

BOLETÍN CIENTÍFICO
CENTRO DE MUSEOS
MUSEO DE HISTORIA NATURAL
Vol. 17 No. 2

SCIENTIFIC BULLETIN
MUSEUM CENTER
NATURAL HISTORY MUSEUM
Vol. 17 No. 2

bol.cient.mus.his.nat.	Manizales (Colombia)	Vol. 17 No. 2	270 p.	julio - diciembre de 2013	ISSN 0123-3068
------------------------	----------------------	---------------	--------	---------------------------	----------------



**BOLETÍN CIENTÍFICO
CENTRO DE MUSEOS
MUSEO DE HISTORIA NATURAL**

*ISSN 0123 – 3068
- Fundada en 1995 -
Nueva periodicidad semestral
Tiraje 300 ejemplares
Vol. 17 No. 2, 270 p.
julio - diciembre, 2013
Manizales - Colombia*

Rector | *Ricardo Gómez Giraldo*
Vicerrector Académico | *Luz Amalia Ríos Vásquez*
Vicerrector de Investigaciones y Postgrados | *Carlos Emilio García Duque*
Vicerrector Administrativo | *Fabio Hernando Arias Orozco*
Vicerrector de Proyección | *Fanny Osorio Giraldo*
Centro de Museos | *Sandra Milena Lince Salazar*

Boletín Científico | Revista especializada en estudios
Centro de Museos | de Historia Natural y áreas
Museo de Historia Natural | biológicas afines.

Director | *Julián A. Salazar E.*
Médico Veterinario & Zootecnista (MVZ).
Universidad de Caldas, Centro de Museos.

Indexada por | *Publindex Categoría A2*
Zoological Record
SciELO

Cómite Editorial

Ricardo Walker
Investigador, Fundador Boletín Científico Museo de Historia Natural, Universidad de Caldas
Luis Carlos Pardo-Lozano
Ingeniero Agrónomo, PhD, MsC., CIAT Palmira, Valle
John Harold Castaño
MsC. Programa Biología, Universidad de Caldas
Luis M. Constantino
Entomólogo MsC., Centro de Investigaciones para el café - CENICAFÉ -
Jaime Vicente Estévez
Biólogo. Grupo de Investigación en Ecosistemas Tropicales, Universidad de Caldas.
Gabriel Jaime Castaño
Ingeniero Forestal. Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente, Universidad de Caldas.
Ricardo Álvarez León
Biólogo Marino, MsC. Fundación Maguaré, Manizales

Cómite Internacional

Ángel L. Viloria
Biólogo-Zoólogo, Ph.D., Centro de Ecología, IVIC, Venezuela
Tomasz Pyrz
Entomólogo, Ph.D., Museo de Zoología Universidad Jaguellónica, Polonia
Zsolt Bálint
Biologo PhD., Museo de Historia Natural de Budapest, Hungría
Carlos López Vaamonde
Ingeniero Agrónomo; Entomólogo, MSc., Ph.D., BSc. Colegio Imperial de Londres, UK
George Beccaloni
Zoologo, PhD., BSc.- Colegio Imperial de Londres, UK
Olaf Hermann H. Mielke
Zoólogo, PhD., Departamento de Zoología, Universidad Federal de Paraná, Brasil
Roger Roy
Entomólogo, Ph.D., Museo de Historia Natural de Paris, Francia

Comité Técnico de apoyo a la edición
Coordinador Comité Técnico *Juan David Giraldo Márquez*
Diagramación *Juan David López González*
Corrección de Estilo *Héctor Fernando Giraldo*
Traducción de resúmenes al inglés *Silvia L. Spaggiari*
Implementación metodología SciELO *Carlos Fernando Nieto Betancur*
SopORTE Tecnológico *Carlos Eduardo Tavera Pinzón*

Ventas, Suscripciones y Canjes

Dirección: **Vicerrectoría de Investigaciones y Postgrados**
Apartado Aéreo: Universidad de Caldas
Teléfonos: Sede Central
E-mail: Calle 65 No 26 - 10
275
(+6) 8781500 ext. 11222 - 11442
julianadolfoster@gmail.com
revistascientificas@ucaldas.edu.co
Manizales – Colombia

Sitio Web

<http://boletincientifico.ucaldas.edu.co>

Edición

Universidad de Caldas
Vicerrectoría de Investigaciones y Postgrados

Patrocinadores
Universidad de Caldas

Vicerrectoría de Investigaciones y Postgrados
Centro de Museos
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Fotografía Portada:

Hyla punctata (Anura)
tomada por Fredy Montero



Créditos Separadores: América Pintoresca

La responsabilidad de lo expresado en cada artículo es exclusiva del autor y no expresa ni compromete la posición de la revista.

El contenido de esta publicación puede reproducirse citando la fuente.

PRESENTACIÓN

El presente número del *Boletín* no hubiese sido posible publicar sin la generosa ayuda financiera gestionada por la Vicerrectoría de Proyección Universitaria y la Vicerrectoría de Investigaciones y Postgrados, a cargo de la doctora Fanny Osorio y el doctor Carlos Emilio García, respectivamente. Asimismo, el editor agradece gratamente el constante estímulo de los colegas, evaluadores de los artículos y autores quienes, con su constante apoyo por sacar adelante la Revista, han permitido que siga existiendo con el propósito de ayudar a divulgar el conocimiento de la Historia Natural colombiana.

Julián A. Salazar E. (MVZ)

Editor

Diciembre 14 de 2013.

**RIQUEZA Y DISTRIBUCIÓN DE MUSGOS EN EL
DEPARTAMENTO DEL CAUCA, COLOMBIA**
MOSS RICHNESS AND DISTRIBUTION IN THE DEPARTMENT OF CAUCA,
COLOMBIA

Bernardo Ramiro Ramírez Padilla

17

**NOVEDADES COROLÓGICAS DE LA FAMILIA
MELASTOMATACEAE PARA EL DEPARTAMENTO DE
CALDAS, COLOMBIA**
NEW RECORDS OF MELASTOMATACEAE FROM DEPARTMENT OF CALDAS,
COLOMBIA

Juan Mauricio Posada-H.

38

**CONSERVACIÓN Y BIODIVERSIDAD
EN AGROECOSISTEMAS**
Conservation and Biodiversity in Agroecosystems

**PRODUCTION, ACCUMULATION, AND DECOMPOSITION
OF LEAF LITTER IN A COLOMBIAN SUBANDEAN FOREST
AND NEIGHBORING AREAS OF RESTORATION**
PRODUCCIÓN, ACUMULACIÓN Y DESCOMPOSICIÓN DE HOJARASCA EN UN
BOSQUE COLOMBIANO SUBANDINO Y ÁREAS ALEDAÑAS DE RESTAURACIÓN

*Kelly Rubiano-Cardona, Luisa Fernanda Arcila-Cardona,
Elizabeth Jiménez-Carmona and Inge Armbrécht*

47

**ÁCAROS ORIBÁTIDOS PRESENTES EN SEIS SISTEMAS DE
USO DEL SUELO EN OBONUCO, PASTO (NARIÑO)**
ORIBATEID MITES PRESENT IN SIX LAND USE SYSTEMS IN OBONUCO, PASTO
(NARIÑO)

Yina Mabel Genoy J., Jesús Antonio Castillo F. y Tito Bacca

60

**RESPUESTA DE *Phytoseiulus macropilis* Banks A VOLÁTILES
PRODUCIDOS POR PLANTAS DE FRESA ATACADAS POR
Tetranychus urticae Koch ASPERJADOS CON
AZADIRACHTINA**

RESPONSE OF *Phytoseiulus macropilis* Banks TO VOLATILES PRODUCED BY
STRAWBERRY PLANTS ATTACKED BY *Tetranychus urticae* Koch SPRINKLED
WITH AZADIRACHTINA

Alberto Soto G, Angelo Pallini, Felipe Lemos

69

bol.cient.mus.his.nat.	Manizales (Colombia)	Vol. 17 No. 2	270 p.	julio - diciembre de 2013	ISSN 0123-3068
------------------------	----------------------	---------------	--------	---------------------------	----------------

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE *Collaria scenica* (HEMIPTERA: MIRIDAE) Y *Hortensia similis* (HEMIPTERA: CICADELLIDAE) EN VALLES ANDINOS

SPATIAL DISTRIBUTION OF *Collaria scenica* (HEMIPTERA: MIRIDAE) AND *Hortensia similis* (HEMIPTERA: CICADELLIDAE) IN ANDEAN VALLEYS

Luis Gabriel Bautista, Javier Antonio Cardona y Alberto Soto 75

ZOOLOGÍA VERTEBRADOS
Vertebrate Zoology

LEUCISMO EN MURCIÉLAGOS DE HOJA NASAL (CHIROPTERA, PHYLLOSTOMIDAE) DE COLOMBIA
LEUCISM IN LEAF NOSED BATS (CHIROPTERA: PHYLLOSTOMIDAE) OF COLOMBIA

Jorge Horacio Yelandia-Perilla, Ana Paola Justi-Muñoz, Manuel Andrés Sánchez-Martínez y Alan Giraldo 87

LOS PECES DEL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA (COLOMBIA)
THE FISHES OF ANTIOQUIA (COLOMBIA)

Andrés Felipe Montoya-López, Juan Guillermo Ospina-Pabón y Henry D. Agudelo-Zamora 95

