	Nativa
<i>Rhinodrilus mucuba</i>	Righi & Araujo, 2000	Páramo Mucubají	Righi & Araujo (2000)	Nativa
<i>Rhinodrilus paradoxus</i>	Perrier, 1872	El Junquito, Caracas, Galipan	Perrier (1872), Michaelisen (1892), Omodeo (1955)	Nativa
<i>Rhinodrilus senex</i>	Righi, 1984	Rancho Grande, El Jarillo, Cerro Guacamaia	Righi (1984a, 1989, 1993), Paoletti (1989)	Nativa
<i>Rhinodrilus sieversi</i>	(Michaelisen, 1895)	Puerto Cabello	Michaelisen (1895)	Nativa
<i>Rhinodrilus timote</i>	Righi, 1989	Portachuelo, Cerro Guacamaia	Righi (1989)	Nativa
<i>Rhinodrilus</i> sp.		Palos Grandes	Omodeo (1955)	Nativa
<i>Rhiodrilus guahibo</i>	(Righi & Molina, 1994)	Parque Forestal Ticoporo	Righi & Molina (1994)	Nativa
<i>Rhiodrilus paoletti</i>	(Righi, 1984)	Rancho Grande	Righi (1984a), Paoletti (1989)	Nativa
<i>Rhiodrilus schubarti</i>	(Righi et al., 1978)	margen del Río Borracho	Righi (1982)	Nativa
<i>Rhiodrilus tico</i>	(Righi, 1982)	San Antonio	Righi (1982)	Nativa
Gen. nov. sp. nov. 1		margen de los Ríos Cataniapo y Cuao	Drachenberg (datos no publicados, 1989)	Nativa
Eudrilidae				

<i>Eudrilus eugeniae</i> (Kinberg, 1867)	Portamer, Isla Margarita, Caracas	Michaelsen (1892), Zicsi (1995)	Exótica
Acanthodrilidae			
Subfamilia Benhamiinae			
<i>Dichogaster (Diplotheocodrilus) annae</i> (Horst, 1893)	Rancho Grande, Limón	Righi (1984a, 1989), Paoletti (1989)	Exótica
<i>Dichogaster (Diplotheocodrilus) bolau</i> (Michaelsen, 1891)	Caracas, Quebradón, Galipan, Isla Margarita, Isla Blanquilla e interceptada en los EUA	Csuzdi & Zicsi (1991), Michaelsen (1892), Omodeo (1955), Righi (1989), Gates (1982)	Exótica
<i>Dichogaster (Diplotheocodrilus) modiglianii</i> (Rosa, 1896)	Quebradón, Puerto Ayacucho	Righi (1989, 1996)	Exótica
<i>Dichogaster (Diplotheocodrilus) saliens</i> (Beddard, 1893)	Puerto Ayacucho	Righi (1996)	Exótica
Megascolecidae			
<i>Amyntas corticis</i> (Kinberg, 1867)	? (interceptada en los EUA)	Gates (1982)	Exótica
<i>Amyntas gracilis</i> (Kinberg, 1867)	? (interceptada en los EUA)	Gates (1982)	Exótica
<i>Amyntas rodericensis</i> (Grube, 1879)	Rancho Grande, Monte Avila, Caracas	Michaelsen (1900), Righi (1984a, 1989, 1993), Drachenberg (1990), Paoletti (1989)	Exótica
<i>Polypheretima elongata</i> (Perrier, 1872)	Estación Experimental de Maracay, La Guayra	Cognetti (1905), Righi (1989)	Exótica
<i>Pontodrilus litoralis</i> (Grube, 1855)	Isla Blanquilla, Playa Mero, Cayo Chico, Cayo Sombrero	Zicsi (1995), Righi (1989)	Exótica
<i>Pheretima/Amyntas</i> sp.	Río Apure	Černosvitov (1934, 1935)	Exótica
Ocnodrilidae			
<i>Nematogenia panamaensis</i> (Eisen, 1900)	?	Gates (1962b, 1982)	Exótica
<i>Ocnodrilus</i> sp.	Rancho Grande	Marcuzzi (1950), en Gavrilov (1981)	Exótica?
Lumbricidae			
<i>Aporrectodea caliginosa</i> (Savigny, 1826)	Páramo Gavidia	Paoletti (datos no publicados, comunicación personal)	Exótica
<i>Bimastos parvus</i> (Eisen, 1874)	Rancho Grande	Righi (1984a), Paoletti (1989)	Exótica
<i>Dendrobaena octaedra</i> (Savigny, 1826)	Páramos Escorial y Mucubaji	Paoletti (datos no publicados, comunicación personal)	Exótica
<i>Dendrodrius rubidus rubidus</i> (Savigny, 1826)	Cruz Verde	Righi (1989)	Exótica
<i>Eiseniella tetraedra tetraedra</i> (Savigny, 1826)	?	Marchese (1986)	Exótica
<i>Eisenia fetida</i> (Savigny, 1826)	Varias localidades	Ríos (Comunicación personal, 2005)	Exótica
<i>Octolasion lacteum</i> (Örley, 1881)	Páramo Escorial	Paoletti (datos no publicados, comunicación personal)	Exótica

de los cayos caribeños hasta el Rancho Grande (1400 m; Parque Nacional Pittier) y El Jarillo (1800 m) en la Colonia Tovar. Entre sus resultados, ellos observaron la gran susceptibilidad a la deforestación de las lombrices epigeas de la hojarasca y de los suelos suspendidos (bromélias y musgos en los árboles). Todos estos autores encontraron especies nuevas que fueron identificadas por Righi y sus colaboradores.

Pero uno de los hallazgos más interesantes de Venezuela es el descubrimiento de comunidades indígenas (tribus Ye'Kuana y Piaroa) que se alimentan de lombrices como parte importante de la dieta en ciertas épocas del año o por las mujeres después del parto (Paoletti, 2005; Paoletti et al., 2000, 2003; Paoletti & Dufour, 2002). De hecho, los indígenas de la tribu Ye'Kuana reconocen y tienen nombres étnicos para 16 "variedades" de lombrices, siendo que al menos dos de ellas son comestibles (Paoletti & Dufour, 2005). Sin embargo, solamente estas dos especies han sido descritas hasta la fecha, ambas del género *Andiorrhinus*: *A. motto* Righi & Araujo, 1999 y *A. kuru* Moreno & Paoletti, 2004 (ver foto 24.4A y B). Motto y kuru son los nombres indígenas para las dos especies. Los análisis bromatológicos revelaron un promedio de 70% de proteína, muchos aminoácidos esenciales, calcio, hierro y otros elementos importantes para la dieta humana (Paoletti et al., 2003). Curiosamente, Paoletti (comunicación personal, 2002) encontró que otros grupos indígenas importantes de la región (por ejemplo, los Yanomami) no consumían lombrices.

Considerando la diversidad de especies conocidas de Venezuela y los pocos muestreos realizados, es de esperarse que futuras colectas en lugares no muestreados revelen gran cantidad de especies nuevas. La Cordillera Oriental, los Andes, la región de la Orinoquía (llanos y delta), el Coro y hasta la Amazonía (donde ya se realizaron varios muestreos) continúan poco estudiados y merecen más atención.

Las lombrices de tierra del Paraguay

El Paraguay, localizado en la región centro-sur de Suramérica, está dividido prácticamente a la mitad por el Río Paraguay, con una importante región formada de llanuras y/o áreas inundables. En el norte y noroeste predomina el chaco, caracterizado por una vegetación más seca al estilo de los "Cerrados" brasileños. La región al este, compuesta de valles y montes de hasta 800 m de altitud, aún conserva porciones importantes de selvas del tipo "Mata Atlántica" (uno de los "hot-spots" globales de biodiversidad), aunque estas han sido progresivamente deforestadas a partir de los años 70, fundamentalmente debido al avance de la agricultura, especialmente para la siembra de la soya.

En 1895 y 1896 Daniele Rosa hizo los primeros reportes de lombrices de tierra de la región central del Paraguay, identificando 15



Foto 24.4. (A) *Andiorrhinus kuru* Moreno & Paoletti, 2004 y (B) *Andiorrhinus motto* Righi & Araujo, 1999. Estas especies de lombrices de tierra son usadas como fuente de alimento por tribus indígenas de Venezuela. (Fotos M.G. Paoletti)

especies y describiendo varias especies nuevas. A estos estudios siguieron los de Cognetti (1900, 1907), basados en el mismo material utilizado por Rosa y que fue recolectado por una expedición del Dr. Borelli al final del siglo XIX. En los años 20, durante una expedición a la región de Makthlawaiya (llanuras inundables del Río Paraguay), los británicos Carter & Beadle (1931) encontraron varias especies de lombrices de tierra, descritas por John Stephenson (1931a). De particular interés fueron las observaciones sobre el modo de vida y respiración de las lombrices límnicas (aún no descritas) de la familia Almidae (*Drilocrius* sp.) que habitan los pantanos de la región (Carter & Beadle, 1931).

Muchos años más tarde, Righi (1984b,c) y Zicsi y colaboradores (Zicsi & Csuzdi, 1987, 1999; Csuzdi & Zicsi, 1991) colectaron lombrices en diversos lugares del país, mientras que Jörg Römbke y colaboradores (Kalsch et al., 1997) realizaron algunos estudios ecológicos. Sin embargo, gran parte del país, especialmente la región Norte del Chaco continúa prácticamente inexplorada por lo que su estudio seguramente revelará muchas más especies, incluyendo algunas ya conocidas en los países vecinos y otras nuevas para la ciencia.

Del total de 35 especies conocidas en Paraguay, ocho son exóticas y 27 nativas (Cuadro 24.8). La gran mayoría de las especies nativas (Cuadro 24.13) son de la familia Glossoscolecidae (14 spp. en 10 géneros; sólo *P. corethrurus* es exótica), y Ocnodrilidae (10 spp. en 3 géneros). El alto número de ocnodrilidos probablemente es el resultado del muestreo llevado a cabo principalmente en humedales y de que este tipo de vegetación es relativamente común en el país.

Agradecimientos

Los autores agradecen las sugerencias de Alex Feijoo y Catalina Mischis y la colaboración de Maurizio Paoletti, Sam James, Emanuel Lapied, Andrés Zicsi, Rob Blakemore y Csaba Csuzdi en las listas de especies.

Referencias

ARAUJO, Y.; LÓPEZ-HERNÁNDEZ, D. Earthworm populations in a savanna-agroforestry system of

Cuadro 24.13. Lista y distribución de las lombrices de tierra nativas y exóticas del Paraguay.

Familia Género y especie	Localidad	Referencia	Origen
Glossoscolecidae			
<i>Andiorrhinus</i> (<i>Amazonidrilus</i>) <i>paraguayensis</i> (Rosa, 1895)	San Bernardino, Río Apa, Villa Rica	Rosa (1895, 1896)	Nativa
<i>Anteoides desartsii</i> Cognetti, 1907	Estancia Postillón (cerca de Puerto Max)	Cognetti (1907), Michaelisen (1918)	Nativa
<i>Anteoides rosae</i> Cognetti, 1902	?	Ljungström et al. (1975)	Nativa
<i>Diachaeta</i> (<i>Amazo</i>) <i>exul</i> Stephenson, 1931	Makthlawaiya	Stephenson (1931a)	Nativa
<i>Fimoscolex angai minor</i> Zicsi & Csuzdi, 1987	Puerto Presidente Franco	Zicsi & Csuzdi (1987)	Nativa
<i>Glossodrilus</i> sp. ¹	Asunción	Zicsi & Csuzdi (1987)	Nativa
<i>Glossoscolex</i> (<i>Glossoscolex</i>) <i>bergi</i> (Rosa, 1900)	Puerto Presidente Franco	Zicsi & Csuzdi (1987)	Nativa
<i>Glossoscolex</i> (<i>Glossoscolex</i>) <i>lacteus</i> Zicsi & Csuzdi, 1999	Obligado	Zicsi & Csuzdi (1999)	Nativa
<i>Glossoscolex</i> (<i>Glossoscolex</i>) <i>minor</i> Zicsi & Csuzdi, 1999	Obligado	Zicsi & Csuzdi (1999)	Nativa

Continuación...

Cuadro 24.13. Continuación...	Familia Género y especie		Localidad	Referencia	Origen
	<i>Glossoscolex (Glossoscolex) truncatus</i> (Rosa, 1895)	cercañas de Asunción	Rosa (1895, 1896)	Nativa	
	<i>Holoscolex mahunkai</i> Zicsi & Csuzdi, 1987	Salto Waterfall (Puerto Presidente Stroessner)	Zicsi & Csuzdi (1987)	Nativa	
	<i>Thamnodrilus jordani</i> (Rosa, 1895)	San Bernardino	Rosa (1895, 1896)	Nativa	
	<i>Opisthodrilus borelli borelli</i> Rosa, 1895	Luque, Estancia Postillón (cerca de Puerto Max), Makthlawaiya	Rosa (1895, 1896), Michaelensen (1918), Stephenson (1931a)	Nativa	
	<i>Pontoscolex (Pontoscolex) corethrurus</i> (Müller, 1857)	Asunción, Bella Vista, Aregua, Puerto Presidente Franco, Puerto Presidente Stroessner, Colonia Thomson, San Lorenzo	Cognetti (1900), Zicsi & Csuzdi (1987), Gates (1973a), Righi (1984c)	Exótica	
	<i>Urobenus brasiliensis</i> Benham, 1886	San Bernardino	Rosa (1895, 1896)	Nativa	
	Ocnerothriidae				
	<i>Eukerria asuncionis</i> (Rosa, 1895)	Asunción	Rosa (1895, 1896)	Nativa	
	<i>Eukerria eiseniana</i> (Rosa, 1895)	región central del Paraguay, Asunción, Río Apa, Bella Vista, Makthlawaiya	Rosa (1895, 1896), Righi (1984b), Stephenson (1931a)	Nativa	
	<i>Eukerria garmani garmani</i> (Rosa, 1895)	región central del Paraguay	Rosa (1895, 1896)	Nativa	
	<i>Eukerria limosa</i> (Stephenson, 1931)	Makthlawaiya	Stephenson (1931a)	Nativa	
	<i>Eukerria papillifera</i> (Rosa, 1895)	región central del Paraguay	Rosa (1895, 1896)	Nativa	
	<i>Eukerria pascuorum</i> (Stephenson, 1931)	Makthlawaiya	Stephenson (1931a)	Nativa	
	<i>Eukerria stagnalis</i> (Kinberg, 1867)	? (región norte de Paraguay)	Jamieson (1970)	Nativa	
	<i>Haplodrilus borelli</i> (Rosa, 1895)	Asunción	Rosa (1895, 1896)	Nativa	
	<i>Haplodrilus michaelсени</i> (Cognetti, 1900)	Asunción	Cognetti (1900)	Nativa	
	<i>Ilyogenia paraguayensis</i> (Rosa, 1895)	Asunción	Rosa (1895, 1896)	Nativa	
	Acanthodrilidae				
	Subfamilia Benhamiinae				
	<i>Dichogaster (Diplotheocodrilus) affinis</i> (Michaelensen, 1890)	?	Csuzdi & Zicsi (1991)	Exótica	
	<i>Dichogaster (Diplotheocodrilus) bolau</i> (Michaelensen, 1891)	San Bernardino, Asunción	Rosa (1895, 1896)	Exótica	
	<i>Dichogaster (Diplotheocodrilus) saliens</i> (Beddard, 1893)	?	Csuzdi & Zicsi (1991)	Exótica	
	Subfamilia Acanthodrilinae				

<i>Microscolex dubius</i> (Fletcher, 1887)	región central del Paraguay	Rosa (1895, 1896)	Nativa?
<i>Microscolex phosphoreus</i> (Dugès, 1837)	cercanías de Asunción	Rosa (1895, 1896)	Nativa?
Almidae			
<i>Drilocrurus iheringi</i> (Michaelsen, 1895)	Valenzuela, Río Apa	Rosa (1895)	Nativa
<i>Drilocrurus</i> sp.	Makthlawaiya	Stephenson (1931a)	Nativa
Megascolecidae			
<i>Pheretima</i> sp. ²	? (interceptada en los EUA)	Gates (1982)	Exótica
Lumbricidae			
<i>Aporrectodea caliginosa</i> (Savigny, 1826)	Bañado (cerca de Asunción)	Righi (1984c)	Exótica
<i>Aporrectodea trapezoides</i> (Dugès, 1828)	?	Cordero (1931)	Exótica
<i>Eisenia fetida</i> (Savigny, 1826)	?	Afrânio Guimarães, (comunicación personal, 2005)	Exótica

¹ La especie identificada como *Andioscolex perrieri perrieri* Cognetti, 1904 por Zicsi & Csuzdi (1987) fue considerada por Righi (1995) como otra especie del género *Glossodrilus*.

² Varias especies de Megascolecidae, especialmente *Amyntas* spp. deben estar presentes en Paraguay, aunque no se han colectado o identificado de colectas anteriores (Zicsi & Csuzdi, 1999).

Venezuelan Amazonia. **Biology & Fertility of Soils**, v. 29, p. 413-418, 1999.

BEDDARD, F. E. On the structure of a new genus of Lumbricidae (*Thamnodrilus guillemi*). **Proceedings of the Zoological Society**, London, p. 154-163, 1887a.

BEDDARD, F. E. Contributions to the anatomy of earthworms. **Proceedings of the Zoological Society**, London, p. 372-392, 1887b.

BEDDARD, F. E. On the anatomy of *Ocnerodrilus* (Eisen). **Transactions of the Royal Society, Edinburgh**, v. 36, n. 2, p. 563-585, 1891.

BEDDARD, F. E. **A monograph of the order Oligochaeta**. Oxford: Clarendon Press, 1895. 769p.

BEDDARD, F. E. A revision of the earthworms of the genus *Amyntas* (*Perichaeta*). **Proceedings of the Zoological Society**, London, p. 609-652, 1900.

BEDDARD, F. E.; FEDARB, S. M. Notes upon two earthworms, *Perichaeta biserialis* and *Trichochaeta hesperidum*. **Proceedings of the Zoological Society**, London, p. 803-809, 1899.

BROWN, G.G.; JAMES, S.W. Ecologia, biodiversidade e biogeografia das minhocas no Brasil. In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. (Ed.). **Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. Capítulo 20.

CARTER, G. S.; BEADLE, L. C. Reports of an expedition to Brazil and Paraguay in 1926-27, supported by the trustees of the Percy Sladen Memorial Fund and the executive committee of the Carnegie Trust for Scotland. The fauna of the Paraguayan Chaco in relation to its environment.-III. Respiratory adaptations in the Oligochaeta. **Linnean Society Journal**, v. 37, p. 371-386, 1931.

ČERNOSVITOV, L. Les Oligochetes de la Guyane Française et d'autres pays de l'Amérique du Sud. **Bulletin du Muséum Nationale d'Histoire Naturelle de Paris**, v. 6, n. 1, p. 47-59, 1934.

ČERNOSVITOV, L. Oligochaeten aus dem tropischen Süd-Amerika. **Capita Zoologica**, v. 6, n. 1, p. 5-37, 1935.

ČERNOSVITOV, L. Oligochaeta from various parts of the world. **Proceedings of the Zoological Society, Series B**, v. 111, p. 197-236, 1942.

COGNETTI DE MARTIIS, L. Viaggio del dottor Alfredo Borelli nella Repubblica Argentina e nel Paraguay II. Contributo alla conoscenza degli Oligocheti Neotropicali. **Bollettino di Zoologia ed Anatomia Comparata della Reale Università di Torino**, v. 15, n. 369, p. 1-15, 1900.

COGNETTI DE MARTIIS, L. Oligocheti di Costa Rica. **Bollettino di Zoologia ed Anatomia**

- Comparata della Reale Università di Torino**, v. 19, n. 462, p. 1-9, 1904a.
- COGNETTI DE MARTIIS, L. Nuovi Oligocheti di Costa Rica. **Bollettino di Zoologia ed Anatomia Comparata della Reale Università di Torino**, v. 19, n. 478, p. 1-4, 1904b.
- COGNETTI DE MARTIIS, L. Oligocheti raccolti nel Darien dal Dr. E. Festa. **Bollettino di Zoologia ed Anatomia Comparata della Reale Università di Torino**, v. 20, n. 495, p. 1-7, 1905a.
- COGNETTI DE MARTIIS, L. Gli Oligocheti della Regione Neotropica. Parte prima. **Memoria della Accademia Reale delle Scienze di Torino**, v. 2, n. 55, p. 1-72, 1905b.
- COGNETTI DE MARTIIS, L. Gli Oligocheti della Regione Neotropica. Parte seconda. **Memoria della Accademia Reale delle Scienze di Torino**, v. 2, n. 56, p. 147-262, 1906.
- COGNETTI DE MARTIIS, L. Nuovo contributo alla conoscenza della drilofauna neotropica. **Atti della Reale Accademia delle Scienze di Torino**, v. 42, p. 789-800, 1907.
- COGNETTI DE MARTIIS, L. Lombrichi di Costa Rica e del Venezuela. **Atti della Reale Accademia delle Scienze di Torino**, v. 43, p. 505-518, 1908.
- CORDERO, E. H. Notas sobre los oligoquetos del Uruguay. **Anales del Museo de Historia Natural Bernardino Rivadavia**, v. 36, p. 343-357, 1931.
- CORDERO, E. H. Oligoquetos sudamericanos de la familia Glossoscolecidae, IV. Sobre algunas especies de Venezuela. **Comunicaciones Zoológicas del Museo de Historia Natural de Montevideo**, v. 1, n. 14, p. 1-6, 1944a.
- CORDERO, E. H. Oligoquetos sudamericanos de la familia Glossoscolecidae, V. *Eudevosclex vogelsangi* n. g. n. sp., de Venezuela, nueva forma con cierto número de caracteres primitivos. **Comunicaciones Zoológicas del Museo de Historia Natural de Montevideo**, v. 1, n. 18, p. 1-11, 1944b.
- CSUZDI, Cs. Neue und bekannte Regenwürmer aus dem Naturhistorischen Museum, London (Oligochaeta: Acanthodrilidae). **Opuscula Zoologica Budapest**, v. 29-30, p. 35-47, 1997.
- CSUZDI, CS.; ZICSI, A. Über die Verbreitung neuer und bekannter *Dichogaster* und *Eutrigaster* Arten aus Mittel- und Südamerika (Oligochaeta, Octochaetidae). Regenwürmer aus Südamerika, 15. **Acta Zoologica Hungarica**, v. 37, n. 3-4, p. 177-192, 1991.
- DRACHENBERG, C. E. Las lombrices de tierra gigantes del territorio federal Amazonas. **Natura**, v. 88, p. 40-41, 1990.
- DRACHENBERG, C. E. A. Alguns Oligochaeta (Glossoscolecidae) da região do Rio Mavaca na Amazonia Venezuelana. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, v. 7, n. 2, p. 143-150, 1991.
- EISEN, G. Anatomical studies on new species of *Ocnerodrilus*. **Proceedings of the California Academy of Sciences, Second Series**, v. 3, p. 228-290, 1893.
- EISEN, G. *Pontocolex lilljeborgi*, with notes on auditory sense cells of *Pontoscolex corethrus*. **Festschrift für Wilhelm Lilljeborg**, Upsala, p. 1-16, 1896a.
- EISEN, G. Pacific Coast Oligochaeta II. **Memoirs of the California Academy of Sciences**, v. 2, n. 5, p. 123-198, 1896b.
- EISEN, G. Researches in American Oligochaeta, with especial reference to those of the Pacific Coast and adjacent islands. **Proceedings of the California Academy of Sciences**, v. 2, p. 85-276, 1900. Third Series.
- FRAGOSO, C.; BROWN, G. G. Ecología y taxonomía de las lombrices de tierra en Latinoamérica: el primer Encuentro Latino-Americano de Ecología y Taxonomía de Oligoquetas (ELAETAO1). In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. (Ed.). **Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. Capítulo 1.
- FRAGOSO, C.; JAMES, S. W.; BORGES, S. Native earthworms of the North neotropical region: current status and controversies. In: HENDRIX, P. F. (Ed.). **Earthworm ecology and biogeography in North America**. Boca Raton: Lewis Publishers, 1995. p. 67-115.
- FRAILE-MERINO, J. **Poblaciones de lombrices de tierra (Oligochaeta: Annelidae) en una pastura de *Cynodon plectostachyus poeppigiana* (Poro), una pastura asociada con arboles de *Cordia alliodora* (Laurel), una pastura sin arboles y vegetación a libre crecimiento, en el CATIE, Turrialba, Costa Rica**. 1989. Tesis (Doctorado en Recursos Naturales) - Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba.
- GATES, G. E. On a new Octochaetine earthworm supposedly from Guatemala. **Breviora**, v. 75, p. 1-8, 1957.
- GATES, G. E. On some earthworms of Eisen's collection. **Proceedings of the California Academy of Sciences**, v. 31, n. 8, p. 185-225, 1962a. Fourth Series.
- GATES, G. E. Contributions to a revision of the earthworm family Ocnerodrilidae II-III. **Revue de Zoologie et de Botanique Africaines**, v. 65, p. 247-264, 1962b.

- GATES, G. E. On variation in an anthropochorous species of the oriental earthworm genus *Pheretima* Kinberg 1866. **Proceedings of the Biological Society of Washington**, v. 78, p. 1-16, 1965a.
- GATES, G. E. On peregrine species of the Moniligastrid earthworm genus *Drawida* Michaelsen, 1900. **Annals and Magazine of Natural History**, v. 8, p. 85-93, 1965b. Series 13.
- GATES, G. E. On a Glossoscolecid earthworm from Panama and its genus. **Megadrilologica**, v. 1, n. 1, p. 1-6, 1968.
- GATES, G. E. Burmese Earthworms. An introduction to the systematics and biology of Megadrile oligochaetes with special reference to South-East Asia. **Transactions of the American Philosophical Society**, v. 62, p. 1-326, 1972a.
- GATES, G. E. Contributions to North American Earthworms (Annelida) No. 5. On variation in another anthropochorous species of the oriental earthworm genus *Pheretima* Kinberg 1886 (Megascolecidae). **Bulletin of the Tall Timbers Research Station**, v. 13, p. 18-44, 1972b.
- GATES, G. E. Contributions to a revision of the earthworm family Glossoscolecidae. I. *Pontoscolex corethrurus* (Müller, 1857). **Bulletin of the Tall Timbers Research Station**, v. 14, p. 1-12, 1973a.
- GATES, G. E. Contributions to a revision of the earthworm family Ocnerodrilidae. IX. What is *Ocnerodrilus occidentalis*? **Bulletin of the Tall Timbers Research Station**, v. 14, p. 13-28, 1973b.
- GATES, G. E. The earthworm genus *Octolasion* in America. **Bulletin of the Tall Timbers Research Station**, v. 14, p. 29-50, 1973c.
- GATES, G. E. Contributions to a revision of the earthworm family Lumbricidae. XXIII. The genus *Dendrodrilus* Omodeo, 1956 in North America. **Megadrilologica**, v. 3, n. 9, p. 151-162, 1979a.
- GATES, G. E. A new genus of larger ocnerodrilid earthworms in the American Hemisphere. **Megadrilologica**, v. 3, n. 9, p. 162-164, 1979b.
- GAVRILOV, K. Oligochaeta. In: HURLBERT, S. H.; RODRÍGUEZ, G.; SANTOS, N. D. (Ed.). **Aquatic biota of tropical South America: Anarthropoda**. San Diego: San Diego State University, 1981. p. 170-190. Part 2.
- GRAFF, O. Regenwürmer aus El Salvador (Oligochaeta). **Senckenbergiana Biologia**, v. 38, p. 1-2, p. 115-143, 1957.
- HAGUE, F. S. Studies on *Sparganophilus eiseni* Smith. **Transactions of the American Microscopical Society**, v. 42, n. 2, p. 1-38, 1923.
- HORST, R. Descriptions of earthworms. **Notes from the Leyden Museum**, v. 9, p. 97-106, 1887.
- HORST, R. On the variability of characters in Perichaetidae. **Notes from the Leyden Museum**, v. 20, p. 201-209, 1898.
- HORST, R. Descriptions of earthworms. X. On a *Benhamia*-species from Paramaribo. **Notes from the Leyden Museum**, v. 21, p. 27-30, 1899.
- JAMES, S. W. *Martiodrilus olivaceous* and *M. panamensis*, new earthworms from Colombia and Panamá (Oligochaeta: Glossoscolecidae). **Zoologica Scripta**, v. 19, n. 3, p. 305-308, 1990.
- JAMIESON, B. G. M. A taxonomic revision of the oligochaete genus *Eukerria* Michaelsen, 1935 (Ocnerodrilinae, Megascolecidae). **Bulletin of the British Museum (Natural History), Zoology**, v. 20, n. 5, p. 133-172, 1970.
- JAMIESON, B. G. M. Generic type-species and other Megascolecidae (Annelida, Oligochaeta) in the Museum of Systematic Zoology, University of Turin. **Bolletino del Museo di Zoologia dell'Università di Torino**, v. 8, p. 57-88, 1974.
- JAMIESON, B. G. M. Catalogue of the named Megascolecidae (Oligochaeta: Annelida) in the National Museum of Natural History, Paris. **Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle**, v. 286, p. 129-154, 1975. 3^{ème} Serie.
- KALSCH, W.; FÖRSTER, B.; RÖMBKE, J.; MELLER, M.; KRATZ, W. The effect of agricultural management on the soil microflora and on Oligochaeta of two different tropical agro-ecosystems in Paraguay. **Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft**, v. 85, p. 1587-1590, 1997.
- KINBERG, J. G. H. Annulata nova. **Ofversigt af Kongliga Vetenskaps-Akademiens Handlingar**, Stockholm, v. 23, p. 97-103, 356-357, 1867.
- LAPIED, E.; LAVELLE, P. The peregrine earthworm *Pontoscolex corethrurus* in the east coast of Costa Rica. **Pedobiologia**, v. 47, p. 471-474, 2003.
- LAVELLE, P.; LAPIED, E. Endangered earthworms of Amazonia: an homage to Gilberto Righi. **Pedobiologia**, v. 47, p. 419-427, 2003.
- LAVELLE, P.; BIGNELL, D.; LEPAGE, M.; WOLTERS, V.; ROGER, P.; INESON, P.; HEAL, O. W.; GHILLION, S. Soil function in a changing world: The role of invertebrate ecosystem engineers. **European Journal of Soil Biology**, v. 33, p. 159-193, 1997.
- LJUNGSTRÖM, P.; EMILIANI, F.; RIGHI, G. Notas sobre oligoquetos (lombrices de tierra) argentinos. **Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral**, v. 6, p. 1-42, 1975.
- MARCHESE, R. M. Nuevos aportes al conocimiento de los Oligoquetos del Río Paraná Medio y algunos tributarios. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 21, n. 4, p. 231-249, 1986.

- MARCUZZI, G. Problemi inerenti al popolamento animale della selva pluviale in Venezuela. **Archivio Zoologici Italiani**, Napoli, v. 35, p. 297-324, 1950.
- MICHAELSEN, W. Terricolen der Berliner Zoologischen Sammlung II. **Archiv für Naturgeschichte**, v. 1, n. 3, p. 209-261, 1892.
- MICHAELSEN, W. Zur Kenntnis der Oligochaeten. **Abhandlungen aus dem Gebiete der Naturwissenschaften, Herausgegeben vom Naturwissenschaftlichen Verein Hamburg**, v. 13, p. 1-37, 1895.
- MICHAELSEN, W. Organisation einiger neuer oder wenig bekannter Regenwürmer von Westindien und Südamerika. **Zoologische Jahrbücher Abteilung für Anatomie und Ontogenie der Tiere**, v. 10, p. 359-388, 1897.
- MICHAELSEN, W. Beiträge zur Kenntnis der Oligochaeten. **Zoologische Jahrbücher Abteilung für Systematik**, v. 12, p. 105-144, 1899.
- MICHAELSEN, W. Zur Kenntnis der Eodrilaceen und ihrer Verbreitungsverhältnisse. **Zoologische Jahrbücher Abteilung für Systematik**, v. 30, p. 527-572, 1911.
- MICHAELSEN, W. Über einige zentralamerikanische Oligochaeten. **Archiv für Naturgeschichte**, v. 78, p. 112-129, 1912. Abteilung A.
- MICHAELSEN, W. Oligochaeten aus dem Naturhistorischen Reichsmuseum zu Stockholm. **Arkiv för Zoologi**, v. 10, n. 9, p. 1-21, 1916.
- MICHAELSEN, W. Die Lumbriciden, mit besonderer Berücksichtigung der bisher als Familie Glossoscolecidae zusammengefassten Unterfamilien. **Zoologische Jahrbücher Abteilung für Systematik, Geographie und Biologie der Tiere** v. 41, p. 1-398, 1918.
- MICHAELSEN, W. Die Oligochaetenfauna Surinames: Mites Erörterung der verwandtschaftlichen und geographischen Beziehungen der Octochaeten. **Tijdschrift der Nederlandsche Dierkundige Vereeniging**, v. 13, p. 112-131, 1933.
- MICHAELSEN, W. Die Opisthoporen Oligochaeten Westindiens. **Mitteilungen aus dem Hamburgischen Zoologischen Museum und Institut**, v. 45, p. 51-64, 1935.
- MICHAELSEN, W. African and American Oligochaeta in the American Museum of Natural History. **American Museum Novitates**, v. 843, p. 1-20, 1936.
- MORENO, A. G.; PAOLETTI, M. G. Kuru, una lombriz de tierra gigante, fuente de alimentación de los indios Makiritare de Venezuela. **Historia Natural**, Madrid, v. 2, p. 10-15, 2003.
- MORENO, A. G.; PAOLETTI, M. G. *Andiorrhinus* (*Andiorrhinus*) *kuru* sp. nov. (Oligochaeta: Glossoscolecidae), a giant earthworm as food resource for Makiritare Indians of the Alto Rio Padamo, Amazonas, Venezuela. **Canadian Journal of Zoology**, v. 82, n. 6, p. 1000-1004, 2004.
- MORENO, A. G.; PÉREZ-SANTOS, C. *Randrilus* Gen. nov. (Oligochaeta: Glossoscolecidae), un nuevo género de lombriz de tierra para Panamá. **Megadrilogica**, v. 7, n. 1, p. 1-8, 1997.
- NEMETH, A.; HERRERA, R. Earthworm populations in a Venezuela tropical rain forest. **Pedobiologia**, v. 23, p. 437-443, 1982.
- OMODEO, P. Oligocheti terricoli del Venezuela. **Memories del Museo Civico di Storia Naturale di Verona**, v. 4, p. 199-212, 1955.
- PAOLETTI, M. G. Life strategies of isopods and 'soil invertebrates' in Venezuela. **Monitore Zoologico Italiano**, v. 4, p. 435-453, 1989. Monograph Series.
- PAOLETTI, M. G. (Ed.). **Ecological implications of minilivestock: potential of insects, rodents, frogs and snails**. Enfield: Science Publishers, 2005. 648 p.
- PAOLETTI, M. G.; DUFOUR, D. L. Minilivestock. In: PIMENTEL, D. (Ed.). **Encyclopedia of pest management**. New York : Marcel Dekker, 2002. p. 487-492.
- PAOLETTI, M. G.; DUFOUR, D. L. Edible invertebrates among Amazonian Indians: a critical review of disappearing knowledge. In: PAOLETTI, M. G. (Ed.). **Ecological implications of minilivestock: potential of insects, rodents, frogs and snails**. Enfield: Science Publishers, 2005. p. 289-338.
- PAOLETTI, M. G.; DREON, A. L.; STINNER, B. R.; STINNER, D. H. Distribuzione della pedofauna e nutrienti nella selva neotropica. La foresta di nubi Venezuelana. **Thalassia Salentina**, v. 18, p. 511-531, 1988.
- PAOLETTI, M. G.; TAYLOR, R. A. J.; STINNER, B. R.; STINNER, D. H.; BENZING, D. H. Diversity of soil fauna in the canopy and forest floor of a Venezuelan cloud forest. **Journal of Tropical Ecology**, v. 7, n. 3, p. 373-383, 1991.
- PAOLETTI, M. G.; DUFOUR, D. L.; CERDA, H.; TORRES, F.; PIZZO-FERRATO, L.; PIMENTEL, D. The importance of leaf- and litter-feeding invertebrates as sources of animal protein for the Amazonian Amerindians. **Proceedings of the Royal Society**, London, v. 267, p. 2247-2252, 2000. Series B.
- PAOLETTI, M. G.; BUSCARDI, E.; VANDERJAGT, D. J.; PASTUSZYN, A.; PIZZO-FERRATO, L.; HUANG, Y. -S.; CHUANG, L. -T.; MILLSON, M.; CERDA, H.; TORRES, F.; GLEW, R. H. Nutrient content of earthworms consumed by Ye'Kuana

- Amerindians of the Alto Orinoco of Venezuela. **Proceedings of the Royal Society**, London, v. 270, p. 249-257, 2003. Series B.
- PERRIER, E. Recherches pour servir a l'histoire des lombriciens terrestres. **Nouvelles Archives du Muséum d'Histoire Naturelle de Paris**, v. 8, p. 5-198, 1872.
- PONGE, J.-F.; TOPOLIANTZ, S.; BALLOF, S.; ROSSI, J.-P.; LAVELLE, P.; BETSCH, J.-M.; GAUCHER, P. Ingestion of charcoal by the Amazonian earthworm *Pontoscolex corethrurus*: A potential for tropical soil fertility. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 38, 2008-2009, 2006.
- REYNOLDS, J. W. The earthworm family Sparganophilidae (Annelida, Oligochaeta) in North America. **Megadrilogica**, v. 3, n. 12, p. 189-204, 1980.
- REYNOLDS, J. W.; COOK, D. G. **Nomenclatura oligochaetologica**: a catalogue of names, descriptions and type specimens of the Oligochaeta. Fredericton: University of New Brunswick, 1976. 217p.
- REYNOLDS, J. W.; GUERRA, C. A. Two species of earthworms newly reported from Belize, C.A. (Oligochaeta: Glossoscolecidae and Megascolecidae). **Megadrilogica**, v. 5, n. 11, p. 122-124, 1994.
- REYNOLDS, J. W.; RIGHI, G. On some earthworms from Belize, C.A. with the description of a new species (Oligochaeta: Acanthodrilidae, Glossoscolecidae and Octochaetidae). **Megadrilogica**, v. 5, n. 9, p. 97-106, 1994.
- REYNOLDS, J. W.; REYNOLDS, D. W. Primeros datos de lombrices de tierra (Oligochaeta) de la Isla de Contadora, Panamá. **Megadrilogica**, v. 9, n. 1, p. 1-4, 2002.
- REYNOLDS, J. W.; REYNOLDS, D. W. Sobre algunas lombrices de tierra (Oligochaeta) de Honduras, C.A. **Megadrilogica**, v. 10, n. 11, p. 87-91, 2006.
- REYNOLDS, J. W.; FRAGOSO, C.; GUERRA, C. A. New earthworm records from Belize, C.A. (Oligochaeta: Acanthodrilidae, Eudrilidae, Glossoscolecidae, Megascolecidae, Ocnodrilidae and Octochaetidae). **Megadrilogica**, v. 7, n. 6, p. 63-70, 1995.
- RIGHI, G. A new species of *Meroscolex* from Suriname (Oligochaeta, Glossoscolecidae). **Zoologische Mededelingen (Rijksmuseum van Natuurlijke Historie te Leiden)**, v. 43, n. 24, p. 313-317, 1969.
- RIGHI, G. On some earthworms from Central America (Oligochaeta). **Studies on Neotropical Fauna**, v. 7, p. 207-228, 1972.
- RIGHI, G. Introducción al estudio de las lombrices del suelo (Oligoquetos Magadrilos) de la Provincia de Santa Fe (Argentina). **Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral**, v. 10, p. 89-155, 1979.
- RIGHI, G. Adições ao Gênero *Glossodrilus* (Oligochaeta, Glossoscolecidae). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 1, n. 1, p. 55-64, 1982.
- RIGHI, G. Nova contribuição ao conhecimento dos Oligochaeta da Venezuela. **Papéis Avulsos de Zoologia**, v. 35, p. 243-256, 1984a.
- RIGHI, G. On a collection of Neotropical Megadrili Oligochaeta. I. Ocnodrilidae, Acanthodrilidae, Octochaetidae, Megascolecidae. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 19, n. 1, p. 9-31, 1984b.
- RIGHI, G. On a collection of Neotropical Megadrili Oligochaeta. II. Glossoscolecidae, Lumbricidae. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 19, n. 2, p. 99-120, 1984c.
- RIGHI, G. *Pontoscolex* (Oligochaeta, Glossoscolecidae), a new evaluation. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 19, p. 59-177, 1984d.
- RIGHI, G. Dois novos Oligochaeta da Amazônia Venezuelana. **Papéis Avulsos de Zoologia**, v. 36, n. 2, p. 23-30, 1985a.
- RIGHI, G. Sobre *Rhinodrilus* e *Urobenus* (Oligochaeta, Glossoscolecidae). **Boletim de Zoologia**, v. 9, p. 231-257, 1985b.
- RIGHI, G. Adição ao conhecimento dos Oligochaeta da Venezuela. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 49, n. 4, p. 1065-1084, 1989.
- RIGHI, G. Some megadrili Oligochaeta of the Caribbean region. **Revue Suisse de Zoologie**, v. 100, p. 137-142, 1993a.
- RIGHI, G. Venezuelan earthworms and consideration on the genus *Andiorrhinus* Cognetti 1908 (Oligochaeta Glossoscolecidae). **Tropical Zoology**, v. 1, p. 125-139, 1993b. Special Issue.
- RIGHI, G. On new and old-known Oligochaeta genera from Paraíba State, Brazil. **Revue Suisse de Zoologie**, v. 101, p. 89-106, 1994.
- RIGHI, G. Some megadrili Oligochaeta from the Caribbean. **Studies on the Natural History of the Caribbean Region**, v. 72, p. 47-53, 1995.
- Righi, G. Some Venezuelan Oligochaeta Glossoscolecidae and Octochaetidae. **Revue Suisse de Zoologie**, v. 103, n. 3, p. 677-684, 1996.
- RIGHI G.; NEMETH, A. Alguns Oligochaeta, Glossoscolecidae, da Amazonia Venezuelana. **Papéis Avulsos de Zoologia**, São Paulo, v. 35, n. 8, p. 93-108, 1983.

- RIGHI, G.; ARAUJO, Y. *Andiorrhinus* (*Amazonidrilus*) *motto* n. sp. and *Rhinodrilus appuni pavoni* n. subsp. (Oligochaeta, Glossoscolecidae) from the Venezuelan Amazonia. **Miscelanea Zoologica**, v. 22, p. 93-100, 1999.
- RIGHI, G.; ARAUJO, Y. Three new species and new records of Oligochaeta, Glossoscolecidae, from the Venezuela Andes. **Miscelanea Zoologica**, v. 23, p. 107-120, 2000.
- RIGHI, G.; MERINO, J. F. Alguns Oligochaeta de Costa Rica. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 47, n. 4, p. 535-548, 1987.
- RIGHI, G.; MOLINA, S. Terricolous Oligochaeta (Glossoscolecidae) of the Venezuelan Llanos. **Revue Suisse de Zoologie**, v. 101, p. 299-313, 1994.
- RIGHI, G.; AYRES, I.; BITTENCOURT, E. C. R. Oligochaeta (Annelida) do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. **Acta Amazonica**, v. 8 p. 1-49, 1978. Suplemento 1.
- ROSA, D. Viaggio del dottor Alfredo Borelli nella Repubblica Argentina e nel Paraguay XV. Oligocheti terricoli (inclusi quelli raccolti nel Paraguay dal Dr. Paul Jordan). **Bollettino di Zoologia ed Anatomia Comparata della Reale Università di Torino**, v. 10, n. 204, p. 1-3, 1895.
- ROSA, D. Contributo allo studio dei terricoli neotropici. **Memorie della Reale Accademia delle Scienze di Torino, Serie Seconda**, v. 65, p. 89-151, 1896.
- ROSA, D. On some new earthworms in the British Museum. **Annals and Magazine of Natural History**, v. 2, n. 10, p. 277-290, 1898. Seventh Series.
- SÁNCHEZ-DE-LEÓN, Y.; MELO, E.; SOTO, G.; JOHNSON-MAYNARD, J.; LUGO-PÉREZ, J. Earthworm populations, microbial biomass and coffee production in different experimental agroforestry management systems in Costa Rica. **Caribbean Journal of Science**, v. 42, n. 3, p. 397-409, 2006.
- SARLO, M. Individual tree species effects on earthworm biomass in a tropical plantation in Panama. **Caribbean Journal of Science**, v. 42, n. 3, p. 419-427, 2006.
- STEPHENSON, J. The oligochaeta from Brazil and Paraguay: reports of an expedition to Brazil and Paraguay in 1926-7, supported by the trustees of the Percy Sladen memorial fund and the executive committee of the Carnegie Trust for Scotland. The Oligochaeta. **Journal of the Linnean Society, Zoology**, v. 37, p. 291-326, 1931a.
- STEPHENSON, J. Oligochaeta from Burma, Kenya and other parts of the World. **Proceedings of the Zoological Society**, London, p. 33-92, 1931b.
- TOPOLIANTZ, S. **Réponse fonctionnelle de la pedofaune a la mise en culture itinérante et permanente des sols du Sud-Ouest de la Guyane Française**. 2002. 194f. (Tesis Doctorado) Museo de Historia Natural. Paris.
- TOPOLIANTZ, S.; PONGE, J.-F. Charcoal consumption and casting activity by *Pontoscolex corethrurus* (Glossoscolecidae). **Applied Soil Ecology**, v. 28, p. 217-224, 2005.
- TOPOLIANTZ, S.; PONGE, J.-F.; ARROUAYS, D.; BALLOF, S.; LAVELLE, P. Effect of organic manure and the endogeic earthworm *Pontoscolex corethrurus* (Oligochaeta: Glossoscolecidae) on soil fertility and bean production. **Biology and Fertility of Soils**, v. 36, p. 313-319, 2002.
- VAN PRAAGH, B. D. Conservation of native earthworms and the role of the giant Gippsland earthworm as a flagship taxon. **Memoirs of the Museum of Victoria**, v. 56, n. 2, p. 597-603, 1997.
- ZICSI, A. Über weitere neue und bekannte Arten der Gattung *Perisocolex* (Oligochaeta: Glossoscolecidae). Regenwürmer aus Südamerika, 16. **Revue Suisse de Zoologie**, v. 99, p. 211-217, 1992.
- ZICSI, A. Ein weiterer Beitrag zur Regenwurm-Fauna der Karibischen Region (Oligochaeta) Regenwürmer aus Südamerika 24. **Mitteilungen aus dem Hamburgischen Zoologischen Museum und Institut**, v. 92, p. 53-64, 1995.
- ZICSI, A.; CSUZDI, Cs. Neue und bekannte Glossoscoleciden-Arten aus Südamerika. 2. (Oligochaeta: Glossoscolecidae). **Acta Zoologica Hungarica**, v. 33, n. 1/2, p. 269-275, 1987.
- ZICSI, A.; CSUZDI, Cs. Neue und bekannte Regenwürmer aus verschiedenen Teilen Südamerikas. Regenwürmer aus Südamerika 26. **Senckenbergiana Biologica**, v. 78, p. 123-134, 1999.

Potencial das minhocas como bioindicadoras



Earthworms as bioindicators (in particular for the influence of land use)

Jörg Römcke; Stephan Jänsch; Marcos Garcia

Abstract

The biological quality of soil can be assessed using various methods, but there is no universally accepted procedure. Actually, depending on the problem to be addressed very different approaches as well as soil organisms can be used. For the assessment of the presence and consequences of single chemicals like pesticides or heavy metals, standardised laboratory and field tests are regularly used. Contaminated soil, often containing mixtures of chemicals, is investigated with laboratory tests or field monitoring methods. Finally, non-chemical stresses like land use systems (e.g. agroecosystems) are evaluated by field monitoring. Due to their wide distribution, high regional but low local diversity, high biomass and important functional role in soil ecosystems, earthworms of the family Lumbricidae (Oligochaeta) have often been used for all these tests or monitoring activities, while the use of other families like tropical Glossoscolecidae or Enchytraeidae is much rarer. Besides a short overview on standardised ecotoxicological laboratory and field test methods, concepts for the study of the influence of land-use on the abundance, biomass and species composition of earthworms are described in this chapter. The latter issue is discussed in detail, using two case studies from Germany and Brazil (earthworm communities in agriculture and agroforestry, respectively) as examples. Oligochaeta, and in particular earthworms are good indicators for the effects of chemicals as well as different land use forms on the soil biocoenosis. In order to improve the scientific basis for the latter approach, the performance of large-scale and regionally differentiated monitoring programs as well as the improvement of taxonomic tools for soil organisms is necessary.

Resumo

A qualidade do solo pode ser verificada usando vários métodos, mas não existe procedimento universalmente aceito para tal finalidade. Dependendo do problema a ser abordado, diferentes táticas e organismos do solo podem ser usados. Para avaliar a presença e conseqüências de contaminantes químicos como pesticidas ou metais pesados, testes padronizados de laboratório e de campo são usados regularmente. Solo contaminado, freqüentemente contendo uma mistura de diferentes produtos químicos é normalmente avaliado com testes de laboratório ou monitoramento no campo. Estresses não-químicos como sistemas de uso do (agroecossistemas) são avaliados com monitoramento no campo. Devido à sua ampla distribuição por ex., alta diversidade regional mas baixa diversidade local, alta biomassa e importantes efeitos sobre a função dos solos, as minhocas da família Lumbricidae (Oligochaeta) têm sido freqüentemente usadas para todos os tipos de testes laboratoriais e monitoramento no campo. Porém, minhocas de outras famílias como a Glossoscolecidae (típica dos neotrópicos) ou os enquiteídeos (Enchytraeidae) são raramente usados para estes fins. Além de uma breve revisão das metodologias padronizadas para testes laboratoriais ecotoxicológicos e avaliações no campo, este capítulo também descreve diversos conceitos para o uso das minhocas (abundância, biomassa e composição de espécies) como indicadores do efeito do uso do solo sobre sua qualidade. Este assunto é discutido em maior detalhe, usando dois estudos de caso, da Alemanha (comunidades de minhocas em agroecossistemas) e do Brasil (minhocas em sistemas agroflorestais). Os oligoquetas, e, em particular, as minhocas são bons indicadores dos efeitos de produtos químicos, assim como de diferentes formas de uso da terra, sobre a



biocenose edáfica. Para melhorar a base científica de seu uso como indicadores, programas de monitoramento de comunidades de minhocas em larga escala e em diferentes regiões devem ser realizados, além de uma melhora significativa na capacidade de identificação taxonômica destes animais.

Introduction

In our modern society, soil has to meet several functions (EU, 2002), e.g., to buffer pesticides, nutrients, and metals, to enable agricultural production, and to support houses, streets, and railroads. In addition to these functions, which are directly useful to man, soil also has to perform natural functions like being the substrate for natural vegetation and the habitat for soil organisms, i.e. it has to accommodate microbes, animals and plants (German Federal Soil Protection Act of 17 March 1998 - BBodSchG). However, the biological assessment of soil quality is still in a preliminary stage and there is no commonly accepted procedure (Graefe, 1993; Spurgeon et al., 1996; Dunger, 1998). From an ecological point of view, the assessment of the quality of soil as a habitat for soil organisms (i.e. the biodiversity of soil organisms) must integrate all possible stress factors. In addition, a soil biological classification and assessment concept must also be able to differentiate between the myriad different "natural" soil types and those which have been adversely affected.

Different methods representing different approaches are available for the classification and the assessment of soil quality. They often differ according to the predicted or actual level of anthropogenic stress. For example, for the assessment of single chemicals like pesticides or heavy metals standardised laboratory and field tests are regularly used. Contaminated soil, often containing mixtures of chemicals, may be investigated using laboratory tests or field monitoring methods. Finally, non-chemical stress like land use (e.g. agriculture) is generally evaluated by field monitoring.

In this contribution, biological classification and assessment approaches are described. In particular, the use of earthworms as indicators of land use in these approaches is discussed. Examples from temperate (Germany) as well as tropical (Brazil) regions are presented. Since

another oligochaete family, Enchytraeidae, is also intensively used for the assessment of land use, some recent literature is compiled in an annex.

Selection of indicator organisms

Many groups of soil organisms are potentially suited to be used in biological classification and assessment of soils. These include nematodes, enchytraeids, earthworms, springtails, oribatid and gamasid mites, isopods, diplopods, chilopods and micro-organisms, among others (Höper, 1999). One single organism group will certainly not be sufficient for assessing a site, but the use of all groups is usually not possible due to limited resources; therefore a battery approach is suggested (Ruf et al., 2000). Qualitative parameters like species composition are usually better suited than quantitative parameters like abundance. Whenever possible, the species level should be studied, but when this is not practical, higher taxonomic levels can be used.

In order to identify the groups that should be included in such a battery of tests, certain criteria can be used (Römcke et al., 1996). For instance, indicators organisms should:

- ♦ live in or close to (e.g. litter) the soil
- ♦ be ecologically important
- ♦ occur in "medium" species numbers
- ♦ be taxonomically "easy" (e.g. identification keys are available)
- ♦ be sampled by standardised guidelines
- ♦ be sensitive indicators.

Earthworms are widely used as indicator species because they fulfil these criteria:

- ♦ Nearly all earthworms are true soil inhabitants and many of them are ecologically important. Several species like *Lumbricus terrestris* (Lumbricidae) are considered ecosystem engineers (Lavelle et al., 1997).
- ♦ Earthworms are globally distributed, but at one site less than 20 species occur, i.e. such species numbers are practical. In Central Europe, usually up to 10 earthworm species are found at one site (Römcke et al., 1997).
- ♦ Identification keys are available, mainly for temperate regions. In many parts of Europe (in particular Central and Northern regions), identification keys are available (e.g. Sims & Gerard, 1985).
- ♦ Breeding and handling of some species is easy
- ♦ Standardised guidelines were developed by

OECD and ISO for several investigation levels (e.g. OECD, 1984; ISO, 1998; ISO, 1999).

Earthworms are sensitive indicators for anthropogenic stress factors (in particular chemicals). For example, they have been successfully used as bio-indicators for (at least): chemicals (e.g. pesticides, biocides, drugs; Edwards et al., 1996), mixed soil contaminations (e.g. heavy metals, PAHs; Stephenson et al., 1998; Hund-Rinke et al., 2003), physical factors (e.g. compaction, hydrology; Pizl, 1992; Lowe & Butt, 1999) and land use (e.g., agriculture, forestry, orchards; Lee, 1985). Therefore, earthworms are clearly suitable for soil quality classification and assessment approaches.

Standardised Methods

Laboratory and field tests for chemicals and contaminated soil

Among terrestrial oligochaetes, earthworms of the family Lumbricidae are the most widely used test organisms. World-wide tests standardised by OECD or ISO and adapted for temperate regions are generally used, but methods especially suitable for the tropics have also been developed (Garcia, 2004). The acute toxicity test with the compost

worm *Eisenia fetida* in artificial soil (OECD, 1984) is the most important test with soil organisms up-to-date (Photo 25.1). In a slightly modified version published by the ASTM (No. E 1676; 1995), testing of single chemicals and soil quality assessment are put together, resulting in a very general test. Interestingly, in Brazil an even more artificial acute test based on a French guideline is used (AFNOR, 1984). In this test the chemical is mixed into a plastic substrate with glass balls instead of soil.

The chronic earthworm reproduction test, despite being based on the OECD acute test, was standardized first by ISO (No. 11268-2; 1998) and only five years later by OECD (No. 222; 2003). Slightly modified versions of the acute and chronic earthworm tests have been used for the assessment of remediated soil substrate in Canada, e.g., by defining reference values for field soils (Stephenson, personal communication, 2004). In Brazil, this is not yet required. A few years ago, the parameter avoidance behaviour was used to evaluate the effect of contaminated substrate on earthworms (Table 25.1; Photo 25.2; Stephenson et al., 1998; Hund-Rinke & Wiechering, 2001). Based on the Canadian and German experiences, the method is being standardised by ISO (ISO, 2004a). The sensitivity of this screening method is comparable to the much longer lasting (but ecologically more relevant) reproduction test.



Photo 25.1. Test vessels of the Acute Test (A). Grey: OECD artificial soil; Brown: field soil. *Eisenia fetida* on the surface of a test vessel (B). (Photos J. Römbke)

Table 25.1. Short characterisation of the earthworm avoidance test (ISO, 2004a).

Species	<i>Eisenia fetida</i> , <i>E. andrei</i>
Parameter	Behaviour
Substrate	Artificial soil or field soils (e.g., LUFA)
Duration	2 days
Design	NOEC, ECx (either with two or six sections)
Experience	Many tests with different contaminated soils have been performed

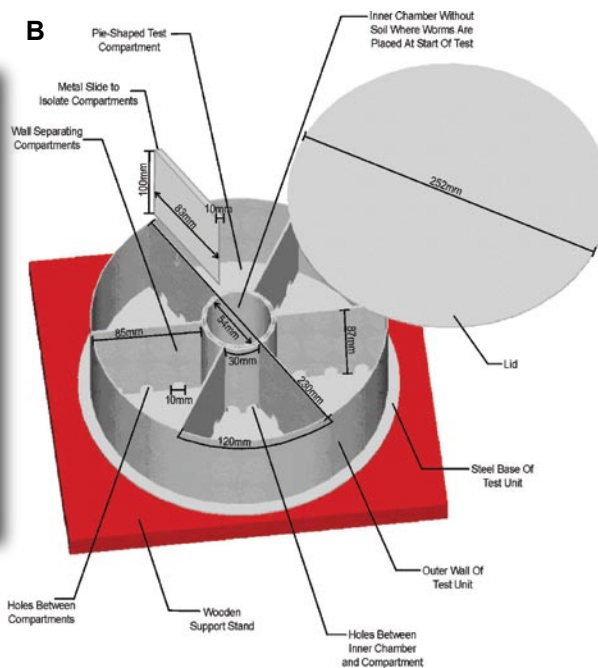


Photo 25.2. Design of the ISO Earthworm Avoidance Test. Two section design (A) and six section design (B). (Photo J. Römbke)

Even for the assessment of chemicals there are nearly no standardized test methods in the field. One exception is a field test with earthworms in which the long-term effect of a pesticide on the natural lumbricid coenosis in temperate regions are evaluated (Table 25.2; Photo 25.3; ISO, 1999). Only a few studies very roughly comparable to the ISO test have been performed for the assessment of contaminated soils (e.g., Callahan et al., 1991).

Field monitoring methods for the assessment of contaminated soil samples

Sampling and processing of samples, including determination of the earthworms, can be performed using standardised methods widely accepted in soil ecology (Dunger & Fiedler, 1997; Coleman et al., 1999), but standardisation has just begun at ISO TC 190 (ISO, 2004b; see Römbke, 2007; chapter 29 for more details). Earthworms are collected using a combination of hand-sorting and formalin extraction methods before being stored in alcohol and/or formalin (ISO, 2004b). For tropical conditions



Photo 25.3. Three earthworm species representative of different ecological groups: *Lumbricus terrestris* (largest individual), *Aporrectodea caliginosa* (intermediate-sized individual), *Eisenia fetida* (smallest individual). (Photo J. Römbke)

special modifications may be included (e.g. the TSBF method or large scale formalin application). The latter case is used when giant species (length > 50 cm) are present at the collection site (see Photo

Table 25.2. Short characterisation of ISO test No. 11268-3 (ISO, 1999).

Species	Natural community; e.g., <i>Aporrectodea caliginosa</i> , <i>Lumbricus terrestris</i>
Substrate	Field sites (meadows, crop sites)
Duration	Up to 12 months
Parameter	Abundance, biomass, species composition
Design	Limit test
Experience	Very few, if any in Europe.

29.7). A detailed description and discussion of the standardised method is provided by Römbke (2007; see chapter 29).

The influence of land use on earthworm communities

Land use integrates a number of management factors which can influence earthworm communities in different ways: while for instance chemicals or tillage act negatively, fertilisation with organic materials or crop rotation can benefit the worms (see Figure 30.3, Brown et al., 2007; chapter 30).

Examples from temperate regions

In a first attempt to evaluate the influence of land use on earthworm communities the average abundance, biomass and number of species in various land use systems (LUS) can be compiled as published in the literature (Table 25.3; Römbke et al., 1997). Three conclusions can be drawn from such a compilation, which is in this case is based on lumbricid data from Central and Northern Europe:

1. Earthworm abundance, and in particular biomass tend to be lower at crop sites and in acid forests than in grasslands or orchards. The number of

species per LUS varies considerably less than the two other parameters;

2. All parameters show a broad overlap which simply implies that other factors besides land use are influencing the earthworm communities;
3. In addition, the data indicate an intrinsic problem of literature compilations; different methods (e.g., sampling, biomass determination, data assessment, site description) have often been used, making comparisons difficult and impractical in some cases.

Since literature reviews can only act as a first, very rough approximation of the effect of LUS, a more precise approach is necessary. Therefore, a study performed in Bavaria (Southern Germany) can be used as an example (Bauchhenss, 1997). Using the same sampling method (a combination of hand-sorting and formalin extraction), Bauchhenss (1997) sampled 116 crop sites and 20 grasslands in the same region and time. A wide range of earthworm abundance was encountered (Figure 25.1): at crop sites it ranged from 0 to nearly 300 ind/m² (median = 9 ind/m²) and at the grasslands from 25 to > 350 ind/m² (median = 163 ind/m²).

However, when all available information was combined, it became clear that the lumbricid communities of both land uses were different (Table 25.4). Despite a small overlap in abundance at some sites (Figure 25.1), total number of species, mean abundance, biomass, number of species per

Table 25.3. Earthworm abundance, biomass and number of species in various sites and land use systems in the temperate region. Average data from various literature sources (Römbke et al., 1997).

Land use form	Abundance (Ind./m ²)	Biomass (dry weight g/m ²)	No. species
Cropping systems	6 – 453	0.5 – 15.2	0 – 11
Grasslands	94 – 646	3.5 – 32.0	4 – 12
Acid Forests	14 – 167	<1 – 5.6	3 – 5
Mull Forests	28 – 220	0.9 – 12.1	ca. 10
Orchards	218 – 848	12.0 – 38.1	ca. 10

Table 25.4. Comparison of the earthworm communities at 116 crop sites and 20 grassland sites in Bavaria (Bauchhenss, 1997).

Parameter	Cropping systems Mean ± SD	Grasslands Mean ± SD
Abundance (Ind./m ²)	77.4 ± 6.5	185.1 ± 29.3
Biomass (g DW/m ²)	6.2 ± 0.5	45.5 ± 7.2
Total number of species	5	8
No. species per sample	2.1 ± 0.1	4.1 ± 0.6
Juvenile : adult ratio (%)	82 : 18	62 : 38

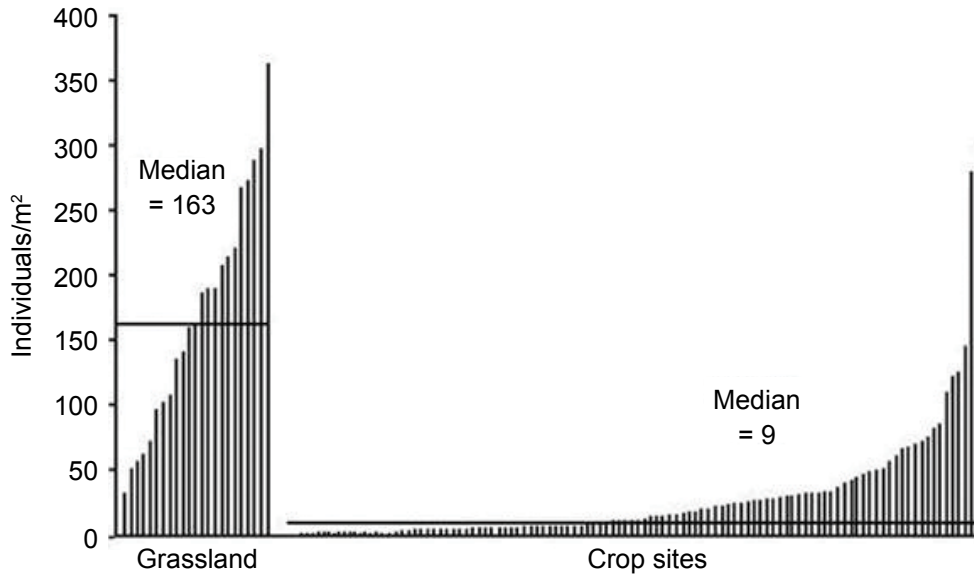


Figure 25.1. Earthworm abundance (ind./m²) at 116 crop sites and 20 grassland sites in Bavaria (Bauchhenss, 1997)

sample and the ratio of juveniles to adult worms was different in the two LUS.

In addition, Bauchhenss (1997) found that differences in earthworm biomass were not only due to differences in abundance: individuals of most species were smaller in the grassland sites than at the crop sites (Figure 25.2). Although apparently contradictory, this result can be explained by the limited food resources at the crop sites which hinder earthworm reproduction. Earthworms at these sites are larger and heavier but reproduce less, while worms in the grassland are smaller but produce more cocoons.

Examples from tropical regions

The average data for earthworm communities in different tropical LUS have been compiled from various sources (Table 25.5). However, the number of studies is much lower compared to those in temperate regions, and the individual sites are distributed over a much larger (and diverse) area of the world. In addition, the number of earthworm species and families is considerably higher in the tropics (in the Holarctic, often less than 20, mainly Lumbricidae species are involved). For these reasons, the data shown in Table 25.5 can only

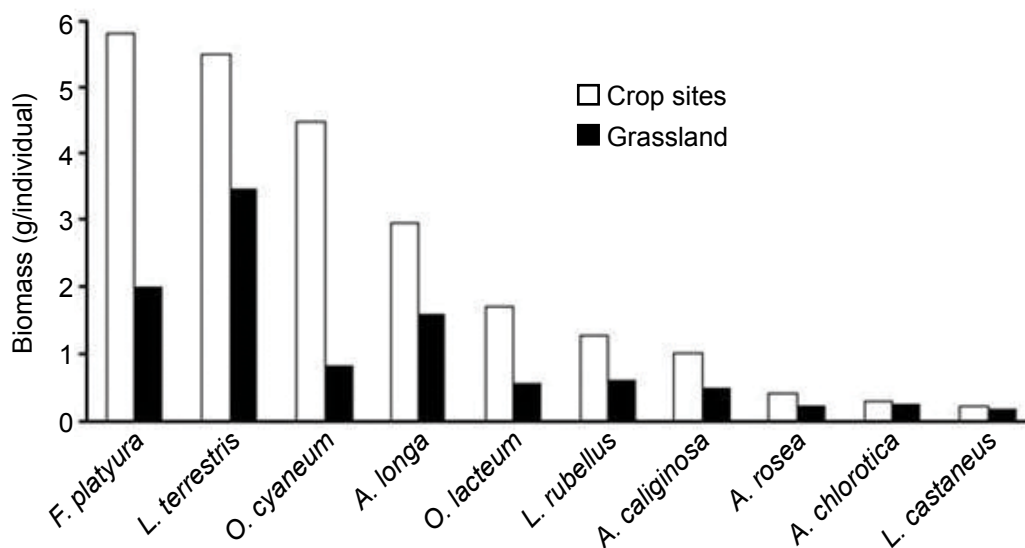


Figure 25.2. Biomass of individual earthworm species in various grasslands and cropping systems in Bavaria (Bauchhenss, 1997).

Table 25.5. Earthworm abundance, biomass and number of species in various LUS in Latin America. Average data from various literature sources.

Land use	Abundance (Ind./m ²)	Biomass (g DW/m ²)	No. species
Rainforest	68 ± 32	12.9 ± 6.2	6.5 ± 1.3
Secondary forest	171 - 189	52 - 61	?
Plantation	91 - 150	29 - 59	?
Savanna	188 - 582	17 - 49	4 - 14
Cropping systems	?	?	?

be seen as a preliminary estimate. However, the conclusions drawn previously can also be arrived at here: there is a considerable overlap between the different LUS but a tendency for smaller earthworm populations in primary rainforests compared to disturbed forests, plantations and savannas. Differentiated data from crop sites are not available but the tendency is obvious: fewer worms and species than at "wooded" sites (see Lavelle et al., 1994). On a very general level, the numbers seem to be in the same order of magnitude in both temperate and tropical regions (Fragoso et al., 1999).

As in the temperate region, the influence of land use on earthworm populations and diversity in the tropics becomes clearer when looking at individual sites in one region sampled with the same methods. Since no extensive data set like the one from Bavaria is available for a particular site in the tropics, an example from Amazonas (Brazil) is presented here (Höfer et al., 2001). At an Embrapa research station near Manaus, the earthworm community of three different forest types (primary rain forest, secondary forest, and two agroforestry plantations) was sampled using formalin extraction for three years (Römbke et al., 1999). Abundance, biomass and species composition, plus organic matter decomposition were measured to assess the functional role of soil fauna communities in this process (Table 25.6).

While abundance and species number did not differ clearly at the four sites, biomass and juvenile to adult ratio indicate a distinction between secondary forest and agroforestry plantation-A on one side and the primary forest plus the agroforestry plantation-C on the other side. The percentage of peregrine species shows a continuum: only natives in the primary forest but up to 12% peregrines were present in the agroforestry plantation-A.

Considering the species level, the picture becomes more complex (Table 25.7). Some species (like *Tuiba dianeae*) were evenly distributed at all four sites, while others like *Rhinodrilus contortus* clearly preferred the primary forest. The presence of the pantropical peregrine species *Pontoscolex corethrurus* was highly correlated with disturbance. The distribution pattern of the giant species *R. priollii*, previously known only from primary forest around Manaus, showed that, in fact, this species is able to adapt to various different abiotic conditions, being found at all four study sites in a range of 5-12%.

OM breakdown rates (measured via the litterbag method in two runs; Höfer et al., 2001) in agroforestry systems and the secondary forest reached only between 25 and 60% of the primary forest values (Table 25.8). Depending on the site and duration of the evaluation (which differed according to the season of measurement), plant litter decomposition half-life (PLD) was two-to-

Table 25.6. Earthworm communities in primary and secondary forests and agroforestry systems near Manaus, Central Amazonia (Römbke et al., 1999; Höfer et al., 2001).

	Primary Forest	Secondary Forest	Agroforestry plantation-A	Agroforestry plantation-C
Abundance (Ind./m ²)	16.2	11.7	12.0	14.5
Biomass (fresh weight g/m ²)	15.6	2.6	4.0	9.6
No. species	7	8	5	8
Juvenile/adult ratio (%)	81 : 19	64 : 36	67 : 33	77 : 23
Native : peregrine species ratio (%)	100 : 0	98 : 2	88 : 12	95 : 5

Table 25.7. Species composition of earthworms in primary and secondary forests and in agroforestry systems near Manaus, Brazil (Römcke et al., 1999; Höfer et al., 2001). Numbers represent percentages based on abundance (No. ind./m²).

Species	Primary Forest	Secondary Forest	Agroforestry plantation-A	Agroforestry plantation-C
<i>Andiorrhinus amazonicus</i>	11%	10%	12%	22%
<i>Pontoscolex corethrurus</i>	0%	2%	12%	5%
<i>Rhinodrilus contortus</i>	31%	17%	0%	14%
<i>Rhinodrilus priollii</i>	6%	5%	12%	5%
<i>Urobenus brasiliensis</i>	20%	34%	33%	10%
<i>Tuiba diana</i>	25%	28%	30%	33%
Other spp.	7%	6%	1%	11%

Table 25.8. Decomposition rates at the primary and secondary forests and in agroforestry systems measured using coarse mesh litter bags near Manaus (Höfer et al., 2001). Plant litter decomposition (PLD) is represented by the number of days after which 50% of the OM is decomposed during the two different measurement periods (PLD50).

Study site	PLD50 [d] 1 st study	PLD50 [d] 2 nd study
Primary forest	108	82
Secondary forest	289	232
Agroforestry plantation-A	433	258
Agroforestry plantation-C	182	239

four times longer in these systems than in the primary forest. The measured differences in PLD50 values were caused mainly by the different abundance, biomass and species composition of the macrofauna (besides earthworms, isopods and diplopods were also important). A direct relationship was observed between the structure and the function of the soil biocenosis. However, even at the site with the strongest decomposition inhibition (plantation A), the litter standing stock was not significantly enhanced compared to the primary forest.

Biological approaches for the classification and assessment of soils

Biological assessment concepts have been used successfully for many years in aquatic ecotoxicology and vegetation sociology. These ideas have been recently transferred to terrestrial ecosystems, assuming that similar soils in the same region should have a similar soil fauna.

Comparable concepts have been proposed for the UK (SOILPACS; Weeks, 1997) and are being used in several Dutch investigations (Sinnige et al., 1992; Schouten et al., 2000). In Germany, mainly two approaches have been used: the decomposer communities and the Soil Biological Site Classification (BBSK) approaches.

In the “**Decomposer communities**” approach (Graefe, 1993), frequently used in several states of Germany, the classification of soils is performed using oligochaetes (mainly earthworms and enchytraeids) as indicators for a typical community of saprophagous animals. First of all, the ecological profiles of oligochaete species in relation to soil moisture, pH and salinity (each divided into 9 classes) are determined. When classifying a certain site, the species composition, abundance, frequency and the occurrence of characteristic species are used as measurement endpoints. According to these parameters, each site is classified into one of nine hierarchical groups, named according to the rules originally proposed for vegetation sociology.

The “**Soil Biological Site Classification**” approach is the result of several studies investigating ecotypes and their respective biocenosis (Römcke

et al., 1997; Ruf et al., 2003). In this approach, the use of biological parameters for assessing soil quality is divided into three steps (for a schematic overview see Figure 25.3):

- Firstly, soils are classified in ecotypes. Ecotypes are units of sites with similar natural properties (= factors like soil organic content and pH, but also climate and other environmental parameters) and therefore the same preconditions for the establishment of a certain soil biocoenosis. Different forms of land use (forests, meadows, arable land) must be distinguished when defining ecotypes. Based on investigations of unaffected sites, the natural biocenosis (e.g. mainly the species composition) of the various ecotypes in a certain region is determined.
- Secondly, using the “expected” (baseline or reference) species composition any other soil with the same properties can be assessed by comparing the biocoenosis actually found in this soil. For example, a clear deviation can indicate an anthropogenic impact. A comparison can be done using either multivariate statistical methods (e.g. CANOCO, TWINSpan), indices (e.g. maturity index; Bongers, 1990), or by qualitative evaluation using indicator species (“expert knowledge”). However, evaluation methods and assessment criteria have not yet been fixed.
- Thirdly, based on the degree of similarity between the expected and sampled biocoenosis, further studies are required or management activities can be performed.

The BBSK approach was evaluated several times (e.g. Ruf et al., 2003). The results can be summarised as follows:

- No methodological problems occurred, since ISO draft guidelines were used.
- Different sites could be grouped according to LUS and ecotypes.
- In some cases, the species composition was conspicuous, indicating anthropogenic stress.
- Increasing the number of organism groups evaluated improved the classification and assessment scheme.
- Oligochaetes alone were not sufficient for the classification and assessment of soils, but their exclusion also invalidated the use of the approach.

However, some open questions must still be answered to improve the use of the BBSK approach. For example, in the literature pedological and biological data are rarely described from the same site, which means that in order to develop a suitable set of reference data new studies are

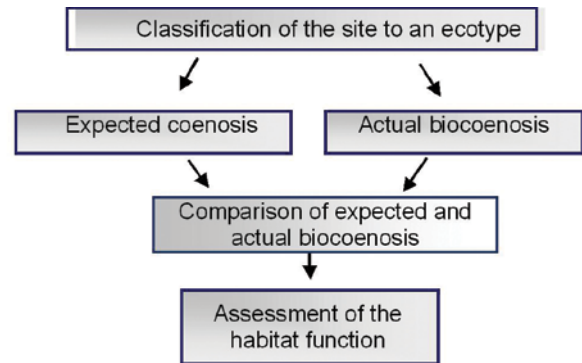


Figure 25.3. Overview on the different steps of the BBSK approach.

necessary (Römbke et al., 2005). While in Europe the earthworm communities of different land-use types are relatively well known, the situation is more complex in tropical regions; primarily due to lack of knowledge (in particular concerning taxonomy of these organisms). Unfortunately, no automatic, computerized taxonomic key is available for earthworms (a recently published key for aquatic oligochaetes is not useful for this purpose).

Outlook

Oligochaeta, and in particular earthworms, are good indicators for the effects of different land use forms on the soil biocoenosis. This statement is true for several investigation levels, e.g. starting from tests in the laboratory up to field monitoring methods. Standardised guidelines for the use of Oligochaeta as indicator organisms have been developed, but concepts like the BBSK approach for the biological classification and assessment of soils must still be improved, gathering data on earthworm communities in large-scale and regionally differentiated monitoring programs. Better taxonomic tools for soil organisms are also necessary. Only with these actions will a practical concept for the protection of the habitat function of soils and its biodiversity be possible.

References

AFNOR (ASSOCIATION FRANCAISE DE NORMALISATION). **Determination de la toxicité d'une substance vis-a-vis des lombriciens (espèce *Eisenia fetida*). Methode «Artisol». Norme expérimentale.** Paris, 1984. X 31-250.

- ASTM (American Society for Testing and Materials). Standard guide for conducting a laboratory soil toxicity test with the Lumbricid earthworm *Eisenia foetida*. **Annual Book of ASTM**, n. 1676, p. 1123-1139, 1995.
- BAUCHHENS, J. Bodenzoologie. Boden-Dauerbeobachtungsflächen (BDF). Bericht nach zehnjähriger Laufzeit 1985 - 1995. Teil III. Boden: gefüge, organische substanz, bodenorganismen, vegetation. **Bodenkultur und Pflanzenbau. Schriftenreihe der bayrischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau**, 6/97, p. 219-234, 1997.
- BBodSchG (Bundes-Bodenschutzgesetz). **Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten**. Berlin: Ministry of the Environment, 1998. BGBl I 502 (17.03.1998).
- BONGERS, T. The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematodes species composition. **Oecologia**, v. 83, p. 14-19, 1990.
- BROWN, G. G.; SENAPATI, B. K.; PASHANASI, B.; VILLENAVE, C.; PATRÓN, J. C.; LAVELLE, P.; BAROIS, I.; BLAKEMORE, R. J. In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. (Ed.). **Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. Chapter 30.
- CALLAHAN, C. A.; MENZIE, C. A.; BURMASTER, D. E.; WILBORN, D. C.; ERNST, T. On-site methods for assessing chemical impact on the soil environment using earthworms: a case study at the Baird and McGuire Superfund Site, Holbrook, Massachusetts. **Environmental Toxicology Chemistry**, v. 10, p. 817-826, 1991.
- COLEMAN, D. C.; BLAIR, J. M.; ELLIOTT, E. T.; WALL, D. H. Soil invertebrates. In: ROBERTSON, G. P.; COLEMAN, D. C.; BLEDSOE, C. S.; SOLLINS, P. (Ed.). **Standard Soil Methods for Long-term Ecological Research**. New York: Oxford University Press, 1999. (LTER Network Series).
- DUNGER, W.; FIEDLER, H. J. **Methoden der bodenbiologie**. Stuttgart: Fischer Verlag, 1997. 539 p.
- DUNGER, W. Die Bindung zwischen Bodenorganismen und Böden und die biologische Beurteilung von Böden. **Bodenschutz**, v. 3, p. 62-68, 1998.
- EDWARDS, C. A.; BOHLEN, P. J. **Biology and ecology of earthworms**. 3.ed. London: Chapman and Hall, 1996.
- EDWARDS, C. A.; SUBLER, S.; CHEN, S. K.; BOGOMOLOV, D. M.; VAN STRAALLEN, N. M.; KRIVOLUTSKY, D. A. Essential criteria for selecting bioindicator species, processes, or systems to assess the environmental impact of chemicals on soil ecosystems. In: VAN STRAALLEN, N. M.; KRIVOLUTSKY, D. A. (Ed.). **Bioindicator systems for soil pollution**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1996. p. 67-84.
- EU (European Union). **Towards a thematic strategy for soil protection**. Brussels: Commission of the European Communities, 2002. 35 p. COM(2002) 179.
- FRAGOSO, C.; KANYONYO, J.; MORENO, A.; SENAPATI, B. K.; BLANCHART, E.; RODRÍGUEZ, C. A survey of tropical earthworms: taxonomy, biogeography and environmental plasticity. In: LAVELLE, P.; BRUSSAARD, L.; HENDRIX, P. (Ed.). **Earthworm management in tropical agroecosystems**. Wallingford: CAB International, 1999. p. 1-25.
- GARCIA, M. V. **Effects of pesticides on soil fauna: development of ecotoxicological test methods for tropical regions**. 2004. Thesis (Ph. D.) - University of Bonn, Bonn.
- GRAEFE, U. Die Gliederung von Zersetzergruppen für die Standortökologische Ansprache. **Mitteilungen Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft**, v. 69, p. 95-98, 1993.
- HÖFER, H.; HANAGARTH, W.; GARCIA, M.; MARTIUS, C.; FRANKLIN, E.; RÖMBKE, J.; BECK, L. Structure and function of soil fauna communities in Amazonian anthropogenic and natural ecosystems. **European Journal of Soil Biology**, v. 37, p. 229-235, 2001.
- HÖPER, H. Die Bedeutung abiotischer Bodeneigenschaften für bodenmikrobiologische Kennwerte Ergebnisse aus der Bodendauerbeobachtung in Niedersachsen. **Mitteilungen Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft**, v. 89, p. 253-256, 1999.
- HUND-RINKE, K.; WIECHERING, H. Earthworm avoidance test for soil assessments. An alternative for acute and reproduction tests. **Journal of Soils and Sediments**, v. 1, p. 15-20, 2001.
- HUND-RINKE, K.; RÖMBKE, J.; ACHAZI, R.; WARNEKE, D. Avoidance test with *E. fetida* as indicator for the habitat function of soils – results of a laboratory comparison test. **Journal of Soils and Sediments**, v. 3, p. 7-12, 2003.
- ISO (International Organization for Standardization). **Soil quality - Effects of pollutants on earthworms (*Eisenia fetida*)**. Part 2: Determination of effects on reproduction. ISO 11268-2. Geneva, 1998.
- ISO (International Organization for Standardization). **Soil quality - Effects of pollutants on earthworms**. Part 3: Guidance on the determination of effects in field situations. ISO 11268-3. Geneva, 1999.

- ISO International Organization for Standardization. **Soil quality - Avoidance test for evaluating the quality of soils and the toxicity of chemicals. Test with Earthworms (*Eisenia fetida/andrei*).** ISO 17512. Geneve, 2004a.
- ISO (International Organization for Standardization). **Soil quality - Sampling of soil invertebrates.** Part 1: Hand-sorting and formalin extraction of earthworms. ISO 23611-1. Geneve, 2004b.
- LAVELLE, P.; DANGERFIELD, M.; FRAGOSO, C.; ESCHENBRENNER, V.; LÓPEZ-HERNÁNDEZ, D.; PASHANASI, B.; BRUSSAARD, L. The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. In: WOOMER, P. L.; SWIFT, M. J. (Ed.). **The biological management of tropical soil fertility.** Chichester: Wiley, 1994. p.137-169.
- LAVELLE, P.; BIGNELL, D.; LEPAGE, M. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. **European Journal of Soil Biology**, v. 33, p. 159-193, 1997.
- LEE, K. E. **Earthworms:** their ecology and relationships with soils and land use. Sydney: Academic Press, 1985. 411 p.
- LOWE, C. N.; BUTT, K. R. Interspecific interactions between earthworms: a laboratory-based investigation. **Pedobiologia**, v. 43, p. 808-817, 1999.
- OECD (Organisation for Economic Co-Operation and Development). **Earthworm acute toxicity test.** Paris, 1984. (Guideline for testing of chemicals No. 207).
- OECD (Organisation for Economic Co-Operation and Development). **Earthworm reproduction test.** Paris, 2003. (Guideline for Testing of Chemicals No. 222).
- PIZL, V. Effect of soil compaction on earthworms (Lumbricidae) in apple orchard soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 24, p. 1573-1576, 1992.
- RÖMBKE, J. Quantitative earthworm sampling methods: In search of standardization: The ISO methodology. In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. (Ed.). **Minhocas na América Latina:** biodiversidade e ecologia. Londrina: Embrapa Soja, 2007. Chapter 29.
- RÖMBKE, J.; BAUER, C.; MARSCHNER, A. Hazard assessment of chemicals in soil. Proposed Ecotoxicological Test Strategy. **Environmental Science Pollution Research**, v. 3, p. 78-82, 1996.
- RÖMBKE, J.; BECK, L.; FÖRSTER, B.; FRÜND, H. C.; HORAK, F.; RUF, A.; ROSCICZEWSKI, K.; SCHEURIG, M.; WOAS, S. **Boden als Lebensraum für Bodenorganismen und die Bodenbiologische Standortklassifikation:** eine literaturstudie. Karlsruhe: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, 1997. (Texte und Berichte zum Bodenschutz, 4/97).
- RÖMBKE, J.; JÄNSCH, S.; DIDDEN, W. The use of earthworms in ecological soil classification and assessment concepts. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 62, p. 249-265, 2005.
- RÖMBKE, J.; MELLER, M.; GARCIA, M. Earthworm densities in central Amazonian primary and secondary forests and a polyculture forestry plantation. **Pedobiologia**, v. 43, p. 518-522, 1999.
- RUF, A.; BECK, L.; RÖMBKE, J.; SPELDA, J. Standortsspezifische Erwartungswerte für die Gemeinschaftsstruktur ausgewählter Taxa der Bodenfauna als Bodenqualitätskriterium. **Berichte des Naturwissenschaftlich-Medizinischen Vereins in Innsbruck**, v. 87, p. 361-380, 2000.
- RUF, A.; BECK, L.; DREHER, P.; HUND-RINKE, K.; RÖMBKE, J.; SPELDA, J. A biological classification concept for the assessment of soil quality: "Biological soil classification scheme" (BBSK). **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 98, p. 263-271, 2003.
- SCHOUTEN, T.; BLOEM, J.; DIDDEN, W. A. M.; RUTGERS, M.; SIEPEL, H.; POSTHUMA, L.; BREURE, A. M. Development of a biological indicator for soil quality. **Society of Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 4, p. 30-32, 2000.
- SIMS, R. W.; GERARD, B. M. **Earthworms.** Keys and notes for the identification and study of the species. London: E. J. Brill/Dr. W. Backhuys, 1985. (New Series) Synopses of the British Fauna. No. 31. 171 p.
- SINNIGE, N.; TAMIS, W.; KLIJN, F. **Indeling van Bodenfauna in oecologische Soortgroepen.** Leiden: Centrum voor Milieukunde, Rijksuniversiteit Leiden, 1992.
- SPURGEON, D. J.; SANDIFER, R. D.; HOPKIN, S. P. The use of macro-invertebrates for population and community monitoring of metal contamination - indicator taxa, effect parameters and the need for a soil invertebrate prediction and classification scheme (SIVPACS). In: VAN STRAALLEN, N. M.; KRIVOLUTSKY, D. A. **Bioindicator systems for soil pollution.** Dordrecht: Kluwer Academic, 1996. p. 95-109.
- STEPHENSON, G. L.; KAUSHIK, A.; KAUSHIK, N. K.; SOLOMON, K. R.; STEELE, T.; SCROGGINS, R. Use of an avoidance-response test to assess the toxicity of contaminated soils to earthworms. In: SHEPPARD, S. C.; BEMBRIDGE, J. D.; HOLMSTRUP, M.; POSTHUMA, L. (Ed.). **Advances in earthworm ecotoxicology.** Boca Raton: SETAC Press, 1998. p. 67-81

WEEKS, J. M. (Ed.). **A demonstration of the feasibility of SOILPACS**. London: Environment Agency, 1997.

Annex 1. Important references concerning the use of enchytraeids as test and indicator organisms.

DIDDEN, W. Ecology of terrestrial Enchytraeidae. **Pedobiologia**, v. 37, p. 2-29, 1993.

DIDDEN, W. A. M.; RÖMBKE, J. Enchytraeids as indicator organisms for chemical stress in terrestrial ecosystems. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 50, p. 25-43, 2001.

GRAEFE, U.; SCHMELZ, R. Indicator values, strategy types and life forms of terrestrial Enchytraeidae and other microannelids. **Newsletter on Enchytraeidae**, v. 6, p. 59-67, 1999.

ISO (International Organization for Standardization). **Soil quality - Effects of pollutants on Enchytraeidae (*Enchytraeus* sp.)**. Determination of effects on reproduction and survival. ISO 16387. Geneva, 2003.