USING FORAGING BEHAVIOR TO DETECT EDGE EFFECTS: A CASE STUDY WITH COLOMBIAN ANDEAN MAMMALS
USO DEL COMPORTAMIENTO DE FORRAJE O PARA DETECTAR EFECTOS DE BORDE: UN ESTUDIO DE CASO CON MAMÍFEROS ANDINOS COLOMBIANOS

Ginna Narváez y Francisco Sánchez 110

COMPARACIÓN DEL PERFIL TIROIDEO EN *Equus ferus caballus* (MAMMALIA: PERISSODACTYLA) POR GÉNERO Y EDAD

COMPARISON OF THYROID PROFILE IN *Equus ferus caballus* (MAMMALIA: PERISSODACTYLA) BY GENDER AND AGE

José Henry Osorio, Felipe Ramírez y Jorge Enrique Pérez 121

NOTES ON THE NATURAL HISTORY OF THREE GLASS FROGS SPECIES (ANURA: CENTROLENIDAE) FROM THE ANDEAN CENTRAL CORDILLERA OF COLOMBIA

NOTAS SOBRE LA HISTORIA NATURAL DE TRES ESPECIES DE RANAS DE CRISTAL (ANURA: CENTROLENIDAE) DE LA CORDILLERA CENTRAL DE COLOMBIA

Julián Andrés Rojas-Morales and Sergio Escobar-Lasso 127

**APROXIMACIÓN A LA BIOLOGÍA DE LA ZARIGÜEYA
COMÚN (*Didelphis marsupialis*)**

APPROACH TO THE COMMON OPOSSUM BIOLOGY (*Didelphimarsupialis*)

Martha Cristina Rueda, Ginés Fernando Ramirez y José Henry Osorio

141

**SHORT COMMUNICATION
FIRST REPORT OF HATCHING OF THE CHOCOAN
RIVER TURTLE *Rhinoclemmys nasuta* (BOULENGER 1902)
(TESTUDINES: GEOEMYDIDAE)**

PRIMER REPORTE DE ECLOSIÓN DE LA TORTUGA CHOCOANA DE RÍO,
Rhinoclemmys nasuta (BOULENGER 1902) (TESTUDINES: GEOEMYDIDAE)

Alan Giraldo, Mario F. Garcés-Restrepo, Wilmar Bolívar-G and John L. Carr

154

**POPULATION ECOLOGY AND MORPHOMETRIC
VARIATION OF THE CHOCOAN RIVER TURTLE
(*Rhinoclemmys nasuta*) FROM TWO LOCALITIES ON THE
COLOMBIAN PACIFIC COAST**

ECOLOGÍA POBLACIONAL Y VARIACIÓN MORFOMÉTRICA DE LA TORTUGA
DE RÍO CHOCOANA (*Rhinoclemmys nasuta*) EN DOS LOCALIDADES DE LA
COSTA PACÍFICA DE COLOMBIA

Mario Fernando Garcés-Restrepo, Alan Giraldo & John L. Carr

160

ZOOLOGÍA INVERTEBRADOS
Invertebrate Zoology

**DIVERSIDAD DE ESCARABAJOS CARABIDAE Y
SCARABAEIDAE DE UN BOSQUE TROPICAL EN EL
MAGDALENA MEDIO COLOMBIANO**

DIVERSITY OF CARABIDAE AND SCARABAEIDAE BEETLES OF A TROPICAL
FOREST IN THE MIDDLE MAGDALENA REGION IN COLOMBIA

Miguel Uribe L. y Luis Fernando Vallejo E.

174

**APORTE AL CONOCIMIENTO PARA LA CONSERVACIÓN DE
LAS MARIPOSAS (HESPERIOIDEA Y PAPILIONOIDEA) EN
EL PÁRAMO DEL TABLAZO, CUNDINAMARCA (COLOMBIA)**

CONTRIBUTION TO THE KNOWLEDGE FOR THE CONSERVATION OF
BUTTERFLIES (HESPERIOIDEA Y PAPILIONOIDEA) IN EL TABLAZO MOOR,
CUNDINAMARCA (COLOMBIA)

Fredy Montero-A. y Maira Ortiz-P.

197

**COLOMBIAN BUTTERFLIES (LEPIDOPTERA:
PAPILIONOIDEA) ATTRACTED TO TREE EXUDATES**
MARIPOSAS COLOMBIANAS ATRAÍDAS POR EXUDACIONES DE CORTEZAS DE
ÁRBOLES (LEPIDOPTERA: PAPILIONOIDEA)

Julián A. Salazar-E.

227

NOVEDADES EN HISTORIA NATURAL
NATURAL HISTORY NEWS

246

REVISIONES BIBLIOGRÁFICAS
BIBLIOGRAPHICAL REVISIONS

251

INSTRUCCIONES A LOS AUTORES
AUTHOR GUIDELINES

252

”Hay dos maneras de difundir la luz...
Ser la lámpara que la emite o el espejo que la refleja”

(Lin Yutang)



BOTÁNICA

Botany



Cactus Pitajaya. — Dessin de A. Faguet, d'après nature.

RIQUEZA Y DISTRIBUCIÓN DE MUSGOS EN EL DEPARTAMENTO DEL CAUCA, COLOMBIA*

Bernardo Ramiro Ramírez Padilla¹

Resumen

El departamento del Cauca, suroccidente de Colombia, presenta tres regiones geográficas y diversas formaciones vegetales que van desde las selvas tropicales hasta los páramos. El departamento es uno de los más ricos en musgos en Colombia, con 428 especies pertenecientes a 169 géneros y 53 familias. Las familias con mayor número de especies son: Dicranaceae (52), Orthotrichaceae (31), Bryaceae (30), Bartramiaceae (27), Sematophyllaceae (25), Pottiaceae (23), Pilotrichaceae (22), Meteoriaceae (19), Fissidentaceae (17), Brachytheciaceae (14), Hypnaceae (13), Neckeraceae (13), Calymperaceae (12) y Polytrichaceae (12). En la región Andina se encuentran 390 especies, en tanto que para la Pacífica y la Amazónica se cuenta con registros de solo 55 y 32 especies, respectivamente. Altitudinalmente, el número de especies crece a medida que se asciende hacia las zonas montañosas; la mayor riqueza se halla entre los 1500 y 3500 m; el máximo valor (196 especies) se encuentra alrededor de los 3000 m de altitud.

Palabras clave: Colombia, Cauca, musgos, distribución altitudinal, riqueza.

MOSS RICHNESS AND DISTRIBUTION IN THE DEPARTMENT OF CAUCA, COLOMBIA

Abstract

The Department of Cauca, Southwestern Colombia, presents three geographical regions and diverse vegetal formations in a range including tropical forest and moors. This Department is one of the richest in moss species at the national level, with 428 species included in 169 genera and 53 families. The families with the largest number of species are Dicranaceae (52), Orthotrichaceae (31), Bryaceae (30), Bartramiaceae (27), Sematophyllaceae (25), Pottiaceae (23), Pilotrichaceae (22), Meteoriaceae (19), Fissidentaceae (17), Brachytheciaceae (14), Hypnaceae (13), Neckeraceae (13), Calymperaceae (12) and Polytrichaceae (12). In the Andean region 390 species are found, while in the Pacific and Amazonic region the record of species is only 55 and 32 respectively. From the altitudinal perspective, the number of species increases with the ascension towards the mountains; the major richness is found among 1,500 and 3,000 m; the maximum value (196 species) is found around the 3,000 m of altitude.

Key words: Cauca, Colombia, mosses, altitudinal distribution, richness.

* FR: 21-VIII-2012. FA: 14-VI-2013.

¹ Profesor Titular Departamento de Biología, Universidad del Cauca. Herbario Universidad del Cauca (CAUP), Museo de Historia Natural. Cra. 2 No. 1A-25, Popayán, Colombia. E-mail: branly@unicauca.edu.co

INTRODUCCIÓN

Los musgos son de gran importancia en el mantenimiento de los ecosistemas andinos, especialmente como reguladores hídricos, acumuladores de humus y contrarrestantes de la erosión, manteniendo de tal manera el paisaje montañoso y la calidad del agua. Al igual que las plantas con flores, son amenazados por la deforestación, la extracción de madera y leña y la conversión de la tierra en áreas de pastos o cultivos; la deforestación continua y la fragmentación ocasionan la desaparición de muchas especies, especialmente de especies epífitas. La conservación de la biodiversidad demanda de conocimientos actualizados sobre áreas prioritarias, que presentan especies endémicas, hábitats especializados o son centros de especiación. El escaso conocimiento de la taxonomía, distribución y ecología de los musgos tropicales impide que se puedan implementar prácticas de conservación adecuadas (RICHARDS, 1984; CHURCHILL *et al.*, 1995; AGUIRRE & RANGEL, 2007).

En los últimos años el conocimiento sobre la brioflora de Colombia ha avanzado mucho como resultado de las variadas colecciones que se han adelantando; a pesar de ello, aún existen enormes vacíos que deberían irse llenando poco a poco. En la actualidad se conocen para el país 976 especies de musgos, distribuidas en 264 géneros y 72 familias, de las cuales las mejor representadas son: Dicranaceae, Pilotrichaceae, Pottiaceae, Orthotrichaceae, Bartramiaceae, Bryaceae y Sematophyllaceae (AGUIRRE & RANGEL, 2008b). Hasta el año 1993 se conocían 228 especies para el departamento del Cauca (CHURCHILL, 1993); dicho número se incrementó a 235 en el año 1995 (CHURCHILL & LINARES, 1995), a 315 en el 2008 (AGUIRRE, 2008a). El número de especies para el departamento fue estimado en unas 400 (CHURCHILL, 1993), cifra actualmente superada.

En el presente documento se muestra el estado de conocimiento de la flora muscícola del departamento del Cauca, se hacen adiciones a la lista de especies registradas, se establece una relación entre las regiones geográficas y el registro de especies existente. Desde el punto de vista político-administrativo se constata que existen municipios con inventarios bastante avanzados, otros con inventarios parciales y algunos que carecen completamente de información sobre la brioflora que poseen.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El departamento del Cauca se halla localizado al suroccidente de Colombia; tiene una extensión de 30.985 km²; limita por el oriente con los departamentos del Huila y Caquetá, por el sur con los departamentos del Putumayo y Nariño, por el occidente con el Océano Pacífico y por el norte con los departamentos del Valle del Cauca y del Tolima. Posee tres de las cinco regiones naturales de Colombia (BELTRÁN & HERNÁNDEZ, 1992): 1) Pacífica, hacia el occidente del departamento, comprende el andén continental costero y las islas de Gorgona y Gorgonilla. 2) Andina, atraviesa el departamento de sur a norte, comprende la Cordillera Central, la Cordillera Occidental y los valles interandinos situados entre ellas (Patía, Pubenza, Alto Cauca). 3) Amazónica, hacia el suroriente del departamento, comprende la denominada Bota Caucana.

Altitudinalmente, el territorio se extiende desde el nivel del mar hasta alcanzar su máxima altitud de 5750 m en las cumbres del Nevado del Huila; comprende formaciones vegetales tropicales muy húmedas y húmedas, áreas semidesérticas, selvas montañas muy húmedas, húmedas y secas, páramos húmedos y nieves perpetuas (IGAC, 1996). Esta singularidad permite la presencia de múltiples ecosistemas y hábitats adecuados para la aparición de una gran riqueza de musgos (RUDAS & AGUIRRE, 1990). Luis Sigifredo Espinal (CUVC) de la Universidad del Valle y Alvaro Fernández Pérez (AFP) de la Fundación Universitaria de Popayán.

Desde el punto de vista hidrológico, el departamento es el centro de origen de algunos de los ríos más importantes del país. Las múltiples corrientes de agua que nacen en el territorio se hallan integradas a cinco grandes cuencas hidrográficas: Cauca, Pacífico, Magdalena, Patía y Caquetá (RAMÍREZ & MACÍAS, 2007).

Administrativamente, el departamento se halla dividido en 42 municipios, la mayoría de los cuales se hallan en la región Andina. Tres municipios se encuentran enteramente en la región Pacífica (López de Micay, Timbiquí y Guapi), mientras que El Tambo y Argelia presentan una pequeña porción dentro de esta región. Piamonte es un municipio completamente amazónico y cierta porción del territorio de Santa Rosa forma parte de esta región (IGAC, 1996; www.piamonte-cauca.gov.co/index.shtml).

Obtención y procesamiento de la información

Se revisaron las bases de datos de los herbarios Missouri Botanical Garden (MO), New York Botanical Garden (NY), Herbarium Systematisch-Geobotanisches Institut (GOET) y Herbario Nacional Colombiano (COL) y de ellas se obtuvo la información existente sobre ejemplares de musgos del departamento del Cauca depositados en sus colecciones. Adicionalmente se revisaron las colecciones existentes en el Herbario de la Universidad del Cauca (CAUP), Herbario de la Universidad de Nariño (PSO), Luis Sigifredo Espinal (CUVC) de la Universidad del Valle. En algunos casos se solicitaron ejemplares no determinados para someterlos al proceso de determinación. Adicionalmente se revisaron diversas fuentes bibliográficas donde aparece información referente a musgos del departamento del Cauca (BESCHERELLE *et al.*, 1894; ROBINSON, 1967; CHURCHILL & LINARES, 1995; CHURCHILL, 1989 CHURCHILL *et al.*, 2000; AGUIRRE, 2008c).

La determinación de ejemplares se hizo en el herbario de la Universidad del Cauca empleando bibliografía especializada (REESE, 1961; ROBINSON, 1967; MANUEL, 1977; SHARP *et al.*, 1994; CHURCHILL & LINARES, 1995; BUCK, 1998; LEÓN, 1999; MUÑOZ, 1999; GRADSTEIN *et al.*, 2001; HEDENÄS, 2003; ALLEN & MAGUILL, 2007) y comparación con exicados existentes y previamente determinados por especialistas.

El tratamiento taxonómico sigue los lineamientos de Tropicos Moss (www.mobot.org/MOBOT/tropicos/most/welcome.shtml o www.tropicos.org). Para cada especie presente en el departamento se obtuvo su distribución altitudinal, por regiones fisiográficas y por municipios. De igual manera se obtuvo el número de especies por regiones, las especies compartidas y aquellas restringidas.

Para conocer la distribución altitudinal de los musgos en el Cauca, se establecieron 9 rangos altitudinales de 500 m, de la siguiente manera: 1: 0-500 m, 2: 501-1000 m, 3: 1001-1500 m, 4: 1501-2000 m, 5: 2001-2500 m, 6: 2501-3000 m, 7: 3001-3500 m, 8: 3501-4000 m y 9: 4001-4500 m.

Finalmente se elaboró una Tabla donde se presenta el número actual de especies conocidas dentro de cada una de los municipios.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Riqueza

Para el departamento del Cauca se tienen, hasta el momento, registros de 428 especies (43,8% del total de Colombia), un valor superior al estimado (400 especies) por CHURCHILL (1993). Las especies en mención pertenecen a 169 géneros y 53 familias (Anexo 1). Estos valores ubican al Cauca en tercer lugar en cuanto a riqueza por detrás de los departamentos de Cundinamarca y Antioquia, con 564 y 480 especies respectivamente, y por delante de Nariño (392), Boyacá (340) y Valle (299) (CHURCHILL & HOLLAENDER, 1988; PARRA *et al.*, 2002; RAMÍREZ & CHURCHILL, 2002; AVENDAÑO & AGUIRRE, 2007; AGUIRRE, 2008a; BOLAÑOS & RAMÍREZ, 2009). Las familias mejor representadas en cuanto al número de géneros y especies son: Dicranaceae (14 géneros/52 especies), Orthotrichaceae (7/31), Bryaceae (11/30), Bartramiaceae (5/27), Sematophyllaceae (8/25), Pottiaceae (12/23), Pilotrichaceae (7/22), Meteoriaceae (8/19), Fissidentaceae (1/17), Brachytheciaceae (6/14), Hypnaceae (9/13), Neckeraceae (4/13), Calymperaceae (2/12) y Polytrichaceae (5/12). Estas familias comprenden el 72,4% del total de especies del departamento y se corresponden con las más ricas en especies del país (CHURCHILL & LINARES, 1995).

Los géneros mejor representados son: *Campylopus* (22 especies), *Fissidens* (17), *Macromitrium* (15), *Sematophyllum* (14), *Breutelia* (11), *Philonotis* (9), *Sphagnum* (9), *Leptodontium* (8) y *Syrrophodon* (7).

Los resultados que aquí se presentan, la gran cantidad de ejemplares que aún están por determinar, la carencia de muestreos en muchas áreas del territorio y la presencia, en los departamentos vecinos, especialmente Nariño y Valle, de muchas especies aún no registradas en el Cauca, hacen presumir que el número real de especies de musgos del departamento debe ser mucho mayor y comparable con el encontrado en otros departamentos andinos mejor muestreados (AGUIRRE, 2008a), estimándose en más o menos 500 especies.

Distribución por regiones geográficas

La diversidad de musgos en el Neotrópico es dependiente de la heterogeneidad de hábitats a los cuales se acopla la zonación vegetal provista por el relieve topográfico, siendo fundamentales la estructura y composición de la vegetación superior (RUDAS & AGUIRRE, 1990). En la actualidad, para el departamento del Cauca se tiene un registro de 390 especies en la región Andina, equivalente al 91,5% del total de especies conocidas para el departamento (Tabla 1); de ellas 353 son exclusivas de esta región y 37 se comparten con las regiones Amazónica y Pacífica; en la región Pacífica se hallan 55 especies (132 para el Chocó Biogeográfico), 31 exclusivas y 24 compartidas con otras regiones (AGUIRRE & RANGEL, 2008a); para la región Amazónica se conocen 32 especies (174 para la Amazonia colombiana), 27 compartidas y tan solo 5 restringidas a esta región (AGUIRRE, 2008b).

Tabla 1. Número de especies de musgos por regiones geográficas en el departamento del Cauca

Región	sp. exclusivas	sp. compartidas	Total
Andina	353	37	390
Pacífica	31	24	55
Amazónica	5	27	32

Dentro de la región Andina, en los flancos de la Cordillera Central, exceptuando el páramo, se encuentran 275 especies, 88 restringidas y 187 compartidas con otras áreas. La Cordillera Occidental, donde los muestreos son escasos, presenta 88 especies, 20 restringidas y 68 compartidas (Tabla 2).