ISO (International Organisation for Standardisation). **Soil quality - Sampling of soil invertebrates working draft**. Part 3: Sampling and soil extraction of enchytraeids. ISO 23611-3. Geneva, 2007.

JÄNSCH, S.; RÖMBKE, J. Ecological characterisation of selected enchytraeid species (Enchytraeidae, Oligochaeta) - a literature research. **Newsletter on Enchytraeidae**, v. 8, p. 57-68, 2003.

JÄNSCH, S.; RÖMBKE, J.; DIDDEN, W. The use of enchytraeids in ecological soil classification and assessment concepts. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 62, p. 266-277, 2005a.

JÄNSCH, S.; AMORIM, M.J.B.; RÖMBKE, J. Identification of the ecological requirements of important terrestrial ecotoxicological test species. **Environmental Reviews**, v. 13, p. 51-83, 2005b.

LAAKSO, J.; SETÄLÄ, H. Sensitivity of primary production to changes in the architecture of belowground food webs. **Oikos**, v. 87, p. 57-64, 1999.

NIELSEN, C. O.; CHRISTENSEN, B. The Enchytraeidae, critical revision and taxonomy of European species. **Natura Jutlandica**, v. 8-9, p. 1-160, 1959.

O'CONNOR, F. B. Extraction of enchytraeid worms from a coniferous forest soil. **Nature**, v. 175, p. 815-816, 1955.

OECD (Organisation for Economic Co-Operation and Development). **Enchytraeidae reproduction test**. Paris, 2003. (Guideline for Testing of Chemicals No. 220).

RÖMBKE, J. Enchytraeen (Oligochaeta) als bioindikator. UWSF - **Zeitschrift Zeitschrift Umweltchemikalien & Schadstoff-Forschung**, v. 7, p. 246-249, 1995.

RÖMBKE, J. Ecotoxicological laboratory tests with enchytraeids: a review. **Pedobiologia**, v. 47, p. 607-616, 2003.

Minhocas como bioindicadoras da qualidade ambiental. Um estudo de caso na região de Jaguapitã, PR, Brasil

Daiane H. Nunes; Amarildo Pasini; Norton P. Benito; George G. Brown

Abstract

Earthworms are ecosystem engineers, acting on the soil's physical structure, promoting the protection and/or decomposition of organic matter, making nutrients available to plants, and altering the trophic relationships in soil communities. Furthermore, because they are sensitive to various soil, plant and other environmental properties, and are affected by agricultural management practices, earthworms can be used as soil quality and environmental indicators. One of the current questions refers to the competition between native and exotic earthworm species. Does competition actually exist or is one of these two groups favored by disturbance in agricultural systems? The answer to this question is important to evaluate and value their use as bioindicators in different agroecosystems. The objective of this chapter was to review the use of earthworms as environmental bioindicators, their relationship with soil quality and function, and evaluate earthworm abundance and diversity in various agroecosystems around Jaguapitã, Paraná, Brazil, as a case study. Earthworm diversity and abundance was higher in pastures than soybean (*Glycine max*) and sugar cane (*Saccharum sp.*) agroecosystems; *Pontoscolex corethrurus* (peregrine species) was the dominant species in the pastures. Management practices, in particular soil disturbance used in renovating degraded pastures has important effects on earthworm populations and diversity.

Resumo

As minhocas são “engenheiras do solo”, atuando na sua estrutura física, promovendo a proteção e/ou decomposição da matéria orgânica, disponibilizando nutrientes para as plantas e alterando as relações tróficas entre as comunidades edáficas. Além disso, por serem sensíveis a diversas condições ambientais como o clima, solo, vegetação predominante e manejos agrícolas, as minhocas podem ser usadas como indicadoras da qualidade do solo e conseqüentemente do ambiente. Uma das questões levantadas atualmente é com relação à competição entre espécies nativas e exóticas. Será que realmente existe a competição entre elas? Ou será que um destes dois grupos é beneficiado por perturbações em sistemas agrícolas? A resposta a essa pergunta é importante para avaliar e valorizar o uso das minhocas como bioindicadoras em diferentes agroecossistemas. Este capítulo teve como objetivos: revisar o potencial de uso das minhocas como bioindicadoras ambientais, suas relações com a qualidade dos solos e funções edáficas, e avaliar sua abundância em diversos agroecossistemas de Jaguapitã, PR, Brasil, como um estudo de caso. Houve maior biodiversidade e abundância de minhocas em pastagens do que em soja (*Glycine max*) e cana-de-açúcar (*Saccharum sp.*); *Pontoscolex corethrurus* (espécie peregrina) foi a espécie predominante nas pastagens. As práticas de manejo usadas para a recuperação de pastagens degradadas, especialmente a perturbação do solo influenciam a diversidade e abundância de minhocas.

Introdução

Com o aumento da demanda mundial por alimentos e matérias-primas, são necessárias maiores ofertas de produtos agrícolas. Para elevar a produção em áreas já ocupadas pelo



ser humano, tem-se adotado freqüentemente o uso intensivo de insumos e máquinas agrícolas, o que resulta em mudanças nas características químicas, físicas e biológicas do solo, levando, em muitos casos, ao desequilíbrio funcional e redução/simplificação da comunidade edáfica (Fleischfresser, 1997).

Em áreas novas, recém-desmatadas para o cultivo, há alterações na cobertura vegetal e no microclima, e pode ocorrer a extinção de espécies de animais. Com isso podem surgir insetos-praga que, comumente mal manejados com agrotóxicos, podem ocasionar danos ao sistema edáfico (Campanhola et al., 1997).

Os impactos negativos provocados no solo, que interferem na sua qualidade, dependem do modelo agrícola escolhido por uma região ou país. Dessa forma, a agricultura moderna brasileira altamente mecanizada, inclui o uso indiscriminado de agrotóxicos e de fertilizantes, que afeta negativamente os organismos do solo em grande escala (Campanhola et al., 1997).

As minhocas incluem animais semi-aquáticos, aquáticos e edáficos, e podem ser agrupadas em *megadrili*, (maiores e na maioria terrestres), e *mi-*

crodrili, (menores e com hábito predominantemente aquático; Righi, 1990).

São conhecidas cerca de 3600 espécies de minhocas no mundo e estima-se que exista igual número a serem descobertas e descritas (Fragoso et al., 1997). Grande parte do acervo sobre minhocas no Brasil se deve a Gilberto Righi que, com cerca de 40 anos de pesquisa, publicou 98 trabalhos sobre minhocas, descrevendo mais de 200 espécies (Fragoso et al., 2003).

Há registro de aproximadamente 305 espécies de minhocas no Brasil (Brown & James, 2007a, ver cap. 20). Destas, 144 espécies/subespécies (distribuídas em 40 gêneros) foram descritas por Righi e seus alunos. Porém, estima-se que existam no país pelo menos 800 espécies (Brandão et al., 2006) e provavelmente mais que 2000 (James & Brown, 2006).

Os estados brasileiros melhor conhecidos quanto à diversidade de minhocas são os de São Paulo (SP) e do Paraná (PR), com mais de 170 localidades amostradas. Foram registradas 77 e 55 espécies de minhocas nesses Estados, respectivamente, sendo 47 e 35 espécies nativas e 30 e 20 exóticas, respectivamente (Tabelas 26.1

Tabela 26.1. Relação das famílias e gêneros de minhocas amostradas no Paraná (modificada de Sautter et al., 2006; 2007; ver cap. 21).

Família	Gênero	Nº de espécies encontradas	Nativa ou exótica
Megascolecidae	<i>Amyntas</i>	4	Exótica
	<i>Metaphire</i>	2	Exótica
	<i>Pheretima</i>	1	Exótica
Lumbricidae	<i>Eisenia</i>	1	Exótica
	<i>Bimastos</i>	1	Exótica
Acanthodrilidae	<i>Dichogaster</i>	6	Exótica
Eudrilidae	<i>Eudrilus</i>	1	Exótica
Ocnerodrilidae	Espécie nova 1-3	3	Nativa
	<i>Belladrilus</i>	2	Nativa
	<i>Eukerria</i>	3	Exótica ?
	<i>Haplodrilus</i>	2	Nativa
	<i>Kerriona</i>	2	Nativa
	<i>Ocnerodrilus</i>	1	Exótica
Almidae	<i>Drilocrius</i>	2	Nativa
Glossoscolecidae	<i>Andiorrhinus</i>	2	Nativa
	<i>Fimoscolex</i>	2	Nativa
	<i>Glossoscolex</i>	17	Nativa
	<i>Pontoscolex</i>	1	Nativa (peregrina)
	<i>Rhinodrilus</i>	1	Nativa
	<i>Urobenus</i>	1	Nativa
Total		55	

e 26.2; ver Sautter et al., 2007 e Brown & James, 2007b; cap. 21 e 22, respectivamente). Porém, apesar da identificação de 112 espécies em SP e PR (20 espécies são comuns entre os dois estados), estima-se que existam mais (James & Brown, 2006). Não obstante, o descobrimento, identificação e descrição destas espécies são grandemente limitados pela ausência de especialistas em taxonomia de minhocas no mundo e no Brasil.

Deste modo, é fundamental a formação de taxônomos para trabalhos de identificação, bem como de estudos de ecologia, biologia e comportamento, o que permitirá avaliar o real impacto das minhocas sobre os agroecossiste-

mas brasileiros e vice-versa (Brown & James, 2007a, cap. 20). Além disso, são necessárias novas amostragens, descrições de espécies de minhocas encontradas e ainda não descritas e estudos das relações filogenéticas (Fragoso et al., 2003).

Neste capítulo objetivou-se reunir conhecimentos sobre as minhocas, particularmente sua possibilidade de uso como bioindicadoras ambientais e as relações destas, com a qualidade dos solos e funções edáficas, usando como referência, um estudo da densidade populacional e biomassa de minhocas em diversos agroecossistemas nos arredores de Jaguapitã, PR, Brasil.

Tabela 26.2. Relação das famílias e gêneros de minhocas amostradas no estado de São Paulo (modificada de Brown & James, 2006; 2007b; ver cap. 22).

Família	Gênero	Nº de espécies encontradas	Nativa e/ou Exótica
Megascolecidae	<i>Amyntas</i>	4	Exótica
	<i>Metaphire</i>	2	Exótica
	<i>Pheretima</i>	1	Exótica
	<i>Polypheretima</i>	2	Exótica
	<i>Pontodrilus</i>	1	Exótica
Lumbricidae	<i>Eisenia</i>	2	Exótica
	<i>Bimastos</i>	1	Exótica
Acanthodrilidae	<i>Chilota</i>	1	Exótica
	<i>Dichogaster</i>	4	Exótica
	<i>Microscolex</i>	1	Exótica
Eudrilidae	<i>Eudrilus</i>	1	Exótica
Ocnerodrilidae	<i>Belladrilus</i>	1	Nativa
	<i>Eukerria</i>	4	Exótica ?
	<i>Kerriona</i>	1	Nativa
	<i>Gordiodrilus</i>	3	Exótica/Nativa
	<i>Haplodrilus</i>	1	Nativa
	<i>Nematogenia</i>	1	Exótica
	<i>Ocnerodrilus</i>	2	Exótica/Nativa
Almidae	<i>Drilocrius</i>	2	Nativa
Glossoscolecidae	<i>Andiorrhinus</i>	2	Nativa
	<i>Fimoscolex</i>	5	Nativa
	<i>Glossodrilus</i>	1	Nativa
	<i>Glossoscolex</i>	26	Nativa
	<i>Goiascolex</i>	2	Nativa
	<i>Righiodrilus</i>	1	Nativa
	<i>Pontoscolex</i>	1	Nativa (peregrina)
	<i>Rhinodrilus</i>	2	Nativa
	<i>Tupinaki</i>	1	Nativa
	<i>Urobenus</i>	1	Nativa
Total		77	

Qualidade edáfica avaliada com invertebrados do solo

O conceito da qualidade do solo, também conhecida como saúde do solo, surgiu na década de 70 e foi relacionado inicialmente somente à fertilidade química (Karlen et al., 2003). Recentemente, o uso do termo ampliou-se à capacidade de um determinado solo sustentar, dentro de seus limites, a produtividade agropecuária. Portanto, deve manter o equilíbrio entre as condições químicas, físicas e biológicas do solo e conservar o ambiente, de modo que a vida vegetal, animal e humana sejam preservadas (Doran & Parkin, 1994).

Vários trabalhos têm sido direcionados para a avaliação dos efeitos de manejo dos solos com indicadores físicos, químicos e biológicos, da qualidade do solo (Eghball & Maranville, 1993; Paoletti et al., 1991; Paoletti, 1999; Tavares Filho et al., 2001; Tótola & Chaer, 2002). Porém, o sistema edáfico é complexo, e segundo Glover et al. (2000) não há um método que, utilizado isoladamente, seja suficiente para monitorar a qualidade deste meio.

Estudos com bioindicadores são realizados desde o século passado, mas só recentemente, com a crescente preocupação com o manejo e a conservação dos recursos naturais, se tornaram importantes para a avaliação de ambientes degradados (Paoletti et al., 1991). O termo bioindicador é utilizado para caracterizar uma espécie ou reunião de espécies que vivem em lugares com características específicas e reagem às mudanças ocorridas nos mesmos (Paoletti & Bressan, 1996).

De acordo com Edwards et al. (1996) e Stenberg (1999) os bioindicadores precisam estar presentes em diversos ecossistemas para permitir a comparação entre os mesmos, estar em contato com vários fatores de estresse e deste modo, interagir com os processos físicos, químicos e biológicos do solo e possuir funções no sistema edáfico. Também, devem ser de medição simples e com baixo custo, para viabilizar as amostragens e avaliações; serem sensíveis aos manejos agrícolas e climáticos, mas não a ponto de se extinguirem; e devem ter importância ecológica e variações naturais conhecidas.

Dentre os invertebrados, com potencial de uso como indicadores da qualidade dos solos estão os besouros carabídeos (Kromp, 1999), tatuzinhos (Paoletti & Hassal, 1999), formigas (Lobry de Bruyn, 1999), aranhas (Marc et al., 1999), ácaros (Koehler, 1999; Behan-Pelletier, 1999), enquitreídeos (Didden & Römbke, 2001), nematóides (Yeates &

Bongers, 1999) e as minhocas (Blair et al., 1996; Paoletti et al., 1991; Paoletti, 1999).

Porém, existem poucos relatos de espécies indicadoras da qualidade ambiental, devido à complexidade de eleger grupos de bioindicadores; isso porque ocorrem variações tanto entre grupos de organismos quanto dentro de um mesmo grupo, em relação ao tempo de resposta às perturbações ocorridas em um ambiente. O ideal é trabalhar com quatro ou mais espécies, ou pelo menos duas, para a avaliação de um sistema (Brown, 1997).

Condições ambientais, manejo do solo e populações de minhocas

A população de minhocas em um sistema agrícola depende das condições climáticas (precipitação, temperatura e umidade do ar), edáficas (pH, matéria orgânica, nutrientes, textura, estrutura, material de origem, tipo, cor, umidade e temperatura), vegetais (tipo de vegetação) e topográficas (declividade e posição fisiográfica) da área (Reynolds & Jordan, 1975).

Portanto, as minhocas podem ser influenciadas pelo sistema de manejo adotado local e regionalmente, de acordo com o nível em que o sistema afeta as propriedades e condições edáficas, limitando suas populações. Por exemplo, a semeadura direta e o cultivo mínimo beneficiam as minhocas, favorecendo maiores valores de densidade populacional e biomassa, se comparado ao "plantio" convencional, que de maneira geral, as prejudica (Nuutinen, 1992; Tanck et al., 2000; Brown et al., 2003). De fato, a semeadura direta tende a preservar a integridade da comunidade de organismos do solo em comparação ao "plantio" convencional (Stinner & House, 1990). Este último, geralmente diminui a abundância de invertebrados no sistema edáfico, havendo redução na densidade de minhocas pelos implementos do "plantio" convencional, que provocam danos físicos diretos nos corpos das minhocas, as expõe a predação por pássaros e outros inimigos naturais, e criam condições que prejudicam o crescimento, desenvolvimento e reprodução das mesmas (Nuutinen, 1992; Paoletti, 1999), incluindo uma diminuição da matéria orgânica do solo e da capacidade de armazenamento de água e o aumento na temperatura do solo.

Ao contrário, a semeadura direta reduz a movimentação mecânica e aumenta o teor de

matéria orgânica no solo e a capacidade de armazenamento de água, o que beneficia as populações de minhocas. As minhocas se alimentam principalmente da matéria orgânica, bem como de restos vegetais em decomposição (Lee, 1985; Daniel & Anderson, 1992; Hendrix et al., 1992; Brown et al., 2000). Portanto, sistemas com maiores e mais constantes acréscimos de matéria orgânica e ausência de perturbação (por exemplo, pastagens e matas), deveriam apresentar maiores populações de minhocas.

De fato, de todos os ecossistemas manejados, as pastagens parecem abrigar as maiores populações de minhocas, seguidas por semeadura direta, cultivo mínimo e sistemas naturais, e “plantio” convencional, como foi encontrado para a região de Londrina, PR, por Brown et al. (2003). Em estudos realizados por Brigante (2000), em São Carlos, SP, as pastagens apresentaram as maiores populações de minhocas, com 90% do total de indivíduos, enquanto que na mata nativa foram encontrados apenas 10%. Já Tanck et al. (2000) encontraram densidade populacional e biomassa de minhocas (*Amyntas* spp.) similares em mata secundária de *Araucaria angustifolia* e sob cultivos de semeadura direta, na região de Ponta Grossa, PR.

A maior população de minhocas em pastagens que nos sistemas naturais é, geralmente, acompanhada de uma menor diversidade de espécies (Lavelle & Pashanasi, 1989), pois algumas espécies invasoras adaptam-se bem às condições edáficas das pastagens, tornando-se dominantes. Por exemplo, na região de Manaus, com o desmatamento e introdução de pastagens (*Brachiaria* sp.), as minhocas nativas desapareceram e a espécie invasora *Pontoscolex corethrurus* chegou a alcançar densidades de mais de 400 indivíduos por m² (Barros et al., 2004).

Desta forma, as minhocas podem ser usadas como indicadoras de sistemas de manejos agrícolas e de vegetação, e da qualidade do solo por serem sensíveis à matéria orgânica, umidade e temperatura e outros parâmetros da fertilidade do solo (Doube & Schmidt, 1997). Paoletti (1999) também relata que as minhocas são importantes e promissoras para a avaliação da sustentabilidade de diferentes ambientes. Neste sentido, a biomassa e a densidade populacional destes organismos, podem produzir dados valiosos para a análise de impactos ambientais como o desmatamento ou certas práticas agrícolas, assim como a contaminação ou compactação do solo.

Espécies exóticas e nativas

A relação entre espécies nativas e exóticas de minhocas ainda não é totalmente conhecida para muitos ecossistemas brasileiros, havendo dúvidas sobre a existência de possíveis competições entre as mesmas e/ou ainda, se um destes dois grupos é beneficiado por distúrbios antrópicos nos agroecossistemas (Lapied & Lavelle, 2003).

De acordo com Fragoso et al. (1997), a maioria das espécies nativas de minhocas é eliminada de seu hábitat quando há conversão de florestas e pastagens nativas para áreas de cultivos anuais, havendo um aumento na dominância de espécies exóticas ou peregrinas, como ocorreu por exemplo, com a espécie *P. corethrurus*, em SP. Esta espécie peregrina, originária do Platô Guianense (Righi, 1984) está presente em 75% dos municípios amostrados de SP (Brown & James, 2006, 2007b) e é provavelmente, bioindicadora de perturbações antrópicas em sistemas agrícolas (Brown et al., 2004). Além disso, essa espécie está amplamente distribuída na América do Sul e Central e também no Sul dos Estados Unidos e o México (Righi, 1990). Tal amplitude de distribuição é importante, pois a presença de um organismo em diversas regiões pode ser considerada uma das características de um bioindicador ambiental.

Numa floresta primária no Sudeste da Costa Rica, Lapied & Lavelle (2003) relataram que a espécie exótica *P. corethrurus* deslocou as populações de minhocas nativas, após possível competição. Isso pode ter ocorrido devido à pequena extensão de área, o isolamento da floresta e aos distúrbios humanos ocasionados por caminhos antigos na floresta. Ou seja, a invasão dessa espécie em SP, poderia também ter ocasionado extinção local ou deslocamento de espécies nativas para outras áreas. Porém, são necessários mais trabalhos para confirmar essa hipótese.

De acordo com Fragoso et al. (1999), no geral, as espécies exóticas de minhocas são mais adaptadas às variações climáticas e às mudanças edáficas do que as minhocas nativas. Dentre estas, somente algumas espécies podem resistir às variações ambientais, sendo possível dividir as espécies de minhocas em quatro grupos de plasticidade ambiental conforme o grau de tolerância às mudanças (Figura 26.1): o primeiro grupo de minhocas (G1) possui alta tolerância às mudanças edáficas e baixa tolerância climática (principalmente espécies nativas ao México); o segundo grupo (G2) inclui espécies exóticas com ampla distribuição mundial, com alta tolerância às

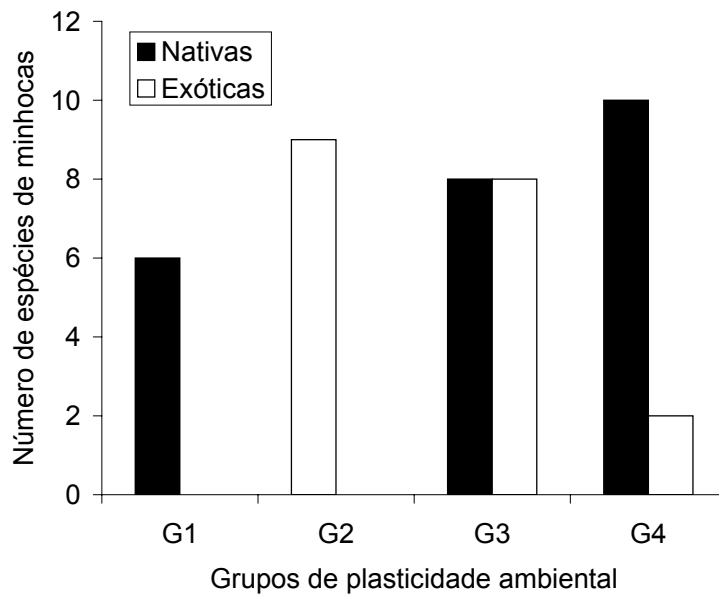


Figura 26.1. Número de espécies de minhocas nativas e exóticas encontradas com frequência em agroecossistemas tropicais, classificadas de acordo à sua plasticidade ambiental, ou seja o grau de tolerância a variações climáticas (precipitação e temperatura) e edáficas (pH, matéria orgânica, argila, areia, N, Ca e Mg), com base em (Fragoso et al., 1999). Para maiores detalhes ver o texto.

variações climáticas e edáficas; o terceiro grupo (G3) inclui tanto espécies nativas como exóticas de minhocas com baixa tolerância edáfica e ampla tolerância climática; finalmente o último grupo (G4) inclui principalmente espécies nativas com baixa tolerância climática e edáfica.

Existem espécies de minhocas que são amplamente afetadas por práticas agrícolas, enquanto outras espécies adaptam-se e sobrevivem no local após perturbações. Isso se deve às diferenças na biologia geral, no hábito de alimentação e nas características fisiológicas de cada espécie (Nahmani et al., 2003). Possivelmente, as espécies exóticas, que são mais adaptadas às mudanças climáticas e edáficas são beneficiadas pela ocorrência de perturbações antrópicas em sistemas agrícolas, podendo ser dominantes nestas áreas, como vimos, por exemplo com *P. corethrurus* (anterior), o que também ocorre com diversas Megascolecidae (*Amyntas*, *Pheretima*, *Metaphire*) e Acanthodrilidae (*Dichogaster* spp.), que são predominantes na maioria destes sistemas (Fragoso et al., 1999; Brown et al., 2004).

Assim, vários fatores devem ser levados em consideração com relação à possível competição entre espécies de minhocas nativas e exóticas e/ou benefício das exóticas em ambientes degradados, necessitando realizar-se mais estudos ecológicos para melhor compreensão deste assunto.

Minhocas: quais as influências sobre os solos?

As minhocas não são afetadas somente pelas condições do meio em que vivem, mas também, afetam as propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos em que se encontram. A sua atividade no solo cria canais e galerias, interferindo na porosidade, estrutura e oxigenação do solo e na drenagem de água pelo mesmo (Lavelle, 1988). Como se alimentam de matéria orgânica no solo, sua atividade influi na decomposição e proteção da matéria orgânica intra- e inter-agregados, afetando inclusive a ciclagem e disponibilidade de nutrientes (especialmente N e P) para o desenvolvimento e a produção vegetal (Brown et al., 2000).

Além disso, Jones et al. (1994) consideram as minhocas como engenheiras do solo, pois sua atividade no meio físico (solo) é determinante na estrutura das comunidades de organismos edáficos, regulando o fluxo de recursos usados por várias outras espécies de seres vivos do solo. Os organismos afetados por sua atividade incluem microorganismos (nematóides, bactérias, fungos), a mesofauna (ácaros, colêmbolos e enquitreídeos), outros membros da macrofauna invertebrada do solo (larvas de mariposas e besouros, piolhos de cobra, tatuzinhos) e as raízes das plantas (Brown, 1995; Brown & Doube, 2004).

Sob esse enfoque, a atividade das minhocas no solo cria um ambiente diferente, específico, cujas propriedades variam de acordo com a comunidade de minhocas (biomassa, densidade, diversidade de espécies e estratégias funcionais ou ecológicas) presente e as características intrínsecas do solo (textura, profundidade, mineralogia) no local. Este ambiente tem sido chamado de “drilosfera” (Bouché, 1972; Lavelle, 1988) e inclui as próprias minhocas, suas galerias/túneis e câmaras, coprólitos superficiais e dentro do perfil do solo e “middens” (concentrações de coprólitos e folhas superficiais unidas por espécies de minhocas anécicas) (Brown & Doube, 2004).

Espécies de minhocas podem ter preferência por certos substratos e regiões do solo distintas, e o resultado de sua atividade junto com as demais espécies presentes num local, pode gerar uma “drilosfera” com características e funcionamento diferentes (Brown et al., 2000). Espécies anécicas, geralmente de tamanho intermediário a grande, constroem galerias principalmente verticais, mais permanentes e profundas, e se alimentam de matéria orgânica na superfície do solo. Exemplos desse tipo de minhoca são a famosa *Lumbricus terrestris* nos climas temperados e diversas espécies da família Glossoscolecidae (nos gêneros *Glossoscolex*, *Rhinodrilus* e *Fimoscolex*) no Brasil. Espécies epígeas (por exemplo, diversas *Dichogaster* spp. e *Urobenus brasiliensis*) são geralmente pequenas, raramente penetram no solo, e vivem e se alimentam principalmente na superfície do solo, dentro da serrapilheira. Estas espécies são geralmente restritas a ambientes bem preservados (matas nativas) e/ou com uma densa camada de matéria orgânica superficial. Finalmente, as espécies endógeas são essencialmente geófagas, consumindo solo de diferentes qualidades (quantidade de matéria orgânica) e em diferentes profundidades no perfil, criando uma ampla rede de galerias e canais (principalmente horizontais) e grande quantidade de coprólitos que afetam a porosidade e agregação do solo. A maioria das espécies brasileiras se enquadram nesta categoria. Seu tamanho pode variar de alguns centímetros até mais de 1 metro de comprimento.

A compreensão de que nem todas as minhocas são iguais, têm as mesmas preferências ambientais ou exercem funções semelhantes no solo, é essencial para determinar as espécies mais úteis para uso como bioindicadoras de determinado fenômeno ambiental/edáfico.

Estudo de caso: minhocas em agroecossistemas de Jaguapitã, PR

Material e métodos

As coletas de minhocas foram realizadas em Latossolo Vermelho-Amarelo (Embrapa, 1999), em áreas localizadas na região de Jaguapitã, PR, durante o período de março a abril (verão ou período úmido) e agosto (inverno ou período seco) de 2004.

Os tratamentos foram 10 sistemas agrícolas: três áreas com pastagens degradadas (PD, PA1 e PA2) e três com pastagens em processo de renovação (JM, PB e PP); duas com soja (*Glycine max*) sob plantio convencional (SJ1 e SJ2) e duas com cana-de-açúcar (*Saccharum* sp.) (CN e CA) (Tabela 26.3). No inverno, houve mudança de cultura em algumas áreas. A área PA2 (próxima a PA1) foi amostrada somente no período seco devido à impossibilidade de uma nova coleta em PA1. Antes das culturas exploradas atualmente, todas as áreas possuíam alta infestação de grama mato-grosso (*Paspalum notatum*).

A amostragem foi feita pelo método TSBF (Tropical Soil and Biology Fertility) (Anderson & Ingram, 1993), que consiste na retirada de blocos de solo de 25 x 25 cm. Foram feitos 25 monólitos em cada área (1600 m²), sendo 20 na profundidade de 0-10 cm e 5 de 0-30 cm. Entre cada monólito foi mantida a distância de aproximadamente 10 m.

Os blocos de solo foram colocados em sacos plásticos, etiquetados e levados para o Laboratório de Entomologia Agrícola da Universidade Estadual de Londrina (UEL). As minhocas foram separadas manualmente do solo e conservadas em formol (4%).

Amostras de solo foram retiradas de todos monólitos e enviadas ao Laboratório de Solos da Embrapa Soja, Londrina, PR, para análise química e posterior correlação com a população das minhocas existentes nas áreas estudadas.

No Laboratório de Entomologia da UEL realizou-se a contagem e pesagem (peso fresco em formol) da população de minhocas de cada tratamento. A identificação das espécies foi feita através de chaves para família, gênero e espécie de minhocas, com auxílio de lupa e a bibliografia taxonômica correspondente. Dúvidas taxonômicas foram resolvidas pelos especialistas S.W. James e C. Rodríguez.

Após a identificação das espécies de minhocas, e a verificação da densidade populacional e

Tabela 26.3. Área de coletas de minhocas, na região de Jaguapitã, PR, em março/abril (verão) e agosto (inverno) de 2004.

Sistemas ^a	Anos de exploração	Cultura agrícola	
		Verão	Inverno
PD	17	Gramma mato-grosso	Gramma mato-grosso
PA1	20	Gramma mato-grosso	-
PA2	20	-	Gramma mato-grosso
JM	0 ^b	Gramma mato-grosso	<i>Brachiaria brizantha</i>
PB	3	<i>Brachiaria</i> sp.	<i>Brachiaria</i> sp.
PP	3	<i>Brachiaria</i> sp.	<i>Brachiaria</i> sp.
SJ1	5	Soja	Aveia (<i>Avena strigosa</i>)
SJ2	3	Soja	Pousio ^c
CN	1	Cana-de-açúcar	Cana-de-açúcar
CA	1	Cana-de-açúcar	Cana-de-açúcar

^a PD, PA1, PA2 = pastagens degradadas; JM, PB, PP = pastagens em processo de renovação; SJ1, SJ2 = soja sob "plântio" convencional; CN, CA = cana de açúcar com preparo convencional.

^b Área instalada em março de 2004, que recebeu 330 kg/ha de adubo orgânico (cama de frango) dois meses antes da implantação da pastagem.

^c Área estava sendo preparada para o cultivo de soja.

biomassa de cada espécie nos agroecossistemas, os dados foram submetidos a análise de variância, teste de Duncan e correlação de Pearson a 5% de probabilidade.

Resultados e discussão

Em todos os sistemas amostrados houve relação de uma espécie de minhoca nativa para uma exótica (Tabela 26.4). As culturas agrícolas (soja e

cana-de-açúcar) apresentaram menor diversidade de minhocas que as áreas com pastagens. Geralmente, a mudança de florestas e pastagens para cultivos anuais elimina a maioria das espécies nativas e pode promover um considerável aumento de espécies exóticas (Fragoso et al., 1997; Decaëns et al., 2004).

Nas áreas de cultivo com soja e cana também ocorreu diminuição da abundância (densidade populacional e biomassa) de minhocas, apesar de

Tabela 26.4. Biodiversidade de minhocas em agroecossistemas de Jaguapitã, PR, em duas épocas de coleta em 2004.

Sistemas	Gêneros/espécies ^a	Nativa/Exótica
Pastagem (P)	<i>Fimoscolex</i> n. sp.	Nativa
	<i>Glossoscolex</i> sp.	Nativa
	<i>P. corethrurus</i>	Nativa ^b
	Ocnerodrilidae n. sp. 1	Nativa
	<i>Belladrilus</i> n. sp. 1	Nativa
	<i>Dichogaster affinis</i>	Exótica
	<i>D. bolau</i>	Exótica
	<i>D. saliens</i>	Exótica
	<i>Eukerria</i> sp.	Exótica
	<i>E. saltensis</i>	Exótica
Cana-de-açúcar (C)	<i>Fimoscolex</i> n. sp.	Nativa
	<i>P. corethrurus</i>	Nativa ^b
	<i>D. affinis</i>	Exótica
	<i>D. saliens</i>	Exótica
Soja (S)	<i>Fimoscolex</i> n. sp.	Nativa
	<i>D. affinis</i>	Exótica

^a Gêneros e espécies coletados de 0-30 cm de profundidade.

^b Espécie nativa ao Brasil, mas peregrina à região.

haver ainda a presença de espécies nativas nas mesmas (Tabelas 26.4 e 26.5). De acordo com Fragoso et al. (1997, 1999), embora as nativas sejam mais comuns em ambientes naturais, como florestas e savanas, algumas destas espécies podem sobreviver em sistemas que sofreram perturbações antrópicas, o que pode explicar a presença de espécies nativas nos agroecossistemas de Jaguapitã. Sendo assim, apesar de ser rara, *Fimoscolex* n. sp., uma espécie nativa, esteve presente em todos os agroecossistemas (Tabela 26.4).

A espécie *P. corethrurus* foi dominante nas pastagens (77 ind/m², no verão e 123 ind/m², no inverno) (Tabela 26.5). A presença desta espécie está relacionada ao tipo de vegetação existente na área, onde a pastagem é importante para o seu estabelecimento e a umidade favorável é fator determinante para sua multiplicação (Lavelle & Pashanasi, 1989). Lavelle & Pashanasi (1989) encontraram alta correlação (0,91) entre a presença de pastagens e *P. corethrurus* na região de Yurimaguas, Peru, representando esta 82-95% da biomassa total da macrofauna do solo.

Contudo, também foram encontradas minhocas do gênero *Dichogaster* em todos os agroecossistemas (Tabela 26.4), principalmente *D. saliens* e *D. affinis* (37 e 33 ind/m², respectivamente, no verão) (Tabela 26.5). As espécies de *Dichogaster* também são bem adaptadas às variações climáticas e edáficas, podendo ser beneficiadas em sistemas que sofreram ações antrópicas, como no caso das pastagens (Fragoso et al., 1999).

Apesar de que *P. corethrurus* tem sido considerada bioindicadora de ecossistemas perturbados, houve baixa densidade populacional e biomassa ou ausência desta espécie nas áreas com soja e cana. Provavelmente, isto se deva ao uso do preparo convencional do solo nas lavouras, que promove condições adversas à sobrevivência de minhocas (Brown et al., 2004).

Com relação à abundância total de minhocas nos diferentes agroecossistemas, no verão, as pastagens apresentaram as maiores populações, diferindo das culturas agrícolas de cana-de-açúcar e soja (Tabela 26.6). Isso pode estar relacionado ao fato de que houve perturbação nestes últimos sistemas, com revolvimento do solo, utilização de maquinário agrícola e de agrotóxicos, que podem influenciar negativamente as populações de minhocas (Edwards & Bohlen, 1992; Brown et al., 2003).

As pastagens e as áreas de cana e soja em Jaguapitã apresentaram quantidades de carbono entre 7,8 e 11,2 g/Kg, no verão. Porém, a população de minhocas teve apenas baixa correlação com o carbono, independente de ser realizada por área ou usando dados de todos os pontos e profundidades (0-30 cm). Brown et al. (2003, 2004), encontraram uma relação positiva entre o número de minhocas e o teor de C no solo de lavouras com soja e trigo na região de Londrina, PR. Na área PA2, em agosto, foram encontrados 282 ind.m² e 24,4 g.m² (Tabela 26.6), valores superiores aos das outras áreas, sendo esta área caracterizada por maior conteúdo de carbono (22,3 g/Kg, na camada

Tabela 26.5. Densidade (indivíduos/m²) e biomassa (g/m²) totais de minhocas em duas épocas em pastagens degradadas e renovadas (P), lavouras de cana-de-açúcar (C) e soja (S). Município de Jaguapitã, PR, 2004. Média de 25 repetições, de 0-10 cm de profundidade.

Minhocas	Verão						Inverno					
	Densidade			Biomassa			Densidade			Biomassa		
	P	C	S	P	C	S	P	C	S	P	C	S
<i>P. corethrurus</i> ¹	77 ⁴	0	0	11,88	0	0	123	0	0	19,38	0	0
<i>Dichogaster</i> spp. ²	25	0	2	0,30	0	0,01	0	2	0	0	0,02	0
<i>D. affinis</i> ³	33	1	1	0,84	0,01	0,01	0	2	0	0	0,03	0
<i>D. bolau</i> ³	6	0	0	0,11	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>D. saliens</i> ⁴	37	0	0	1,73	0	0	3	1	0	0,05	0,01	0
<i>Fimoscolex</i> n. sp. ³	5	0	0	0,08	0	0	1	0	0	0,01	0	0
<i>Glossoscolex</i> sp. ²	4	0	0	0,75	0	0	0	0	0	0	0	0
Ocnerodrilidae ⁴	11	0	1	0,23	0	0	3	0	0	0,03	0	0

¹ Inclui jovens, pré-adultos e adultos.

² Jovens e pré-adultos.

³ Adultos.

⁴ Pré-adultos e adultos.

Tabela 26.6. Abundância de minhocas (total de adultos, jovens, fragmentos e ovos) nos agroecossistemas de Jaguapitã, PR, em duas épocas de coleta (verão e inverno de 2004).

Áreas ^a	Verão (época de chuvas)		Inverno (época seca)	
	Densidade ^b	Biomassa ^c	Densidade	Biomassa
PD	40 b	2,01 b	3 b	0,03 b
PA1	64 ab	7,59 a	-	-
PA2	-	-	282 a	24,38 a
JM	55 ab	5,89 a	2 b	0,05 b
PB	85 a ^d	1,81 b	2 b	0,02 b
PP	33 b	1,49 b	0 b	0 b
SJ1	7 c	0,05 b	0 b	0 b
SJ2	4 c	0,01 b	0 b	0 b
CN	1 c	0,01 b	0 b	0 b
CA	0 c	0 b	5 b	0,06 b

^a PD, PA1, PA2 = pastagens degradadas; JM, PB, PP = pastagens em processo de renovação; SJ1, SJ2 = soja sob "plântio" convencional; CN, CA = cana de açúcar com preparo convencional.

^b Total de minhocas/m², de 0-10 cm.

^c Biomassa total de minhocas (g/m²), de 0-10 cm.

^d Valores com mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

0-10 cm), falta de revolvimento do solo e grande quantidade de arbustos (pouco manejada). Neste local, encontrou-se a maior correlação entre densidade de minhocas e quantidade de carbono ($r = 0,54$; $p < 0,05$; $n = 25$). Além disso, a maior umidade pode ter favorecido a população de minhocas nesta pastagem, permitindo atividade mesmo durante o período seco.

Alguns dados de densidade e biomassa das minhocas deste estudo se assemelham com os de outros autores, estando estes valores dependentes das condições edafo-climáticas de cada área e das espécies encontradas. As pastagens de Jaguapitã apresentaram densidade populacional de 33 a 85 ind./m² e biomassa entre 1,5 e 7,6 g/m² no período úmido; e 0 a 282 ind./m² e 0-24,4 g/m², no seco (Tabela 26.6). Brigante (2000) encontrou 187 ind./m² (3,7 g/m²) no inverno e 279 ind./m² (7,1 g/m²) no verão, sob pastagem com *B. decumbens*, em São Carlos, SP. Já Decãens et al. (1994) encontraram 213 ind./m² (23 g/m²) em pastos colombianos cultivados com *B. decumbens*, durante a estação chuvosa e Lavelle & Pashanasi (1989) coletaram 740 ind./m² (153 g/m²) em pastagem melhorada de *B. humidicola* consorciada com leguminosa (*Desmodium ovalifolium*), também em época chuvosa, na Amazônia Peruana. Semelhante ao encontrado em Jaguapitã, todos os trabalhos citados relataram maior número e biomassa de minhocas nas áreas de pastagens do que em áreas cultivadas anualmente.

Nas áreas de pastagens renovadas (JM, PB e PP), os processos de renovação provavelmente afetaram a população de minhocas, devido a

revolvimento do solo, plantio de outras culturas e acréscimo de adubos químicos; porém os efeitos observados não são homogêneos (Tabela 26.6). No verão, a pastagem PB apresentou os maiores valores de densidade populacional, possivelmente por ser área recuperada há 3 anos, onde não houve revolvimento recente do solo, nem utilização de agrotóxicos. As pastagens PA1 e JM, na mesma época, também apresentaram valores altos de densidade populacional. A adição de "cama-de-frango" em JM, cerca de dois meses antes da coleta e o manejo do solo não modificaram as populações de minhocas, talvez pelo curto espaço de tempo entre a renovação e a coleta.

Em PP foi instalada pastagem com capim Tanzânia (*Panicum maximum*) após a renovação com as culturas de aveia e milho, aproximadamente 18 meses antes da coleta de verão. O capim Tanzânia não se desenvolveu adequadamente após o manejo utilizado afetando de forma negativa a população de minhocas, que não diferiu estatisticamente da pastagem antiga degradada (PD).

As maiores biomassas foram encontradas em JM (5,9 g/m²) e PA1 (7,6 g/m²); estas não diferiram estatisticamente, no período úmido; e PA2 (24,4 g/m²), no seco, diferindo dos demais sistemas. A maior biomassa nessas áreas é devido à presença de uma espécie dominante, *P. corethrurus*, maior que as outras espécies coletadas nos sistemas amostrados (média de um adulto: 10 cm de comprimento e 4 mm de diâmetro; Righi, 1990).

Considerações finais

1. As pastagens, comumente, contemplam maior densidade populacional e biomassa de minhocas do que os cultivos agrícolas anuais;
2. Os manejos utilizados no processo de recuperação de pastagens degradadas influenciam a abundância de minhocas;
3. Espécies nativas de minhocas, apesar de serem mais comuns em ambientes naturais podem ocorrer, em menor densidade populacional, em ambientes afetados por ação antrópica; espécies exóticas podem ser beneficiadas nestes sistemas;
4. A relação entre espécies nativas e exóticas de minhocas em uma determinada área ainda não é totalmente conhecida, havendo dúvidas sobre a existência de possível competição entre as mesmas;
5. Parâmetros relativos à ocorrência de espécies de minhocas, quando associados a outros indicadores, são importantes para a avaliação e monitoramento da qualidade do solo em sistemas sob diferentes tipos de manejos agrícolas;
6. As minhocas podem ser utilizadas como bioindicadoras ambientais.

Agradecimentos

Os autores são gratos ao Dr. Carlos Rodríguez e ao Dr. Samuel W. James pela identificação de algumas espécies de minhocas. G. Brown agradece ao CNPq pela bolsa concedida.

Referências

- ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. **Tropical soil biological and fertility: a handbook of methods**. 2. ed. Oxford: CABI, 1993. 221 p.
- BARROS, E.; GRIMALDI, M.; SARRAZIN, M.; CHAUVEL, A.; MITJA, D.; DESJARDINS, T.; LAVELLE, P. Soil physical degradation and changes in macrofaunal communities in Central Amazonia. **Applied Soil Ecology**, v. 26, p. 157-168, 2004.
- BEHAN-PELLETIER, V. M. Oribatic mite biodiversity in agroecosystems: role for bioindication. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 74, p. 411-423, 1999.
- BLAIR, J. M.; BOHLEN, P. J.; FRECKMAN, D. W. Soil invertebrates as indicators of soil quality. In:

DORAN, J. W.; JONES, A. J. (Ed.). **Methods for assessing soil quality**. Madison: Soil Science Society of America 1996. p. 273-291 (Special Publication No. 49)

BOUCHÉ, M. B. **Lombriens de France: écologie et systématique**. Paris: INRA, 1972. p.1-671.

BRANDÃO, C. R. F.; CANCELLO, E. M.; YAMAMOTO, C. I.; SCOTT-SANTOS, C. Invertebrados terrestres. In: LEWINSOHN, T. M. (Ed.). **Avaliação do estado do conhecimento da biodiversidade brasileira**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, 2006. v. 1, p. 205-259.

BRIGANTE, J. **Comparação de algumas comunidades de macrofauna e microrganismos de solo, encontrados em áreas de mata e pastagens, em um Latossolo**. 2000. 105f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Programa de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

BROWN, G. G. How do earthworms affect microfloral and faunal community diversity? **Plant and Soil**, v. 170, p. 209-231, 1995.

BROWN, G. G.; DOUBE, B. M. Functional interactions between earthworms, microorganisms, organic matter, and plants. In: EDWARDS, C. A. (Ed.). **Earthworm Ecology**. Boca Raton: CRC Press, 2004. p. 213-239.

BROWN, G. G.; JAMES, S. W. Earthworm biodiversity in São Paulo state, Brazil. **European Journal of Soil Biology**, v. 42, p. 145-149, 2006.

BROWN, G. G.; JAMES, S. W. Ecologia, biodiversidade e biogeografia das minhocas no Brasil. In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. (Ed.). **Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia**. Londrina: Embrapa Soja, 2007a. Capítulo 20.

BROWN, G. G.; JAMES, S. W. Biodiversidade e biogeografia das minhocas no Estado de São Paulo, Brasil. In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. (Ed.). **Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia**. Londrina: Embrapa Soja, 2007b. Capítulo 21.

BROWN, G. G.; BAROIS, I.; LAVELLE, P. Regulation of soil organic matter dynamics and microbial activity in the drilosphere and the role of interactions with other edaphic functional domains. **European Journal of Soil Biology**, v. 36, n. 3, p. 177-198, 2000.

BROWN, G. G.; BENITO, N. P.; PASINI, A.; SAUTTER, K. D.; GUIMARÃES, M. F.; TORRES, E. No-tillage greatly increases earthworm populations in Paraná state, Brazil, **Pedobiologia**, v. 47, p. 764-771, 2003.

- BROWN, G. G.; JAMES, S. W.; SAUTTER, K. D.; PASINI, A.; BENITO, N. P.; NUNES, D. H.; KORASAKI, V.; SANTOS, E. F. dos; MATSUMURA, C.; MARTINS, P. T.; PAVÃO, A.; SILVA, S. H. da; GARBELIN, G.; TORRES, E. Avaliação das populações e de minhocas como bioindicadores ambientais no Norte e Leste do Estado do Paraná (03.02.5.14.00.02 e 03.02.5.14.00.03). In: SARAIVA, O. F. (Org.). **Resultados de pesquisa da Embrapa Soja - 2003**: manejo de solos, plantas daninhas e agricultura de precisão. Londrina: Embrapa Soja, 2004. p. 33-46. (Embrapa Soja. Documentos, 253).
- BROWN JÚNIOR., K. S. Insetos como rápidos e sensíveis indicadores de uso sustentável de recursos naturais. In: MARTOS, H. L.; MAIA, N. B. (Org.). **Indicadores ambientais**. 1ª ed. Sorocaba: PUCC/Shell, 1997. p. 143-155.
- CAMPANHOLA, C.; LUIZ, A. J. B.; LUCHIARI, J. A. O problema ambiental no Brasil: agricultura. In: ROMEIRO, A. R.; REYDON, B. P.; LEONARDI, M. L. A. (Org.). **Economia do meio ambiente**: teoria, políticas e a gestão de espaços regionais. Campinas: UNICAMP: IE, 1997. p. 265-281.
- DANIEL, O.; ANDERSON, J. M. Microbial biomass and activity in contrasting soil materials after passage through the gut of the earthworm *Lumbricus rubellus* Hoffmeister. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 24, n. 5, p. 465-470, 1992.
- DECAËNS, T.; LAVELLE, P.; JIMÉNEZ, J. J.; ESCOBAR, G.; RIPPSTEIN, G. Impact of land management on soil macrofauna in the Oriental Llanos of Colombia. **European Journal of Soil Biology**, v. 30, n. 4, p. 157-168, 1994.
- DECAËNS, T.; JIMÉNEZ, J. J.; BARROS, E.; CHAUVEL, A.; BLANCHART, E.; FRAGOSO, C.; LAVELLE, P. Soil macrofaunal communities in permanent pastures derived from tropical forest or savanna. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 103, p. 301-312, 2004.
- DIDDEN, W.; RÖMBKE, J. Enchytraeids as indicator organisms for chemical stress in terrestrial ecosystems. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 50, p. 25-43, 2001.
- DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Ed.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 3-21, (Special Publication No. 35).
- DOUBE, B. M.; SCHMIDT, O. Can the abundance or activity of soil macrofauna be used to indicate the biological health of soils. In: PANKHURST, C. E., DOUBE, B. M.; GUPTA, V. V. S. R. (Ed.). **Biological indicators of soil health**. Wallingford: CABI, 1997. p. 265-295.
- EDWARDS, C. A.; BOHLEN, P. J. The effects of toxic chemicals on earthworms. **Reviews in Environmental Contamination and Toxicology**, v. 125, p. 23-99, 1992.
- EDWARDS, C. A.; SUBLER, S.; CHEN, S. K.; BOGOMOLOV, D. M. Essential criteria for selecting bioindicator species, processes, or systems to assess the environmental impact of chemicals on soils ecosystems. In: VAN STRAALLEN, N. M.; KRIVOLUTSKY, D. A. (Ed.). **Bioindicator systems for soil pollution**. Dordrecht: Kluwer, 1996. p. 67-84.
- EGHBALL, B.; MARANVILLE, J. W. Root development and nitrogen influx of corn genotypes grown under combined drought and nitrogen stresses. **Agronomy Journal**, v. 85, n. 1, p. 147-152, 1993.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Solos**: sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, 1999.
- FLEISCHFRESSER, V. Manejos das águas, conservação do solo e controle da poluição em microbacias hidrográficas: análise da experiência paranaense. In: ROMEIRO, A. R.; REYDON, B. P.; LEONARDI, M. L. A. (Org.). **Economia do meio ambiente**: teoria, políticas e a gestão de espaços regionais. Campinas: UNICAMP: IE, 1997, p. 337-384.
- FRAGOSO, C.; BROWN, G. G.; PATRON, J. C.; BLANCHART, E.; LAVELLE, P.; PASHANASI, B.; SENAPATI, B.; KUMAR, T. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics: the role of earthworms. **Applied Soil Ecology**, v. 6, p. 17-35, 1997.
- FRAGOSO, C.; KANYONYO, J.; MORENO, A.; SENAPATI, B. K.; BLANCHART, E.; RODRÍGUEZ, C. A survey of tropical earthworms: taxonomy, biogeography and environmental plasticity. In: LAVELLE, P.; BRUSSAARD, L.; HENDRIX, P. (Ed.). **Earthworm management in tropical agroecosystems**. Wallingford: CABI, 1999. p. 1-26.
- FRAGOSO, C.; BROWN, G. G.; FEIJOO, A. The influence of Gilberto Righi on tropical earthworm taxonomy: the value of a full-time taxonomist. **Pedobiologia**, v. 47, p. 400-404, 2003.
- GLOVER, J. D.; REGANOLD, J. P.; ANDREWS, P. K. Systematic method for rating soil quality of conventional, organic, and integrated apple orchards in Washington state. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 80, p. 29-45, 2000.
- HAYNES, R. J.; DOMINY, C. S.; GRAHAM, M. H. Effect of agricultural land use on soil organic matter status and the composition of earthworm communities in KwaZulu-Natal, South Africa,

- Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 95, p. 453-464, 2003.
- HENDRIX, P. F.; MUELLER, B. R.; BRUCE, R. R.; LANGDALE, G. W.; PARMELEE, R. W. Abundance and distribution of earthworms in relation to landscape factors on the Georgia Piedmont, USA. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 24, n. 12, p. 1357-1361, 1992.
- JAMES, S. W.; BROWN, G. G. Earthworm ecology and diversity in Brazil. In: MOREIRA, F. M.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. (Eds.). **Soil biodiversity in Amazonian and other Brazilian ecosystems**. Wallingford: CABI, 2005, p. 56-116.
- JONES, C. G.; LAWTON, J. H.; SHACHAK, M. Organisms as ecosystems engineers. **Oikos**, v. 69, p. 373-386, 1994.
- KARLEN, D. L.; DITZLER, C. A.; ANDREWS, S. S. Soil quality: why and how? **Geoderma**, v. 114, n. 3/4, p. 145-156, 2003.
- KOEHLER, H. H. Predatory mites (Gamasina, Mesostigmata). **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 74, p. 395-410, 1999.
- KROMP, B. Carabid beetles in sustainable agriculture: a review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 74, p. 187-228, 1999.
- LAVELLE, P. Earthworm activities and the soil system. **Biology and Fertility of Soils**, v. 6, n. 3, p. 237-251, 1988.
- LAVELLE, P.; PASHANASI, B. Soil macrofauna and land management in Peruvian Amazonia (Yurimaguas, Loreto). **Pedobiologia**, v. 33, p. 283-291, 1989.
- LAPIED, E.; LAVELLE, P. The peregrine earthworm *Pontoscolex corethrurus* in the East Coast of Costa Rica. **Pedobiologia**, v. 47, p. 471-474, 2003.
- LEE, K. E. **Earthworms**: their ecology and relationships with soils and land use. London: Academic Press, 1985. 411 p.
- LOBRY DE BRUYN, L. A. Ants as bioindicators of soil function in rural environments. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 74, p. 425-441, 1999.
- MARC, P.; CANARD, A.; YSNEL, F. Spiders (Araneae) useful for pest limitation and bioindication. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 74, p. 229-273, 1999.
- NAHMANI, J.; LAVELLE, P.; LAPIED, E.; VAN OORT, F. Effects of heavy metal soil pollution on earthworm communities in the north of France. **Pedobiologia**, v. 47, p. 663-669, 2003.
- NUUTINEN, V. Earthworm community response to tillage and residue management on different soil types in southern Finland. **Soil and Tillage Research**, v. 23, n. 3, p. 221-239, 1992.
- PAOLETTI, M. G. The role of earthworms for assessment of sustainability and as bioindicators. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 74, p. 137-155, 1999.
- PAOLETTI, M. G.; BRESSAN, M. Soil invertebrates as bioindicators of human disturbance. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 15, n. 1, p. 21-62, 1996.
- PAOLETTI, M. G.; HASSAL, M. Woodlice (Isopoda: Oniscidea): their potential for assessing sustainability and use as bioindicators. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 74, p. 157-165, 1999.
- PAOLETTI, M. G.; FAVRETTO, M. R.; STINNER, B. R.; PURRINGTON, F. F.; BATER, J. E. Invertebrates as bioindicators of soil use. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 34, p. 341-362, 1991.
- REYNOLDS, J. W.; JORDAN, G. A. A preliminary conceptual model of megadrile activity and abundance in the Haliburton Highlands. **Megadrilologica**, v. 2, n. 2, p. 1-9, 1975.
- RIGHI, G. *Pontoscolex* (Oligochaeta, Glossoscolecidae), a new evaluation. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 19, p. 159-177, 1984.
- RIGHI, G. **Minhocas de Mato Grosso e de Rondônia**. Brasília, DF: CNPq/AED, 1990. 157 p. Relatório de Pesquisa No. 12. Programa Pólo Noroeste. SCT/PR-CNPq. Programa do Trópico Úmido.
- SAUTTER, K. D.; BROWN, G. G.; JAMES, S. W.; PASINI, A.; NUNES, D. H.; BENITO, N. P. Present knowledge on earthworm biodiversity in the State of Paraná, Brazil. **European Journal of Soil Biology**, v. 42, p. 296-300, 2006.
- SAUTTER, K. D.; BROWNG, G. G.; PASINI, A.; BENITO, N. P.; NUNES, D. H.; JAMES, S. W. Ecologia e biodiversidade das minhocas no Estado do Paraná, Brasil. In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. (Ed.). **Minhocas na América Latina**: biodiversidade e ecologia. Londrina: Embrapa Soja, 2007. Capítulo 21.
- STENBERG, B. Monitoring soil quality of arable land: microbiological indicators. **Soil and Plant Science**, v. 49, p. 1-24, 1999.
- STINNER, B. R.; HOUSE, G. J. Arthropods and other invertebrates in conservation-tillage agriculture. **Annual Review of Entomology**, v. 35, p. 299-318, 1990.

- TANCK, B. C. B.; SANTOS, H. R.; DIONÍSIO, J. A. Influência de diferentes sistemas de uso e manejo do solo sobre a flutuação populacional do oligoqueta edáfico *Amyntas* spp. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 409-415, 2000.
- TAVARES FILHO, J.; BARBOSA, G. M. C.; GUIMARÃES, M. F.; FONSECA, I. C. B. Resistência do solo à penetração e desenvolvimento do sistema radicular do milho (*Zea mays*) sob diferentes sistemas de manejo do solo em Latossolo Roxo (Oxisol). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 3, p. 725-730, 2001.
- TÓTOLA, M. R.; CHAER, G. M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. In: ALVAREZ, V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R.; BARROS, N. F.; MELLO, J. W. V.; COSTA, L. M. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. v. 2. p. 195-276.
- YEATES, G. W.; BONGERS, T. Nematode diversity in agroecosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 74, p. 113-135, 1999.

Monitoramento da qualidade de solos hidromórficos através de indicadores biológicos: desenvolvimento metodológico e de protocolo

Júlio José Centeno da Silva; Rui Melo de Souza; Élio Paulo Zonta; Eracilda Fontanela; Eduardo Darley Prates; Marcelo Ferreira Ely; Ana Cláudia Rodrigues de Lima

Abstract

The present work was undertaken to develop a methodology and a protocol to monitor soil quality in wetland soils using biological indicators (earthworm relative abundance) of easy understanding and interpretation by farmers. Samples were taken at four different time periods on 20 ha of native pasture located on the coastal plain of Rio Grande do Sul state. Using a 90% confidence interval, frequency of occurrence of earthworms of 70 to 85% and a precision value of 70%, we calculated that four to six samples per area of up to 20 ha were necessary to obtain reliable results and acceptance of the methodology by the farmer. Contrary to the expected, soil organic matter contents were not positively correlated to earthworm populations at the study site.

Resumo

Este trabalho buscou desenvolver uma metodologia e um protocolo de monitoramento da qualidade dos solos de várzea, através do uso de indicadores biológicos (abundância relativa de minhocas) de fácil entendimento e interpretação por produtores rurais. Foram realizadas amostragens em quatro épocas em 20 ha de pastagem de campo nativo melhorado na planície costeira do Rio Grande do Sul. Encontrou-se que, trabalhando com um intervalo de confiança de 90%, frequências entre 70 e 85% e precisão de 70%, o número de amostras deverá variar de quatro a seis, por cada área de até 20 ha para que os resultados sejam confiáveis e a metodologia aceitável ao agricultor. Ao contrário do esperado, não houve correlação entre a população de minhocas e o teor de matéria orgânica do solo no local estudado.

Introdução

A qualidade do solo é definida como sendo a sua capacidade, como componente de um ecossistema manejado ou em condições naturais, de sustentar atividades biológicas, manter a qualidade do ar e promover a saúde animal (Doran & Parkin, 1994). Entretanto, modelos agrícolas inadequados ou insustentáveis podem reduzir a capacidade produtiva do solo com reflexos na qualidade e nas características cênicas do ambiente. A alternativa para restaurar a qualidade do solo é encontrar sistemas de manejo que visem aumentar ou manter os recursos biológicos e físico-químicos edáficos.

Existe, contudo, um grande desafio que é o de desenvolver ou adaptar métodos para monitorar e avaliar o impacto antropogênico sobre os processos biológicos do solo, os quais precisam ser executados e compreendidos pelos tomadores finais de decisões. Portanto, cabe à pesquisa com base na demanda dos produtores e nos conhecimentos acumulados, desenvolver metodologias de monitoramento da qualidade do solo, baseado no conceito de indicadores, de fácil manipulação e interpretação pelos produtores rurais.



Essa metodologia precisa considerar o sistema de produção e seu ambiente, contemplando a época de amostragem e o número de amostras, além do nível atual, o nível natural, o nível crítico e o nível de intervenção do indicador. Além disso, precisa ser conduzida de forma participativa envolvendo produtores e pesquisadores.

O primeiro passo para o estabelecimento da metodologia é a criação de um protocolo de procedimentos a serem seguidos. Portanto, neste trabalho realizou-se uma experiência pioneira, envolvendo a ação de produtores da Planície Costeira do Rio Grande do Sul (RS), e de pesquisadores da Embrapa Clima Temperado, visando testar a validade de um protocolo de monitoramento da qualidade do solo. Escolheu-se o sistema de produção "campo nativo melhorado", pois apresentava condições ideais para lançar as bases metodológicas. Neste sistema, a densidade relativa da população de minhocas e a matéria orgânica do solo foram escolhidas como indicadores. O teor de matéria orgânica é considerado como um bom indicador da qualidade do solo (Frighetto & Valarini, 2000), e as minhocas possuem diversas características desejáveis de um indicador, tais como: fácil entendimento pelos produtores que as reconhecem como sinônimo de qualidade do solo, fácil visualização e contagem e baixo custo para amostragem (Doube & Schmidt, 1997).

No entanto, procedimentos tradicionais envolvendo a amostragem de minhocas orientam para a coleta de elevado número de amostras para se obter confiabilidade nos resultados, acarretando aumento de custos e tempo de amostragem (Bouché, 1969; Schmidt, 2001), o que dificulta a aceitação pelos produtores rurais. Assim, este trabalho teve como objetivos definir, através de diferentes procedimentos e análises, o número mínimo de amostras a serem tomadas, com base num limite de confiabilidade pré-estabelecida, considerando ainda, a relação entre tempo e custo-benefício.

Material e métodos

Ensaio piloto

Um ensaio piloto foi realizado em 17 de dezembro de 2001. Escolheu-se uma área de campo nativo melhorado, em um planossolo hidromórfico, pertencente a uma propriedade particular no município de Rio Grande, RS. Amostraram-se 90 pontos numa área de 20 ha, homogênea quanto a manejo,

classe de solo e topografia. A área foi dividida em 45 piquetes de aproximadamente 0,44 ha. Coletaram-se, em cada um dos piquetes, duas amostras em sentido diagonal - a 20 e 40 m do vértice (Figura 27.1), a uma profundidade de 20 cm, cada uma ocupando um volume de 2 litros. As amostras foram identificadas e encaminhadas ao laboratório da Embrapa Clima Temperado para determinação da frequência de ocorrência de minhocas.

Para essa análise buscou-se determinar o número mínimo de amostras em função da frequência de minhocas em amostras sorteadas aleatoriamente, do intervalo de confiança e da precisão desejada. Ademais, foram testadas frequências hipotéticas de ocorrência de minhocas (70, 80 e 85%) para as quais se esperava que a variância da proporção média estimada assumisse maiores valores, exigindo, por conseguinte, um maior número de amostras. Utilizou-se um intervalo de confiança de 99, 95 e 90% para a média de frequência. Considerou-se uma precisão (d) de 95, 90, 80 e 70%, segundo a fórmula:

$$n = t^2 * (p*q)/d^2, \text{ onde:}$$

n = número de amostras;

t = intervalo de confiança;

p = percentagem de presença de minhocas;

q = 1 - p;

d = precisão em torno da média.

Comparação de coletas realizadas em diferentes épocas do ano

As amostras foram realizadas em quatro diferentes datas (17/12/01; 15/06/02; 23/10/02; 13/12/02), no mesmo campo de 20 ha em Rio Grande, RS. Tomaram-se duas amostras (2 litros cada uma) usando a mesma metodologia em cada um dos 45 piquetes (total 90 amostras), nas quais foram verificados o número de minhocas e o teor de matéria orgânica do solo. O número de minhocas foi correlacionado ao teor de matéria orgânica do solo, nos locais amostrados, através do teste de regressão linear simples.

Resultados e discussão

Ensaio piloto

A estimativa média da frequência de amostras positivas de 85% foi calculada a partir dos valores

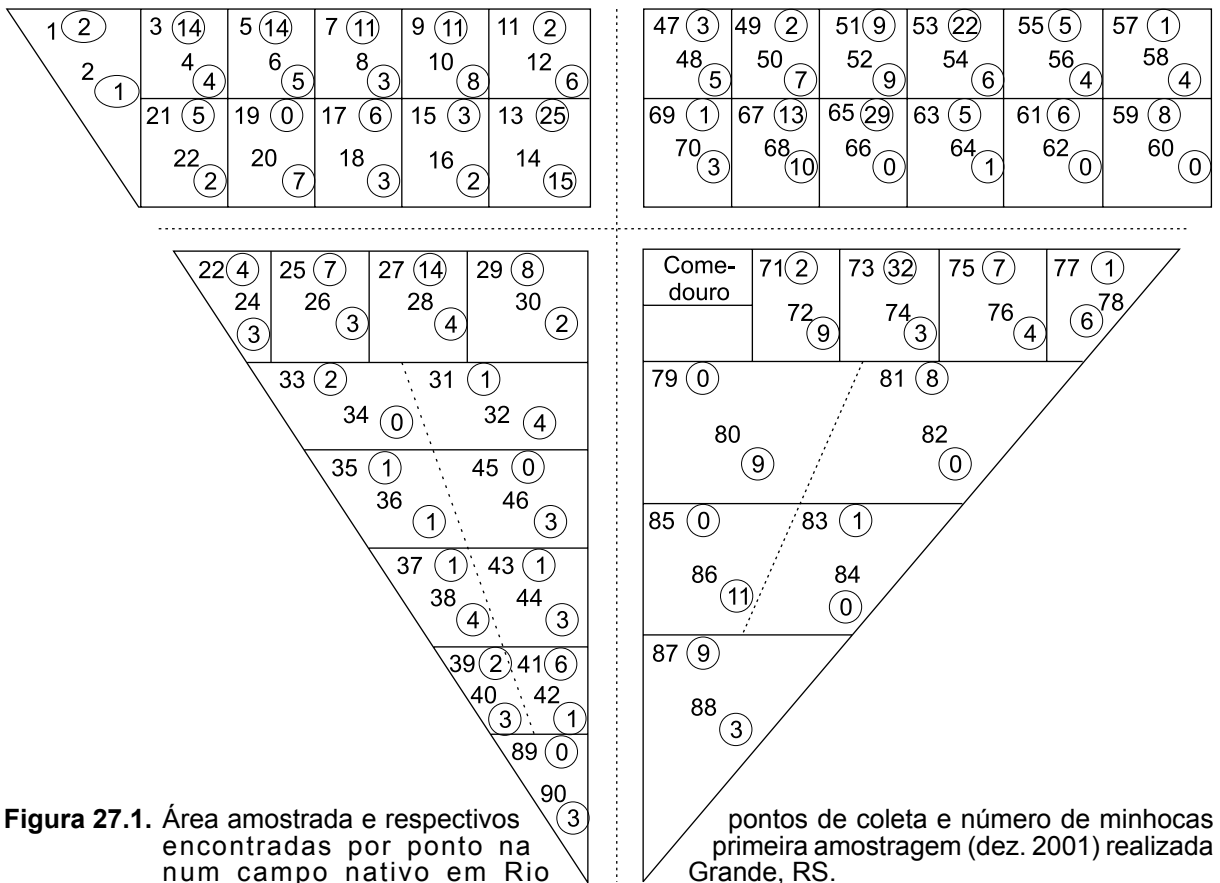


Figura 27.1. Área amostrada e respectivos pontos de coleta e número de minhocas encontradas por ponto na primeira amostragem (dez. 2001) realizada em um campo nativo em Rio Grande, RS.

encontrados na Tabela 27.1. Os resultados das freqüências hipotéticas de ocorrência de minhocas de 70, 80 e 85% estão expressos na Tabela 27.2 e Figura 27.2. Considerando-se um intervalo de confiança de 90%, 85% de presença de minhocas e uma precisão de 80%, seriam necessárias nove amostras na área amostrada. Noutra situação, se o intervalo de confiança fosse ampliado para 99% com a mesma precisão, seriam necessárias 21 amostras. Ou seja, a confiabilidade da informação obtida pela amostragem aumenta, proporcionalmente, com o aumento do número de amostras coletadas.

Comparação de coletas realizadas em diferentes épocas do ano

Buscando qualificar o método, foram realizadas coletas em diferentes estações do ano com diferentes intensidades populacionais. A estimativa média da freqüência de amostras positivas (com minhocas) em cada data de coleta encontra-se na Tabela 27.3. Na segunda coleta encontraram-se minhocas em 94% das amostras, mas na última coleta esse número caiu para 72%.

Os valores calculados do Qui-Quadrado (χ^2) que compararam o número de minhocas observados na amostragem em relação ao valor esperado mostraram que nas datas de dez. 2001, out. e dez. 2002 não houve diferença significativa (Tabela 27.4), concluindo-se que existe confiabilidade para determinar a densidade populacional de minhocas através do emprego de quatro amostras simples. A existência de diferença significativa entre o valor observado e amostrado em junho de 2002 pode ser decorrente do efeito de época ou de perturbação do solo provocado pelo preparo do solo realizado no inverno.

Na figura 27.3 apresentam-se os tamanhos de amostras em função da freqüência de minhocas, do intervalo de confiança e da precisão desejada. Observa-se que o número de amostras necessárias varia conforme a percentagem de positivos encontrados e a época de coleta. Considerando um IC de 95% e precisão de 70%, seriam necessárias cinco, duas, quatro e nove amostras para as datas de dez. 2001, jun., out. e dez. de 2002, respectivamente. Ou seja, na média seriam necessárias aproximadamente cinco amostras de 2 litros cada, numa área de 20 ha (uma amostra a cada 4 ha) de campo nativo, para descrever, usando esses parâmetros

Tabela 27.1. Frequência (f) de ocorrência de minhocas em amostras de solo realizadas em campo nativo em Rio Grande, RS, dezembro de 2001.

	Sorteio 1 ¹		Sorteio 2		Sorteio 3		Sorteio 4		Sorteio 5		Sorteio 6		Sorteio 7		Sorteio 8		Sorteio 9		Sorteio 10	
	N.Am.	Sit.	N.Am.	Sit.	N.Am.	Sit.	N.Am.	Sit.	N.Am.	Sit.	N.Am.	Sit.	N.Am.	Sit.	N.Am.	Sit.	N.Am.	Sit.	N.Am.	Sit.
1	58	(+)	39	(+)	42	(+)	72	(+)	63	(+)	34	(-)	77	(+)	85	(-)	58	(+)	52	(+)
2	31	(+)	38	(+)	76	(+)	49	(+)	38	(+)	78	(-)	80	(+)	44	(+)	30	(+)	88	(+)
3	10	(+)	65	(+)	41	(+)	34	(-)	85	(-)	49	(+)	43	(+)	22	(+)	86	(+)	35	(+)
4	36	(+)	80	(+)	51	(+)	75	(+)	46	(+)	23	(+)	79	(-)	10	(+)	76	(+)	12	(+)
5	18	(+)	31	(+)	68	(+)	21	(+)	57	(+)	37	(+)	1	(+)	35	(+)	49	(+)	84	(-)
6	34	(-)	17	(+)	66	(-)	76	(+)	13	(+)	49	(+)	44	(+)	9	(+)	19	(+)	27	(+)
7	76	(+)	87	(+)	17	(+)	58	(+)	89	(-)	17	(+)	19	(+)	18	(+)	74	(+)	28	(+)
8	54	(+)	1	(+)	84	(-)	27	(+)	48	(+)	90	(+)	38	(-)	21	(+)	1	(+)	33	(+)
9	38	(+)	63	(+)	37	(+)	19	(-)	31	(+)	65	(+)	81	(+)	87	(+)	24	(+)	57	(+)
10	71	(+)	44	(+)	60	(-)	42	(+)	84	(-)	64	(+)	52	(+)	11	(+)	54	(+)	17	(+)
	f = 90%		f = 100%		f = 70%		f = 80%		f = 70%		f = 80%		f = 80%		f = 90%		f = 100%		f = 90%	

¹ N.Am. = número de amostras; Sit. = situação; (+) = minhocas encontradas; (-) = minhocas ausentes (ver Figura 27.1).

Tabela 27.2. Intervalo de confiança (IC), frequências médias testadas (p), probabilidade do IC (t_{α}) e precisão (d), utilizados para o cálculo do número de amostras (n) de minhocas encontradas em Rio Grande, RS, dezembro de 2001.

IC	p	t_{α}	d	n
99	0,85	2,58	0,05	339
-	0,85	2,58	0,1	85
-	0,85	2,58	0,2	21
-	0,85	2,58	0,3	9
95	0,85	1,96	0,05	196
-	0,85	1,96	0,1	49
-	0,85	1,96	0,2	12
-	0,85	1,96	0,3	5
90	0,85	1,65	0,05	139
-	0,85	1,65	0,1	35
-	0,85	1,65	0,2	9
-	0,85	1,65	0,3	4
99	0,8	2,58	0,05	426
-	0,8	2,58	0,1	107
-	0,8	2,58	0,2	27
-	0,8	2,58	0,3	12
95	0,8	1,96	0,05	246
-	0,8	1,96	0,1	61
-	0,8	1,96	0,2	15
-	0,8	1,96	0,3	7
90	0,8	1,65	0,05	174
-	0,8	1,65	0,1	44
-	0,8	1,65	0,2	11
-	0,8	1,65	0,3	5
99	0,7	2,58	0,05	559
-	0,7	2,58	0,1	140
-	0,7	2,58	0,2	35
-	0,7	2,58	0,3	16
95	0,7	1,96	0,05	323
-	0,7	1,96	0,1	81
-	0,7	1,96	0,2	20
-	0,7	1,96	0,3	9
90	0,7	1,65	0,05	229
-	0,7	1,65	0,1	57
-	0,7	1,65	0,2	14
-	0,7	1,65	0,3	6

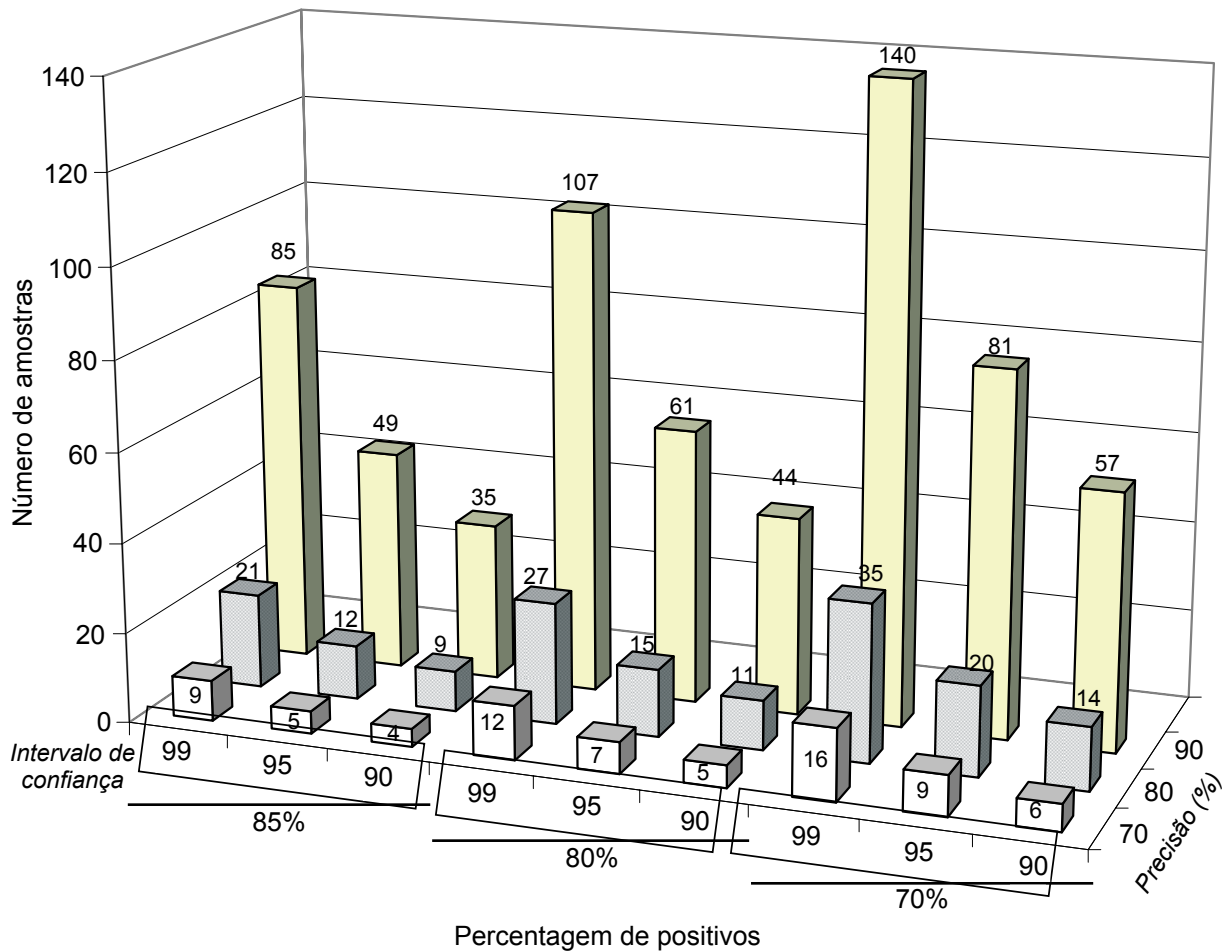


Figura 27.2. Média de frequência (% de positivos), intervalo de confiança (IC) e precisão (%), utilizados para o cálculo do número de amostras de minhocas necessárias num campo nativo em Rio Grande, RS.

Tabela 27.3. Frequência média de amostras positivas com minhocas (%) nas quatro amostragens realizadas em diferentes épocas num campo em Rio Grande, RS.

	Data das coletas			
	Dez. 2001	Jun. 2002	Out. 2002	Dez. 2002
Frequência Média (%)	85	94	89	72

de confiabilidade, a população de minhocas do local.

Sabe-se que as minhocas dependem de matéria orgânica para sua alimentação e que suas populações normalmente são maiores em locais onde há maior conteúdo de matéria orgânica (Zou & González, 2001). Porém, contrariamente ao esperado, a análise de regressão não detectou a existência de correlação entre o

número de minhocas e matéria orgânica do solo avaliado (Tabela 27.5). Essa correlação não é sempre observada quando se realiza o estudo usando dados do mesmo local (ver Brown et al., 2003); em alguns casos, pode-se melhor observar essa correlação quando são comparadas populações de minhocas de diferentes locais com distintos teores de matéria orgânica (Hendrix et al., 1992).

Tabela 27.4. Valores de Qui-Quadrado (χ^2) das médias de cada repetição em diferentes datas de coleta de minhocas em campo nativo em Rio Grande, RS.

Data da coleta	χ^2	R1	R2	R3
Dez. 2001	Simples	0,063	2,250	1,563
	Dupla	5,348	0,098	0,000
	Tripla	0,174	0,000	1,174
Jun. 2002	Simples	0,766	66,016	3,063
	Dupla	5,641	84,410	63,004
	Tripla	55,627	32,585	42,793
Out. 2002	Simples	0,750	0,021	0,188
	Dupla	0,000	1,172	0,188
	Tripla	0,280	0,113	0,454
Dez. 2002	Simples	0,200	2,113	1,513
	Dupla	4,278	0,378	0,253
	Tripla	0,068	1,089	0,272

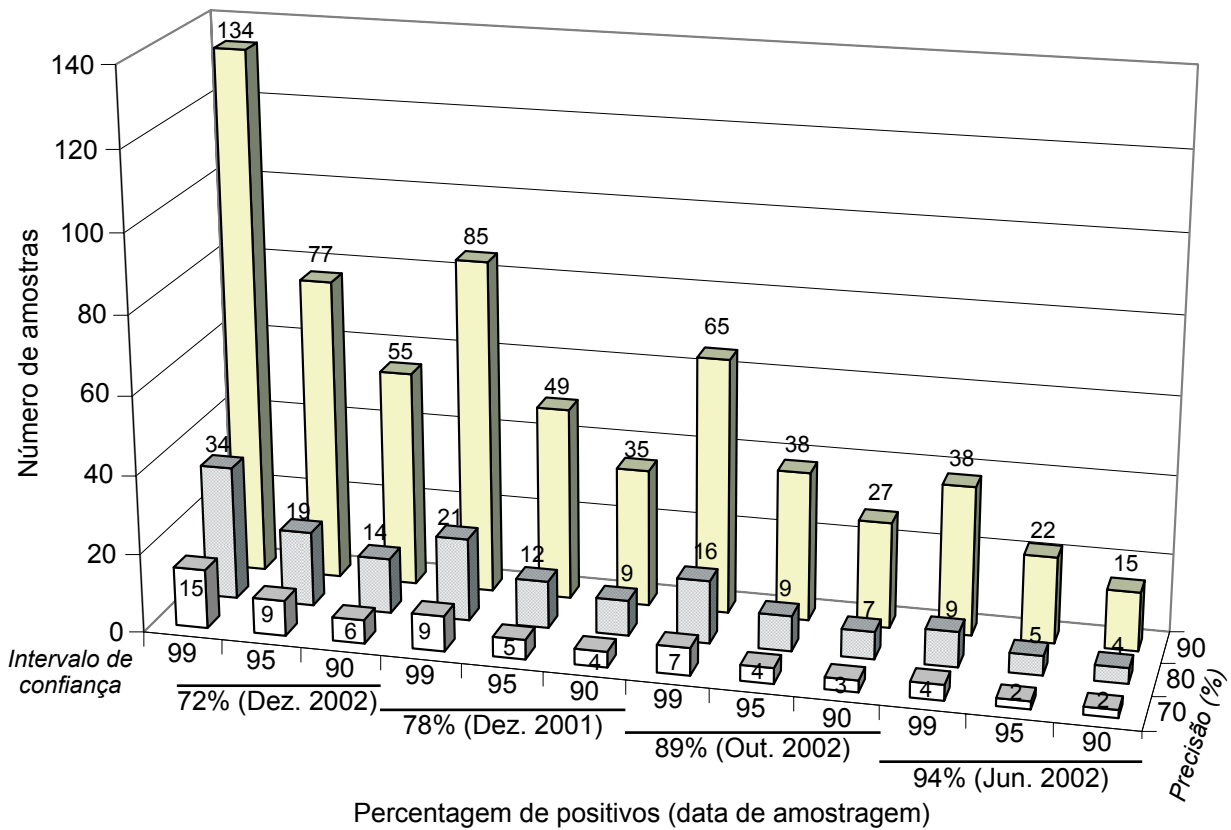


Figura 27.3. Determinação do número de amostras de solo necessárias (conforme a precisão e IC desejadas) para monitorar a população de minhocas como bioindicadoras de qualidade do solo em campo nativo em Rio Grande, RS.

Tabela 27.5. Análise de variância da regressão entre o número de minhocas e a matéria orgânica do solo (MO) num campo nativo em Rio Grande, RS.

Data da coleta	MO (%)	No. minhocas	Log No. + 10	R ²	F	P
Dez. 2001	3,78	5	1,16	0,0002	0,02	0,90
Jun. 2002	2,96	18	1,35	0,0007	0,06	0,81
Out. 2002	3,09	3	1,11	0,0037	0,33	0,57
Dez. 2002	3,21	4	1,12	0,0103	0,92	0,34

Conclusões

Os resultados obtidos neste estudo indicam que, trabalhando-se com um intervalo de confiança de 90 a 95 %, frequências entre 70 e 85% e precisão de 70% o número de amostras, para atender os objetivos propostos por esta metodologia, deverá variar de 4 a 6, em área de até 20 ha. Contudo, para melhor qualificar o método, é necessário realizar coletas em diferentes épocas do ano, em diferentes tipos de solo e em diferentes sistemas de manejo.

Referências

- BOUCHÉ, M. B. Comparaison critique de méthode d'évaluation des populations de Lombricidés. **Pedobiologia**, v. 9, p. 26-34, 1969.
- BROWN, G. G.; BENITO, N. P.; PASINI, A.; SAUTTER, K. D.; GUIMARÃES, M. F.; TORRES, E. No-tillage greatly increases earthworm populations in Paraná State, Brazil. **Pedobiologia**, v. 47, p. 764-771, 2003.
- DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Ed.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 3-21.
- DOUBE, B. M.; SCHMIDT, O. Can the abundance or activity of soil macrofauna be used to indicate the biological health of soils? In: PANKHURST, C. E.; DOUBE, B. M.; GUPTA, V. V. S. R. (Ed.). **Biological indicators of soil health**. Wallingford: CAB International, 1997. p. 265-295.
- FRIGHETTO, R. T. S.; VALARINI, P. J. **Indicadores biológicos e bioquímicos da qualidade do solo**: manual técnico. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. 198 p.
- HENDRIX, P. F.; MUELLER, B. R.; BRUCE, R. R.; LANGDALE, G. W.; PARMELEE, R. W. Abundance and distribution of earthworms in relation to landscape factors on the Georgia Piedmont, U.S.A. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 24, p. 1357-1361, 1992.
- SCHMIDT, O. Time-limited soil sorting for long-term monitoring of earthworm populations. **Pedobiologia**, v. 45, p. 69-83, 2001.
- ZOU, X.; GONZÁLEZ, G. Earthworms in tropical tree-plantations: effects of management and relations with soil carbon and nutrient use efficiency. In: REDDY, M. V. (Ed). **Management of tropical plantation forests and their soil litter systems: litter biota and soil nutrient dynamics**. Enfield: Science Publishers, p. 289-301, 2001.

Análise das relações entre populações de enchytraeidae e minhocas e seu uso como bioindicador da qualidade do solo

Mariella Camardelli Uzêda; Maria Alice Garcia; Janaina Ribeiro Costa

Abstract

Bioindicators are species or associations of species that react to and reflect the impacts and changes in ecosystems. However, there is still not a single index that can translate the relationship between soil biodiversity, function and soil quality maintenance under changing environmental conditions. Diversity indexes, associating species richness, dominance and abundance do not reveal the compensatory relationships within communities and say little about functional changes occurring in soils. The objective of the present work was to analyze the relationships between enchytraeids and earthworms in their use as soil quality indicators, based on the analysis of their abundance in different soil use and management systems, as well as to assess their responses to changes in some biochemical (Organic C), biological (microbial biomass-C) and physical (mean aggregate size, macroaggregation, bulk density) soil parameters. The results highlight the need for more detailed knowledge of spatio-temporal co-existence and niche partitioning between different species and organisms. This is fundamental to the understanding of the responses of soil animal communities (like enchytraeids and earthworms) to agricultural practices and the use of species and assemblages as soil quality bioindicators.

Resumo

Os bioindicadores são espécies ou associações de espécies que reagem a impactos e que refletem mudanças nos ecossistemas. Contudo, ainda não existe um índice que possa traduzir a relação entre a biodiversidade do solo, suas funções, e a manutenção da sua qualidade em situações de mudanças ambientais. Os índices de diversidade, associando riqueza, dominância e abundância, não permitem o entendimento das relações compensatórias existentes dentro das comunidades e também dizem pouco sobre as mudanças funcionais no solo. Este trabalho teve como objetivo analisar as relações entre populações de enchytraeídeos e minhocas e o uso desses animais como indicadores da qualidade do solo, a partir da análise das densidades de indivíduos em diferentes sistemas de manejo e uso do solo, bem como suas respostas à alteração de alguns parâmetros bioquímicos (C orgânico), biológicos (C microbiano) e físicos (diâmetro médio ponderado dos agregados, agregados $\geq 2\text{mm}$, densidade do solo). Os resultados apontam para a necessidade de um conhecimento mais detalhado das reações de co-existência espaço-temporais e do partilhamento de nicho entre espécies e organismos diferentes. Esse saber é fundamental para o entendimento das respostas de comunidades de animais do solo (como os enchytraeídeos e as minhocas) às práticas de cultivo, e o uso de espécies ou "assemblages" como bioindicadores da qualidade do solo.

Introdução

Os bioindicadores são uma simplificação do que acontece na natureza, e podem ser considerados espécies ou associações de espécies ("assemblage") que compõem o ecossistema e reagem a impactos e mudanças. Paoletti (1999) esclarece que esta não é uma nova terminologia e que o uso de bioindicadores se tornou um importante paradigma do século



XX, com o surgimento de áreas contaminadas e a prática da monocultura.