Tabla 2. Número de especies compartidas entre las tres regiones geográficas del departamento del Cauca

Región	Andina	Amazónica	Pacífica
Andina	0		
Amazónica	17	0	
Pacífica	14	3	0

Los valles interandinos presentan 162 especies de musgos, de ellas 53 restringidas y 109 compartidas con los flancos de la cordilleras Central y Occidental y con las regiones Pacífica y Amazónica. Del valle Alto del Cauca se tiene una escasa representación, con tan solo 15 especies, todas ellas compartidas con otras áreas o regiones. Para el valle del Patía se tienen registros de 28 especies, solo 3 de ellas muestran distribución restringida (*Erpodium coronatum*, *Helicophyllum torquatum* y *Mielichhoferia megalocarpum*). El valle de Pubenza es el mejor representado con 148 especies, 39 de las cuales están confinadas a este espacio. En el páramo se hallan 111 especies, 96 de las cuales se hallan igualmente en lugares más bajos de la región Andina, en tanto que 15 especies tienen distribución restringida a este tipo de ecosistemas.

Entre la región Andina y la Amazónica se comparten 17 especies: *Dicranella hilariana*, *Eurhynchium praelongum*, *Fissidens asplenioides*, *F. flaccidus*, *Groutiella tumidula*, *Holomitrium arboreum*, *H. sinuosum*, *Hyophila involuta*, *Mittenothamnium reptans*, *Phyllogonium fulgens*, *Platyhypnidium aquaticum*, *Porotrichum filiferum*, *Pyrrhobryum spiniforme*, *Thuidium delicatulum*, *Vesicularia vesicularis* y *Zelometeorium recurvifolium*.

La región Andina comparte con la Pacífica 14 especies: *Acroporium estrellae*, *Bartramia longifolia*, *Callicostella pallida*, *Crossomitrium patrisiae*, *Fissidens lagenarius*, *Fissidens mollis*, *Groutiella apiculata*, *Isopterygium tenerum*, *Leucobryum giganteum*, *Leucomium strumosum*, *Macrocoma tenuis*, *Octoblepharum albidum*, *Philonotis uncinata* y *Syrhropodon lycopodioides*.

La región Amazónica tiene tan solo 2 especies en común con la región Pacífica: *Octoblepharum cocuiense* y *Trichosteleum fluviale*.

Ocho especies se hallan distribuidas en las regiones Andina, Amazónica y Pacífica: *Acroporium pungens*, *Leucobryum martianum*, *Neckeropsis undulata*,

Octoblepharum pulvinatum, *Sematophyllum subpinnatum*, *S. subsimplex*, *Syrrhopodon prolifer* y *Zelometeorium patulum*.

Distribución altitudinal

La riqueza de especies es menor a bajas altitudes y, a medida que se asciende por las cordilleras, se incrementa hasta alcanzar su máximo en la franja comprendida entre bosque alto-andino y el subpáramo, entre 2600 y 3300 m (CHURCHILL, 1991; CHURCHILL & LINARES, 1995); la segunda zona más diversa corresponde a la montaña media (2000-2600 m) y la tercera al páramo (CHURCHILL, 1991; AGUIRRE & RUIZ, 2001). Para el departamento del Cauca la mayor riqueza se incrementa desde las partes bajas hacia las cumbres montañosas, mostrando valores altos entre los 1500 y 3500 m de altitud (Figura 1); el máximo valor se encuentra cerca de los 3000 m. En los rangos 1, 2, 3 y 5 se presenta un bajo número de especies si se compara con el encontrado en otras regiones del país (SANTOS & AGUIRRE, 2010), lo cual se debe a los escasos muestreos realizados en áreas del piedemonte Pacífico y Amazónico y en la franja Andina comprendida entre los 2000 y 2500 m.

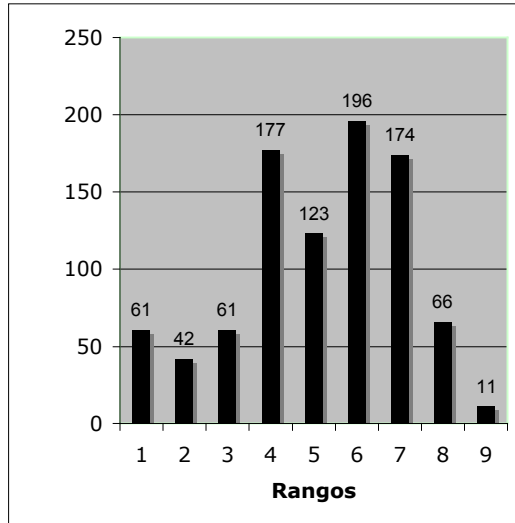


Figura 1. Número de especies de musgos en diferentes rangos altitudinales en el departamento del Cauca.

Las especies con amplia distribución son: *Bryum argenteum*, cuyo rango se halla entre 604 y 4000 m, *Bartramia longifolia* entre 50 y 3075 m, *Platyhypnidium aquaticum* entre 450 y 3050 m, *Breutelia chrysea* entre 1777 y 3800 m, *Philonotis uncinata* entre 5 y 3050 m, *Bryum densifolium* entre 940 y 3000 m, *Holomitrium arboreum* entre 900 y 2980 m, *Mittenothamnium reptans* entre 850 y 3400 m, *Leskeadelphus angustatus* entre 570 y 3000 m, *Meteoridium remotifolium* entre 910 y 3200 m, *Orthostichella versicolor* entre 910 y 3100 m, *Zelometeorium patulum* entre 20 y 2700 m, *Phyllogonium fulgens* entre 900 y 3280 m y *Thuidium delicatulum* entre 850 y 3100 m.

En la Tabla 3 se presenta una relación de los musgos existentes en Colombia (CHURCHILL & LINARES, 1995) en cada uno de los rangos altitudinales y se compara con los registros actuales para el departamento del Cauca.

Tabla 3. Comparación del número de especies por rango entre el departamento del Cauca y Colombia

Altitud (m)	Especies en Colombia	Especies en Cauca
0-500	67	61
501-1000	163	42
1001-1500	230	61
1501-2000	291	177
2001-2500	351	123
2501-3000	380	196
3001-3500	340	174
3501-4000	207	66
4001-4500	81	11

Obviando las falencias por deficiencias en los muestreos se puede apreciar la estrecha relación de los datos, dentro de un mismo rango, entre el número de especies presentes en el departamento del Cauca y en Colombia.

Riqueza por municipios

Existen ocho municipios que carecen completamente de registros de musgos: Caldone, Corinto, Guachené, La Sierra, Miranda, Padilla, Puerto Tejada y Villa Rica. Otros municipios con pocos registros de especies son: Balboa (1), Buenos Aires (1), Caloto (1), López de Micay (3), Florencia (4) y Jambaló (8). Los restantes municipios poseen entre 10 y 207 especies (Tabla 4).

Tabla 4. Relación de municipios del departamento del Cauca con 10 o más especies de musgos registradas, en orden descendente

Municipio	No. especies	Municipio	No. especies
Popayán	210	Silvia	28
Puracé	161	La Vega	25
Totoró	115	Timbiquí	24
El Tambo	76	Piendamó	23
Toribío	76	Argelia	21
Inzá	64	Páez	20
Almaguer	64	Morales	19
Timbío	49	Mercaderes	15
San Sebastián	46	Patía	14
Guapi	46	Piamonte	13
Santa Rosa	37	Santander	12
Sotará	36	Rosas	11
Bolívar	31	Sucre	10
Cajibío	28	Suárez	10

Popayán (210 especies), Puracé (161) y Totoró (115), municipios enteramente andinos, son los mejor muestreados y por consiguiente con el mayor número de especies registradas; indudablemente se espera que, con un muestreo exhaustivo, aquellos municipios que comparten idénticas condiciones fisiográficas presenten un número similar de especies.

CONCLUSIONES

En el departamento del Cauca se cuenta en la actualidad con el registro de 428 especies de musgos (43,8% del total de especies existente en Colombia), pertenecientes a 53 familias y 169 géneros.

Las familias con mayor número de especies son: Dicranaceae (52), Orthotrichaceae (31), Bryaceae (30), Bartramiaceae (27), Sematophyllaceae (25), Pottiaceae (23), Pilotrichaceae (22), Meteoriaceae (19), Fissidentaceae (17), Brachytheciaceae (14), Hypnaceae (13), Neckeraceae (13), Calymperaceae (12) y Polytrichaceae (12). Los géneros con mayor riqueza de especies son: *Campylopus* (22 especies), *Fissidens* (17), *Macromitrium* (14), *Sematophyllum* (14), *Breutelia* (11), *Philonotis* (9), *Sphagnum* (9), *Leptodontium* (8) y *Syrrophodon* (7).

De las tres regiones naturales que presenta el departamento, la Andina es la más rica, con 390 especies, en tanto que la Pacífica y la Amazónica tienen comparativamente un bajo número de especies, 55 y 32 respectivamente.

La distribución de los musgos en el gradiente altitudinal muestra que la riqueza se incrementa a medida que se asciende, alcanzando la mayor concentración de especies en los alrededores de los 3000 m (196 especies).

Existen múltiples vacíos sobre la riqueza y distribución de los musgos en el departamento del Cauca y es necesario continuar con los procesos de determinación de ejemplares depositados en herbarios regionales y en el Herbario Nacional Colombiano para obtener valores más exactos.

AGRADECIMIENTOS

El autor desea expresar su agradecimiento a los profesores del Departamento de Biología, al Consejo de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación y a la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad del Cauca por las facilidades prestadas para llevar a cabo la presente investigación.

Al Herbario de la Universidad del Cauca (CAUP), Museo de Historia Natural, por facilitarme las instalaciones, equipos y material vegetal para poder efectuar las determinaciones necesarias. A los directores de los herbarios Luis Sigifredo Espinal, Universidad de Nariño y Álvaro Fernández Pérez por permitirme el ingreso a los herbarios que dirigen, revisar sus colecciones y por el préstamo de ejemplares, en especial al Dr. Philip Silverstone-Sopkin, Diego Macías Pinto, Felipe Castaño y Nhora Helena Ospina.

A Héctor E. Ramírez Chaves y un revisor anónimo por las sugerencias y correcciones al manuscrito.

También agradecimientos para Andrea Sánchez, Juan Fernando Restrepo, Victoria Velasco, Marly Aguilar y Dilberney Solarte y a todas aquellas personas que de alguna manera u otra contribuyeron para la culminación de la investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUIRRE C., J., 2008a.- Diversidad y riqueza de musgos y líquenes en Colombia. Generalidades y metodología: 1-17 (en) RANGEL-CH., J.O. (ed.) *Colombia Diversidad Biótica VI: Riqueza y diversidad de los musgos y líquenes en Colombia*. Bogotá, D.C.: Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia.
- , 2008b.- La Amazonía: 77-84 (en) RANGEL-CH., J.O. (ed.) *Colombia Diversidad Biótica VI: Riqueza y diversidad de los musgos y líquenes en Colombia*. Bogotá, D.C.: Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia.
- , 2008c.- Catálogo de los musgos de Colombia: 99-319 (en) RANGEL-CH., J.O. (ed.) *Colombia Diversidad Biótica VI: Riqueza y diversidad de los musgos y líquenes en Colombia*. Bogotá, D.C.: Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia.
- AGUIRRE C., J. & RANGEL CH., J.O., 2007.- Amenaza a la conservación de las especies de musgos y líquenes en Colombia. Una aproximación inicial. *Caldasia*, 29 (2): 235-262.
- , 2008a.- El Chocó Biogeográfico: 321-336 (en) RANGEL-CH., J.O. (ed.) *Colombia Diversidad Biótica VI: Riqueza y diversidad de los musgos y líquenes en Colombia*. Bogotá, D.C.: Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia.
- , 2008b.- Riqueza y aspectos ecológicos y fitogeográficos sobre la flora de musgos: 85-87 (en) RANGEL-CH., J.O. (ed.) *Colombia Diversidad Biótica VI: Riqueza y diversidad de los musgos y líquenes en Colombia*. Bogotá, D.C.: Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia.
- AGUIRRE C., J. & RUIZ, C., 2001.- Composición florística de la brioflora de la Serranía del Perijá (Cesar-Colombia): Distribución y ecología. *Caldasia*, 23 (1): 181-201.
- ALLEN, B. & MAGUILL, R.E., 2007.- A revision of *Orthostichella* (Neckeraceae). *The Bryologist*, 110 (1): 1-45.
- AVENDAÑO T., K. & AGUIRRE C., J., 2007.- Los musgos (Bryophyta) de la región de Santa María-Boyacá (Colombia). *Caldasia*, 29 (1): 59-71.
- BELTRÁN Q., G. & HERNÁNDEZ H., T.A., 1992.- *Cauca, Características Geográficas*. Santafé de Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Subdirección de Geografía.
- BESCHERELLE, E., WARNSTORF, C. & STEPHANI, F., 1894.- Cryptogamae Centrali-Americanae in Guatemala, Costa Rica, Colombia et Ecuador. *Bulletin de L'Herbier Boissier*, 6: 386-403.
- BOLAÑOS R., G.Y. & RAMÍREZ P., B.R., 2009.- Distribución altitudinal de musgos en el municipio de Popayán, Cauca. *Revista Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas (Col.)*, 21: 31-44.
- BUCK, W.R., 1998.- Pleurocarpus mosses of West Indies. *Mem. New York Bot. Gard.*, 82: 1-400.
- CHURCHILL, S.P., 1989.- Bryologia Novo Granatensis. Estudio de los musgos de Colombia. IV. Catálogo nuevo de los musgos de Colombia. *Tropical Bryology*, 1: 95-133.
- , 1991.- The floristic composition and elevational distribution of Colombian mosses. *The Bryologist*, 94: 157-167.
- , 1993.- A personal commentary on the Colombian moss flora. *Bryological Times*, 76: 1-5.
- CHURCHILL, S.P., GRIFFIN III, D. & LEWIS, M., 1995.- Moss diversity of the Tropical Andes: 335-346 (in) CHURCHILL, S.P., LUTEYN, J.L. & BALSLEV, H. (eds.) *Biodiversity and Conservation of Neotropical Montane Forest*. The New York Botanical Garden.
- CHURCHILL, S.P., GRIFFIN III, D. & MUÑOZ, J., 2000.- A checklist of the mosses of the Tropical Andean Countries. *Ruizia*, 17: 1-203.
- CHURCHILL, S.P. & HOLLAENDER, N., 1988.- Bryologia novo granatensis. Estudios de la flora de musgos de Colombia II. Catálogo de musgos del departamento del Valle. *The Bryologist*, 91 (4): 334-340.
- CHURCHILL, S.P. & LINARES C., E.L., 1995.- Prodrómus Bryologiae Novo-Granatensis. Introducción a los musgos de Colombia. Vol. I y II. *Biblioteca José Jerónimo Triana*, 12: 1-924.
- GRADSTEIN, S.R., CHURCHILL, S.P. & SALAZAR-ALLEN, N., 2001.- Guide to the Bryophytes of Tropical America. *Mem. New York Bot. Gard.*, 86: 1-577.
- HEDENÁS, L., 2003.- Amblystegiaceae (Musci). *Flora Neotropica*, 89: 1-107.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI., 1996.- *Diccionario Geográfico de Colombia*. Tercera Edición. Santafé de Bogotá: Horizonte Impresores.
- LEÓN V., Y., 1999.- El género *Cryphaea* Mohr (Musci) en los Andes Tropicales. *Tropical Bryology*, 17: 141-163.
- MANUEL, M.G., 1977.- The genus *Meteoridium* (C. Müll.) Manuel, stat. Nov. (Bryopsida: Meteoriaceae). *Limbergia*, 4 (1/2): 45-55.

- MUÑOZ, J., 1999.- A revision of *Grimmia* (Musci, Grimmiaceae) in the America. 1: Latin America. *Ann. Missouri Bot. Gard.*, 86 (1): 118-191.
- PARRA, J.D., CALLEJAS P., R. & CHURCHILL, S.P., 2002.- Los Musci (musgos) del departamento de Antioquia. *Biota Colombiana*, 3 (1): 163-192.
- RAMÍREZ P., B.R. & CHURCHILL, S.P., 2002.- Las Briófitas del departamento de Nariño, Colombia: I. Musgos. *Tropical Briology*, 21: 23-46.
- RAMÍREZ P., B.R. & MACÍAS P., D., 2007.- *Catálogo de helechos y plantas afines del departamento del Cauca*. Popayán: Editorial Universidad del Cauca. 215p.
- REESE, W.D., 1961.- The genus *Calymperes* in the Americas. *The Bryologist*, 64 (2/3): 89-140.
- RICHARDS, P.W., 1984.- The Ecology of Tropical Forest Bryophytes (in) SCHUSTER, R.M. (ed.) *New Manual of Bryology*. Vol. 2. The Hattori Botanical Laboratory.
- ROBINSON, H., 1967.- Preliminary studies on the Bryophytes of Colombia. *The Bryologist*, 70 (1): 1-61.
- RUDAS, A. & AGUIRRE C., J., 1990.- Las Briófitas: 170-211 (en) AGUIRRE, J. & RANGEL CH., O. (eds.) *Biota y Ecosistemas de Gorgona*. Fondo FEN-Colombia. Bogotá: Editorial Presencia Ltda.
- SANTOS C., G. & AGUIRRE C., J., 2010.- Los musgos de la región de las Quinchas (Magdalena Medio, Colombia). *Caldasia*, 32 (2): 257-273.
- SHARP, A.J., CRUM, H.A. & ECKEL, P.M., 1994.- The moss flora of Mexico. *Mem. New York Bot. Gard.*, 69: 1-1113.
- WILLIAMS, R.S., 1907.- Mosses from Tropical America. *Bul. Torrey Bot. Club*, 34 (1): 569-574.

ANEXO 1

Relación de especies de musgos del departamento del Cauca, región natural y rango altitudinal en que han sido registradas. A: Región Andina, AM: Región Amazónica, PC: Región Pacífica. Aquellas precedidas por un asterisco (*) corresponden a novedades para el departamento que no aparecen en las bases de datos electrónicas ni en las fuentes bibliográficas.