Ainda que o uso do termo indicador venha sendo bastante utilizado, existem critérios para a seleção de atributos com o potencial para indicador. Esta seleção requer uma avaliação das respostas dadas face às alterações sofridas pelo ecossistema. Hollway & Stork (1991) estabelecem como características fundamentais de um bom indicador: (1) responder à perturbação prontamente e de forma precisa; (2) refletir o funcionamento do sistema diante da perturbação ocorrida; (3) possuir metodologia de determinação acessível (prática e econômica); e (4) ter distribuição universal, porém apresentando expressões temporais e espaciais próprias no ambiente.

A relação entre a biodiversidade do solo e o cumprimento das suas funções bem como manutenção da sua qualidade ainda não é suficientemente conhecida, não existindo índices adequados que possibilitem a tradução do que realmente ocorre no solo em situações de mudanças ambientais (alteração quantitativa e qualitativa de recursos, perda de espécies, entrada de novas espécies). Os índices de diversidade atualmente reconhecidos e utilizados, associando riqueza, dominância e abundância, não permitem o entendimento das relações compensatórias existentes dentro das comunidades diante das já mencionadas alterações e, portanto, informam menos ainda sobre as alterações funcionais ocorridas no solo.

Avaliando o papel da biodiversidade da fauna do solo na dinâmica de decomposição, Uzêda et al. (1999) encontraram maior diversidade no agroecossistema em comparação a um ecossistema natural de mata secundária, embora tenham constatado que algumas funções no processo de decomposição deixaram de ser desempenhadas. Os autores observaram que a menor fração remanescente do material orgânico adicionado se encontrava na área de mata, associada a um maior valor da constante de decomposição (K), sinalizando um comprometimento no processo de ciclagem de nutrientes no agroecossistema.

Ademais da pouca eficácia dos índices de diversidade em refletirem o papel funcional da comunidade avaliada, levantamentos de todos os táxons existentes no solo, desde os microorganismos à macrofauna, exigem um esforço amostral e financeiro que se justificam para o desenvolvimento de um protocolo de pesquisa, mas não no cumprimento da função de indicador de alteração ambiental. Os bioindicadores responderiam a essa situação como um reflexo da qualidade do solo de maneira

simplificada e com baixo custo de determinação.

Os oligoquetas anelídeos como as minhocas e enquitreídeos estão presentes em variados ecossistemas e afetam diretamente processos relevantes nos ecossistemas terrestres.

Os enquitreídeos, grupo da mesofauna ainda pouco estudado, são predadores de microorganismos e estão estrategicamente posicionados na teia alimentar do solo, sendo considerados como 80% microbivoros e 20% saprófagos (Didden, 1991). Sua ação significativa na ciclagem de nutrientes e no processo de decomposição se deve à sua grande capacidade em revolver a matéria orgânica do solo e promover alterações físicas significativas na estrutura do solo através da excreção de peletes fecais (Van Vliet et al., 1995).

As minhocas são consideradas engenheiras do ecossistema (Jones et al., 1994), uma vez que revolvem o solo influenciando sua estruturação, a decomposição da matéria orgânica e a ciclagem de nutrientes. São capazes de alterar fortemente o ambiente, afetando a estrutura da comunidade de plantas, assim como a distribuição e populações da mesofauna (incluindo os enquitreídeos) e dos microorganismos (Brown, 1995). As atividades tipicamente associadas a estes animais como bioturbação, formação de canais e algumas subfunções importantes na ciclagem de nutrientes (nitrificação, decomposição de lignina) são realizadas por um número pequeno de táxons em cada lugar, tornando-os potenciais bioindicadores. Mas o uso de uma população ou associações de espécies como indicador depende do entendimento dos seus padrões de resposta aos processos com os quais se encontra relacionada, e uma nítida distinção entre os impactos gerados e os mecanismos de dispersão seletivos inerentes a cada espécie.

Este trabalho teve como objetivo analisar as relações entre populações de enquitreídeos e minhocas e o uso desses animais como bioindicadores da qualidade do solo, a partir da análise das densidades de indivíduos desses grupos em diferentes sistemas de uso do solo, bem como suas respostas à alteração de alguns parâmetros bioquímicos (C orgânico), biológicos (C microbiano) e físicos (diâmetro médio ponderado dos agregados, agregados ≥ 2 mm, densidade do solo).

Metodologia

O trabalho foi desenvolvido no município de São Roque, no Estado de São Paulo (SP),

em uma área com Argissolo Vermelho-Amarelo, textura franco argilo arenosa. A vegetal original da região pertence ao bioma da Mata Atlântica (Floresta Ombrófila Densa). Neste experimento foram estudados os efeitos de práticas orgânicas e convencionais sobre diversos parâmetros físicos, químicos e biológicos, após 220 dias de cultivo, tendo como planta cultivada o morango (*Fragaria × anassa* Duch, variedade Toyonoca).

Foram avaliados quatro agroecossistemas, sendo um com adubação convencional e cobertura plástica (AQ/CP), e três tratamentos com cultivo e adubação orgânica: sem cobertura (AO/SC); com cobertura morta de capim Napier (*Pennisetum purpureum* Shum.) (AO/CO); com cobertura plástica (AO/CP). Em uma área de mata secundária com o mesmo solo foram estabelecidas 5 parcelas testemunha.

O experimento adotou um delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições por tratamento. As amostragens se concentraram nas profundidades de 0–10 e de 10–20 cm, exceto aquelas voltadas à avaliação da fauna do solo que contemplaram também a profundidade de 20–30 cm. Foram avaliados: 1) a densidade do solo, usando o método do anel volumétrico; 2) o percentual de agregados ≥ 2 mm e o diâmetro médio ponderado (DMP), através do tamisado úmido; 3) a biomassa microbiana, através de fumigação e extração (Joergensen & Brookes, 1990); 4) o teor

de C orgânico do solo (Kjeldahl); 5) a comunidade de enquitreídeos (somente indivíduos > 2 mm de diâmetro e 1 cm de comprimento) e de minhocas, usando o método do Tropical Soil Biology and Fertility Programme (Anderson & Ingram, 1993). A análise dos dados obtidos foi realizada usando a estatística clássica (ANOVA), assim com o método multivariado de análise de redundância (RDA) usando os programa CANOCO.

Resultados e discussão

Observando a Tabela 28.1, pode-se notar que após 220 dias de cultivo ainda não era possível perceber diferenças significativas no C orgânico entre os tratamentos, na camada 0-10 cm. Entretanto, o C microbiano apresentou forte redução nos tratamentos com cobertura plástica e mais nitidamente no tratamento que recebeu adubação química (AQ/CP). Entre os tratamentos orgânicos, o tratamento sem cobertura se destacou por apresentar valor mais alto que os demais, o que pode-se dever à maior quantidade de plantas invasoras e, portanto, também de raízes (fonte de C para a biomassa microbiana) neste tratamento. De acordo com Powlson et al. (2001), a biomassa microbiana é um bom e rápido indicador de mudanças ocorridas no C e N orgânicos do solo, refletindo o que

Tabela 28.1. Parâmetros bioquímicos (C orgânico), biológicos (C microbiano) e físicos (macroagregação, Diâmetro Médio Ponderado dos Agregados - DMP e Densidade do Solo - DS) no Argissolo Vermelho Amarelo, em cada agroecossistema e na mata de São Roque, SP, em duas profundidades (0-10 e 10-20 cm).

Tratamentos ¹	C orgânico (t/ha) ²	C microbiano (µg/g)	DMP (mm)	Agregados ≥ 2 mm (%)	DS
..... 0-10 cm.....					
AO/SC	19,5 a	607,9 b	0,63 b	16,2 b	1,31 a
AO/CO	20,3 a	458,8 bc	0,82 b	21,6 b	1,28 a
AO/CP	18,1 a	353,5 c	0,90 b	25,3 b	1,31 a
AQ/CP	19,3 a	237,7 c	0,70 b	20,4 b	1,37 a
Mata	22,9 a	1015,4 a	2,43 a	67,4 a	1,11 a
..... 10-20 cm.....					
AO/SC	18,9 b	359,5 b	0,60 b	14,5 b	1,35 a
AO/CO	18,3 b	293,2 b	0,61 b	14,9 b	1,34 a
AO/CP	16,7 b	393,2 b	0,69 b	16,4 b	1,34 a
AQ/CP	21,4 b	254,7 b	0,71 b	17,8 b	1,39 a
Mata	26,8 a	591,2 a	2,61 a	72,3 a	1,26 b

¹ AO/SC: Adubação orgânica sem cobertura, AO/CO: Adubação orgânica com cobertura morta de capim Napier (*P. purpureum*), AO/CP: Adubação orgânica com cobertura plástica e AQ/CP: Adubação convencional com cobertura plástica.

² Letras diferentes em cada coluna indicam diferenças significativas entre os tratamentos em cada profundidade de amostragem, utilizando teste de Tukey (P<0,05).

ocorrerá com a matéria orgânica do solo em mais longo prazo.

Entre os parâmetros físicos analisados (Tabela 28.1), foi possível notar que tanto a agregação quanto o diâmetro médio ponderado de agregados não apresentaram diferenças significativas. A densidade aparente do solo, apesar de não apresentar alterações significativas, mostrou uma leve tendência de aumento com adubação química, revelando a existência de um possível comprometimento da porosidade do solo nesse tratamento.

A densidade (número de indivíduos/m²) de enquitreídeos encontrados sinalizou uma possível ação negativa dos insumos químicos, assim como da cobertura plástica utilizada, sobre suas populações, visto que as mesmas apresentaram-se em número significativamente superior nos tratamentos orgânicos sem cobertura e com cobertura morta, nas camadas de 0-10 e 10-20 cm (Figura 28.1). Na camada de 20-30 cm nos tratamentos com cobertura plástica e com cobertura orgânica a densidade de enquitreídeos apresentou forte redução, apresentando valor inferior ao tratamento orgânico com cobertura plástica (AO/CP). A densidade de enquitreídeos (Figura 28.1) apresentou uma redução com o aumento da profundidade nos tratamentos com adubação orgânica sem cobertura e com cobertura orgânica (AO/SC e AO/CO, respectivamente), sendo que o segundo apresentou abundância levemente superior ao primeiro nas camadas avaliadas. Nos tratamentos com cobertura plástica, tanto com adubação química quanto com adubação orgânica (AQ/CP e AO/CP, respectiva-

mente), ocorreu o contrário, havendo um aumento da densidade de nas profundidades superiores a 10 cm. O referido gradiente se apresentou mais nítido no tratamento orgânico com cobertura plástica onde, nas camadas de 10-20 e 20-30 cm, observou-se um aumento considerável da densidade. Na área de mata, não foram encontradas enquitreídeos.

A densidade de minhocas nos primeiros 10 cm do solo foi maior no tratamento orgânico com cobertura morta (AO/CO), seguido do orgânico sem cobertura (AO/SC) e da mata (Figura 28.2). Nesta camada, os tratamentos orgânicos com cobertura plástica e o tratamento químico com cobertura plástica apresentaram densidades significativamente menores em relação aos demais tratamentos sendo o tratamento químico aquele com a menor densidade de minhocas. Na camada de 10-20 cm a densidade de minhocas diminuiu em todos os tratamentos sob cultivo, principalmente no AO/SC e AO/CO. Os tratamentos sob cultivo, na camada de 20-30 cm, não apresentaram diferenças quanto a densidade de minhocas. Na área de mata, não houve diferença entre as densidades encontradas nas diferentes camadas, e a abundância de minhocas foi maior que nos demais tratamentos nas camadas mais profundas

Uma avaliação preliminar das espécies de minhocas em cada tratamento encontra-se na Tabela 28.2. Foram encontradas três espécies: uma *Amyntas* sp., *Pontsocolex corethrurus* e outra espécie de gênero desconhecido (sp. 2). Exemplos de *Amyntas* foram encontrados somente na camada superficial. A espécie dominante em

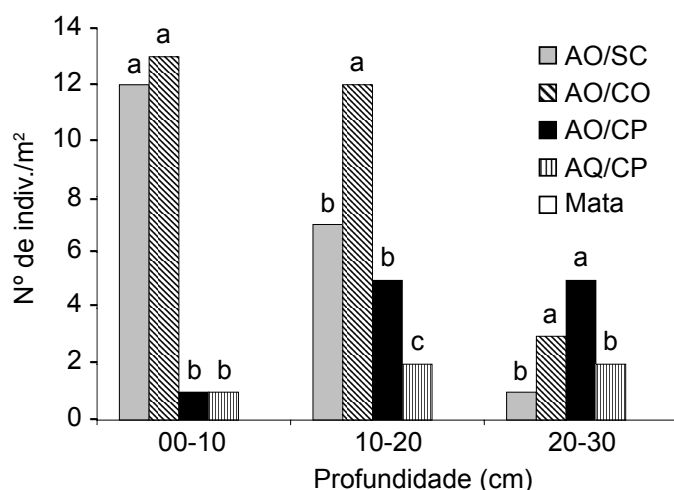


Figura 28.1. Densidade de enquitreídeos nas diferentes profundidades do solo em cada tratamento. AO/SC: Adubação orgânica sem cobertura, AO/CO: Adubação orgânica com cobertura morta de capim Napier (*P. purpureum*), AO/CP: Adubação orgânica com cobertura plástica e AQ/CP: Adubação convencional com cobertura plástica. Letras diferentes em cada barra indicam diferenças significativas entre os tratamentos em cada profundidade de amostragem, utilizando teste de Tukey ($P < 0,05$).

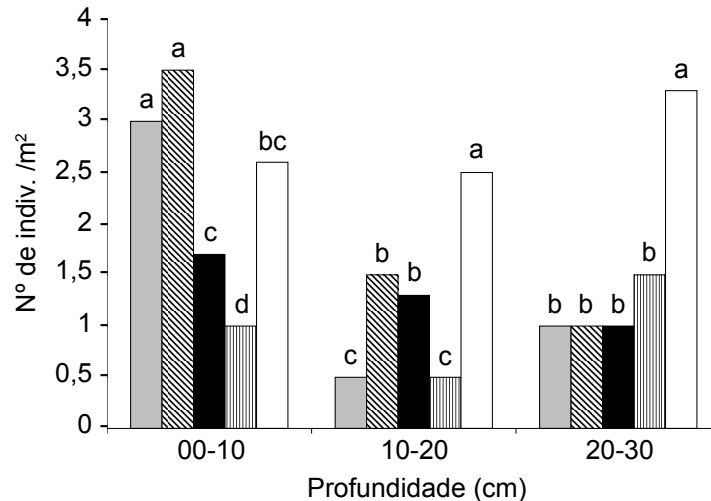


Figura 28.2. Densidade de minhocas nas diferentes profundidades do solo em cada tratamento. Para o significado das abreviações dos tratamentos, ver legenda da Figura 28.1. Letras diferentes em cada barra indicam diferenças significativas entre os tratamentos em cada profundidade de amostragem, utilizando teste de Tukey ($P < 0,05$).

todos os tratamentos foi a *P. corethrus* (família Glossoscolecidae), sendo também a única espécie encontrada na mata.

Portanto, as minhocas e os enquitreídeos apresentaram uma clara resposta ao manejo do agroecossistema. Contudo, os enquitreídeos se mostraram menos sensíveis ao cultivo do que as minhocas sendo mais abundantes nessas áreas e ausentes na mata. A inibição de enquitreídeos na presença de minhocas tem sido observada por vários autores (por exemplo, Górný, 1984). Porém, interações negativas da co-ocorrência desses grupos, não foram ratificadas pelas análises de correlação realizadas.

As variáveis C orgânico, C microbiano, agregados > 2,00 mm (%), diâmetro médio ponderado dos agregados (mm), densidade (número de indivíduos/m²) de enquitreídeos e de minhocas em cada uma das profundidades avaliadas, foram processadas utilizando a Análise de Redundância (RDA), indicada através de uma Análise de Corres-

pondência Sem Tendência como mais apropriada para este trabalho.

Um gráfico representando os resultados dessa análise para os primeiros 10 centímetros do solo se encontra na Figura 28.3A. Os eixos 1 e 2 explicaram 65% da variabilidade total encontrada. O eixo 1 (horizontal) da RDA, explicou 44% da variabilidade total. Este, por si, foi determinado pela densidade de enquitreídeos e minhocas, que estiveram relacionadas com os tratamentos orgânicos sem cobertura ou com cobertura morta, que se mostraram opostos aos tratamentos com cobertura plástica.

Uma forte relação positiva entre a densidade de enquitreídeos e a densidade do solo e uma relação inversa entre este grupo e a agregação, foi evidente na camada de 0-10 cm e confirmada na camada inferior (Figura 28.3B). Contudo, a forte relação entre a densidade de enquitreídeos, a biomassa microbiana e o C orgânico encontrada por Van Vliet et al. (1995) não foi observada em

Tabela 28.2. Avaliação preliminar da diversidade de minhocas encontradas em cada tratamento e profundidade. Para o significado das abreviações dos tratamentos, ver legenda da Tabela 28.1.

Tratamentos	Espécies encontradas			Total
	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	
AO/SC	<i>P. corethrus</i> , <i>Amyntas</i> sp., sp. 2	<i>P. corethrus</i>	<i>P. corethrus</i>	3
AO/CO	<i>P. corethrus</i> , sp. 2	sp. 2	<i>P. corethrus</i>	2
AO/CP	<i>P. corethrus</i>	<i>P. corethrus</i> , sp. 2	sp. 2	2
AQ/CP	<i>P. corethrus</i> , <i>Amyntas</i> sp.	<i>P. corethrus</i> , sp. 2	<i>P. corethrus</i> , sp. 2	3
Mata	<i>P. corethrus</i>	<i>P. corethrus</i>	<i>P. corethrus</i>	1

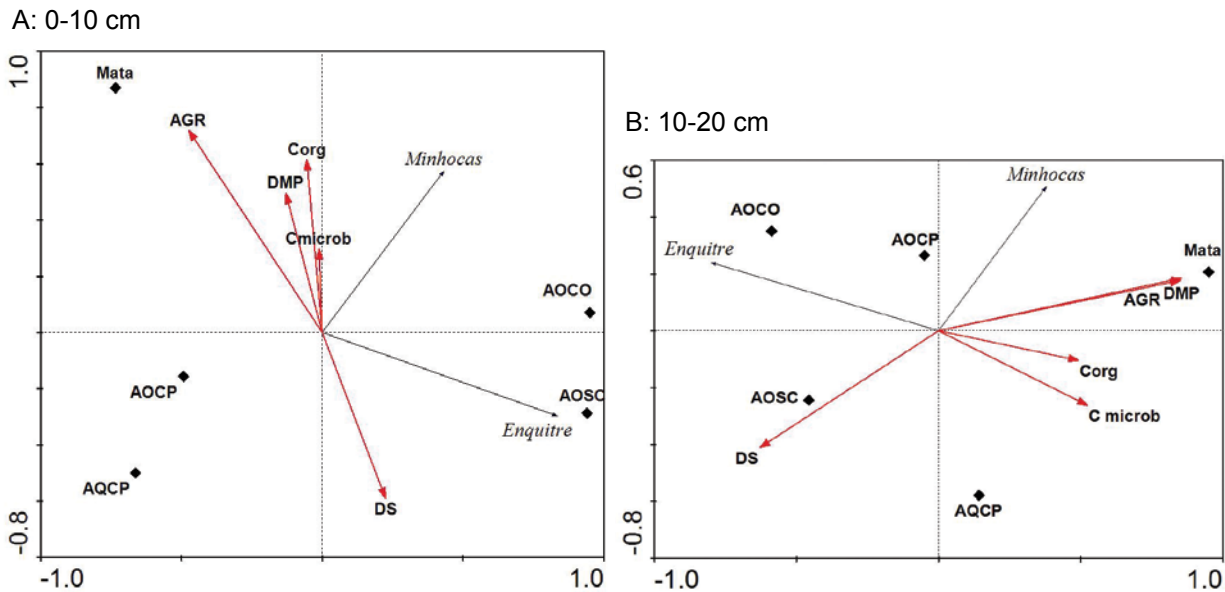


Figura 28.3. Resultado da análise canônica de redundância, relacionando os parâmetros físicos, bioquímicos e biológicos analisados em cada profundidade e comparando os diferentes tratamentos de manejo. Abreviações: Corg = C orgânico; Cmicrob = C microbiano; AGR = % de agregados > 2,00 mm; DMP = diâmetro médio ponderado dos agregados; Enquite = densidade de enquiteídeos; Minhocas = densidade de minhocas; A = camada 0-10 cm; B = camada 10-20 cm. Para o significado das abreviações dos tratamentos, ver legenda da Figura 28.1.

virtude da inexistência de enquiteídeos na área de mata, onde foram encontrados os maiores valores de biomassa microbiana e C orgânico.

O eixo 2, vertical (Figura 28.3A), explicou 21% da variabilidade total e confirmou as relações inversas existentes entre a área de mata e os agroecossistemas, onde as minhocas foram menos abundantes. Parece existir uma relação indireta entre as minhocas e enquiteídeos, através de alterações produzidas pelas primeiras na estrutura do solo.

Na camada de 10-20 cm (Figura 28.B) os eixos 1 e 2 explicaram 55% da variabilidade total encontrada. O eixo 1 explicou 39% da variabilidade total, apresentando a área de mata em oposição aos agroecossistemas. Esta oposição assim como uma relação inversa entre minhocas e enquiteídeos, representada no eixo 1, pode ser compreendida através das conjecturas de Brown (1995) sobre uma possível influência indireta de algumas espécies de minhocas sobre a densidade de enquiteídeos, através de alterações na estrutura do solo e/ou a ciclagem de nutrientes.

Sabe-se que existe uma complementaridade entre a ação de diferentes espécies de invertebrados compactadores e descompactadores sobre a estrutura do solo e as populações edáficas (Barros et al., 2002). Portanto, a dominância de uma só espécie como a *P. corethrurus*, poderia gerar con-

dições de solo desfavoráveis ao cultivo e a vida de outros invertebrados (Barros et al., 2004), incluindo os enquiteídeos. Infelizmente, sabe-se ainda muito pouco sobre esse assunto, especialmente nos países tropicais, e mais pesquisas são necessárias para elucidar as causas e conseqüências desse fenômeno.

Ekschmitt & Griffiths (1998) salientam que as respostas da biodiversidade do solo às alterações e heterogeneidades ambientais devem ser avaliadas através de algumas teorias ecológicas clássicas do comportamento da biota do solo. Por exemplo, de acordo aos fundamentos da coexistência, embasada na dinâmica espaço-temporal, as espécies coexistem por explorarem diferentes nichos que ocorrem aleatoriamente, em virtude da heterogeneidade natural, variabilidade e extensão territorial. Portanto, guildas pobres em espécies desempenhariam papel menos eficientes na exploração dos recursos uma vez que restariam muitos nichos vagos e não explorados. Esses mesmos autores salientam que o Modelo Ideal de Distribuição ao Acaso (Ideal Free Distribution Model, IFD) prediz que o uso do hábitat é regulado através da abundância da comunidade. Os microhábitats favoráveis são preferencialmente colonizados e os menos favoráveis passam a ser explorados com o aumento da abundância total, independente do número de espécies envolvidas. O IFD prediz

ainda que os efeitos da perda ou desaparecimento (extinção) de espécies podem ser compensados pela mudança na abundância das espécies remanescentes; diante da disponibilidade de nichos, as espécies remanescentes ampliam o uso do hábitat e do nicho realizado.

Portanto, o conhecimento mais detalhado das reações de co-existência espaço-temporais e do partilhamento de nicho entre espécies (dentro e entre grupos/ordens/famílias) é fundamental para o estudo de espécies ou “assemblages” como bioindicadores, sendo indispensável para o entendimento das respostas das espécies de enquitreídeos e minhocas às práticas de cultivo adotadas, visando a possibilidade de potencializar o uso desses grupos como bioindicadoras da qualidade do solo.

Conclusões

As minhocas e enquitreídeos apresentam potencial como indicadores da qualidade do solo, visto que sua posição na cadeia trófica e funções no solo colocam estes oligoquetas em posição estratégica, de modo a refletir impactos sobre o meio físico que os afetem diretamente, e como reflexo do que ocorrerá nos demais membros da comunidade do solo. Contudo, para isso é necessário que alguns esforços de pesquisa sejam direcionados para:

- melhorar o entendimento das reações de co-ocorrência entre minhocas e enquitreídeos, bem como do efeito da perda de espécies dentro de diferentes níveis tróficos; até que ponto os mecanismos de compensação podem amenizar as perdas de espécies no solo? A substituição de indivíduos especialistas por generalistas ocorre sem nenhum ônus para os processos do solo?
- compreender como se estabelecem as “assemblages” de enquitreídeos e minhocas em função dos modelos bióticos de atividade de cada espécie: ou seja, uso do hábitat, escala de tolerância, capacidade de resposta e contribuição funcional.

Referências

ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. **Tropical soil biology and fertility** : a handbook of methods. 2.ed. Wallingford: CAB International, 1993.

BARROS, E.; PASHANASI, B.; CONSTANTINO, R.; LAVELLE, P. Effects of land-use systems on

the soil macrofauna in western Brazilian Amazonia. **Biology and Fertility of Soils**, v. 35, p. 338-347, 2002.

BARROS, E.; GRIMALDI, M.; SARRAZIN, M.; CHAUVEL, A.; MITJA, D.; DESJARDINS, T.; LAVELLE, P. Soil physical degradation and changes in macrofaunal communities in Central Amazonia. **Applied Soil Ecology**, v. 26, p. 157-168, 2004.

BROWN, G. G. How do earthworms affect microfloral and faunal community diversity? **Plant and Soil**, v. 170, p. 209-231, 1995.

DIDDEN, W.A. M. Ecology of terrestrial Enchytraeidae. **Pedobiologia**, v. 37, p. 2-29, 1993.

EKSCHMITT, K.; GRIFFITHS, B. S. Soil biodiversity and its implications for ecosystem functioning in a heterogeneous and variable environment. **Applied Soil Ecology**, v. 10, p. 201-205, 1998.

GÓRNY, M. Studies on the relationship between enchytraeids and earthworms. In: SZEGI, J. (Ed.). **Soil biology and conservation of the biosphere**. Budapest: Academiai Kiado, 1984. v. 2. p. 769-776

JOERGENSEN, R. G.; BROOKES, P. C. Ninhydrin-reactive nitrogen measurements of microbial biomass in 0,5 M K₂SO₄ soil extracts. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 22, p. 1023-1027, 1990.

JONES, C. G.; LAWTON, J. H.; SHACHAK, M. Organisms as ecosystem engineers. **Oikos**, v. 69, p. 373-386, 1994.

MARINISSEN, J. C. Y.; DIDDEN, W. A. M. Aggregate formation by the enchytraeidae worm *Buchholzia appendiculata* and the relationship with organic matter dynamics. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 29, p. 387-390, 1994.

POWLSON, D. S.; HIRSCH, P. R.; BROOKES, P. C. The role of soil microorganisms in soil organic matter conservation in the tropics. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 61, p. 41-51, 2001.

PAOLETTI, M. G. Using bioindicators based on biodiversity to assess landscape sustainability. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 74, p. 1-18, 1999.

UZÊDA, M. C.; BONI, N. R.; GARCIA, M. A. Dinâmica de decomposição de um material de alta relação C/N em ambiente de vegetação natural x área cultivada. CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27., 1999, Brasília, DF. **Resumos ...** Brasília, DF: SBCS, 1999. p. 1-4. 1 CD-ROM.

VAN VLIET, P. C. J.; BEARE, M. H.; COLEMAN, D. C. Population dynamics and functional roles of Enchytraeidae (Oligochaeta) in hardwood forest and agricultural ecosystems. **Plant and Soil**, v. 170, p. 199-207, 1995.

Searching for a standardization of quantitative terrestrial oligochaete sampling methods: The ISO methodology

Jörg Römbke

Abstract

Earthworms and other soil oligochaetes have been sampled in soil ecological studies for decades. The first procedure widely accepted involved hand-sorting of the soil, while other methods based on earthworm behaviour (mainly formol extraction) became more common during the last forty years. A short overview of these and other existing methods is given here. However, since various versions have been used, the results of different studies are often not comparable. Recently, the ISO (International Organisation for Standardisation) began standardisation of earthworm sampling as part of a series on sampling methods for soil organisms useful in soil monitoring. The main properties of this ISO method (ISO No. 23611-1) are presented in detail, referring to experiences both from temperate and tropical regions. Due to different soil properties as well as earthworm communities it is often not possible to use the same method in all parts of the world or for all purposes. Therefore, several modifications to the original method are provided for particular conditions. Finally, in an appendix a standardised method for the sampling of microdrile oligochaetes, in particular Enchytraeidae, is described.

Resumo

Historicamente, as minhocas e outros oligoquetas têm sido amplamente coletadas em estudos de ecologia do solo. O primeiro método amplamente aceito mundialmente envolvia a triagem manual do solo, enquanto outros métodos, baseados no comportamento da minhoca (principalmente extração com formol), se tornaram mais comuns nas últimas quatro décadas. Este capítulo apresenta uma breve revisão destes e outros métodos. Porém, como vários métodos têm sido usados por diferentes autores, os resultados de muitos estudos não são facilmente comparáveis. Portanto, recentemente, a ISO (Organização Internacional para a Padronização) começou a padronizar os métodos de coleta de minhocas, como parte de uma série de métodos úteis para monitoramento de organismos edáficos. As principais características desse método (ISO No. 23611-1) são aqui apresentadas em detalhe, fazendo referência a trabalhos realizados nas regiões temperada e tropical. Devido a diferentes propriedades do solo e comunidades de minhocas, frequentemente, é difícil (ou impossível) usar o mesmo método mundialmente e para todos os propósitos. Portanto, diversas modificações ao método padrão são apresentadas para algumas circunstâncias específicas. Finalmente, um método padrão para amostragem de oligoquetos microdrilos (particularmente os Enchytraeidae) também é descrito no anexo.

Introduction

For more than one hundred years, soil biologists have been sampling earthworms for different reasons. Passive (mainly hand-sorting) and active (mainly formol extraction) methods were invented a long time ago (Bretscher, 1896; Raw, 1959) and since they were never standardised, various versions are known. Consequently, the results of different studies are commonly difficult to compare. Because earthworms are increasingly used as ecotoxicological test organisms as well as in field monitoring programs for the classification



and assessment of soils (Römcke et al., 2007; see chapter 25), the ISO (International Organisation for Standardisation) recently began an initiative to formulate a guideline to sample earthworms (ISO, 2004a).

Due to legal reasons it is not possible to print the text of the official ISO guideline in full. Therefore, an introduction to the process of international method standardisation is provided, together with a review of existing sampling methods and a detailed description of the ISO proposal (including pictures). Finally, a sampling method for microdrile worms, in particular enchytraeids, is briefly presented in an annex (ISO, 2004b). In any case it is strongly recommended that the ISO draft guideline be consulted before beginning field sampling using this method.

Main international standardisation organisations

The best known guidelines have been published by OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) since 1984. However, since this organisation focuses its activities mainly on ecotoxicological test methods, it will not be considered here any further. For tropical regions, the most widely accepted compilation of (among others) biological field methods was published by a joint co-operation of UNESCO and the International Society for Soil Science. Known as the TSBF (= Tropical Soil Biology and Fertility) handbook, this compilation contains mainly pedological and agricultural methods (Anderson & Ingram, 1993). Although one of its methods will be discussed in this chapter, as a whole, it will not be further considered here.

The ISO (International Organisation for Standardisation) and its national sister organisations are, in theory, responsible for all areas of economic importance or for consumer protection. Its technical committee for soil issues (No. 190) covers pedological, chemical and biological methods. The ISO has standardised biological field sampling methods that can be used in ecotoxicological field tests (e.g. concerning the evaluation of the side-effects of pesticides; e.g. ISO, 1999) and in soil monitoring and bio-indication (i.e. biological site classification and assessment) (Spurgeon et al., 1996; Schouten et al., 1999; Ruf et al., 2003). The ISO guidelines have also been produced for the handling of micro-arthropods

(Collembola, Acari), enchytraeids, and nematods as well as the overall sampling design (ISO 2004a,b,c,d,e). Data obtained with standardised methods are necessary as they can be used in far-reaching and economically important decisions (e.g. concerning the remediation of a specific site).

Existing methods

The most suitable methods to sample earthworms have been reviewed and studied by many authors (e.g., Zicsi, 1958; Raw, 1960; Lee, 1985; Dunger & Fiedler, 1997; Edwards & Bohlen, 1997; Coleman et al., 1999). Most authors have proposed two main techniques: passive methods (mainly handsorting) and active methods (mainly chemical extraction). The main issues concerning these techniques are summarised below.

Approach No. 1: Passive methods

The oldest and most commonly employed passive method is still hand sorting (Bretscher, 1896). The soil of a set area is dug out with a spade. Either in the field or in a laboratory it is then manually sorted for worms. The soil depth differs according to site, soil type and season but usually should be about 20 cm. In efficiency checks 52 - 93% of the number and 84 - 99% of the biomass have been determined using this method (Raw, 1960). However, the method is not appropriate for smaller individuals (< 2 cm length or 200 mg biomass; Persson & Lohm, 1977). Furthermore, very large worms can also be overlooked. Anecic species living in deep burrows can only be caught with a very high (and often unrealistic) effort. In any case, it is time consuming and therefore expensive. However, it is more reliable in terms of biomass and only slightly less suitable for numerical abundance, when considering the fore-mentioned limitations and the need for experienced human labor.

In order to reduce the effort of hand-sorting, several washing and sieving methods have been proposed (e.g. Bouché & Beugnot, 1972). Despite the fact that high efficiency rates for earthworms, their cocoons and other macrofauna have been obtained, these methods are rarely used due to the need for additional equipment. In addition, flotation methods were developed in particular for small worms (e.g. Martin, 1976). However, due to

inconsistent results and the higher effort required (e.g., hand-sorting for medium-sized and large worms has to be performed first), they are rarely used.

Approach No. 2: Active (ethological) methods

Chemical expellents

Among the huge number of chemicals which potentially can irritate earthworms, only Potassium permanganate (1.5 g l⁻¹) and Formalin (ca. 0.1 - 0.5 %) have been widely used in soil biology (Raw, 1959; Springett, 1981). While the first substance often harms the worms so strongly that they are unable to reach the soil surface (Svendsen, 1955), the latter one has been called “the most satisfactory method of a rather poor choice of chemical repellents” (Lee, 1985). With chemicals like Formalin, only active individuals (depending on soil properties like pore structure and moisture) are extracted. Therefore, this method is more suitable for deep-burrowing anecics (e.g. *Lumbricus terrestris*) and large epigeic worms, or for the comparison of sites with similar properties (Bouché & Gardner, 1984). Formalin extraction can also be combined with hand-sorting (e.g. Heimbach, 1991).

Nevertheless, due to the toxicity of Formalin for humans, several alternatives have been proposed. Among them, mustard (60 g of mustard flour in 10 L of water applied like Formalin) has been the most successful (Gunn, 1992; Lawrence & Bowers 2002). However, due to a high variability in extraction efficiency and often lower numbers in comparison to Formalin (Table 1), this method has not been generally accepted and applied (Vetter, 1996). Recently, an improved version using the active ingredient (Allyl isothiocyanate) of mustard has been proposed (Zaborski, 2003). However, the experience with this chemical is still limited, so it cannot yet be recommended for routine use.

Electrical Extraction

For a long time it has been known that earthworms rise to the soil surface when electricity is applied to the soil (Satchell, 1955). However, the efficiency of this method depends strongly on soil moisture and other, so far not easily identifiable soil properties. Furthermore, only a part of the whole community is sampled with this method as indicated by the data shown in Table 1. Therefore, it is only suitable for site comparisons done at the same time and under similar soil/moisture conditions. In addition, unless proper precautions are taken, the collector may be injured by electrical shocks.

An improved electrical method developed by Thielemann (1986) has become relatively popular, especially in Germany (Photo 29.1). Using this apparatus, eight electrodes, arranged in a circle (Ø 52 cm), generate an electrical field, that drives the worms out of the soil. The method has the advantage that no toxic chemicals or water need to be used. On the other hand, the equipment is quite expensive and the efficiency is lower than with Formalin (in particular for anecic worms like *Lumbricus terrestris*) and mustard (Table 29.1; Vetter, 1996).

Other methods

Several other means of sampling earthworms have been proposed by various authors. For instance, the heat of a Kempson apparatus (e.g. Satchell, 1969) can extract earthworms from moss or needle litter samples. Bouché (1972) found that pit-fall traps were, even under optimal conditions – only semi-quantitative. However, only by assessing the content of pit-fall traps was the species *Alloloboporphidella eiseni* (formerly *Lumbricus eiseni*) properly assessed and found to be a common inhabitant of European forests (Römbke, 2000). Since this species lives primarily under bark and in decaying wood it is often

Table 29.1. Earthworm extraction efficiency, in percent of the total number found by a combination of behavioural methods (formalin, mustard and electro-shocking) and hand-sorting, at two sites in Switzerland (data from Vetter, 1996). The amount needed to complete 100% is the difference due to handsorting.

Site	Parameter	Sampling method (% efficiency)		
		Formalin	Mustard	Electro-shocking
Geiss	Biomass	87	67	57
	Abundance	76	51	54
Alberswil	Biomass	80	61	55
	Abundance	64	48	53



Photo 29.1. Oktet earthworm electrical sampling method developed by Thielemann (1986). The photo shows the eight electrodes, the battery and the control module box. (Photo J. Römbke)

overlooked by methods focussing on the soil. Finally, other methods like mechanical extraction, “grunting” (vibrating the soil with a wooden stick) or the use of baits may be useful under particular conditions, but are generally not important for the sampling of earthworms.

The ISO proposal No. 23611-1

The Standard approach

Considering the former discussion, it becomes clear that a standardized method should include a combination of techniques, based on hand-sorting and Formalin extraction. However, since this combination was developed (and is still most often used) in temperate regions, some modifications are necessary to cover specific situations (particularly in tropical sites). In addition, at sites without anecic worms only hand-sorting may be sufficient, while at sites where giant species are present, Formalin extraction alone becomes necessary.

The aim of the standard method can be summarised as follows: sampling of large soil-inhabiting worms (few cm to more than one m in length) belonging to the order Oligochaeta (class Clitellata, stem Annelida), including especially (but not only), species of the families Lumbricidae (Holarctic), Glossoscolecidae and Acanthodrilidae (Latin America), Eudrilidae (Africa) or Megascolecidae (Asia, North America).

The standard is not applicable for semi-terrestrial soils and its use is not recommended for areas with extreme climatic or geographical conditions (e.g., in high mountains). In any case the pedological properties of the sampling site (e.g. texture, pH, C/N ratio, organic matter content) should be determined. Sampling should also be done at a time of the year that is most suitable for earthworm activity. In temperate regions, this generally occurs in spring and autumn, when soil moisture and temperature conditions are adequate.

Hand-sorting is to be performed using a sampling hole of 50 * 50 cm (= 0.25 m²) with a depth of 10 – 20 cm. Both numbers depend on the soil properties and worm abundance at the sampling site, and thus can vary. In addition, the aim of the study might influence the selection of hole size and depth. For example, at sites with a very low earthworm density larger holes (e.g. 1 * 1 m) are appropriate, while the opposite is true for sites with high densities, where holes of 1/8 m² or even 1/16 m² are recommended (Rundgren, 1975; Zicsi, 1958). The soil is removed by means of a spade or shovel (Photo 29.2), spread-out on a piece of plastic (in the field or in a laboratory room; Photo 29.3) and carefully searched for the earthworms (by hand or with a forceps).

For the Formalin extraction, the same sampling plot as for the hand-sorting (= 0.25 m²) is used (Photo 29.4). The concentration of the Formalin used (0.5%) is obtained by diluting 25 ml of Formalin (37%) in 5 l water. The Formalin solution is then poured into the sampling hole and the process is repeated until 20 are added (the amount can be adapted depending on the soil properties). During the whole application process and up to 30 min after the last watering the hole is observed (Photo 29.5) and all worms appearing are collected (Photo 29.6). The worms should be collected by hand (using gloves) or with a forceps.

After collection, the worms are fixed immediately in 70% EtOH (e.g. in 250 or 500 ml plastic vessels) for at least half an hour but not longer than 24 hours. Afterwards the worms are kept in 4% Formalin for at least 4 days (but preferably



Photo 29.2. Digging of a hole (50 * 50 cm) for earthworm sampling. (Photo J. Römbke)



Photo 29.4. Sampling hole with a Formalin pouring sprinkler. (Photo J. Römbke)



Photo 29.5. Observation of a sampling hole at a meadow site in Germany. (Photo J. Römbke)



Photo 29.3. Hand-sorting for earthworms in a room. (Photo J. Römbke)



Photo 29.6. *Lumbricus terrestris* appearing at the bottom of the sampling hole. (Photo J. Römbke)

1 to 2 weeks). At the end of this period the worms can then be stored indefinitely in 70% EtOH. Alternatively, the immediate fixation of the worms can be performed using a mixture of 70% EtOH and 4% Formalin (ratio 98 to 2%), but the liquid must be replaced 24 h after sampling at the latest. If the worms (or part of their tissue) are to be used for molecular genetics, >90% ethanol or (preferably) pH-buffered Formalin is recommended (Koshiba et al., 1993). In any case appropriate precautions (i.e., gloves, special masks) must be taken when using Formalin (in particular, in closed rooms) in order to avoid danger from inhalation or skin exposure. According to the "Material Safety Data Sheet" for Formaldehyde 37% solution, the compound is a skin sensitizer and is considered to be carcinogen (IARC, 2004). It is legally notified in industrialized countries for scientific use.

Modification of ISO (23611-1): The TSBF-Method

Like the ISO standard, the "modified TSBF-Method" (Tropical Soil Biology and Fertility; Anderson

& Ingram, 1993) is based on a combination of hand-sorting and Formalin extraction. It is used for the sampling of the whole macrofauna and contains also details of the sampling design (e.g. three plots per site with monoliths taken along a transect). It is characterised by the following steps:

- Separate treatment of the litter layer;
- Hand-sorting of soil monoliths (25 * 25 * 30 cm) for macrofauna (body length > 2mm) at the most appropriate sampling date (e.g. in the tropics: the end of the rainy season);
- Division of the monolith into three layers (each of 10 cm depth)
- Inclusion of all worms (> 10 cm) found in a 20 cm trench around the soil monolith;
- Sprinkling of Formalin (0.2%) in the hole (10 minutes interval);
- Preservation of the worms directly in 4% Formaldehyde.

Modification of ISO (23611-1): Formalin extraction for giant worms

Based on the experiences obtained from an ecological study performed near Manaus (Amazonas, Brazil) it became clear that the usual procedures were not appropriate due to the occurrence of giant earthworms (Glossoscolecidae with a length of more than 100 cm) (Römcke et al., 1999). This modification is also useful at sites with low earthworm density:

- Marking of 2 * 2 m plots (size depends on local conditions);
- Litter layer is treated separately (i.e. it is removed and searched for worms before application of the Formalin solution);
- Application of the Formalin solution (0.5%); up to 80 L per 4 m² plot (Photo 29.7).



Photo 29.7. (A) Application of the Formalin solution. (B) Searching for the earthworms. (C) Giant earthworms (*Rhinodrilus priolii*) collected using this method. (Photos J. Römcke)

In all other respects the sampling process is the same (e.g. the fixation of worms).

Further information and outlook

This chapter (or the ISO guideline) is not an exhaustive review of earthworm population sampling methods. Nevertheless, many references (mainly addressing lumbricid or peregrine species) are listed in the bibliography to which the readers can refer for more information on the topic. Several keys for earthworm family and species identification are also available in Bouché (1972), Blakemore (2002), Csuzdi & Zicsi (2003), Graff (1953), Sims & Gerard (1985) and Støp-Bowitz (1969). A still useful introduction to earthworm determination was compiled by Ljungstrøm (1979). Further information can be found on the homepage of the IOMT (First International Oligochaete Taxonomy Meeting) at <http://www.ucm.es/info/tropico>. Before using the ISO method, however, it is recommended that the original ISO guideline be consulted. It is available from local standardisation organisations or directly from ISO (Geneva; www.ISO.org).

Recently, the use of formalin in the environment as an earthworm expellent has been questioned because of its potential side-effects on microbes, invertebrates and plants (e.g., Eichinger et al., 2007). Without doubt, these organisms can be affected by formalin when exposed to this chemical. However, when using formalin as proposed in the ISO method, such exposure is highly unlikely because of the following reasons: a) Formalin is applied into a hole dug into the soil (at least 10 cm deep); hence, there is no direct contact with plants or most soil invertebrates because they are mainly

living in the uppermost soil layers. b) Formalin is used at a low concentration (0.5%) and it is quickly degraded and mineralized in the soil (within a few days; WHO, 2002). Summarizing these facts it seems that formalin is not a perfect expellent but as long as there are no better alternatives it should be used - but with care.