AMBLYSTEGIACEAE

- **Calliergon sarmentosum* (Wahlenb.) Kindb. - A: 3480-3500 m
Calliergonella cuspidata (Hedw.) Loeske - A: 2615-2940 m
Cratoneuron filicinum (Hedw.) Spruce - A: 2900 m
Drepanocladus longifolius (Mitt.) Broth. ex Paris - A: 3300 m
Sanonia uncinata (Hedw.) Loeske - A: 2910-3240 m
Stramineogon stramineum (Dicks. Ex Brid.) Hedenas - A: 2996-3800 m
Warnstorfia exannulata (Schimp.) Loeske - A: 3000-3800 m.
Warnstorfia fluitans (Hedw.) Loeske - A: 3240-3340 m
Warnstorfia sarmentosa (Wahlenb.) Hedenäs - A: 3800 m

ANDREAEACEAE

- Andreaea nitida* Hook. f. & Wilson - A: 3240-3380 m
Andreaea rupestris Hedw. - A: 3240 m
Andreaea wilsonii Hook. f. - A: 3240 m

BARTRAMIACEAE

- Anacolia laevisphaera* (Taylor) Flowers - A: 2270-3400 m
Bartramia angustifolia Mitt. - A: 3075-3500 m
Bartramia humilis Mitt. - A: 2500 m
Bartramia longifolia Hook. - A, PC: 50-3075 m
Bartramia potosica Mont. - A: 2615-3560 m

- Breutelia aciphylla* (Wilson) A. Jaeger - A: 1850-2150 m
**Breutelia brittoniae* Renauld. & Cardot - A: 3200 m
Breutelia chrysea (Müll. Hal.) A. Jaeger - A: 1777-3800 m
Breutelia harpophylla Herzog - A: 3340 m
Breutelia inclinata (Hampe & Lorentz) A. Jaeger - A: 1654-3700 m
Breutelia karsteniana (Müll. Hal.) A. Jaeger - A: 2555-3300 m
Breutelia squarrosa A. Jaeger - A: 2900-3300 m
Breutelia subarcuata (Müll. Hal.) Schimp. - A: 24440-3280 m
Breutelia subdisticha (Hampe) A. Jaeger - A: 2400 m
Breutelia tomentosa (Sw. ex Brid.) A. Jaeger - 2300-2560 m
Breutelia trianae (Hampe) A. Jaeger - A: 2400-3280 m
Leiomela bartramioides (Hook.) Paris - A: 1400-2900 m
Leiomela ecuadorensis H. Rob. - A: 3240 m
Philonotis andina (Mitt.) A. Jaeger - A: 2600-4000 m
**Philonotis angulata* (Taylor) A. Jaeger - A: 1820-2350 m
Philonotis elegantula (Taylor) A. Jaeger - A: 3000 m
Philonotis fontanella (Hampe) A. Jaeger - A: 3000 m
Philonotis glaucescens (Hornsch.) Broth. - A: 940-2555 m
Philonotis incana (Taylor) H. Rob. - A: 2615 m
**Philonotis longiseta* (Michx.) E. Britton - A: 1200 m
Philonotis sphaerocarpa (Hedw.) Brid. - A: 2000-3500 m
Philonotis uncinata (Schwägr.) Brid. - A, PC: 5-3050 m

BRACHYTHECIACEAE

- Aerolindigia capillacea* (Hornsch.) M. Menzel - A: 2100 m
Brachythecium occidentale (Hampe) A. Jaeger - A: 3800 m
Brachythecium plumosum (Hedw.) Schimp. - A: 1820-3420 m
**Brachythecium ruderales* (Brid.) W. R. Buck - A: 1950-2160 m
Brachythecium rutabulum (Hedw.) Schimp. - A: 3000-3000 m
Brachythecium stereopoma (Spruce ex Mitt.) A. Jaeger - A: 1680-2970 m
Eurhynchium praelongum (Hedw.) Schimp. - A, AM: 1000-3750 m
Palamocladium leskeoides (Hook.) E. Britton - A: 2350-3200 m
Platyhypnidium aquaticum (A. Jaeger) M. Fleisch. - A, AM: 450-3400 m
Rhynchostegium conchophyllum (Taylor) A. Jaeger - A: 3000-3100 m
Rhynchostegium scariosum (Taylor) A. Jaeger - A: 1820-3100 m
Rhynchostegium semiscabrum (E. B. Bartram) H. Rob. - A: 2600-2950 m
Rhynchostegium serrulatum (Hedw.) A. Jaeger - 1830-2500 m
Rhynchostegium ulicon (Taylor) A. Jaeger - A: 1820-3100 m

BRYACEAE

- Acidodontium megalocarpum* (Hook.) Renauld & Cardot - A: 2764-3550 m
Anomobryum conicum (Hornsch.) Broth. - A: 1740-2700 m
Anomobryum julaceum (Schrad ex P. Gaertn., B. Mey. & Scherb.) Schimp. - A: 2300-3300 m
Anomobryum prostratum (Müll. Hal.) Besch. - A: 2910-3300 m
**Anomobryum robustum* Broth. - A: 3900-4100 m
Brachymenium columbicum (De Not) Broth. - A: 2000-2030 m
Brachymenium consimile (Mitt.) A. Jaeger - A: 1600-2750 m
**Brachymenium globosum* A. Jaeger - A: 1700-3150 m
Brachymenium morasicum Besch. - A: 3000 m

- Brachimenium speciosum* (Hook. & Wilson) Steere - A: 2856-3000 m
Bryum apiculatum Schwägr. - AM: 1000 m
Bryum argenteum Hedw. - A: 604-4000 m
Bryum densifolium Brid. - A: 940-3250 m
Bryum limbatum Müll. Hal. - A: 940-1720 m
Bryum pseudotriquetrum (Hedw.) P. Gaertn., B. Mey & Scherb. - A: 2360 m
**Leptobryum pyriforme* (Hedw.) Wilson - A: 3300 m
**Mielichhoferia megalocarpum* (Arn.) Mitt. - A: 360-450 m
Orthodontium pellucens (Hook.) Bruch & Schimp. - A: 3280 m
Pohlia elongata Hedw. - A: 3300 m
Pohlia nutans (Hedw.) Lindb. - A: 3600-3700 m
Pohlia papillosa (Müll. Hal. ex A. Jaeger) Broth. - A: 3300 m
Rhodobryum beyrichianum (Hornsch.) Müll. Hal. - A: 1600-3000 m
Rhodobryum grandifolium (Taylor) Schimp. - A: 1200-3350 m
**Rhodobryum huillense* Welw. & Duby - A: 1800-1850 m
**Rhodobryum roseum* (Hdw.) Lampr. - A: 3400 m
Rosulabryum andicola (Hook.) Ochyra - A: 1740-2440 m
Rosulabryum capillare (Hedw.) J. R. Spence - A: 1050-3200 m
Schizymenium andinum (Sul.) A. J. Shaw - A: 2600-2970 m
Schizymenium fusiferum (Mitt.) A. J. Shaw - A: 3200-3350 m
Schizymenium lindigii (Hampe) A. J. Shaw - A: 3100-3300 m

CALYMPERACEAE

- Calymperes erosum* Müll. Hal. - PC: 5-70 m
Calymperes guildingii Hook. & Grev. - PC: 12-120 m
Calymperes lonchophyllum Schwägr. - PC: 20-60 m
**Calymperes nicaraguense* Renauld & Cardot - PC: 2 m
Calymperes palisotii Schwägr. - PC: 10-70 m
**Syrrophodon fimbriatus* Mitt. - AM: 450 m
Syrrophodon gaudichaudii Mont. - A: 1640-2700 m
Syrrophodon incompletus Schwägr. - PC: 18-200 m
Syrrophodon leprieurii Mont. - PC: 200 m
Syrrophodon lycopodioides (Sw. ex Brid.) Müll. Hal. - A, PC: 300-2000 m
Syrrophodon prolifer Schwägr. - A, AM, PC: 18-1800 m
Syrrophodon rigidus Hook. & Grev. - PC: 70-200 m

CATAGONIACEAE

- Catagonium brevicaudatum* Müll. Hal. ex Broth. - A: 3280-3600 m

CRYPHAEACEAE

- Cryphaea jamesonii* Taylor - A: 2460-2800 m
Cryphaea patens Hornsch. ex Müll. Hal. - A: 1660-3250 m
Cryphaea pilifera Mitt. - A: 2560-2880 m
Cryphaea ramosa (Mitt.) Wilson - A: 3000-3200 m
Dendrocryphaea latifolia D. G. Griffin, Gradst. J. & Aguirre - A: 3080 m
Schoebryum concavifolium (Griff.) Gungulee - A: 1200-1800 m
Schoenobryum rubricaula (Mitt.) Manuel - A: 1850-2160 m

DALTONIACEAE

- Adelothecium bogotense* (Hampe) Mitt. - A: 1800-3280 m
Daltonia pulvinata Mitt. - A: 1800-3280 m
Lepidopilum diaphanum (Sw. ex Hedw.) Mitt. - A: 2300-2555 m
Lepidopilum haplociliatum (Müll. Hal.) Paris - PC: 50-220 m
Lepidopilum longifolium Hampe - A: 1750-3240 m
Lepidopilum scabrisetum (Schwägr.) Steere - A: 1600 m
Lepidopilum surinamense Müll. Hal. - PC: 70-100 m
 **Lepidopilum tortifolium* Mitt. - AM: 850 m

DICRANACEAE

- Aongstroemia filiformis* (P. Beauv.) Wijk & Margad. - A: 1800-3000 m
Aongstroemia julacea (Hook.) Mitt. - A: 2500-3280 m
Atractylocarpus longisetus (Hook.) E. B. Bartram - A: 1800-3700 m
Bryohumbertia filifolia (Hornsch.) J.-P. Frahm - A: 1420-2160 m
 **Campylopus albidovirens* Herzog - A: 3500 m
Campylopus areodictyon (Müll. Hal.) Mitt. - A: 3240-3450 m
Campylopus asperifolius Mitt. - A: 2400 m
Campylopus cavifolius Mitt. - A: 3240-3650 m
Campylopus concolor (Hook.) Brid. - A: 1900-2550 m
Campylopus cuspidatus (Hornsch.) Mitt. - A: 3300 m
Campylopus edithae Broth. - A: 3100-3700 m
Campylopus flexuosus (Hedw.) Brid. - A: 2700-2800 m
Campylopus fragilis (Brid.) Bruch & Schimp. - A: 2700-3720 m
Campylopus heterostachys (Hampe) A. Jaeger - A: 1640-2100 m
Campylopus introflexus (Hedw.) Brid. - A: 2000-2030 m
Campylopus jamesonii (Hook.) A. Jaeger - A: 2700-2900 m
Campylopus luteus (Müll. Hal.) Paris - A: 3050 m
Campylopus nivalis (Brid.) Brid. - A: 2400-4200 m
Campylopus pauper (Hampe) Mitt. - A: 2810 m
Campylopus pilifer Brid. - A: 1200-3560 m
Campylopus pittieri R. S. Williams - A: 2400-4200 m
Campylopus reflexisetus (Müll. Hal.) Broth. - A: 3530-3630 m
Campylopus richardii Brid. - A: 1600-3500 m
 **Campylopus subcuspidatus* (Hampe) A. Jaeger - A: 2970-3560 m
Campylopus trivialis Müll. Hal. ex E. Britton - A: 3700 m
Campylopus weberbaueri Broth. - A: 2300-2555 m
Chorisodontium mittenii (Müll. Hal.) Broth. - A: 2750-3560 m
Chorisodontium speciosum (Hook. f. & Wilson) Broth. - A: 3075-3650 m
 **Dichodontium convolutum* (Hampe) Paris - A: 2400-3760 m
Dicranella callosa (Hampe) Mitt. - A: 1200 m
 **Dicranella campylophylla* (Taylor) A. Jaeger - A: 3010-3080 m
Dicranella hilariana (Mont.) Mitt. - A, AM: 1000-1830 m
Dicranella vaginata (Hook.) Cardot - A: 3300-3420 m
Dicranum frigidum Müll. Hal. - A: 2300-3560 m
 **Dicranum peruvianum* H. Rob. - A: 3370-3560 m
Holomitrium arboreum Mitt. - A, AM: 900-2980 m
 **Holomitrium crispulum* Mart. - A: 288-2800 m
Holomitrium flexuosum Mitt. - A: 2800-3280 m

- Holomitrium pulchellum* Mitt. - A: 2950 m
 **Holomitrium sinuosum* B. H. Allen - A, AM: 1050-3050 m
Holomitrium terebellatum Müll. Hal. - A: 3050 m
Leucobryum albicans (Schwägr.) Lindb. - A: 1200-1600 m
 **Leucobryum albidum* (Brid. ex P. Beauv.) Lindb. - A: 1800-1850 m
 **Leucobryum antillarum* Schimp. ex Besch. - A: 1740-2400 m
 **Leucobryum crispum* Müll. Hal. - A: 1850 m
 **Leucobryum giganteum* Müll. Hal. - A, PC: 1000-1850 m
Leucobryum martianum (Hornsch.) Hampe ex Müll. Hal. - AM, PC: 20-1820 m
Leucoloma cruegerianum (Müll. Hal.) A. Jaeger - A: 1600-1957 m
Microcampylopus curvisetus (Hampe) Giese & J.-P. Frahm - A: 1700 m
Pilopogon gracilis (Hook.) Brid. - A: 1700-4500 m
Pilopogon guadalupensis (Brid.) J.-P. Frahm - A: 2500-3680 m
 **Symblepharis lindigii* Hampe - A: 2950-3280 m

DITRICHACEAE

- Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid. - A: 2910 m
Distichium capillaceum (Hedw.) Bruch & Schimp. - A: 3280-3300 m
Ditrichum bogotense (Hampe) Broth. - A: 3240 m
Ditrichum difficile (Duby) M. Fleisch. - A: 2880 m
Ditrichum gracile (Mitt.) Kuntze - A: 3150-3400 m
 **Ditrichum rufescens* (Hampe) Hampe - A: 3280 m
Rhamphidium dicranoides (Müll. Hal.) Paris - A: 1760 m

ENTODONTACEAE

- Entodon beyrichii* (Schwagr.) Mull. Hal. - A: 940-3100 m
Entodon jamesonii (Taylor) Mitt. - A: 1200-1750 m
Erythrodonium longisetum (Hook.) Paris - A: 910-3250 m
 **Erythrodonium squarrosum* (Hampe) Paris - A: 570-1820 m
Mesonodon flavescens (Hook.) W. R. Buck - A: 1700 m

ERPODIACEAE

- **Erpodium coronatum* (Hook. f. & Wilson) Mitt. - A: 910 m

EUSTICHIACEAE

- Diplostichum longirostre* (Brid.) Mont. - A: 1820 m

FABRONIACEAE

- Fabronia ciliaris* (Brid.) Brid. - A: 640-1850 m
 **Fabronia jamesonii* Taylor - A: 1200-1750 m

FISSIDENTACEAE

- Fissidens asplenioides* Hedw. - A, AM: 1000-3300 m
Fissidens crispus Mont. - A: 2000 m
 **Fissidens curvatus* Hornsch. - A: 1700-1830 m

- Fissidens cylindrothecus* Pursell & J. Aguirre - PC: 50 m
Fissidens flaccidus Mitt. - A, AM: 900-940 m
Fissidens guianensis Mont. - PC: 150 m
Fissidens lagenarius Mitt - A, PC: 70-1640 m
 **Fissidens mollis* Mitt. - A, PC: 60-1070 m
Fissidens pellucidus Hornsch - A: 1830 m
Fissidens polypodioides Hedw. - A: 1500-3200 m
Fissidens prionodes Mont. - PC: 20-150 m
Fissidens rigidulus Hook.f. & Wilson - A: 1700-3050 m
Fissidens serratus Müll. Hal. - A: 1850 m
Fissidens submarginatus Bruch. - A: 940-1800 m
Fissidens wallisii Müll. Hal. - A: 2880-3000 m
Fissidens weirii Mitt. - A: 1780-2000 m
Fissidens zollingeri Mont. - PC: 70 m

FUNARIACEAE

- Entosthodon bonplandii* (Hook.) Mitt. - A: 2000 m
Entosthodon jamesonii (Tayl.) Mitt. - A: 2860-3510 m
Funaria hygrometrica Hedw. - A: 1700-3100 m

GRIMMIACEAE

- Grimmia austrofunalis* Müll. Hal. - A: 3000 m
 **Grimmia longirostris* Hook. - A: 2650-2750 m
 **Grimmia ovalis* (Hedw.) Lindb. - A: 3100-3200 m
Racomitrium crispipilum (Taylor) A. Jaeger - A: 2980-4200 m
Racomitrium crispulum (Hook. f. & Wilson) Hook. f. & Wilson - A: 3075-45600 m
Racomitrium cucullatifolium Hampe - A: 2700-3370 m
 **Racomitrium dichelymoides* Herzog - A: 3280-3400 m
Racomitrium lanuginosum (Hedw.) Brid. - A: 2400-3560 m

HEDWIGIACEAE

- Hedwigia ciliata* (Hedw.) P. Beauv. - A: 2450-3360 m
Hedwigidium integrifolium (P. Beauv.) Dixon - A: 2980-3700 m

HELICOPHYLLACEAE

- Helicophyllum torquatum* (Hook.) Brid. - A: 700 m

HOOKERIACEAE

- Brymela obtusifolia* (E. B. Bartram) W. R. Buck - A: 1600 m
Hookeria acutifolia Hook. & Grev. - A: 2200 m
Hookeriopsis dimorpha (Mull. Hal.) Broth. - PC: 200 m

HYLOCOMIACEAE

- Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt. - A: 2915-3800 m

HYPNACEAE

- Caribaeohypnum polypterum* (Mitt.) Ando & Higuchi - A: 2970-3510 m
Chrysohypnum diminutivum (Hampe) W. R. Buck - A: 940-1440 m
Ctenidium malacodes Mitt. - A: 2000-3340 m
Ectropothecium leptochaeton (Schwägr.) W. R. Buck - A: 1640-2100 m
Hypnum amabile (Mitt.) Hampe - A: 2600-3600 m
 **Hypnum cupressiforme* Hedw. - A: 1777-2840 m
Isopterygium tenerifolium Mitt. - A: 1750-2100 m
Isopterygium tenerum (Sw.) Mitt. - A, PC: 100-1800 m
Mittenothamnium reduncum (Schimp. ex Mitt.) Ochyra - A: 2000-2800 m
Mittenothamnium reptans (Hedw.) Cardot - A, AM: 850-3400 m
Mittenothamnium substriatum (Mitt.) Cardot - A: 2910 m
Pylaisia falcata Schimp. - A: 2500-3300 m
Vesicularia vesicularis (Schwägr.) Broth. - A, AM: 1000-1670 m

HYPOPTERYGIACEAE

- Hypopterygium tamarisci* (Sw.) Brid. ex Müll. Hal. - A: 1420-3000 m

LEMBOPHYLLACEAE

- Porotrichodendron lindigii* (Hampe) W. R. Burck - A: 1420-2500 m
Porotrichodendron robustum Broth. - A: 3450 m
Porotrichodendron superbum (Taylor) Broth. - A: 2900-3470 m
Porotrichopsis flacca Herzog - A: 3200 m