Annex: Microdrile (especially Enchytraeid) sampling method

An ISO guideline (ISO, 2004b) is also available for the sampling of enchytraeids (and other microdrile worms like naidids). It consists of:

- Removal of soil using a soil-corer, usually in two separate depths (litter layer + soil (0 – 10/20 cm) (see Photo 29.8);
- Wet extraction using small sieves with the soil immersed in water and posterior identification of living individuals (Photo 29.9).

References

- ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. **Tropical soil biology and fertility (TSBF): a handbook of methods**. 2. ed. Wallingford: CABI, 1993. 193p.
- BLAKEMORE, R. **Cosmopolitan earthworms – an eco-taxonomic guide to the peregrine species of the world**. Kippax: VermEcology, 2002. 426 p.
- BOUCHÉ, M. **Lombriciens de France**. Ecologie et systématique. Paris: INRA, 1972. 671 p. (Publication 72-2).



Photo 29.8. Soil corer (A) used to collect microdriles (especially Enchytraeidae) and an example of a forest soil sample (B). (Photos J. Römbke)

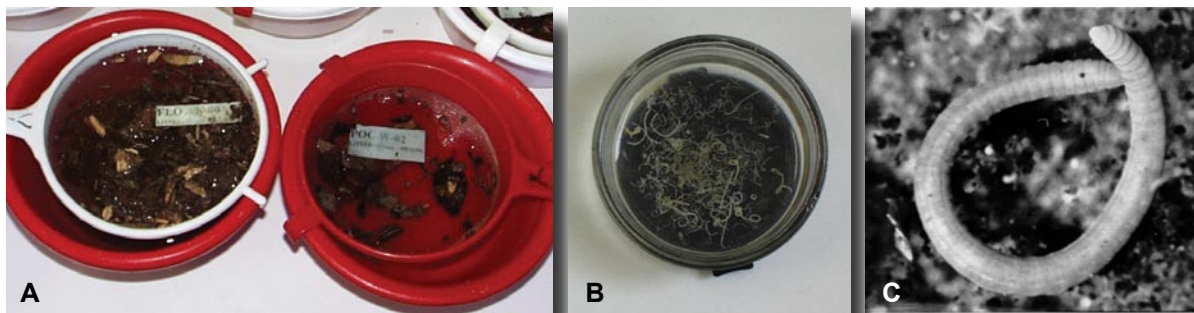


Photo 29.9. Wet extraction of microdriles. (A) Litter sample placed into a sieve inside a water-filled bowl; (B) Enchytraeids belonging to various species extracted from one soil sample; (C) Individual enchytraeid (*Mesenchytraeus* sp.; ca. 1 cm in length). (Photos J. Römbke)

BOUCHÉ, M.; BEUGNOT, M. Contribution a l'approche methodologique de l'étude des biocenosis. II. L'extraction des macroéléments du sol par lavage-tamissage. **Annales de Zoologie, Ecologie Animale**, v.4, p.537-544, 1972.

BOUCHÉ, M.; GARDNER, R. H. Earthworm functions. VIII. Population estimation techniques. **Revue d'Écologie et Biologie du Sol**, v. 21, p. 37-63, 1984.

BRETSCHER, K. Die Oligochaeten von Zürich. **Revue Suisse de Zoologie**, v. 3, p. 499-532, 1896.

COLEMAN, D. C.; BLAIR, J. M.; ELLIOTT, E. T.; WALL, D. H. Soil invertebrates. In: ROBERTSON, G. P.; COLEMAN, D. C.; BLEDSOE, C. S.; SOLLINS, P. (Ed.). **Standard soil methods for long-term ecological research**. New York: Oxford University Press, 1999. p. 349-377 (Long-term ecological research networks series, 2).

CSUZDI, C.; ZICSI, A. **Earthworms of Hungary**. Budapest: Hungarian Natural History Museum, 2003. 270 p. (Pedozoologica Hungarica, 1).

DUNGER, W.; FIEDLER, H. J. **Methoden der Bodenbiologie**. Stuttgart: Fischer Verlag, 1997. 539p.

EDWARDS, C. A.; BOHLEN, P. R. **Biology of earthworms**. London: Chapman & Hall, 1997. 276 p.

EICHINGER, E., BRUCKNER, A., STEMMER, M. Earthworm expulsion by formalin has severe and lasting side effects on soil biota and plants. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 67, p. 260-266, 2007.

GRAFF, O. **Die Regenwürmer Deutschlands**. Hannover: Schaper, 1953. 81 p. (Schriftenreihe Forschungsinstitut Landwirtschaft, 7).

GUNN, A. The use of mustard to estimate earthworm populations. **Pedobiologia**, v. 36, p. 65-67, 1992.

HEIMBACH, F. Beeinflussung der Regenwurm-

Fauna einer Graslandfläche durch Schneckenkorn Mesurol. **Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer**, v. 43, p. 140-150, 1991.

IARC (International Agency for Research on Cancer). Formaldehyde. **Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans**. No. 88, 2004. (<<http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol88/volume88.pdf>>).

ISO (International Organization for Standardization). **Soil quality - Effects of pollutants on earthworms**. Part 3: Guidance on the determination of effects in field situations. ISO 11268-3. Geneve. 1999.

ISO (International Organization for Standardization). **Soil quality - Sampling of soil invertebrates**. Part 1: Hand-sorting and Formalin extraction of earthworms. ISO 23611-3. Geneve. 2004a.

ISO (International Organization for Standardization). **Soil quality - Sampling of soil invertebrates**. Part 2: Sampling and soil-extraction of enchytraeids. ISO 23611-3. Geneve. 2004b.

ISO (International Organization for Standardization). **Soil quality - Sampling of soil invertebrates**. Part 2: Sampling and extraction of microarthropods (Collembola and Acarina). ISO 23611-2. Geneve. 2004c.

ISO (International Organization for Standardization). **Soil quality - Sampling of soil invertebrates**. Part 4: Sampling, extraction and identification of free-living stages of nematodes. ISO 23611-4. Geneva, Switzerland. 2004d.

ISO (International Organization for Standardization), Draft: **Soil quality - Sampling of soil invertebrates**. Part 5: Sampling and extraction of soil macro-invertebrates. ISO 23611-5. Geneva, Switzerland. 2004e.

KOSHIBA, M.; OGAWA, K.; HAMAZAKI, S.; SUGIYAMA, T.; OGAWA, O.; KITAJIMA, T. The effect of Formalin fixation on DNA and the extraction of high-molecular weight DNA from fixed and embed-

- ded tissues. **Pathology Research and Practice**, v. 189, p. 66-72, 1993.
- LAWRENCE, A. P.; BOWERS, M. A. A test of the "hot" mustard extraction method of sampling earthworms. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 34, p. 549-552, 2002.
- LEE, K. E. **Earthworms**: their ecology and relationships with soils and land use. Sydney: Academic Press, 1985. 411 p.
- LJUNGSTROM, P.-O. Introduction to the study of earthworm taxonomy. **Pedobiologia**, v. 10, p. 265-285, 1979.
- MARTIN, N. A. Effect of four insecticides on the pasture ecosystem. V. Earthworms (Oligochaeta: Lumbricidae) and Arthropoda extracted by wet sieving and salt flotation. **New Zealand Journal Agriculture Research**, v. 19, p. 110-115, 1976.
- PERSSON, T.; LOHM, U. Energetical significance of the annelids and arthropods in a Swedish grassland soil. **Ecological Bulletins**, v. 23, p. 1-211, 1977.
- RAW, F. Estimating earthworm populations by using Formalin. **Nature**, v. 184, p. 1661-1662, 1959.
- RAW, F. Earthworm population studies: A comparison of sampling methods. **Nature**, v. 187, p. 257, 1960.
- RÖMBKE, J. Lumbricidae (Regenwürmer). In: FLECHTNER, W.; DOROW, W.; KOPELKE, J.-P. (Ed.). Naturwaldreservate in Hessen. Niddahänge östlich Rudingshain. Zoologische Untersuchungen 1990-1992. No. 5/2.1. **Mitteilungen der Hessischen Landesforstverwaltung**, v. 32, p. 57-83, 2000.
- RÖMBKE, J.; MELLER, M.; GARCIA, M. Earthworm densities in central Amazonian primary and secondary forests and a polyculture forestry plantation. **Pedobiologia**, v. 43, p. 518-522, 1999.
- RÖMBKE, J.; JÄNSCH, S.; GARCIA, M. Earthworms as bioindicators (in particular for the influence of land use). In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. (Ed.). **Minhocas na América Latina**: biodiversidade e ecologia. Londrina: Embrapa Soja, 2007. Chapter 25.
- RUF, A.; BECK, L.; DREHER, P.; HUND-RINKE, K.; RÖMBKE, J.; SPELDA, J. A biological classification concept for the assessment of soil quality: biological soil classification scheme" (BBSK). **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 98, p. 263-271, 2003.
- RUNDGREN, S. Vertical distribution of lumbricids in southern Sweden. **Oikos**, v. 26, p. 299-306, 1975.
- SATCHELL, J. E. Methods of sampling earthworm populations. **Pedobiologia**, v. 9, p. 20-25, 1969.
- SATCHELL, J. E. An electrical method of sampling earthworm populations. In: KEVAN, D. McK. (Ed.). **Soil Zoology**. Butterworth's: London, 1955. p. 356-363.
- SCHOUTEN, A. J.; BREURE, A. M.; BLOEM, J.; DIDDEN, W.; DE RUITER, P. C.; SIEPEL, H. **Life support functies van de bodem**: operationalisering Typering van Bodemecosystemen (t.b.v.) het biodiversiteitsbeleid. 1999. 55 p. Bilthoven: Rijksinstituut voor Volkesgezondheid en Milieuhygiene (RIVM) Report 607601003.
- SIMS, R. W.; GERARD, B. M. **Earthworms**. Keys and notes for the identification and study of the species. London: E.J. Brill/Dr. W. Backhuys, 1985. 171 p. (New Series, Synopses of the British fauna No. 31)
- SPRINGETT, J. A new method for extracting earthworms from soil cores, with a comparison of four commonly used methods for estimating earthworm populations. **Pedobiologia**, v. 21, p. 217-222, 1981.
- SPURGEON, D. J.; SANDIFER, R. D.; HOPKIN, S. P. The use of macro-invertebrates for population and community monitoring of metal contamination – indicator taxa, effect parameters and the need for a soil invertebrate prediction and classification scheme (SIVPACS). In: VAN STRAALLEN, N. M.; KRIVOLUTSKY, D. A. (Ed.). **Bioindicator systems for soil pollution**. Dordrecht: Kluwer Academic Publ., 1996. p. 95-109.
- STÖP-BOWITZ, C. A contribution to our knowledge of the systematics and zoogeography of Norwegian earthworms. **Nytt Magazin Zoologie**, v. 17, p. 169-280, 1969.
- SVENDSEN, J. A. Earthworm population studies: A comparison of sampling methods. **Nature**, v. 175, p. 864, 1955.
- THIELEMANN, U. Elektrischer Regenwurmfang mit der Oktett-Methode. **Pedobiologia**, v. 29, p. 296-302, 1986.
- VETTER, F. **Methoden zur Regenwurm-Extraktion**: Vergleich der Formalin-, Senf- und Elektromethode. Bern: Bundesamt für Umwelt, Wald and Landschaft (BUWAL), 1996. 45 p. (Umweltmaterialien No. 62).
- WHO (World Health Organization). **Formaldehyde**. Concise International Assessment 9. Document 40. Geneva: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft. 2002.
- ZABORSKI, E. R. Allyl isothiocyanate: an alternative chemical expellent for sampling earthworms. **Applied Soil Ecology**, v. 22, p. 87-95, 2003.
- ZICSI, A. Determination of number and size of sampling unit for estimating lumbricid populations of arable soils. In: MURPHY, P.W. (Ed.). **Progress in soil zoology**. London: Butterworth, 1958 p. 68-71.

Minhocultura e importância das minhocas na agricultura



Earthworms stimulate plant production

George G. Brown; Bikram K. Senapati; Beto Pashanasi; Cécile Villenave;
José C. Patrón; Patrick Lavelle; Isabelle Barois; Robert J. Blakemore

Abstract

Earthworm effects on plant growth have been studied for over 100 years but, until the 1980's, most of the work had been performed in the temperate region, using only a few species of Lumbricid earthworms. The present paper reviews the results of several experiments undertaken during the 1980's and 90's, on the effects of earthworms on plant production in the tropics, both at the greenhouse and field scale. These experiments were undertaken in eight countries, involved 19 plant species, 23 soil types, and 34 earthworm species. Additional data from the literature was also analyzed and the overall average shoot and grain biomass increase obtained due to earthworms was around 57 and 36%, respectively. Highest increases were observed in soils with sandy textures, poor in organic matter, and with a moderately acid pH. Earthworms enhanced plant growth in 75% of all cases, and in 43% of the cases, the increase was over 20%. The earthworm species with greatest potential for influencing plant growth was *Pontoscolex corethrurus*. Several other species were important in particular situations, and are probably useful under wider conditions of crop and soil management. Benefits of earthworm introduction were most evident with perennial plants (tropical trees, tea) and grasses. Grain crops (sorghum, rice and maize) were enhanced in several situations while leguminous crops were less enhanced by earthworm activities. Numerous mechanisms are involved in plant growth stimulation, ranging from large scale effects on soil physical properties (aggregation and water infiltration), to the microsite level where earthworms enhance microbial activity, nutrient availability and rhizosphere processes. Simplistically, mechanisms can be divided into direct and indirect, and may be physical, chemical or biological in nature. Direct positive or negative effects are probably rare, and are usually less important than indirect ones. Positive indirect effects mostly relate to changes in nutrient, biological or physical conditions limiting root (plant) growth, while negative indirect effects are often related to dysfunctions in the soil created or induced by earthworm activity.

When earthworms are to be introduced, a suite of adapted species, at realistic and sustainable numbers and biomass must be added to ensure a stable population that will induce favorable soil properties and enhanced plant production. Once earthworms are established, cropping systems involving crop rotations with long-cycle crops or perennials with sufficient organic matter additions will help secure long-lasting benefits from earthworm activities.

Resumo

Os efeitos das minhocas sobre as plantas têm sido estudados por mais de 100 anos, porém até os anos 80, a maior parte dos trabalhos havia sido realizada em regiões de clima temperado, usando espécies de minhocas da família Lumbricidae. O presente capítulo apresenta os resultados de diversos experimentos realizados durante os anos 80 e 90, sobre os efeitos de minhocas na produtividade vegetal na região tropical, em ensaios de campo e em casa-de-vegetação. Os experimentos foram realizados em oito países e envolveram 19 espécies vegetais, 23 tipos de solo e 34 espécies de minhocas. Dados adicionais da bibliografia foram analisados e as médias de aumento na produtividade vegetal devido às minhocas foram de 57% para a biomassa total e de 36% para o rendimento de grãos. Os maiores aumentos foram observados em solos com textura arenosa, pobres em matéria



orgânica, e com pH moderadamente ácido. As minhocas aumentaram a biomassa vegetal em 75% dos casos, e em 43% destes, o aumento superou 20%. A espécie com maior potencial para afetar o crescimento vegetal foi a minhoca *Pontoscolex corethrurus*. Várias outras espécies também foram importantes em situações específicas e poderiam ser úteis em condições mais amplas de manejo do solo e da cultura. Os benefícios da atividade das minhocas foram maiores com plantas perenes (árvores, chá) e gramíneas. A produção de grãos (sorgo, arroz, milho) aumentou significativamente em alguns casos, mas, de forma geral, as leguminosas foram menos afetadas pela atividade das minhocas.

Vários mecanismos estão envolvidos na estimulação do crescimento vegetal, variando desde efeitos visíveis sobre propriedades físicas do solo (agregação e infiltração da água), até mudanças em escala microscópica, onde as minhocas podem aumentar a atividade microbiana, a disponibilidade de nutrientes e processos rizosféricos. Os mecanismos podem ser diretos ou indiretos e de natureza física, química ou biológica. Os efeitos diretos positivos ou negativos são mais raros, e menos importantes que os efeitos indiretos. Efeitos indiretos positivos são geralmente relacionados a melhoras nas propriedades biológicas, químicas ou físicas limitantes ao crescimento das raízes, enquanto os efeitos negativos indiretos estão geralmente associados a disfunções no solo geradas ou induzidas pela atividade das minhocas.

Quando as minhocas forem inoculadas, o procedimento deve envolver várias espécies, em número e biomassa realista e sustentável, que permita manter a população estável e induzir efeitos favoráveis às propriedades do solo e ao crescimento das plantas. Uma vez que as populações estiverem estabelecidas, sistemas de manejo do solo incluindo rotações de cultura, pouca ou nenhuma perturbação do solo, e cultivo de plantas de ciclo longo ou perene devem ser priorizadas, e matéria orgânica do solo deve ser suprida (se não estiver em quantidade suficiente no solo), para garantir efeitos duradouros e positivos da atividade das minhocas nesses solos.

Introduction

For centuries earthworms have been associated with fertile, productive soils and they

are often used as indicators of soil health (Paoletti, 1999). Charles Darwin's last book "The Formation of Vegetable Mould through the Action of Worms with Observations on their Habits" (Darwin, 1881) was on earthworms, and sold just as well as his classic "On the origin of species" (Feller et al., 2003). His book was a turning point in the way scientists and farmers regarded earthworms, and changed their status from pests and a general nuisance to beneficial animals and farmer's friends (Brown et al., 2003a). Up to date, more than 100 publications support the fact that earthworms generally have positive impacts on productivity and to a lesser extent have no measurable effects, or decrease yields (Scheu, 2003; Brown et al., 2004a).

However, up until recently (late 1980's), most of the research on this topic had been done only in the temperate region (Scheu, 2003). Little was known of the effects of tropical earthworms on plant productivity under the highly variable (climate, soils, vegetation, fauna, altitude) and often restrictive (low-input agroecosystems, infertile soils) tropical conditions. Furthermore, in the few experiments that had been performed, only a handful of earthworm species had been used, when it was well known that thousands of other species inhabited tropical soils (Fragoso et al., 1997; Brown et al., 1999).

Earthworms are a major component of the soil biota in the wetter regions of the tropics (with rainfall >800mm) (Lavelle & Spain, 2001). In some pastures, earthworm biomass may exceed 500 kg ha⁻¹, often surpassing the weight of the above-ground grazing animals (Brown et al., 2004b). In annual cropping systems however, earthworms only do well when tillage is absent or infrequent, since soil disturbance has both direct (implement damage) and indirect (changes in soil cover, temperature, structure, water-holding capacity, and organic matter contents) negative effects on their populations (Brown et al., 2003b). In many traditional agroecosystems employed by medium- to low-income farmers throughout the tropics, especially those adopting cover-crops and good organic matter management practices, earthworms may be an important resource, useful for enhancing soil fertility and performing various ecosystem services that can help maintain or increase plant productivity (Lavelle et al., 1998, 2006).

The role of earthworms in low-input agroecosystems was investigated extensively in the EU-funded project "Conservation of soil fertility in low input agricultural systems of the humid tropics by manipulating earthworm communities" which

involved over 50 persons from 9 different countries (Lavelle et al., 1998). In the project, 16 experiments were performed in six tropical countries, using 14 plant species, in various soil types, and at least 13 species of earthworms, both in the greenhouse and in the field. The main purpose of these experiments was to identify the soil properties and processes affected by earthworm activities and their impact on plant production (Brown et al., 1999). The result of these efforts was published as a book (Lavelle et al., 1999).

The combination of these experiments with 12 others taken from the literature showed generally (>70% of the time) positive effects of earthworms on plant shoot production (Figure 30.1) and on grain yields. Only rarely did earthworms decrease yields significantly. A mean of 57% increase was found for shoot biomass and 36% increase in grain yields. Root production, contrary to the above-ground parts, was generally less affected by earthworm activity, possibly due to the difficulty in studying this phenomenon or because plants growing in more healthy soils (presumably the case in earthworm-worked soils), tend to invest more energy in above-ground parts, producing less roots per unit shoot biomass.

The factors shown to affect the plant response due to earthworms were (taken from Brown et al., 1999):

- The part of the plant harvested. More important effects (positive) were seen with shoots than grains, with smallest effects seen on roots;
- The species of plant used. Highest stimulation was seen with shoot growth of perennial plants (trees and bushes) and yields of grass grain crops, rather than grain legumes;
- The species of earthworms used. The widespread species *Pontoscolex corethrurus* (Photo 30.1) exhibited the greatest yield stimulation, while *Dichogaster* spp., the Indian species *Drawida willsii* and West African species *Millsonia anomala* and various small Eudrilidae, all displayed high potential for introduction and/or management;
- The earthworm biomass applied or present in the soil. Higher yields were obtained with greater earthworm biomass. Moderate yield increases of 20-40% occurred at a biomass value above 17 g m⁻² and important grain production increases (over 40%) were found with biomass above 32 g m⁻²;
- The survival of introduced earthworms. In both pot and field trials earthworm survival was often very low, particularly when the species was not properly adapted to the soil used, or when few or no residues were applied (survival was greater when residues were present);
- The presence of residues on the soil surface. Earthworm enhanced plant growth more when residues were present (positive synergism);

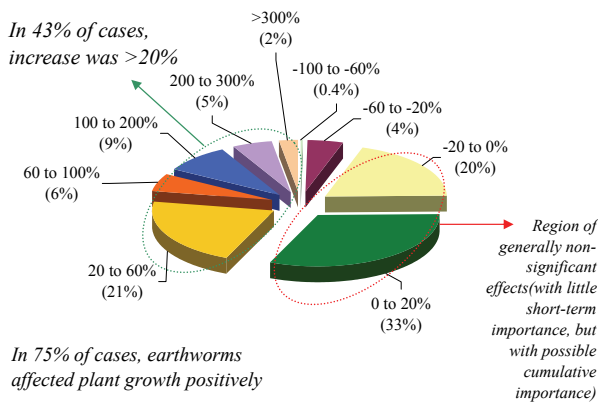


Figure 30.1. Effects of tropical earthworm species on plant shoot production. Each slice of the pie indicates a range of shoot biomass increase due to earthworms (e.g., 0 to 20% in green), and the percent of cases where that range of increase was observed (values in parentheses). The chart was built using 246 data points (cases) taken from a total of 28 experiments involving at least 34 earthworm and 19 plant species tested in 23 soils types belonging to eight great groups (from Brown et al., 2004a).

Photo 30.1. Only a few widespread tropical earthworm species such as *Pontoscolex corethrurus* (above: medium-sized, gen. 8-10cm adults) have been studied in more detail regarding their effects on soil properties and plant production. More than 3000 identified earthworm species found throughout the tropics, and many more still unidentified species remain almost completely unstudied, and their functions in natural ecosystems and potential use in agroecosystems are unknown. (Photo C. Fragoso)

- The time scale of the measurements (i.e., the duration of the experiment). Generally, the longer the earthworms were active over time (longer experiments), greater and/or cumulative positive effects were seen (although in some cases, cumulative effects were negative);
- The spatial scale of the experiment (i.e., pot vs. field experiments). Generally higher yield effects were seen at the pot vs. the field scale, for a given plant and earthworm combination;
- The natural richness of the soil used in the experiment. Higher production benefits were seen in poorer soils (low %C content, coarser textures) than in richer soils (higher %C, clayey texture).
- Soil pH. Higher production benefits were found in moderately acid soils ($5.6 < \text{pH} < 7.0$) than in strongly acid soils ($\text{pH} < 5.6$) or alkaline soils ($\text{pH} > 7.0$).

These factors may help explain, to a certain extent, why earthworms affect or not plant production in a given situation. They also present a general list of conditions that can be used by land use planners and managers to help predict earthworm effects and/or maximize their benefits. However, since many combinations can be made with these factors (plant and earthworm species and biomass, soil type etc.) and plant response can range from positive to negative when they are varied, site-specific management practices (according to the local soil, climate, vegetation and earthworm species conditions) will be essential in determining possible earthworm effects and the feasibility of enhancing their benefits for plant production.

The use of cover crops such as *Mucuna pruriens* and the application of organic fertilizers (especially farmyard manure and compost) are essential for enhancing earthworm populations. A special technique called the “*fertilisation bio-organique*” (FBO) has been applied successfully to hundreds of hectares in perennial crop systems (especially tea plantations) in India, Sri Lanka and China*. In this system, locally-available earthworm species, cultured in a mixture of primer (organic manure) and locally-available plant residues, are applied to small fertilization units (soil pits of about 0.5m^2) to enhance soil fertility, root growth and above-ground plant production (Photo 30.2). The technique uses the same basic concepts as

vermiculture, but the organic materials, compost and earthworms are placed directly in the field soil because these earthworms belong to the ecological category of endogeics that live in the soil. Local earthworm species (not the traditional epigeic vermicomposting species *Eisenia fetida*, *E. andrei* or *Eudrilus eugeniae*) are used. With FBO, tea yields in Tamil Nadu have increased up to more than 200% in the first year of application (Figure 30.2), resulting in much greater net profits. Longer-term research in some sites in India have shown that the increases can be maintained as long as the trenches are re-filled every few years with the earthworm+organic matter mixture (Senapati et al., 2002).

Proper choice of the quality, quantity and placement of organic materials to be used for earthworm culture and organic fertilization in the field are critical for the process to work adequately. These should be tailored to locally-available



Photo 30.2. Few experiments have been performed to test earthworm effects on plant production in the field as they require more labor and are generally more complex. This picture shows the installation of an experiment in a recently renovated tea plantation in Tamil Nadu, India, involving the digging of trenches to be inoculated or not with earthworms and/or selected organic materials. (Photo A. Chauvel)

* More information on the FBO can be found on the FAO's Soil Biodiversity Portal's web site, under the section “case studies” at: <http://www.fao.org/landandwater/agll/soilbioc/caselist.htm>.

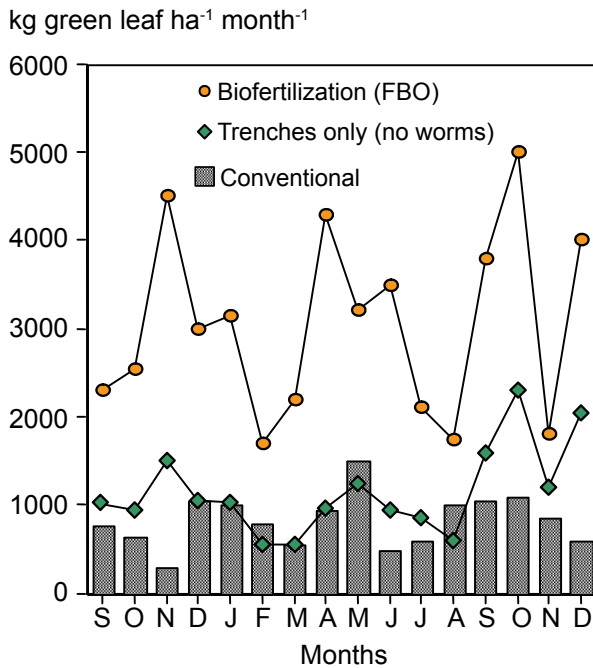


Figure 30.2. Effect of applying organic materials with or without earthworms into trenches, on green tea leaf production over a 16 month period at Lower Sheikalmudi Estate, Tamil Nadu (modified from Lavelle et al., 1998).

earthworm and organic resources. Although these practices demand a large investment in human labor, the cost-benefit ratios are promising when labor is inexpensive (Lavelle et al., 1998) and may be enhanced if some steps can be mechanized in countries where human labor is more expensive.

In Southern Brazil, the widespread adoption of no-tillage by farmers has greatly improved soil conditions, reducing erosion, restoring soil organic matter in the surface soil, and increasing yields, when practiced over the long term. Under these conditions, earthworm populations greatly increase (Brown et al., 2003b) and, in the cooler regions of the country, the exotic species *Amyntas corticis* and *A. gracilis* may invade the crop fields from nearby areas. Following this invasion, the soil structure undergoes radical changes, increasing soil aggregation and infiltration due to earthworm burrowing and casting (Peixoto & Marochi, 1996). After 7.5 years of no-tillage, earthworm populations may surpass 150 individuals m⁻² and their activities can increase soybean and wheat grain production by almost 50% and oat cover crop biomass by about 30% (see Figure 21.7; Sautter et al., 2007, chapter 21). To enhance these benefits, farmers have developed a way to promote earthworm colonization, by spreading, at various places in their fields (particularly on the bunds used for soil conservation

purposes) composted organic materials containing large numbers of *Amyntas* spp.

In Peru, two other promising techniques were found:

- 1) Adding a few individuals of *P. corethrurus* in nursery bags planted with tropical tree seedlings. This practice greatly enhanced seedling growth; for instance, “urucum” (*Bixa orellana*, used as a colorant) grew 16 times better, and “arazá” (*Eugenia stipitata*) biomass increased 150% (Photo 30.3) in the presence of earthworms;
- 2) Mixing of composted sawdust from tropical forest logging companies mixed with soil (1:3 ratio) in garden beds inoculated with *P. corethrurus* (Photo 30.4). This process reduces soil Al toxicity and increases Ca, Mg, and K availability, simultaneously increasing tomato production (Senapati et al., 1999). The use of sawdust, a typically abundant, often discarded and relatively cheap resource, shows promising results for larger scale application, particularly when small amounts of fertilizers (particularly N) are also added to the beds, to cover the nutrients deficiencies in the soil+compost mixture.

Other useful techniques and earthworm species will certainly be found with more research, particularly given the large variety of cultivated crops

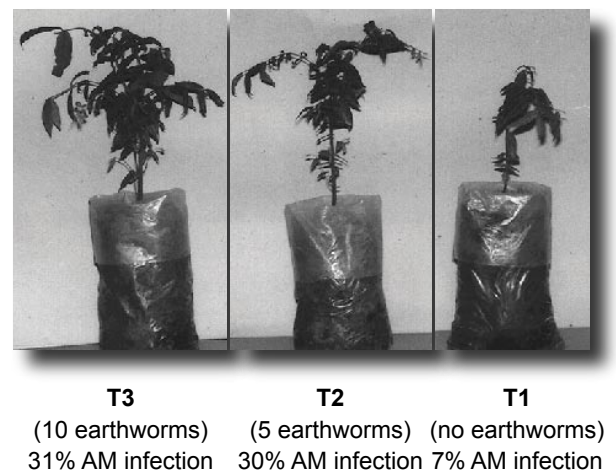


Photo 30.3. Earthworm effects on plant production have been mostly investigated in pot experiments (greenhouse), since the environmental conditions can be better controlled and many different types of treatments can be studied. In the photo above, “arazá” (*Eugenia stipitata*) plants were grown in the absence of worms and with 5 or 10 individuals of *P. corethrurus* per nursery bag. Notice how earthworm presence increased both plant growth and root infection by AM mycorrhizae. (Photo P. Lavelle)



Photo 30.4. Small horticultural garden beds used to grown tomatoes in Yurimaguas, Peru. The beds are made with locally available materials (logs, mixture of composted sawdust and soil in a 1:3 ratio), inoculated with *P. corethrurus* and fertilized with small amounts of N. (Photo P. Lavelle)

these results should be investigated to test and validate predictions based on a variety of these combinations.

Although the exact and detailed ways by which earthworms affect plant production under field conditions continues to boggle many scientists, it is likely that research in this topic in the coming years will help bring to light many exciting results and possibilities for practical management of earthworm populations in the field for maximum plant benefits. Seven main mechanisms of plant growth alteration (as induced by earthworm activities) have been identified (Table 30.1), and they may operate individually or in combination (simultaneously), depending on the given situation. Mechanisms appear to involve earthworm-induced alterations in plant-soil interactions at levels ranging from molecular (microscopic) up to macroscopic levels. Generally speaking, these alterations include changes in the root environment and root growth, such as the alteration of soil structure, nutrient availability and uptake by plants, changes in populations and activity of beneficial or pathogenic (plant-growth-regulating) microorganisms in the rhizosphere (e.g., AM fungal-root colonization and plant parasitic nematode populations), and modification of the germination of seeds and their distribution in soils (Brown et al., 2004a).

worldwide and the diversity of earthworm species living in the tropical agroecosystems (particularly low-input systems), many of which have not been studied, or are still undescribed (Fragoso et al., 1997). A very large number of combinations of crops, soils, climate types and earthworm species are possible, and it will be impossible to study all of these individually. However, as shown above, general patterns of response are already available for soil properties, crop and earthworm functional types (Brown et al., 1999), and up-scaling of

Despite the challenges involved, the potential benefits of earthworms in agroecosystems can

Table 30.1. The seven main mechanisms by which earthworms affect plant (mostly root) growth either directly or indirectly through physical, chemical and/or biological changes to the soil environment (modified from Brown et al., 2004a).

Mechanism mode	Mechanism Category (Type)		
	Biological	Physical	Chemical
Indirect (changes in the soil & rooting environment, or in populations and activity of organisms that affect root growth and plant production)	1. Dispersal and/or changes in populations and activity of beneficial microorganisms 2. Effects on populations of plant pests, parasites and pathogens (positive or negative) 3. Production of plant growth promoting/regulating substances	6. Changes in soil structure	7. Changes in nutrient spatial and temporal availability
Direct influence on root growth or plant production	(microbially-induced and/or excreted by earthworms) 4. Root abrasion and ingestion of living plant parts 5. Effects on seeds (germination rates, distribution)		

already be put into practice today, using both direct and indirect earthworm manipulation techniques. In more typical conditions of large- and small-holder farmers, indirect manipulations continue to be the more advantageous way to profit from earthworm activities. These involve the adoption of management practices that favor a stable and adequate earthworm biomass, such as: liming of highly acid soils, mulching, organic matter conservation, use of cover crops and crop rotation, minimum- and no-tillage, restricted use of pesticides, incorporation of legumes into pastures and other low soil disturbance and organic matter-based practices (Figure 30.3). Practices that decrease crop diversity, reduce organic matter, disturb the soil (tillage), contaminate or erode it, or leave it unprotected should be avoided, as these will reduce earthworm populations.

Direct earthworm manipulation techniques, such as introduction of earthworms into the field, continues to be expensive and labor-intensive and applicable only in specific situations, where the economic benefits are high or where socio-economic conditions permit the use of these techniques (Lavelle et al., 2001). If earthworms are to be introduced, care must be taken to

ensure economic viability of the practice, and several adapted species (of various ecological strategies) should be introduced in sufficient (but not excessive) numbers (and biomass) for them to persist in the new (soil) environments. Only in this manner will populations be sustained, improving soil properties and plant production. Furthermore, it may be preferable in some cases to use or test locally adapted or endemic species that have, by their presence, demonstrated ability to survive under local climate and soil conditions (Brown et al., 1999). The transport of earthworms between different countries, or even between different regions in the same country should be avoided to prevent possible dispersal or transmission of crop and animal diseases or pests, and potential negative interactions (competition, displacement or disappearance) with any native earthworm species (Hendrix & Bohlen, 2002).

In sum, earthworms must be seen not merely as a passive inhabitant of the soil, but rather as a resource that can be manipulated, and whose activities can be harvested for agricultural purposes (Lavelle et al., 1998). Besides the well known potential of some epigeic species as able composters of organic resources from the home,

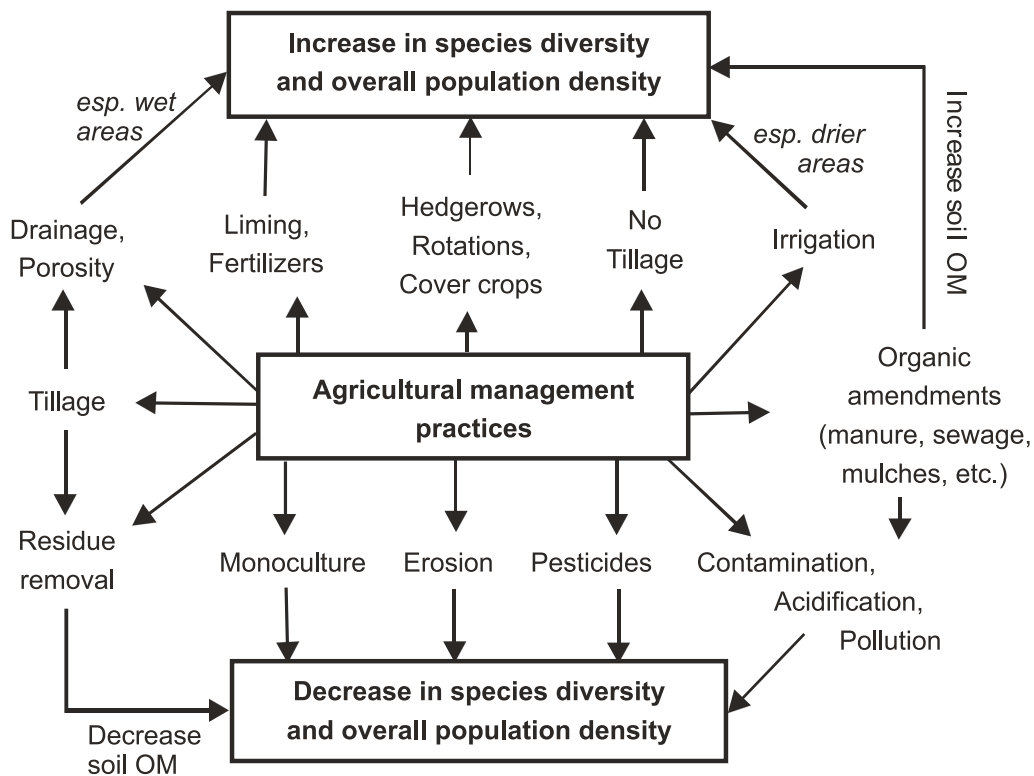


Figure 30.3. Agricultural management practices can affect earthworm populations and diversity both positively and negatively, depending primarily on their effects on the soil and its suitability as a habitat for earthworms (Brown et al., 2007; modified from Hendrix & Edwards, 2004).

farm, city or industry, endogeic earthworms and their activities can be stimulated in agricultural fields and home-gardens by using soil conservation techniques and organic residues, mulches and other cropping practices. In this manner, farmers will be profiting from the gratuitous activities of these natural soil tillers and plant growth stimulators.

Acknowledgements

The authors acknowledge support of the EU for much of the research presented in this paper. G. Brown thanks the CNPq (Brazil) for fellowship support.

References

- BROWN, G. G.; PASHANASI, B.; VILLENAVE, C.; PATRÓN, J. C.; SENAPATI, B. K.; GIRI, S.; BAROIS, I.; LAVELLE, P.; BLANCHART, E.; BLAKEMORE, R. J.; SPAIN, A. V.; BOYER, J. Effects of earthworms on plant production in the tropics. In: LAVELLE, P.; BRUSSAARD, L.; HENDRIX, P. F. (Ed.). **Earthworm management in tropical agroecosystems**. Wallingford: CAB International, 1999. p. 87-147.
- BROWN, G. G.; FELLER, C.; BLANCHART, E.; DEPORTE, P.; CHERNYANSKII, S. S. With Darwin, earthworms, turn intelligent and become human friends. **Pedobiologia**, v. 47, p. 924-933, 2003a.
- BROWN, G. G.; BENITO, N. P.; PASINI, A.; SAUTTER, K. D.; GUIMARÃES, M. F.; TORRES, E. No-tillage greatly increases earthworm populations in Paraná State, Brazil. **Pedobiologia**, v. 47, p. 764-771, 2003b.
- BROWN, G. G.; EDWARDS, C. A.; BRUSSAARD, L. How earthworms affect plant growth: burrowing into the mechanisms. In: EDWARDS, C. A. (Ed.). **Earthworm ecology**. Boca Raton: CRC Press, 2004a. p. 13-49
- BROWN, G. G.; MORENO, A. G.; BAROIS, I.; FRAGOSO, C.; ROJAS, P.; HERNÁNDEZ, B.; PATRÓN, J. C. Soil macrofauna in SE Mexican pastures and the effect of conversion from native to introduced pastures. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 103, p. 313-327, 2004b.
- BROWN, G. G.; SWIFT, M. J.; BENNACK, D. E.; BUNNING, S.; MONTÁÑEZ, A.; BRUSSAARD, L. Management of soil biodiversity in agricultural ecosystems. In: JARVIS, D. I.; PADOCH, C.; COOPER, H. D. (Ed.). **Managing biodiversity in agricultural ecosystems**. New York: Columbia University Press, 2007. p. 224-268.
- DARWIN, C. **The formation of vegetable mould through the action of worms with some observations on their habits**. London: John Murray, 1881.
- FELLER, C.; BROWN, G. G.; BLANCHART, E.; DELEPORTE, P.; CHERNYANSKII, S. S. Charles Darwin, earthworms and the natural sciences: various lessons from past to future. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 99, n. 1/3, p. 29-49, 2003.
- FRAGOSO, C.; BROWN, G. G.; PATRÓN, J. C.; BLANCHART, E.; LAVELLE, P.; PASHANASI B.; SENAPATI, B. K.; KUMAR, T. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics: the role of earthworms. **Applied Soil Ecology**, v. 6, p. 17-35, 1997.
- HENDRIX, P. F.; BOHLEN, P. J. Exotic earthworm invasions in North America: ecological and policy implications. **BioScience**, v. 52, p. 801-811, 2002.
- HENDRIX, P. F.; EDWARDS, C. A. Earthworms in agroecosystems: research approaches. In: EDWARDS, C. A. (Ed.). **Earthworm ecology**. Boca Raton: CRC Press, 2004. p. 287-295.
- LAVELLE, P.; SPAIN, A. V. **Soil ecology**. Dordrecht: Kluwer, 2001. 653p.
- LAVELLE, P.; BRUSSAARD, L.; HENDRIX, P. F. (Ed.). **Earthworm management in tropical agroecosystems**. CAB International, Wallingford. 1999.
- LAVELLE, P.; BAROIS, I.; BLANCHART, E.; BROWN, G. G.; BRUSSAARD, L.; DECAËNS, T.; FRAGOSO, C.; JIMÉNEZ, J. J.; KAJONDO, K.; MARTÍNEZ, M.A.; MORENO, A. G.; PASHANASI, B.; SENAPATI, B. K.; VILLENAVE, C. Earthworms as a resource in tropical agroecosystems. **Nature and Resources**, v. 34, p. 26-41, 1998.
- LAVELLE, P.; BARROS, E.; BLANCHART, E.; BROWN, G. G.; DESJARDINS, T.; MARIANI, L.; ROSSI, J. P. SOM management in the tropics: why feeding the soil macrofauna? **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 61, p. 53-61, 2001.
- LAVELLE, P.; DECAËNS, T.; AUBERT, M.; BAROT, S.; BLOUIN, M.; BUREAU, F.; MARGERIE, P.; MORA, P.; ROSSI, J.-P. Soil invertebrates and ecosystem services. **European Journal of Soil Biology**, v. 42, p. S3-S15, 2006.
- PAOLETTI, M. G. The role of earthworms for assessment of sustainability and as bioindicators. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 74, p. 137-155, 1999.

- PEIXOTO, R. T. G.; MAROCHI, A. I. A influência da minhoca *Pheretima* sp. nas propriedades de um latossolo vermelho escuro álico e no desenvolvimento de culturas em sistema de plantio direto, em Arapoti-PR. **Plantio Direto**, v. 35, p. 23-25, 1996.
- SAUTTER, K. D.; BROWN, G. G.; PASINI, A.; BENITO, N. P.; NUNES, D. H.; JAMES, S. W. Ecologia e biodiversidade das minhocas no Estado do Paraná, Brasil. In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. (Ed.). **Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. Cap. 21.
- SCHEU, S. Effects of earthworms on plant growth: patterns and perspectives. **Pedobiologia**, v. 47, p. 846-856, 2003.
- SENAPATI, B. K.; LAVELLE, P.; GIRI, S.; PASHANASI, B.; ALEGRE, J.; DECAËNS, T.; JIMÉNEZ, J. J.; ALBRECHT, A.; BLANCHART, E.; MAHIEUX, M.; ROUSSEAU, L.; THOMAS, R.; PANIGRAHI, P. K.; VENKATACHALAM, M. In-soil technologies for tropical ecosystems. In: LAVELLE, P.; BRUSSAARD, L.; HENDRIX, P. F. (Ed.). **Earthworm management in tropical agroecosystems**. Wallingford: CAB International, 1999. p. 199-237.
- SENAPATI, B. K.; LAVELLE, P.; PANIGRAHI, P. K.; GIRI, S.; BROWN, G. G. Restoring soil fertility and enhancing productivity in Indian tea plantations with earthworms and organic fertilizers. In: WORKSHOP O USO DA MACROFAUNA EDÁFICA NA AGRICULTURA DO SÉCULO XXI: A IMPORTÂNCIA DOS ENGENHEIROS DO SOLO, 2003, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja: Instituto de Ecologia, A.C., 2003. p. 172-190. (Embrapa Soja. Documentos, 224). Organizado por George Gardner Brown, Carlos Fragoso, Lenita Jacob Oliveira.

Producción masiva de lombrices de tierra (*Pontoscolex corethrurus*) en la Amazonia Peruana

Beto Pashanasi

Abstract

The earthworm species *Pontoscolex corethrurus* is found throughout the tropics, and is highly adapted to various types of soil and to disturbed ecosystems, where it can cause important (generally positive) effects on agricultural crops and soils. The present chapter shows a simple methodology to cultivate and reproduce this species, at small- and medium-scales, using locally-available substrates in tropical regions.

Resumen

La especie de lombriz *Pontoscolex corethrurus* tiene una distribución pantropical y esta adaptada a muchos diferentes tipos de suelo y ecosistemas perturbados, en donde puede causar importantes efectos (generalmente positivos) a los cultivos y suelos agrícolas. Este trabajo demuestra una metodología de cultivo a pequeña y media escala de esta especie, usando sustratos localmente disponibles en la región tropical.

Introducción

Pontoscolex corethrurus es una especie peregrina endogea mesohúmica que ha invadido muchos suelos perturbados del trópico húmedo del mundo, desde un punto original de dispersión, probablemente localizado en la meseta Guyanesa (Righi, 1984). Esta especie tolera un amplio rango de condiciones de suelo (Lavelle et al., 1987), siempre que el régimen de humedad sea favorable (a menos que exista un prolongado período de sequía). Aunque se le encuentra también en el bosque primario, prefiere invadir ambientes secundarios y generalmente esta presente cerca de habitaciones humanas.

La especie tiene una sobresaliente habilidad de colonizar nuevos ambientes debido a su reproducción partenogenética, que permite a un simple individuo formar una población. También tiene un rápido crecimiento (el estado adulto puede ser alcanzado a los tres meses, cuando muchas otras especies necesitan de 9 a 15 meses) y una fecundidad 10 veces más alta que la de una especie nativa (Lavelle et al., 1987). Tal carácter demográfico favorable, probablemente resulta de un eficiente sistema digestivo (Barois & Lavelle, 1986).

Considerando la abundancia local y distribución mundial de esta especie y sus posibles efectos positivos o negativos sobre el crecimiento de las plantas (Pashanasi et al., 1992, 1996; Brown et al., 1999, Brown et al., 2007, ver cap. 30), se realizaron diversos ensayos para encontrar técnicas de cultivo y reproducir en cautiverio esta especie. Los ensayos se realizaron en cajas de madera y en camas de almácigo, buscando reproducir la especie en grandes cantidades y facilitar su inoculación en experimentos para evaluar sus efectos sobre la producción vegetal.



Materiales y Métodos

Producción de lombrices en cajas de madera

Este ensayo se llevó a cabo en la Estación Experimental San Ramón de Yurimaguas, situado en la provincia de Alto Amazonas, departamento de Loreto, ubicado a 5°56' S, 76°5' O, con una elevación de 184 m.s.n.m. El clima es húmedo tropical, con una temperatura promedio de 26°C, precipitación anual de 2200 mm y estación seca entre los meses de junio a agosto (<100 mm de precipitación).

El sustrato usado consistió de suelo y aserrín, en una proporción de 3:1. El suelo fue sacado de la capa 0-10 cm de un bosque secundario y el aserrín (desperdicios de madera aserrada), era un material similar al utilizado para la preparación de sustratos para el crecimiento de plántulas en viveros.

El suelo presentó un pH de 4.7, 11.5 g kg⁻¹ de C orgánico, 1.12 mg l⁻¹ de N, 7.4 cmol l⁻¹ de P y un índice de 70% de saturación de Al. El aserrín poseía 3.09 g kg⁻¹ de N, trazos de P, 0.60 g kg⁻¹ de K, 0.60 g kg⁻¹ de Ca y 0.50 g kg⁻¹ de Mg.

Las cajas, con dimensiones de 0.50 x 0.50 x 0.10 m, se mantuvieron bajo sombra en un vivero. La parte inferior de las cajas fue recubierta con malla metálica de 1 mm de diámetro para evitar la salida o ingreso de lombrices. Para el ensayo se utilizaron cinco cajas. En cada caja se inoculó 20 g de lombrices adultas, siendo el equivalente a aproximadamente 48 lombrices adultas por caja. Las evaluaciones se efectuaron a los 30, 60 y 240 días, para determinar el índice de crecimiento poblacional de las lombrices (nº y biomasa de individuos por edades).

Todas las cajas fueron colocadas debajo de las mesas germinadoras del vivero, para reducir las modificaciones climáticas y la radiación solar en el transcurso del día. Las cajas recibieron riego en periódicamente para evitar el secamiento del suelo y la mortalidad de las lombrices.

Producción de lombrices en camas de almacigo

El suelo de este experimento era un típico Paleudult con textura franco arcillo arenosa (29.7% arcilla, 47.0% arena y 23.3% limo) y pH de 4.5, saturación de aluminio de 63% y bajo contenido de nutrientes, especialmente P

aprovechable (17.9 mg l⁻¹), K (0.26 cmol 100g⁻¹) y Mg (0.57 cmol 100g⁻¹).

Para el ensayo se prepararon 12 camas de almacigo de 5 m de largo x 1 m de ancho, con bordes de madera redonda con un diámetro aproximado de 20 cm (ver Foto 30.4; Brown et al., 2007, cap. 30). Para cada cama se utilizó material vegetal de la zona: una mezcla de 3 partes de suelo + 1 parte de aserrín (capa 0-10 cm del suelo de un bosque secundario de aproximadamente 20 años de edad y aserrín descompuesto).

La inoculación se realizó con lombrices adultas colectadas en pastizales con *Axonopus compressus* y *Paspalum conjugatum* a razón de 200 individuos m⁻². Se cubrieron las camas con hojas de palmeras (*Astrocarium* sp. y *Sheela* sp.) para evitar la incidencia directa de radiación solar y la evaporación de agua del sustrato.

De cada cama se sacaron cinco muestras de 20 x 20 x 15 cm a cada 30 días, para evaluar el número de lombrices adultas, juveniles, recién nacidas y capullos.

Resultados y Discusión

Producción de lombrices en cajas de madera

La población de lombrices se incrementó en un 23%, 996% y 2674% a los 30, 60 y 240 días, respectivamente (Figura 31.1); similar tendencia fue observada con la biomasa total de las lombrices.

En los primeros 30 días, la población consistió en su gran mayoría de lombrices adultas y capullos (Figura 31.2). A los 60 días se observó un incremento de la población, conformada principalmente por lombrices juveniles. A los 240 días el 87% de la población consistía de lombrices juveniles y adultas (Figura 31.2). Se observaron abundantes turrículos en la superficie del suelo, debido a la intensa actividad de las lombrices y el consumo del sustrato.

La producción de individuos m⁻² en las cajas de madera fue muy superior a la población de lombrices encontradas por Pashanasi (2001) en pastizales mejorados y tradicionales (308 y 605 individuos m⁻², respectivamente). Así mismo, la biomasa de lombrices producida en las cajas de madera fue tres veces mayor que en los pastizales tradicionales y mejorados (Pashanasi, 2001).

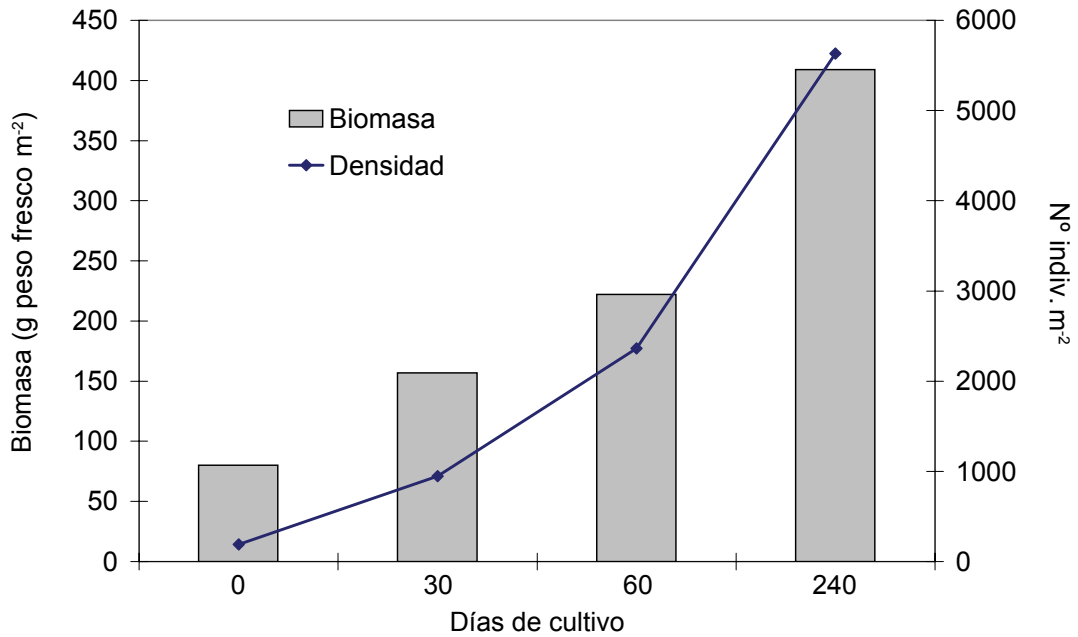


Figura 31.1. Biomasa y densidad total de lombrices de tierra (*P. corethrus*) producidas en las cajas de madera con una mezcla de suelo y aserrín en la proporción 3:1.

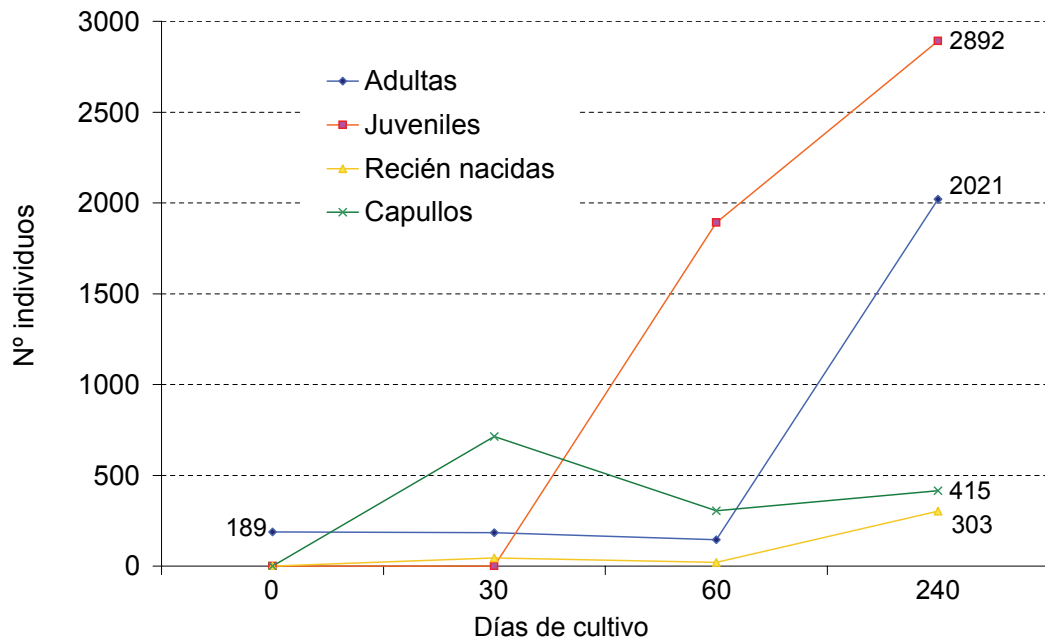


Figura 31.2. Dinámica de la población de lombrices adultas, juveniles, recién nacidas y los capullos a través del tiempo de crianza de *P. corethrus* en cajas de madera.

Producción de lombrices en camas de almacigo

La mayor población de lombrices en las camas se alcanzó a los 7 meses después de la inoculación, con un menor número de lombrices adultas (14.3%) que la población inoculada,

pero con un aumento en el número de lombrices juveniles (33.4%) y recién nacidas (52.3%) (Figura 31.3). En esta fecha se encontró un total de 995 individuos m⁻² (Figura 31.4).

En el primer mes de muestreo el 79% de la población estuvo conformado por lombrices adultas y capullos (176 capullos m⁻²). Hubo una disminución

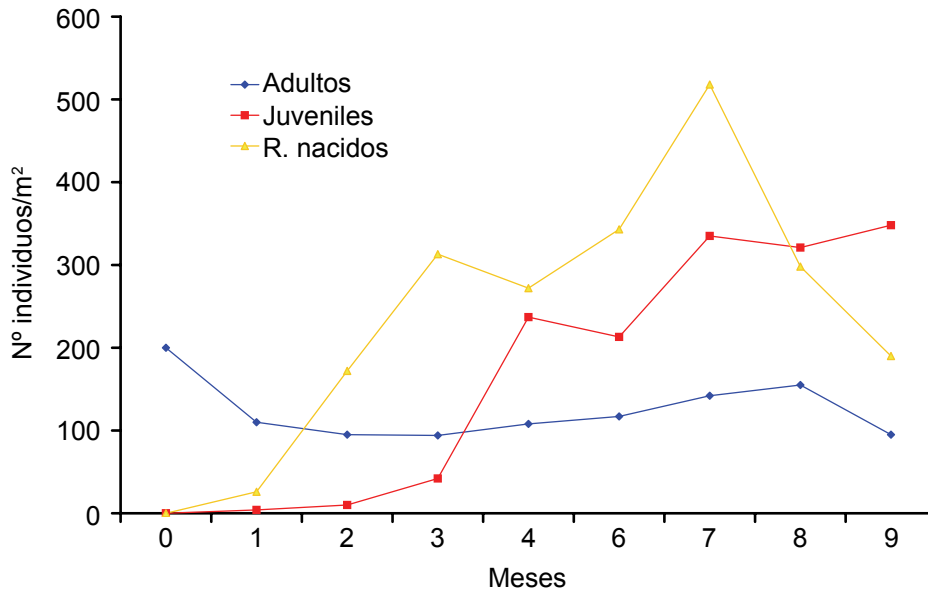


Figura 31.3. Número de adultos, juveniles y recién nacidos de *P. corethrus* encontrados en diversas fechas después de su inoculación en camas de almacigo con sustrato de 3 partes de tierra + 1 parte de aserrín.

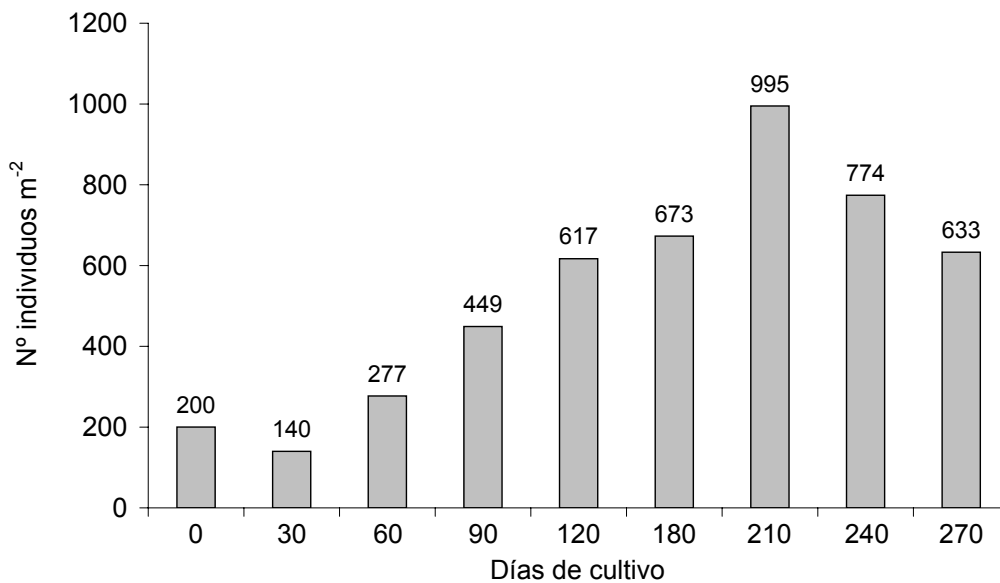


Figura 31.4. Número total de *P. corethrus* recuperadas a diferentes fechas después de su inoculación en las camas de almacigo.

en relación a la población inicial de lombrices, probablemente debido a la mortalidad de lombrices por el cambio al nuevo hábitat (sustrato).

El mayor número de lombrices juveniles (54.8%) se observó a los 9 meses de la inoculación (Figura 31.3). La población de lombrices recién nacidas aumentó de 26 indiv. m⁻² en el primer mes a 518 indiv. m⁻², 7 meses después de la inoculación.

El menor número de lombrices adultas en los últimos meses del ensayo probablemente fue

debido a una mayor mortalidad, luego de completar su ciclo biológico.

Conclusiones

El mayor aumento en la población de *P. corethrus* en las cajas de madera puede ser debido a las condiciones ambientales más controladas y menos extremas que en las camas

de almacigo. Sin embargo, este estudio demuestra que es posible cultivar la especie *P. corethrus* en condiciones de campo, a pesar de las variaciones climáticas y edáficas.

Referencias

- BAROIS, I.; LAVELLE, P. Changes in respiration rate and some physicochemical properties of a tropical soil during transit through *Pontoscolex corethrus* (Glossoscolecidae, Oligochaeta). **Soil Biology and Biochemistry**, v. 18, p. 539-514, 1986.
- BROWN, G. G.; PASHANASI, B.; VILLENAVE, C.; PATRÓN, J. C.; SENAPATI, B. K.; GIRI, S.; BAROIS, I.; LAVELLE, P.; BLANCHART, E.; BLAKEMORE, R. J.; SPAIN, A. V.; BOYER, J. Effects of earthworms on plant production in the tropics. In: LAVELLE P.; BRUSSAARD L.; HENDRIX P. F. (Ed.). **Earthworm management in tropical agroecosystems**. Wallingford: CAB International, 1999. p. 87-147.
- BROWN, G. G. SENAPATI, B. K.; PASHANASI, B.; VILLENAVE, C.; PATRÓN, J. C.; LAVELLE, P.; BAROIS, I.; BLAKEMORE, R. J. In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. (Ed.). **Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. Capítulo 30.
- LAVELLE, P.; BAROIS, I.; CRUZ, I.; FRAGOSO, C.; HERNÁNDEZ, A.; PINEDA, A.; RANGEL, P. Adaptive strategies of *Pontoscolex corethrus* (Glossoscolecidae, Oligochaeta) a peregrine geophagous earthworm of the humid tropics. **Biology and Fertility of Soils**, v. 5, p. 188-94, 1987.
- PASHANASI, B. Estudio cuantitativo de la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de uso de la tierra en la Amazonía Peruana. **Folia Amazónica**, v. 12, n. 1-2, p. 75-97, 2001.
- PASHANASI, B.; MELENDEZ, G.; SZOTT, L.; LAVELLE, P. Effects of inoculation with the endogeic earthworm *Pontoscolex corethrus* (Glossoscolecidae) on N availability, soil microbial biomass and the growth of three tropical fruit tree seedlings in a pot experiment. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 24, p. 1655-1659, 1992.
- PASHANASI, B.; ALEGRE, J.; LAVELLE, P.; SCHAEFER, R. Effect of the endogeic earthworm *Pontoscolex corethrus* on soil chemical characteristics and plant growth in a low input tropical agroecosystem. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 28, 1655-1659, 1996.
- RIGHI, G. *Pontoscolex* (Oligochaeta, Glossoscolecidae), a new evaluation. **Studies on the Neotropical Fauna and Environment**, v. 19, p. 159-177, 1984.

Perspectiva no manejo alternativo dos citros: Do viveiro ao campo

Ronaldo Alberto Duenhas Cabrera; Adriano J.B.V. Azevedo-Filho; Siu Mui Tsai

Abstract

Various alternative substrates have been proposed to improve nursery plants and ensure that healthier plants are transferred to the field. In the case of Citrus, this is a concern especially when there is a past history of field diseases, such as Variegated Citrus Chlorosis caused by the bacterium *Xylella fastidiosa*. The present study evaluated the effect of vermicompost addition to a commercial substrate on the performance of seedlings of four citrus varieties inoculated or not with *X. fastidiosa* under greenhouse conditions for a period of 180 days. The variables studied were: vermicompost addition (100%, 50%, 0%) and pathogen inoculation (with or without *X. fastidiosa*), for a total of 6 treatments (substrate x inoculation) with 12 replicates each. Stem diameter, plant height, shoot and root biomass, arbuscular mycorrhizal root infection, and macro and micronutrient concentration in the shoot were evaluated. When using vermicompost (100% or 50%), positive effects were observed on the plant growth parameters, with higher root and shoot biomass, height and diameter in these treatments compared to the commercial substrate. A significant effect of *X. fastidiosa* inoculation was observed on only the weight of 10 leaves and leaf tissue N (higher) and P (lower) contents. Therefore, vermicompost alone or vermicompost + commercial substrate were better than the commercial substrate alone, indicating that vermicompost has a high potential for use in citrus nurseries, in the production of seedlings for field transplant.

Resumo

Diversos substratos alternativos têm sido propostos para melhorar o estabelecimento de plântulas em viveiros, de forma a assegurar que plantas saudáveis sejam transferidas ao campo. No caso do *Citrus* spp. esta preocupação é real pela possibilidade do campo poder apresentar um histórico de doenças na área, tal como a Clorose Variada do Citros causada pela *Xylella fastidiosa*. Este estudo avaliou o efeito da adição de vermicomposto a um substrato comercial sobre o desenvolvimento de plântulas de quatro cultivares de citros inoculadas ou não com *X. fastidiosa* em casa-de-vegetação, por um período de 180 dias. As variáveis estudadas foram: substrato mais vermicomposto (100%, 50%, 0%) e inoculação (com ou sem *X. fastidiosa*) em um total de 6 tratamentos (substrato x inoculação), com 12 repetições. Quanto ao desenvolvimento das plantas, avaliou-se o diâmetro do caule, a altura da planta, biomassa, de raízes e partes aéreas, a taxa de infecção das raízes por fungos micorrízicos naturais do solo e a concentração de macro e micronutrientes na parte aérea. Quando se usou vermicomposto (100% or 50%), efeitos positivos foram observados nos parâmetros de desenvolvimento das plantas, resultando em maior biomassa da parte aérea e das raízes, maior altura e diâmetro das plantas nesses tratamentos em relação àquelas com substrato comercial. Observou-se efeito significativo da inoculação com *X. fastidiosa* apenas no peso de 10 folhas e nos teores foliares de N (maior) e P (menor). Portanto, para as avaliações realizadas neste trabalho, o vermicomposto puro ou em mistura, mostrou-se superior ao substrato comercial testado, indicando que o vermicomposto tem um alto potencial para ser utilizado na produção de mudas cítricas em vasos.



32

Introdução

O Brasil lidera o comércio internacional de suco de laranja congelado com aproximadamente 85% do volume comercializado internacionalmente. O Brasil e Estados Unidos são os líderes na produção mundial de laranja (FNP, 2003).

Porém, em 2003, pela primeira vez em vinte e quatro anos o Brasil perdeu para os Estados Unidos a liderança de maior produtor mundial de suco de laranja concentrado congelado (Jornal "O Estado de São Paulo", 17 de outubro de 2003).

No ano de 1987 foi detectado em pomares de laranja das regiões norte e noroeste de São Paulo (SP) e no Triângulo Mineiro uma nova anomalia que foi denominada Clorose Variegada dos Citros (CVC) ou "Amarelinho" como é popularmente conhecido, e esta disseminou rapidamente atingindo boa parte do parque citrícola (Machado et al., 1992). Sabe-se que o aparecimento dos sintomas está associado a fatores ambientais, pois plantas resistentes à CVC já foram relatadas, mas estas são geneticamente iguais às plantas suscetíveis, o que reafirma a hipótese de fatores ambientais, apesar destes ainda serem desconhecidos (Lacava, 2000). Então um dos enfoques deste trabalho foi estudar a interferência de substratos utilizados para formação de mudas e a inoculação de *Xylella fastidiosa* na variedade de laranja Pêra.

Recentemente surgiu uma nova doença na citricultura brasileira, a Morte Súbita dos Citros (MSC), que aparentemente é um mutante do vírus da tristeza que ataca as combinações com o limoeiro Cravo, representando mais de 80% das plantas do parque citrícola brasileiro. Esta doença está concentrada no Triângulo Mineiro e na região norte de SP, mesma região de maior incidência de CVC, reforçando a necessidade de melhoria de manejo nestas regiões.

Por outro lado, a citricultura paulista está estabelecida em solos com baixos teores de matéria orgânica: ao redor de 15 g.kg⁻¹ na camada de 0-20 cm e de 12 g.kg⁻¹ na camada de 20-40 cm (Quaggio, 1996). Esta pobreza em matéria orgânica contrasta bastante com a observada na citricultura chinesa, citada por Moreira et al. (1989). Segundo estes autores, os pomares chineses são fertilizados principalmente com adubo orgânico, oriundo de fezes tratadas (animais e humanas).

O uso de materiais orgânicos na China é uma das razões para a ausência generalizada de importantes doenças radiculares nas culturas daquele país (Kelman & Cook, 1977). Situação bem diferente do Brasil, onde o uso de defensivos

alcança até 40% dos custos operacionais em determinadas regiões (Neves, 2000).

De acordo com a norma legislativa para produção de mudas cítricas fiscalizadas, publicada no Estado de São Paulo (D.O.E., 1998), o sistema de produção de mudas cítricas tem evoluído bastante nos últimos anos, passando do cultivo direto no solo e a céu aberto, para ambiente protegido e em vasos. No passado, o volume que o sistema radicular explorava era muito maior que nos vasos de polietileno que atualmente são empregados.

Dentro deste novo cenário torna-se necessário conhecer muito bem os substratos empregados no processo de produção de mudas, pois estes refletirão diretamente na qualidade dos novos pomares implantados.

Substratos

Quando se utiliza o sistema de produção de mudas em vasos em ambiente protegido, tem-se como vantagem a redução do tempo de formação da muda, maior controle na adubação e a diminuição dos problemas com pragas e doenças (Moss, 1978; Williamson & Castle, 1989).

O vaso é um fator limitante no desenvolvimento do sistema radicular da muda cítrica, influenciando o crescimento das raízes e da planta (Spomer, 1982). Além disso o volume explorado no vaso não se compara ao volume explorado pela planta no viveiro a campo (Pereira, 1983).

Na escolha do substrato deve-se levar em conta disponibilidade e propriedades físicas, sendo recomendável a suplementação com fertilizantes quando o substrato utilizado é de baixa fertilidade (Souza, 1983). A densidade do substrato e o custo de aquisição também são fatores muito importantes (Blom, 1993). Um substrato padrão deve ter baixa densidade, boa fertilidade, composição química e física uniforme, elevada capacidade de troca catiônica, boa capacidade de retenção de água, boa aeração e drenagem, boa coesão entre as partículas ou aderência junto às raízes e ser preferencialmente um meio estéril (Coutinho & Carvalho, 1983).

Composto orgânico

O vermicomposto de minhoca também conhecido como "húmus de minhoca" é resultado dos excrementos do aparelho digestivo da minhoca, e possui altos teores de matéria orgânica e sais minerais. As minhocas estabilizam os materiais orgânicos aumentando a quantidade de carbono

na forma humificada. Porém, devido à mineralização secundária muito lenta, o “húmus” não supre as exigências nutricionais da cultura no curto prazo, principalmente de nitrogênio (Aquino et al., 1994).

O húmus produzido pelas minhocas é em média setenta por cento mais rico em nutrientes que os adubos orgânicos convencionais (Longo, 1987). Sua riqueza em bactérias e microorganismos facilita a assimilação dos nutrientes pelas raízes, apresentando ainda a vantagem de ter pH mais neutro, uma vez que as minhocas usadas na minhocultura (*Eisenia fetida* e *E. andrei*) possuem glândulas calcíferas que aumentam o pH do húmus, consequentemente mudando a disponibilidade de nutrientes sensíveis ao pH do substrato.

CVC (Clorose Variegada dos Citros)

Atualmente a CVC é uma das mais importantes doenças da citricultura brasileira, sendo que infecta 36% das plantas do Estado de São Paulo (Fundecitrus, 2003). A distribuição da doença no país é a seguinte: região norte, 48,6%; região noroeste, 40,9%; região central, 39%; e região sul, 17,3%.

Todas as variedades de laranja doce são suscetíveis à CVC, enquanto a maioria das outras espécies de citros como limões, lima ácida e tangerinas, por exemplo, são tolerantes ou resistentes (Lee et al., 1992).

A CVC é uma doença causada pela bactéria gram-negativa *X. fastidiosa*, a qual é limitada ao xilema do hospedeiro (Rossetti & De Negri, 1990). No Brasil, a CVC foi descrita em 1987, mas a bactéria foi isolada de plantas infectadas por Leite Jr. & Leite (1991) e posteriormente foi verificada a presença desta bactéria em café e em diversas plantas herbáceas associadas às ervas cultivadas de citros. A interação hospedeiro-bactéria tem sido estudada tanto intra- quanto inter-especificamente para elucidação da evolução da doença nas diversas culturas.

Os danos provocados pela *X. fastidiosa* são conhecidos na agricultura; além de causar a CVC, também causa danos em outras culturas economicamente importantes como o mal de Pierce em videira (PD) (Davis et al., 1978), escaldadura da folha em café (CLS) (Paradelha Filho et al., 1995), escaldadura da folha em ameixa (EFA) (Carvalho & Souza, 1991), e em outras culturas como pessegueiro e amendoieiras, por exemplo.

Recentemente um grande projeto científico com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa

do Estado de São Paulo (FAPESP), sequenciou completamente o genoma de *X. fastidiosa*. Este trabalho pode auxiliar no desenvolvimento de novas tecnologias para prevenção e controle das doenças causadas por esta bactéria. Como resultado do trabalho de mapeamento genético da bactéria, atualmente sabemos que ela possui quase 2,7 milhões de pares de bases em seu cromossomo circular, sendo um terço maior do que se imaginavam antes do projeto e um quinto mais extenso (Lambais et al., 2000). Dentro desses pares de bases estão cerca de 2.900 genes dos quais 47% já estão com suas funções elucidadas (Revista Pesquisa FAPESP, julho 2000).

Micorrizas

Estudos em raízes fossilizadas evidenciam que as micorrizas surgiram há 400 milhões de anos, período que coincide com o aparecimento das plantas terrestres, compreendidos entre 462 e 352 milhões de anos. Os fungos saprófitas surgiram a cerca de um bilhão de anos, e tiveram um longo período de adaptação para estabelecerem relações mutualistas com as plantas. Para que isso ocorresse houve uma integração morfológica e funcional célula-célula, que são os requisitos básicos de uma relação simbiótica estável (Moreira & Siqueira, 2002).

As associações entre fungos e raízes foram observadas com detalhes no início do século XIX, mas só foram reconhecidas e tratadas cientificamente no final deste, em 1885, quando Frank desenvolveu estudos científicos sobre a anatomia e ocorrência destas, especulou sobre os possíveis benefícios para a planta e empregou pela primeira vez o termo “micorriza” (mico=fungo e riza=raízes). Não se conhece o processo evolutivo das micorrizas, mas juntamente com os líquens são as forma mais antiga de relação simbiótica envolvendo organismos heterotróficos e autotróficos com formação de estruturas especializadas. Considera-se provável que as micorrizas tiveram alguma relação evolucionária com os líquens, que são associações entre fungos e algas (Moreira & Siqueira, 2002).

Na maioria das raízes de plantas superiores é comum a presença de micorrizas, que ocorre em 83% das dicotiledôneas, em 79% das monocotiledôneas e todas as gimnospermas são micorrizadas (Wilcox, 1991). Contudo, as crucíferas e quenopodiáceas não são hospedeiras de fungos micorrízicos (Harley & Harley, 1987).

Geralmente, não ocorre micorrização em solos muito secos, salinos ou alagados ou ainda em

solos extremamente férteis ou de baixa fertilidade (Brundrett & Abbott, 1991). O suprimento mineral pode inibir ou aumentar a infecção radicular por micorrizas. Em solos com níveis extremamente baixos de fósforo a infecção por MVA também é baixa; nesse caso, o fósforo pode ser um fator limitante para o próprio desenvolvimento do fungo. Com o suprimento de fósforo até atingir o nível ótimo, a infecção aumenta, mas essa pode diminuir dependendo da espécie de micorriza. Altas adubações com fósforo diminuem a micorrização, existindo uma relação negativa entre infecção radicular por micorriza e suprimento de fósforo (Marschner, 1995).

Com a introdução do novo modelo de produção de mudas cítricas, associado ao surgimento da CVC e a pouca importância dispensada à matéria orgânica, torna-se necessário um estudo mais abrangente, iniciando com pesquisa em viveiro, envolvendo variedades, matéria orgânica e doenças. Existe a necessidade de buscar alternativas agrônomicas que façam um elo entre o sistema de produção de mudas em viveiro e as necessidades fitotécnicas que as mudas encontraram no campo após o transplantio. Ou seja, é necessário produzir mudas originalmente mais vigorosas e resistentes, com um sistema radicular denso, nutricionalmente equilibrado e com maior teor de matéria orgânica no substrato.

Portanto, o presente trabalho teve como objetivos principais:

- a) Determinar os benefícios nutricionais e microbiológicos (incluindo micorrização) em mudas de *Citrus sinensis* da variedade Pêra enxertada sobre limoeiro Cravo, desenvolvida em viveiro telado, do uso de composto orgânico, substrato comercial e a mistura de ambos na relação 100%, 50% e 0%;
- b) Avaliar o efeito da inoculação de *X. fastidiosa* no desenvolvimento e estado nutricional da variedade Pêra nos diferentes substratos;
- c) Avaliar a performance dos diferentes substratos na produção e desenvolvimento de mudas cítricas em viveiros.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em telado comercial para produção de mudas cítricas, no sítio Jardim, município de Novais, SP (48°55' O e 21°00' S), a 540 m de altitude. A temperatura média da região é de 22,7°C, sendo a máxima de 30°C e a mínima de 12°C.

Foram estudados seis tratamentos num modelo fatorial de 3 (tipos de substratos) x 2 (\pm inoculação com *X. fastidiosa*). O delineamento estatístico empregado foi de blocos inteiramente casualizados, com três blocos, duas repetições por bloco e duas plantas por repetição, totalizando 72 plantas.

As mudas foram irrigadas manualmente através de mangueira com um chuveiro na extremidade, até atingir a capacidade de campo dos substratos e irrigadas novamente quando o fundo do vaso começava a secar. A adubação dos substratos foi feita com gesso agrícola (1g/vaso), MAP (2g/vaso) e nitrato de potássio (2g/vaso), a cada vinte dias. A adubação iniciou logo após o pegamento do porta-enxerto e se prolongou até 120 dias após a enxertia.

As plantas também receberam adubação foliar com uma solução de nitrato de potássio (0,5%), sulfato de zinco (0,05%), sulfato de manganês (0,05%), sulfato de magnésio (0,05%) e sulfato ferroso (0,025%) a cada vinte dias. O cronograma da adubação foliar foi o mesmo da adubação dos substratos.

O porta-enxerto utilizado foi o limoeiro Cravo, e a variedade copa foi laranja Pêra. As borbulhas de laranja Pêra vieram do Centro de Citricultura Sylvio Moreira de Cordeirópolis, SP.

As análises químicas dos substratos foram feitas no Departamento de Solos e Nutrição Mineral de Plantas da ESALQ-USP, conforme a Tabela 32.1.

Resultados e Discussão

Houve resposta positiva do substrato quanto às variáveis diâmetro e altura da planta, peso de dez folhas, da parte aérea e do sistema radicular, e os teores foliares de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, cobre, manganês e ferro (Tabela 32.2; Figuras 32.1 a 32.3). Com relação ao desenvolvimento vegetativo, o substrato de composto orgânico e a mistura do composto com substrato comercial foram superiores ao substrato comercial puro (Figura 32.1).

Este desenvolvimento induziu uma diluição dos teores de nutrientes foliares, que foram maiores nas plantas com o substrato comercial que no orgânico, para todos os parâmetros, menos Ca (Figuras 32.2 e 32.3).

Para a inoculação houve efeito significativo somente para a variável peso de dez folhas e teores foliares de N e P (Tabela 32.2). As folhas das

Tabela 32.1. Análises químicas do substrato comercial e do composto orgânico usados no experimento em telado comercial (Novais, SP).

Determinações	Substrato comercial		Composto orgânico	
	Umidade natural	Base seca (110°C)	Umidade natural	Base seca (110°C)
pH CaCl ₂ 0,01 M	4,8	–	4,7	–
Densidade (g/cm ³)	0,33	–	0,64	–
Relação C/N (C total e N total)	68/1	68/1	12/1	12/1
Relação C/N (C orgânico e N total)	67/1	67/1	10/1	10/1
 %			
Umidade perdida 60 - 65°C	3,91	–	55,94	–
Umidade perdida entre 65 e 110°C	19,71	–	0,94	–
Umidade Total	19,71	–	56,83	–
Inertes	–	–	–	–
Matéria Orgânica Total (Combustão)	50,22	62,55	13,98	32,38
Matéria Orgânica Compostável	49,63	61,81	12,47	28,89
Mat. Org. resistente à compostagem	0,59	0,73	1,51	3,50
Carbono Orgânico (organ. e mineral)	27,90	34,75	7,77	18,00
Carbono Orgânico	27,57	34,34	6,93	16,05
Resíduo Mineral Total	30,07	37,45	29,19	67,62
Resíduo Mineral Insolúvel	23,81	29,66	23,34	54,07
Resíduo Mineral Solúvel	6,26	7,80	5,85	13,55
Nitrogênio Total	0,41	0,51	0,67	1,55
Fósforo (P ₂ O ₅) Total	0,07	0,09	0,50	1,16
Potássio (K ₂ O) Total	0,11	0,14	0,07	0,16
Cálcio (Ca) Total	0,47	0,59	0,20	0,46
Magnésio (Mg) Total	0,66	0,82	0,07	0,16
Enxofre (S) Total	0,06	0,07	0,06	0,14
 mg/kg			
Cobre (Cu) Total	13	16	16	37
Manganês (Mn) Total	75	93	151	350
Zinco (Zn) Total	36	45	39	90
Ferro (Fe) Total	7395	9210	8803	20391
Boro (B) Total	144	179	3	7
Sódio (Na) Total	144	179	50	116

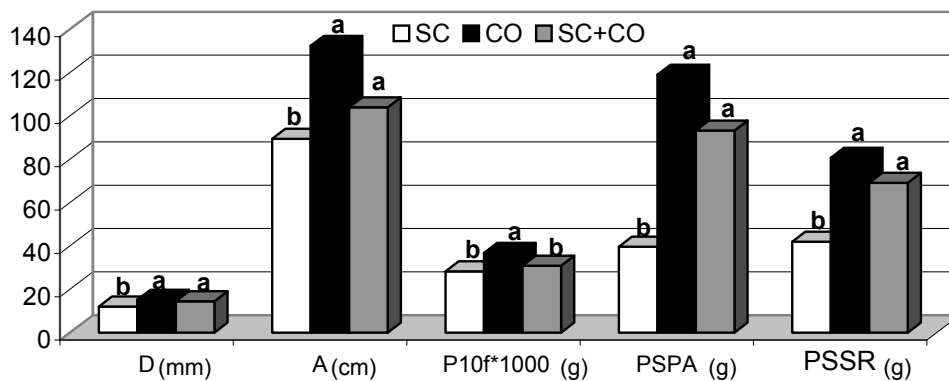


Figura 32.1. Efeito do substrato no desenvolvimento da planta. Abreviações: D = diâmetro do tronco a 10 cm do colo (mm); A = altura da planta (cm); P10f = peso de dez folhas (g); PSPA = peso seco da parte aérea (g); PSSR = peso seco do sistema radicular (g); SC = substrato comercial; CO = composto orgânico.

Tabela 32.2. Resultados do teste Tukey (* = 5%, ** = 1%, *** = 0,1%, ns = não significativo) dos parâmetros avaliados.

Parâmetro ¹	Substrato	Inoculação	Substrato:Inoculação
Diâmetro	***	ns	ns
Altura	*	ns	ns
P10f	***	**	*
PSPA	***	ns	ns
PSSR	***	ns	ns
MVA	ns	ns	**
N	*	*	ns
P	**	*	ns
K	**	ns	ns
Ca	*	ns	ns
Mg	*	ns	ns
S	ns	ns	ns
Cu	*	ns	ns
Zn	ns	ns	ns
Mn	*	ns	ns
B	ns	ns	ns
Fe	*	ns	ns
Na	ns	ns	ns
Al	ns	ns	ns

¹ Para o significado das abreviações, ver legenda da Figura 32.1; MVA = % de fragmentos da raiz colonizados por fungos micorrízicos arbusculares..

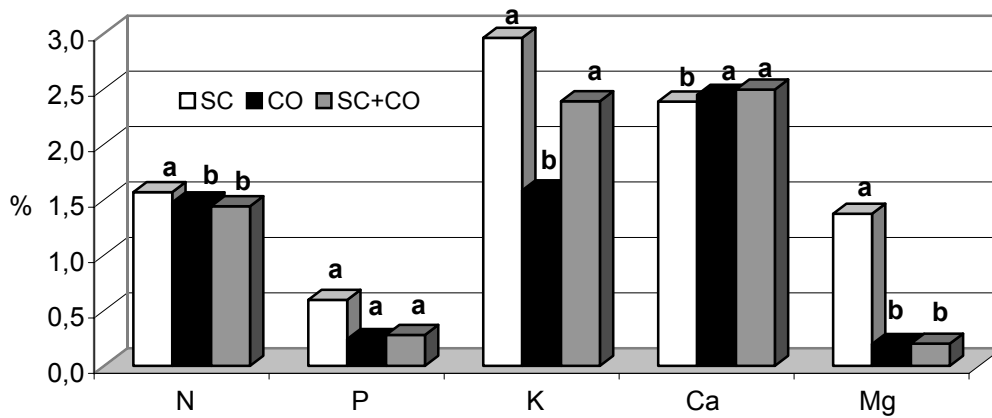


Figura 32.2. Efeito do substrato nos teores de macronutrientes nas folhas. SC = substrato comercial; CO = composto orgânico.

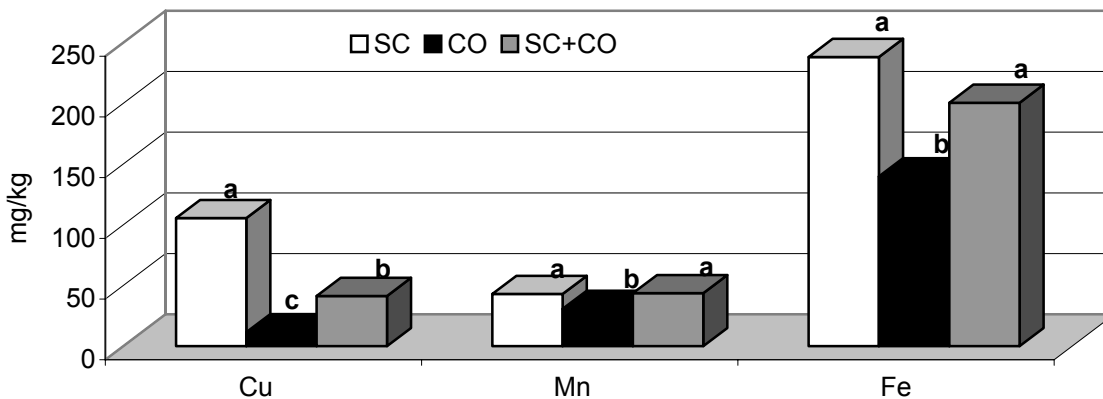


Figura 32.3. Efeito do substrato nos teores foliares de micronutrientes. SC = substrato comercial; CO composto orgânico.

plantas inoculadas apresentaram maior peso e teor de N e menor teor de P, do que as das plantas não inoculadas. Sabe-se que durante o mapeamento genético da *X. fastidiosa* não foi encontrado nenhum gene de avirulência (reconhecimento do hospedeiro pelo patógeno), e há muitas indicações de que a bactéria de fato apenas entope os vasos xilemáticos.

Na interação substrato:inoculação houve efeito significativo apenas para as variáveis peso de dez folhas e infecção por fungos micorrizicos (Tabela 32.2). O peso de dez folhas no tratamento com substrato de composto orgânico e inoculado foi superior aos tratamentos de substrato comercial inoculado e não inoculado, e superior à mistura dos dois substratos não inoculados e inoculados.

Para a micorrização houve maior infecção das raízes por micorrizas no substrato comercial inoculado em relação ao substrato comercial não inoculado. O mesmo ocorreu com o substrato orgânico inoculado em relação ao substrato a base de composto comercial não inoculado.

Conclusões

- a) O substrato a base de composto orgânico é superior ao substrato comercial empregado no sistema comercial de produção de mudas;
- b) O preço do composto orgânico é similar ao preço do substrato comercial, justificando a viabilidade econômica da utilização do composto orgânico;
- c) O produtor de mudas cítricas deve buscar alternativas de substratos para melhorar a qualidade e o desenvolvimento das mudas;
- d) A inoculação de *X. fastidiosa* não influenciou negativamente o desenvolvimento das mudas, mas incrementou o peso de dez folhas das plantas inoculadas.
- e) A micorrização é influenciada pela interação substrato + inoculação.

Referências

AQUINO, A. M.; ALMEIDA, D. L.; DE-POLLI, H. Dinâmica da liberação de nutrientes dos vermicompostos utilizando milho como planta teste. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO MINERAL DE PLANTAS, 21., 1994, Petrolina. **Resumos...** Petrolina: SBCS/ EMBRAPA-CPATSA, 1994. p. 194-195.

BLOM, T. J. Working with soil-less mixes, a guide to the different materials, characteristics and uses of soil-less mixes. **Florists Review**, v. 173, n. 4480, p. 29-34, 1983.

BRUNDRETT, M. C.; ABBOTT, L. K. Mycorrhizas in natural ecosystems. **Advances in Ecological Research**, v. 21, p. 171-313, 1991.

CARVALHO, S. A.; SOUZA, M. Escaldadura das folhas de ameixa: provável responsável pelo declínio da cultura no sul do Estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 11/12, p. 2015-2020, 1991.

COUTINHO, C. J.; CARVALHO, C. M. O uso da vermiculita na produção de mudas florestais. In: ENCONTRO NACIONAL DE REFLORESTADORES, 7., 1983, Curitiba. **Anais...** p. 54-63.

CVC.html.[On line]. Casa Editorial Medrano. Disponível em: <<http://www.fundecitrus.com.br/cvc.html>>. Acesso em 2000

DAVIS, M. J.; PURCELL, A. H.; THOMSON, S. V. Pierce's disease of grapevines: isolation of the causal bacterium. **Science**, v. 199, p. 75-77, 1978.

Diário Oficial do Estado de São Paulo, Poder Executivo, São Paulo, 13 fev. 1998. Seção 1, p. 12.

FNP CONSULTORIA & COMERCIO. Agrianual 2003: **Anuário da Agricultura Brasileira**, São Paulo, 2003. 254 p.

FUNDECITRUS. Disponível em <<http://www.fundecitrus.com.br>>. Acesso em 05 nov. 2003.

HARLEY, J. L.; HARLEY, E. L. A check-list of mycorrhiza in the British flora. **New Phytologist**, v. 105, p. 1-102, 1987. Supplement.

KELLMAN, A.; COOK, R. J. Plant pathology in the People's Republic of China. **Annual Review of Phytopathology**, v. 15, p. 409-429, 1977.

LACAVA, P. T. Isolamento, caracterização genética por RAPD e resistência a antibióticos em *Xylella fastidiosa*. 2000. 108 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

LAMBAIS, M. R.; GOLDMAN, M. H. S.; CAMARGO, L. E. A.; GOLDMAN, G. H. A genomic approach to the understanding of *Xylella fastidiosa* pathogenicity. **Current Opinion in Microbiology**, v. 3, p. 459-462, 2000.

LEE, R. F.; DERRICK, K. S.; BERETTA, M. J. G.; CHAGAS, C. M.; ROSSETTI, V. Citrus Variegated chlorosis a new destructive disease of citrus in Brazil. **Citrus Industry**, v. 72, n. 15, p. 10-13, 1991.

LEE, R. F.; BERETTA, M. J. G.; DERRICK, K. S.; HOOKER, M. E. Development of a serological

- assay for citrus variegated chlorosis – a new disease of citrus in Brazil. **Proceedings of Florida State Horticultural Society**, v. 105, p. 32-34, 1992.
- LEITE JUNIOR, R. P.; LEITE, R. M. V. B. C. Associação de *Xylella fastidiosa* com clorose variegada dos citros. **Summa Phytopathologica**, v. 17, p. 7, 1991.
- LONGO, A. D. **Minhoca de fertilizadora do solo a fonte alimentar**. São Paulo: Ícone, 1987. 79 p.
- MACHADO, M. A.; SILVÉRIO, J. L.; BAPTISTA, C. R.; CRISTOFANI, M.; SOBRINHO, J. T. Avaliação de transmissão e seleção de variedades à clorose variegada dos citros (CVC). **Laranja**, v. 13, n. 2, p. 515-531, 1992.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. London: Academic Press, 1995. 889p.
- MOREIRA, C. S.; MÜLLER, G. W.; GRAVENA, S. A citricultura na China. **Laranja**, v. 10, n. 1, p. 107-122, 1989.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Editora UFLA, 2002. 626 p.
- MOSS, G. I. Propagation of citrus for future plantings. **Proceedings of the International Society of Citriculture**, Lake Alfred, p. 132-139, 1978.
- NEVES, E. M. Economia de produção citrícola e efeitos alocativos. **Preços Agrícolas**, p. 9-12, 2000.
- PARADELHA FILHO, O.; SUGIMORI, M. H.; RIBEIRO, I. J. A.; MACHADO, M. A.; LARANJEIRA, F. F.; GARCIA JUNIOR, A.; BERETTA, M. J. G.; HARAKAWA, R.; RODRIGUES NETO, J.; BERIAM, L. O. S. Primeira constatação em cafeeiro no Brasil, da *Xylella fastidiosa* causadora da Clorose Variegada dos Citros. **Laranja**, v. 16, n. 2, p. 135-136, 1995.
- PEREIRA, A. V. **Efeito de tipos e tamanhos de sacos plásticos sobre o desenvolvimento de porta-enxertos de seringueira (*Hevea sp.*)**. 1983. 44f. Tese (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.
- QUAGGIO, J. A. Análise de solo para citros: métodos e critérios para a interpretação de resultados. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CITROS – NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO, 1996, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1996. p. 95-113.
- ROSSETTI, V.; De NEGRI, J. D. Clorose variegada dos citros - revisão. **Laranja**, v. 11, p. 1-14, 1990.
- SOUZA, M. Nutrição e adubação para produzir mudas de frutíferas. **Informe Agropecuário**, v. 9, n. 102, p. 40-43, 1983.
- SPOMER, L. A. The effect of container soil volume on plant growth. **Hortscience**, v. 17, n. 4, p. 680-681, 1982.
- WILCOX, H. E. Mycorrhizae. In: WAISEL, Y.; ESHEL, A.; KAFKAFI, U. (Ed.). **Plant roots: the hidden half**. New York: Marcel Dekker, p. 731-765. 1991.
- WILLIAMSON, J. G.; CASTLE, W. S. A survey of Florida citrus nurseries. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, v. 102, p. 78-82, 1989.

Minhoca vermelha da Califórnia (*Eisenia fetida*): Um estudo da preferência alimentar

Suenildo Josémo Costa Oliveira; Sibério Domingos dos Santos;
Alexandre Costa Leão; Mário Sérgio de Araújo

Abstract

Through the process of vermicomposting, earthworms are used to digest organic matter derived from plant or animal remains (e.g., manures). In this chapter, a study of the feeding preferences of the earthworm *Eisenia fetida* were performed using the following food substrates: pig manure, cow manure, rabbit droppings, goat droppings, chicken manure, urban wastes, vegetable mould and bat feces. The substrates were moistened with 1 L of water and after a preliminary stabilization process (45 d), placed in 1 kg - capacity round transparent plastic containers. The experiment had eight treatments and four replicates for a total of 36 observation units. The preferred food substrate was chicken manure and the least desirable food, composted urban wastes. The remaining substrates showed the following order of decreasing preference to the earthworms: rabbit droppings, pig manure, cow manure, goat droppings, bat feces and vegetable mould. Therefore, animal feces (chicken, rabbit, pig and cow) tended to be preferred food substrates or *E. fetida*, confirming its detritivorous, coprophagous behavior, and the preferential use of these materials for the rearing of this species in vermiculture.

Resumo

A vermicompostagem é um processo pelo qual se utilizam as minhocas para digerir a matéria orgânica, proveniente de restos vegetais e/ou animais (esterços), provocando sua degradação. Neste trabalho sobre preferência alimentar da minhoca vermelha da Califórnia (*Eisenia fetida*), utilizou-se os seguintes substratos; esterco suíno, esterco bovino, esterco de coelho, esterco caprino, esterco de aves, lixo urbano, terra vegetal e esterco de morcego. Estes substratos foram irrigados com 1 litro de água e após o término do processo de estabilização (45 dias), os substratos foram colocados em recipientes plásticos transparentes redondos com capacidade para 1 kg. O experimento constou de oito tratamentos e quatro repetições, totalizando 36 observações. Constatou-se que o esterco de aves obteve melhor aceitação por parte das minhocas, enquanto o lixo urbano compostado apresentou a menor aceitação. Os demais substratos em ordem decrescente em relação à preferência alimentar foram: esterco de coelho, esterco de suíno, esterco bovino, esterco caprino, esterco de morcego e terra vegetal. Portanto, houve uma maior preferência da minhoca *E. fetida* pelos esterços (especialmente de aves, coelho, suínos e bovinos), confirmando seu comportamento detritívoro e coprófago, e o uso preferencial desses materiais para a minhocultura com esta espécie.

Introdução

As minhocas são animais invertebrados edáficos onívoros, que se alimentam de restos vegetais e dejetos animais; comem folhas, sépalas, ramos, conchinhas de moluscos terrestres e pedacinhos de ossos (Darwin, 1881; Hartenstein, 1986; Curry & Schmidt, 2007). Algumas até comem outras minhocas menores, tendo, portanto, comportamento canibal (Lavelle, 1981). Porém, o material que predomina na dieta das minhocas é a matéria orgânica tanto de origem animal (na forma de esterco) como de origem vegetal (na forma de compostos



previamente fermentados, desde que não sejam muito ácidos ou com cheiro pronunciado; ou contida na manta florestal ou liteira).

Atualmente, as minhocas são criadas em cativeiro para produzir adubo orgânico. Esta atividade recebe o nome de minhocultura ou vermicompostagem (Oliveira, 2001). Na vermicompostagem utiliza-se as minhocas para digerir a matéria orgânica proveniente de restos animais (esterços) e/ou vegetais (Kiehl, 1985), provocando sua degradação através da ação combinada das minhocas e da microflora que vive em seu trato digestivo e no substrato original. Além da produção de vermicomposto para adubações orgânicas, a minhocultura também reproduz minhocas para a alimentação animal, gerando matrizes para venda a novos minhocultores, e isca para a venda a pescadores.

A minhoca vermelha da Califórnia (*Eisenia fetida* ou *E. andrei*) prefere os esterços a outros alimentos; porém, ingere toda matéria orgânica desde que não seja muito ácida e com cheiro pronunciado. Contudo, existem poucos trabalhos sobre a preferência alimentar das minhocas, incluindo a vermelha da Califórnia. Portanto, este trabalho teve como objetivo o estudo da preferência alimentar dessa espécie de minhoca por diferentes substratos orgânicos.

Materiais e Métodos

O trabalho foi conduzido em uma sala com 15 m² pertencente à Escola Agrícola Assis Chateaubriand, da Universidade Estadual de Paraíba, situada no sítio Imbaúba s/n, Lagoa Seca, no período de 10 de fevereiro a 26 de junho de 2003.

Os substratos utilizados no experimento foram: esterco suíno (1kg), esterco bovino (2 kg), esterco de coelho (0,8 kg), esterco caprino (1 kg), esterco de aves (0,8 kg), lixo urbano (2,8 kg), terra vegetal (3,6 kg) e esterco de morcego (0,8 kg), que após serem coletados passaram pelo processo de compostagem (estabilização). Estes substratos foram irrigados com 1 litro de água em intervalos de 15 dias (totalizando 3 litros de água para os 45 dias de incubação); após cada irrigação, os substratos foram revolvidos. O único substrato que não passou por este processo foi a terra vegetal.

Após o término do processo de estabilização, os substratos foram colocados em recipientes plásticos transparentes redondos com capacidade de 1 kg. Com a finalidade de impedir a passagem da

luz, os recipientes foram cobertos com uma lona plástica de cor preta.

O experimento teve oito tratamentos e quatro repetições, totalizando 36 unidades de cultivo, onde: T₁ = esterco suíno, T₂ = esterco bovino; T₃ = esterco de coelho, T₄ = esterco caprino, T₅ = esterco de aves, T₆ = lixo urbano, T₇ = terra vegetal e T₈ = esterco de morcego (Figura 33.1). Os recipientes plásticos foram colocados em uma mesa, comportando todos os tratamentos e repetições.

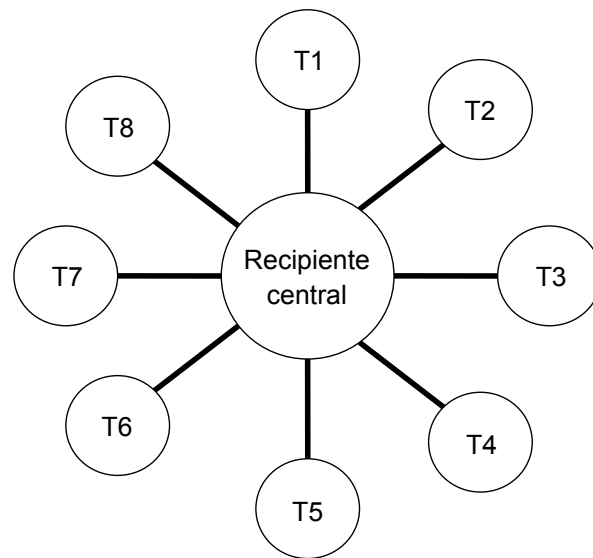


Figura 33.1. Modelo da montagem do experimento em cada uma das quatro repetições, com seus oito tratamentos: T₁ = esterco suíno; T₂ = esterco bovino; T₃ = esterco de coelho; T₄ = esterco caprino; T₅ = esterco de aves; T₆ = lixo urbano; T₇ = terra vegetal; T₈ = esterco de morcego.

A montagem de cada repetição constou de um recipiente central (contendo solo e 100 minhocas vermelhas da Califórnia), circundado por oito recipientes (contendo os tratamentos). As ligações entre o recipiente central e os demais recipientes foram feitas com mangueira de 10 mm de diâmetro e 30 cm de comprimento, de cor preta. Esta mangueira foi previamente mergulhada em água durante 5 dias, visando manter uma umidade interior ideal para a locomoção das minhocas.

Após a colocação das minhocas, o recipiente central permaneceu com suas oito conexões (canaís) abertas por cinco dias para o livre acesso das minhocas. Após este período as conexões foram fechadas, impedindo, a locomoção das minhocas. A coleta para contagem das minhocas foi realizada 20 dias após sua colocação, contando-se a

quantidade de minhocas que migraram para cada tratamento.

Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística, utilizando-se o Software ESTAT (Jaboticabal, SP) e as médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Encontrou-se um número significativamente diferente de minhocas em cada fonte de matéria orgânica (Tabela 33.1). Este número está relacionado à sua preferência por determinado substrato. Encontraram-se significativamente mais minhocas no esterco de aves que nos demais substratos, sendo este o alimento preferido por parte das minhocas (Figura 33.2). Já o esterco de coelho e suíno diferiram significativamente dos demais alimentos, encontrando-se nestes um número intermediário de minhocas.

O substrato de menor preferência alimentar foi o lixo urbano compostado, que embora não tenha diferido significativamente do esterco bovino, caprino, de morcego e terra vegetal, apresentou a menor aceitação (Figura 33.2). No entanto, este substrato ainda pode ser uma alternativa viável para

a vermicompostagem de resíduos sólidos urbanos (resíduos de origem vegetal).

A maior procura pelos esterços provavelmente seja devido ao fato desta espécie de minhoca ser detritívora e coprófaga, apresentando preferência por substratos de origem animal, como os esterços bovino, suíno, de aves e coelho (Knapper et al., 1984; Kiehl, 1985; Longo, 1995; Oliveira, 2001). O esterco caprino e de morcego usados no experimento podem ter algumas substâncias rejeitadas pelas minhocas; porém mais pesquisas devem ser realizadas sobre o assunto para confirmar estes resultados.

Tabela 33.1. Resultado da análise de variância, realizada com dados transformados em $\sqrt{(x+1)}$. CV = 25.29%; ** = $p < 0,001$.

Fontes de Variação	GL	QM
Tratamento	07	17,58**
Resíduo	24	0,54
Total	31	

Conclusões

Os substratos preferidos, em ordem decrescente para alimentação da minhoca vermelha

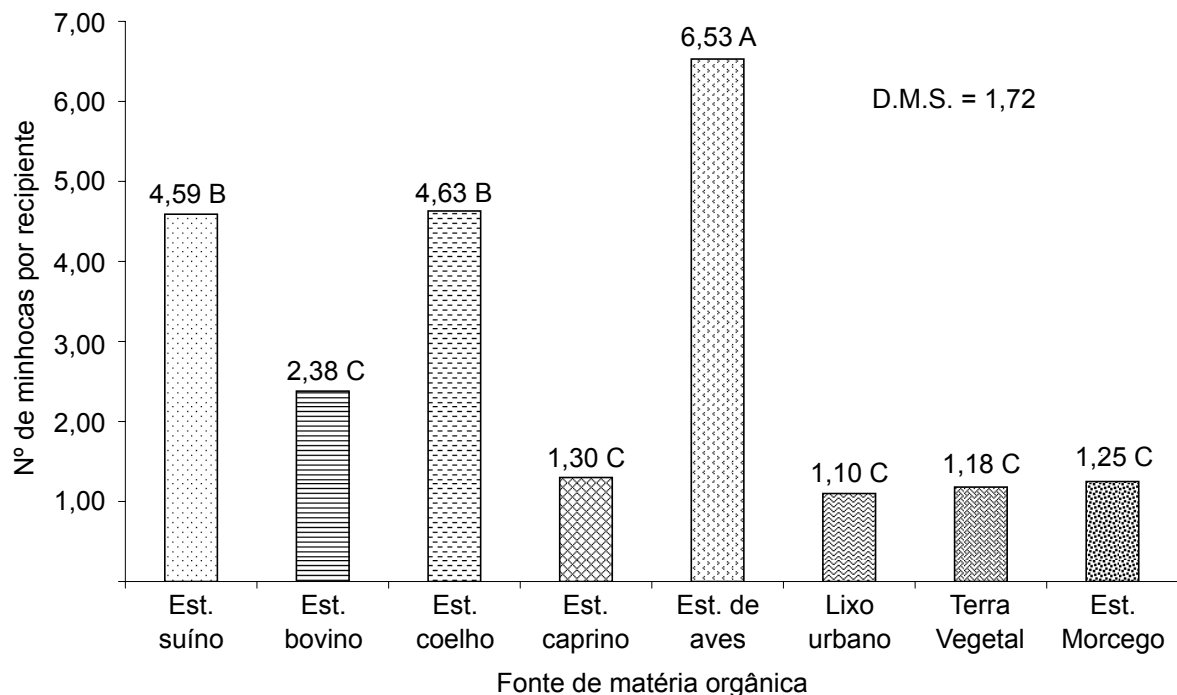


Figura 33.2. Número de minhocas vermelhas da Califórnia (*Eisenia fetida*) encontradas em cada substrato após 20 dias de incubação (dados transformados). Letras diferentes no topo de cada coluna indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos, usando o teste de Tukey. Est. = Esterco

da Califórnia, foram: esterco de ave, esterco de coelho, esterco suíno, esterco bovino, esterco caprino, esterco de morcego, terra vegetal e lixo urbano.

Referências

- CAMILLIS NETO, G de. **Curso prático de minhocultura**. Itu: [S.ed.], 1992. 42 p. Monografia de curso.
- CURRY, J. P.; SCHMIDT, O. The feeding ecology of earthworms – a review. **Pedobiologia**, v. 50, n. 6, p. 463-477, 2007.
- DARWIN, C. **The formation of vegetable mould through the action of worms with some observations on their habits**. London: John Murray, 1881.
- HARTENSTEIN, R. Earthworm biotechnology and global biogeochemistry. **Advances in Ecological Research**, v. 15, p. 379-409, 1986.
- KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Ceres, 1985. 492 p.
- KNAPPER, C. F. U.; BUSS, M. R. P.; MAURIQUE, G. M. G. Minhocas: seu espaço vital no solo. **Estudos Leopoldenses**, v. 20, n. 78, p. 31-36, 1984.
- LAVELLE, P. Un ver de terre carnivore des savanes de la moyenne Côte d'Ivoire: *Agastrodrilus dominicae* nov. sp. (Oligochaeta, Megascolecidae). **Revue d'Écologie et Biologie du Sol**, v. 18, n.2, p. 253-258, 1981.
- LONGO, A. D. **Minhocas de fertilizadora do solo a fonte alimentar**. 4. ed. São Paulo: Ícone, 1995.
- OLIVEIRA, S. J. C. **Minhocultura**. Lagoa Seca: Universidade Estadual da Paraíba, 2001. 14 p. Apostila de curso.

Influência do esterco bovino peneirado e não peneirado na criação e produção de húmus da minhoca vermelha da Califórnia (*Eisenia fetida*)

Suenildo Josémo Costa Oliveira; Claudiano Teixeira Freire de Barros;
Alexandre Costa Leão; Mário Sérgio de Araújo

Abstract

Vermiculture contributes to the recycling of organic residues, producing vermicompost and earthworms that can be sold for various purposes. In Brazil, the most commonly used substrate for vermiculture is cattle manure, although further research is necessary to improve the use of this substrate and the process of vermiculture in general. Therefore, the present experiment was undertaken to determine the effect of pre-sieving the manure on earthworm (*Eisenia fetida*) survival and reproduction, and vermicompost production. For this purpose, sieved (4 mm) and un-sieved cattle manure were placed in eight vermiculture beds (four replicates each), and inoculated with 1500 adult earthworms. After 60 d incubation the earthworms and the vermicompost produced were quantified. A significantly higher number of adult worms were found in the sieved manure; a tendency for higher number of juvenile worms and vermicompost production were also observed in the sieved manure, but these differences were not significant. Therefore, the pre-sieving of manure may be a good alternative to increase both vermicompost and earthworm production, although further research is necessary to confirm these results, including the use of other manure types.

Resumo

A minhocultura contribui para a reciclagem de resíduos orgânicos, gerando o vermicomposto ("húmus de minhoca") e minhocas que podem ser comercializadas para diversos fins. Geralmente, no Brasil, usa-se como substrato para a minhocultura o esterco bovino, mas ainda são necessários mais estudos para aprimorar o uso desse substrato e o processo de minhocultura em geral. Portanto, o presente experimento foi realizado para determinar a influência do peneiramento do esterco bovino sobre a criação da minhoca vermelha da Califórnia (*Eisenia fetida*) e a produção de húmus. Para tal, usou-se esterco bovino peneirado (4 mm) e não peneirado em oito canteiros (4 repetições cada), nos quais foram inoculados 1.500 minhocas adultas. Os substratos foram incubados por 60 dias para a transformação do esterco em húmus. No esterco bovino peneirado, a sobrevivência das minhocas adultas foi maior que no esterco não peneirado. Observou-se tendência de maior número de minhocas jovens e quantidade de húmus produzida com esterco peneirado, mas as diferenças não foram significativas. Considerando os resultados, o peneiramento prévio do esterco pode ser uma boa alternativa para aumentar a produção de húmus e de minhocas; contudo ensaios são necessários para confirmar esses resultados, usando também outros tipos de esterco.

Introdução

A vermicompostagem é a compostagem de materiais orgânicos com minhocas, que participam no revolvimento do material em fase de maturação. Na formação de vermicomposto podem ser usados, em princípio, todos os restos culturais disponíveis na propriedade rural ou



na vizinhança. Estes variam em relação a conteúdo de água, materiais orgânicos, relação carbono-nitrogênio, e tamanho das partículas (Kiehl, 1985).

Existem três espécies de minhocas que são mais conhecidas por atuarem na compostagem: as espécies da família Lumbricidae, *Eisenia fetida* e *Eisenia andrei*, ambas conhecidas como vermelhas da Califórnia e a espécie da família Eudrilidae, *Eudrilus eugeniae*, conhecida como a gigante africana (Oliveira, 2001). Essas minhocas, por alimentarem-se de resíduos semi-crus, podem acelerar o processo de decomposição, tanto pelo revolvimento dos resíduos, favorecendo sua aeração e homogeneização, como pelo processamento químico e biológico que ocorre em seu trato digestivo. No vermicomposto verifica-se, comumente, um aumento no teor de macro e micronutrientes e ácidos húmicos, que garantem a formação de uma fração estável de húmus no solo (Knapper, 1990a).

A aplicação da matéria orgânica ao solo a partir do vermicomposto, ou “húmus de minhoca”, é vantajosa, por este ser um melhorador físico e químico do solo (Knapper, 1990b). Além disso, o “húmus de minhoca” ainda contém substâncias que aceleram o crescimento vegetal (hormônios naturais) e até antibióticos que controlam a incidência de certas doenças (Revista Guia Rural, 1991; Edwards, 2004).

A criação de minhoca em cativeiro gera vários produtos comercializáveis, incluindo o “húmus”, e as minhocas, que servem de alimento de alto valor protéico na forma de ração animal. Sendo a criação de minhocas em cativeiro uma atividade relativamente recente no Brasil (Camillis Neto, 1992), existem ainda conhecimentos a serem adquiridos para explorá-las de forma racional, pois as técnicas hoje empregadas são provenientes principalmente de país estrangeiros (EUA e Itália).

O material mais comumente usado na minhocultura brasileira é o esterco bovino (Oliveira, 2001). Porém, pouco se sabe do efeito da homogeneização prévia desse substrato no crescimento e reprodução das minhocas. Portanto, este trabalho teve como objetivo testar o efeito da homogeneização física prévia (peneiramento) do substrato (esterco bovino) no desenvolvimento das minhocas na minhocultura.

Material e métodos

O experimento foi conduzido no minhocário da Escola Agrícola Assis Chateaubriand, no mu-

nícipio de Lagoa Seca, PB, no período de 04 de setembro a 03 de novembro de 2000.

Na escolha do esterco levou-se em consideração o ambiente, a alimentação dos animais e o tipo (bovino, suíno, coelhos, galinhas entre outros). O esterco adquirido foi o de bovino por ser o mais utilizado em relação aos demais substratos.

O experimento foi conduzido em oito canteiros com as seguintes dimensões: 1 m de comprimento; 1 m de largura; 50 cm de altura e declividade de 2%. Em cada canteiro foram colocados 192 kg de esterco peneirado (nº 1 a 4), ou não peneirado (nº 5 a 8), o qual foi regado para retirar o excesso de urina, passando logo em seguida por um “repouso” de 13 dias.

Em cada canteiro foram colocadas 1.500 minhocas adultas (*E. fetida*). O substrato foi regado com água duas a três vezes por semana para proporcionar boa condição de desenvolvimento, e os canteiros foram cobertos com lona plástica (cor preta), no intuito de evitar a entrada de luz, a evaporação (perda) excessiva de água e o ataque de predadores. Os substratos foram incubados por um período de 60 dias para a transformação do esterco em húmus.

Após este período, foi realizada a coleta das minhocas e do húmus. Em ambos os canteiros foram colocadas iscas para capturar a minhocas (sacos utilizados para embalagem de cebola, contendo esterco bovino curtido) e o húmus produzido foi peneirado (4 mm). As minhocas adultas e jovens (presentes nas iscas e no húmus) foram quantificadas e o produto final (húmus) pesado em balança.

Resultados e discussão

O número de minhocas adultas encontradas no final do experimento diminuiu nos dois tratamentos (Tabela 34.1); 346 minhocas adultas foram encontradas no substrato peneirado (23% do original) e 207 no substrato não peneirado (14% do inicial). Essa diferença foi significativa ($p < 0,05$). A redução no número de minhocas adultas provavelmente ocorreu devido ao alto número de minhocas inoculadas (1.500) ser maior do que a capacidade de carga do substrato adicionado, ocasionando escassez de alimento e gerando a morte e/ou a fuga das minhocas (Camillis Neto, 1992; Vieira, 1986).

Enquanto ao número de minhocas jovens e total (Tabela 34.1), não houve diferença significa-

Tabela 34.1. Número de minhocas adultas e juvenis e quantidade de vermicomposto (húmus) produzido com a minhoca *Eisenia fetida*, após 60 dias de incubação, usando esterco bovino peneirado (4 mm) e não peneirado. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas (Teste de Tukey, $p < 0,05$).

Tratamento do esterco bovino	No. de minhocas			Húmus produzido (kg)
	Adultas	Juvenis	Total	
Peneirado	346 a	1484 a	1830 a	150 a
Não peneirado	207 b	1185 a	1392 a	133 a

tiva entre os tratamentos ($p > 0,05$). Porém, houve uma tendência de maior número de minhocas no esterco peneirado, provavelmente devido à maior reprodução das minhocas adultas nesse tratamento (Oliveira, 2001).

Em relação à quantidade de húmus produzido (Tabela 34.1), também não houve diferença significativa entre os tratamentos ($p > 0,05$). O peneiramento do substrato retira objetos que frequentemente estão presentes no esterco, tais como: vidro, pedras e restos vegetais (Oliveira, 2001; Longo, 1995). Portanto, constatou-se um rendimento de húmus de 78% do peso inicial (150 Kg), valor ligeiramente superior ao do substrato não peneirado (133 Kg). Ambos valores estão acima da média (60% de rendimento) com esse substrato (Camillis Neto, 1992).

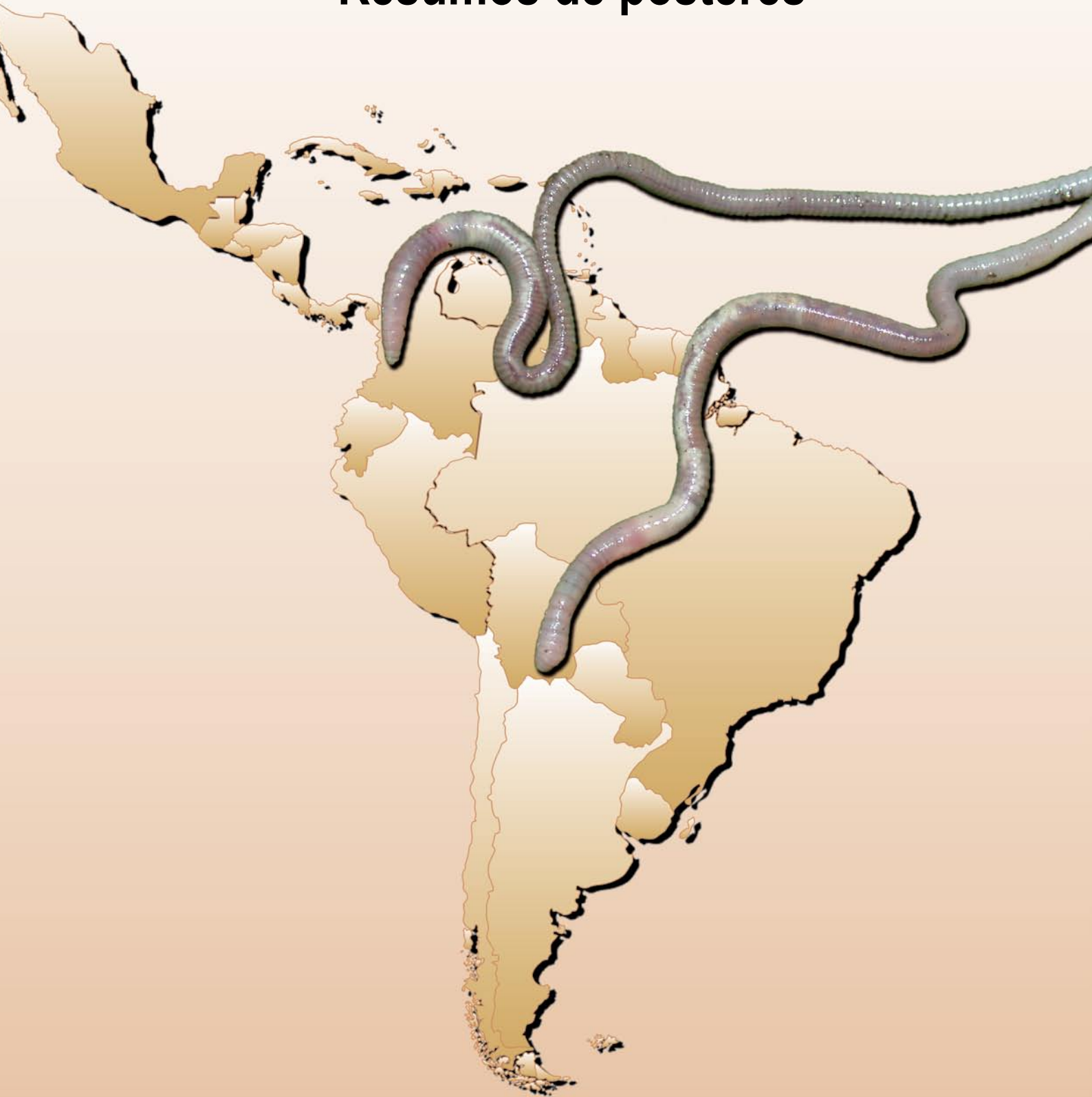
Conclusões

O peneiramento do esterco permitiu maior sobrevivência de minhocas adultas. Contudo, não foram observadas diferenças significativas no número de minhocas juvenis, assim como na produção de húmus, nos substratos peneirados e não peneirados.

Referências

- CAMILLIS NETO, G. de. **Curso prático de minhocultura**. Itu. Monografia de curso, 1992. 42p.
- EDWARDS, C. A. The use of earthworms in the breakdown and management of organic wastes. In: EDWARDS, C. A. (Org.). **Earthworm ecology**. Boca Raton: St. Lucie Press, 2004, p. 327-354.
- KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1985.
- KNAPPER, C. F. V. Vermicompostagem: uma nova proposta de discussão. **Revista Estudos Leopoldenses**, v. 26, n. 115, p. 33-45, 1990a.
- KNAPPER, C. F. V. Minhocas podem ajudar na recuperação do solo. **Revista Agricultura de Hoje**, São Paulo, v. 23, p. 23-24, 1990b.
- LONGO, A. D. **Minhocultura**. São Paulo: Nobel, 1995. 60 p.
- OLIVEIRA, S. J. C. **Apostila de curso**. Lagoa Seca: Universidade Estadual da Paraíba, 2001. 20 p.
- REVISTA GUIA RURAL. **Horta e saúde**. Editora Abril, 1991. 338 p.
- VIEIRA, M.I. **Criação de minhocas**. São Paulo: Nobel, 1986. 86 p.

Resumos de pôsteres



Vermicompuesto de contenido ruminal y harina de lombriz (*Eisenia fetida*) como aditivos en dieta de pollos de ñandú (*Rhea americana*)

Enzo G. Grosso; Gabriel Laufer; Matías Arim

La utilización de harina de lombriz y vermicompuesto como alimentación ya ha sido experimentada en varias especies zootécnicas (aves, peces, ranas, conejos), tanto en calidad de alimentos (proteínas y ácidos grasos) como en sanidad (probióticos). Su aplicación a la cría de *Rhea americana* en cautiverio, actividad agropecuaria de gran crecimiento en Uruguay, se presenta como una contribución a la solución de problemas en la nutrición y colonización intestinal de los pollos, especialmente durante el primer mes de vida. Se presenta el primer trabajo experimental de suplementación de harina y humus de la lombriz *Eisenia fetida* en concentrados comerciales de ñandú como fuente de proteína de invertebrados (importante componente de la dieta en la naturaleza) y probiótico (colonización intestinal) efectivo y de bajo costo para sustituir los costosos productos importados. Las lombrices y el humus provinieron del vermicompostaje de contenido ruminal de desechos de frigorífico. Se realizó un experimento con dos tratamientos (T) y un control, cada uno con dos réplicas. El T1 consistió en un agregado de humus al 1% y el T2 en un agregado de una mezcla 1:1 de harina de lombriz y humus, al 1%. Se midieron los parámetros de ganancia de peso, mortalidad desde la eclosión y hasta los 57 días. Se observó una tendencia de mayor crecimiento en los grupos del T1 y una menor mortandad en los grupos de T2. Esto indicaría un efecto positivo del agregado de estos aditivos a concentrados comerciales aún en cantidades muy bajas. Los efectos observados resultaron estadísticamente no significativos por el desempeño de uno de los testigos (similar a los tratamientos), probablemente por efecto de alguna variable no considerada, tal como la influencia positiva de la cercanía a los operarios de este grupo (impronta). Estos primeros resultados de aplicación presentan perspectivas interesantes para el desarrollo de estos productos, para lo cual están en marcha nuevos experimentos.

Preparo de substrato para multiplicação da minhoca vermelha da califórnia (*Eisenia fetida*) e produção de húmus

Suenildo Josémo Costa Oliveira; Eduardo D.M. Queiroz; Elizabeth V.P. Porto;
Alexandre Costa Leão; Fábio Agra de M. Nápoles

A criação de minhocas visando à produção de matrizes é carente em pesquisa quanto ao preparo de substratos que mais favoreçam a sua reprodução. Embora as minhocas se reproduzam com facilidade (dependendo da umidade, temperatura e alimentação), o substrato para alimentação exerce fator primordial em relação à criação das mesmas. A prática dos minhocultores consiste no uso de esterco bovino, mas normalmente não são tomados os devidos cuidados em relação ao preparo do substrato, e o fornecimento de alimento para produção de húmus e matrizes. Portanto, um experimento foi conduzido no minhocário da Escola Agrícola Assis Chateaubriand, no município de Lagoa Seca, PB, para testar a influência de três formas de preparar os substratos na multiplicação de minhocas e produção de húmus. Para tal, usaram-se como minhocários três tanques com as seguintes dimensões: 1 m de comprimento, 1 m de largura e 0,5 m de altura e declividade de 2%. No tanque nº 1, foi colocado na parte de baixo 10 kg de “restos” da cultura da alface (*Lactuca sativa*) e logo em seguida 275 kg de esterco bovino peneirado a 4 mm, sendo que na parte de cima do canteiro foram colocados 10 kg de restos da cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.) e 10 kg de restos da cultura do tomate (*Lycopersicon esculentum* L.). No tanque nº 2, colocou-se 325 kg de esterco bovino não peneirado. No tanque nº 3, foi colocado na parte de baixo, restos da cultura da alface (10 kg) e logo em seguida 325 kg de esterco bovino não peneirado, sendo que na parte de cima do canteiro colocou-se 20 kg de restos da cultura de chuchu (*Sechium edule*). Todos os substratos foram inoculados com 1.000 minhocas (*Eisenia fetida*) adultas e incubados por um período de 60 dias. Após esse período, coletaram-se as minhocas e o húmus; contou-se o número de minhocas; peneirou-se o húmus numa peneira de malha 4mm e pesou-se. No tanque nº 1 (Est. Bovino peneirado + restos de cultura), obteve-se 1.300 minhocas e 215 Kg de húmus; no tanque nº 2 (Est. Bovino não peneirado), obteve-se 350 minhocas e 200 Kg de húmus; no tanque nº 3 (Est. Bovino não peneirado + restos de cultura), obteve-se 3.200 minhocas e 220 Kg de húmus. Portanto, pode-se concluir que, para o preparo de substrato para tanques de reprodução: a) a utilização de restos de cultura proporcionou um substrato mais adequado para a reprodução de matrizes, tanto com o esterco bovino peneirado como não peneirado; b), o uso do substrato esterco não peneirado adicionado com restos da cultura do chuchu e da alface mostrou alto potencial de utilização para a multiplicação de matrizes, havendo um aumento na população de minhocas de 320%; c) o uso do substrato esterco peneirado adicionado com resto da cultura da batata e alface mostrou-se viável para a multiplicação de matrizes, havendo um aumento na população de minhocas de 130%; d) para produção de húmus não houve diferença entre os três substratos utilizados.

Contribuição da palma forrageira (*Opuntia ficus*) na criação da minhoca vermelha da Califórnia (*Eisenia fetida*) e na produção de húmus

Suenildo Josémo Costa Oliveira; Benedito Olinto da Silva; Alexandre Costa Leão;
Messias Firmino de Queiroz; Mario Sergio de Araújo

A umidade do substrato usado na vermicompostagem influencia a quantidade de alimentos ingeridos e a quantidade digerida pelas minhocas, assim como sua movimentação, cópula e desenvolvimento sexual. A palma é uma xerófila verdadeira, com capacidade de armazenar água em seu interior. O presente experimento foi conduzido no minhocário da Escola Agrícola Assis Chateaubriand, no município de Lagoa Seca, PB, para avaliar a contribuição da palma forrageira (*Opuntia ficus*) na criação da minhoca vermelha da Califórnia (*Eisenia fetida*) e na produção de húmus. Para tal experimento foram utilizados como minhocários, dois tanques com as seguintes dimensões: 1 m de comprimento, 1 m de largura e 0,5 m de altura e declividade de 2%. No tanque nº 1, colocou-se 350 minhocas adultas e 400 jovens; a cada 25 cm a partir do piso colocou-se uma camada de palma forrageira, tendo-se no final duas camadas de palma forrageira. No tanque nº 2, colocou-se 400 minhocas adultas e 350 jovens, mas não foi adicionada palma forrageira (testemunha). Ambos os tanques receberam 200 Kg de esterco bovino peneirado (4 mm) e os substratos foram incubados por um período de 60 dias. Após esse período, coletou-se as minhocas e o húmus, contou-se o número de minhocas jovens e adultas, peneirou-se (4 mm) e pesou-se o húmus. No tanque nº 1, com palma forrageira, obteve-se 973 minhocas adultas e 771 minhocas jovens e 130 Kg de húmus, no tanque nº 2, obteve-se 704 minhocas jovens e 898 minhocas adultas e 127 Kg de húmus. Portanto, pode-se concluir que: a) A utilização da palma forrageira como parte do substrato obteve um resultado satisfatório, pois, houve um aumento no número de minhocas jovens e adultas coletadas no final do experimento; b) Para tanques de reprodução, o uso do substrato com adição da palma forrageira mostrou potencial de utilização para a multiplicação de matrizes; c) No tanque nº 2 (testemunha), houve um aumento de 254,28% de minhocas jovens e 176% de minhocas adultas; d) não houve muita diferença entre os dois substratos utilizados enquanto a quantidade de húmus produzida.



Soja

Em seu último livro, Charles Darwin declarou que “as minhocas têm desempenhado um papel mais importante na história do mundo do que muitas pessoas supõem”. Porém, o conhecimento da diversidade e biologia desses oligoquetas continua ínfimo em grande parte do mundo, especialmente na região tropical. “Minhocas na América Latina” apresenta a primeira síntese da diversidade de minhocas neotropicais, incluindo um listado de todas as espécies conhecidas e sua distribuição em cada país latino-americano. O livro também trata da ecologia de minhocas em diversos sistemas agrícolas e naturais, seu uso como bioindicadoras ambientais e os benefícios das minhocas, da minhocultura e do “húmus” (vermicomposto) na agricultura. Esse livro será útil tanto para alunos quanto para professores e demais profissionais interessados na descrição e preservação da biodiversidade, na ecologia e a produtividade dos solos e ecossistemas tropicais.

Apoio

Ministério do
Meio Ambiente



INSTITUTO DE ECOLOGÍA, A.C.
INECOL



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento



ISBN 978-85-70330-19-2



CGPE 6303