LEPYRODONTACEAE

- Lepyrodon tomentosus* (Hook.) Mitt. - A: 2900-3470 m

LESKEACEAE

- **Leskea plumaria* Mitt. - A: 2255-2800 m
Leskeadelphus angustatus (Taylor) B. H. Allen - A: 570-3000 m

LEUCOMIACEAE

- Leucomium strumosum* (Hornsch.) Mitt. - A, PC: 18-1900 m
Rhynchostegiopsis tunguraguana (Mitt.) Broth. - A: 2300-3560 m

METEORACEAE

- Floribundaria flaccida* (Mitt.) Broth. - A: 1420-1850 m
Floribundaria usneoides (Broth.) Broth. - A: 1850-2250 m
Meteoridium remotifolium (Müll. Hal.) Manuel - A: 910-3200 m
Meteorium deppeii (Hornsch. ex Müll. Hal.) Mitt. - A: 1740-2700 m
Meteorium nigrescens (Sw. ex Hedw.) Dozy & Molk. - A: 1640-2121 m
Meteorium sinuatum (Müll. *Orthostichella versicolor* (Müll. Hal.) B. H. Allen & W. R. Buck - A: 910-3100 m
Papillaria deppeii (Hornsch. ex Müll. Hal.) A. Jaeger - A: 1640-2325 m

- Papillaria imponderosa* (Taylor) Broth. - A: 1830-2900 m
Papillaria nigrescens (Sw. ex Hedw.) Dozy & Molk. - A: 1100-2000 m
Papillaria penicillata (Dozy & Molk.) Broth. - A: 1800-3100 m
Pilotrichella flexilis (Hedw.) Ångström - A: 1820-3750 m
Squamidium leucotrichum (Tayl.) Broth. - A: 1640-3370 m
Squamidium livens (Schwägr.) Broth. - A: 1690-2000 m
 **Squamidium macrocarpum* (Spruce ex Mitt.) Broth. - A: 1850 m
Squamidium nigricans (Hook.) Broth. - A: 1741-3050 m
Zelometeorium patens (Hook.) Manuel - A: 1720-2010 m
Zelometeorium patulum (Hedw.) Manuel - A, AM, PC: 20-2700 m
Zelometeorium recurvifolium (Hornsch.) Manuel - A, AM: 400-2000 m

MNIACEAE

- Plagiomnium rhynchophorum* (Harv.) T. J. Kop.- A: 1820-3230 m

MYRINIACEAE

- Helicodontium capillare* (Hedw.) A. Jaeger - A: 1100-2160 m

NECKERACEAE

- Neckera chilensis* Schimp. ex Mont. - A: 1750-3050 m
Neckera obtusifolia Taylor - A: 2615-3080 m
Neckera scabridens Müll. Hal. - A: 1420-3050 m
Neckera urnigera Müll. Hal. - A: 1640 m
 **Neckeropsis disticha* (Hedw.) Kindb. - AM: 400-450 m
Neckeropsis undulata (Hedw.) Reichardt - A, AM, PC: 2-1640 m
Porotrichum filiferum Mitt. - A, AM: 1000-2980 m
Porotrichum korthalsianum (Dozy & Molk.) Mitt. - A: 1420-3400 m
Porotrichum lancifrons (Hampe) Mitt. - A: 2700-2900 m
Porotrichum longirostre (Hook.) Mitt. - A: 1850-3500 m
Porotrichum mutabile Hampe - A: 1800-3340 m
 **Porotrichum substriatum* (Hampe) Mitt. - A: 1850 m
Thamnobryum fasciculatum (Sw. ex Hedw.) I. Sastre - A: 1780-2800 m

OCTOBLEPHARACEAE

- Octoblepharum albidum* Hedw. - A, PC: 5-1850 m
Octoblepharum cocuiense Mitt. - AM, PC: 20-1150 m
Octoblepharum pulvinatum (Dozy & Molk.) Mitt. - A, AM, PC: 18-1777 m
 **Octoblepharum stramineum* Mitt. - A: 1400 m

ORTHOTRICHACEAE

- Amphidium tortuosum* (Hornsch.) Cufod. - A: 2615-3000 m
Groutiella apiculata (Hook.) H. A. Crum & Steere - A, PC: 50-1200 m
Groutiella chimborazensis (Spruce ex Mitt.) Florsch. - A: 1250-2000 m
Groutiella husnotii (Schimp. ex Besch.) H. A. Crum & Steere - A: 1200-1800 m
Groutiella chimborazensis (Spruce ex Mitt.) Florsch. - A: 1200-2000 m
Groutiella mucronifolia (Hook. & Grev.) H. A. Crum & Steere - PC: 10 m

- Groutiella obtusa* (Mitt.) Florsch. - PC: 60 m
Groutiella tomentosa (Hornsch.) Wijk & Margad. - A: 1050-1850 m
 **Groutiella tumidula* (Mitt.) Vitt - A, AM: 1000-1150 m
Macromitrium tenuis (Hook. & Grev.) Vitt - A, PC: 5-1800 m
Macromitrium aureum Müll. Hal. - A: 1720-3510 m
Macromitrium crenulatum Hampe - A: 3000 m
Macromitrium cirrosum (Hedw.) Brid. - A: 1670-2030 m
Macromitrium crosbyii B. H. Allen & Vitt. - A: 2200-3400 m
Macromitrium guatemalense Müll. Hal. - A: 1700-3510 m
Macromitrium longifolium (Hook.) Brid. - A: 1420-3200 m
Macromitrium perichaetiale (Hook. & Grev.) Müll. Hal. - PC: 50 m
Macromitrium podocarpum Müll. Hal. - A: 1750-2010 m
Macromitrium punctatum (Hook. & Grev.) Brid. - A: 1670-2700 m
Macromitrium richardii Schwägr. - A: 1640-2000 m
Macromitrium scoparium Mitt. - A: 1820-3370 m
Macromitrium subcirrhosum Müll. Hal. - A: 3340 m
Macromitrium trachypodium Mitt. - A: 3550-3580 m
 **Macromitrium trichophyllum* Mitt. - A: 2970-3270 m
Orthotrichum elongatum Taylor - A: 2400-3150 m
Orthotrichum pycnophyllum Schimp. - A: 3000 m
Orthotrichum trachymitrium Mitt. - A: 2880 m
 **Schloteimia torquata* (Hedw.) Brid. - A: 1850 m
Zygodon obtusifolius Hook. - A: 1820 m
Zygodon reinwardtii (Hornsch.) A. Braun - A: 2350-3370 m
Zygodon squarrosus (Taylor) Müll. Hal. - A: 2880-3620 m

PHYLLOGONIACEAE

- Phyllogonium fulgens* (Hedw.) Brid. - A, AM: 900-3280 m
Phyllogonium viscosum (P. Beuv.) Mitt. - A: 1800-3630 m

PILOTRICHACEAE

- **Callicostella columbica* R. S. Williams - A: 1740-1780 m
Callicostella pallida (Hornsch.) Angstrom - A, PC: 18-1850 m
 **Callicostella rivularis* (Mitt.) A. Jaeger - PC: 60-65 m
 **Crossomitrium acuminatum* E. B. Bartram - PC: 60-65 m
Crossomitrium epiphyllum (Mitt.) Müll. Hal. - A: 1500 m
Crossomitrium patrisiae (Brid.) Müll. Hal. - A, PC: 50-1500 m
Cyclodictyon albicans (Hedw.) Kuntze - A: 2100-2900 m
 **Cyclodictyon roridum* (Hampe) Kuntze - A: 1720-1760 m
Cyclodictyon rubrisetum (Mitt.) Kuntze - A: 2240-3200 m
 **Cyclodictyon subtortifolium* (E. B. Bartram) W. R. Buck - A: 2800 m
Hypnella diversifolia (Mitt.) A. Jaeger - A: 2300-2555 m
Hypnella pilifera (Hook.f. & Wilson) A. Jaeger - A: 2700 m
Pilotrichum bipinnatum (Schwägr.) Brid. - PC: 18-65 m
Thamniopsis diffusa (Wilson ex Mitt.) A. Jaeger - PC: 20-330 m
 **Thamniopsis pendula* (Hook.) M. Fleishc. - A: 1654 m
Thamniopsis terrestris (Mitt.) W. R. Buck - PC: 50-100 m
Thamniopsis undata (Hedw.) W. R. Buck - A: 2440-2770 m

- Trachyxiophium glanduliferum* (Hampe.) S. Churchill & E. Linares - A: 2950-3280 m
Trachyxiophium guadalupense (Spreng.) W. R. Buck - A: 1100-1300 m
 **Trachyxiophium steerei* (D. G. Griffin) S. P. Churchill - A: 3000-3200 m
Trachyxiophium vagum (Mitt.) W. R. Buck - A: 2300-2555 m

PLAGIOTHECIAEAE

- Plagiothecium drepanophyllum* Renaud & Cardot - A: 2000 m
Plagiothecium novogranatense (Hampe) Mitt. - A: 2900-3100 m

POLYTRICHACEAE

- Atrichum polycarpum* (Müll. Hal.) Mitt. - A: 1500-2980 m
Notoligotrichum trichodon (Hook.f. & Wilson) G. L. Sm. - A: 4000 m
Pogonatum campylocarpon (Müll. Hal.) Mitt. - A: 2000-3000 m
Pogonatum perichaetiale (Mont.) A. Jaeger - A: 2500-2600 m
 **Pogonatum semipellucidum* (Hampe) Mitt. - A: 3250 m
 **Pogonatum tortile* (Sw.) Brid. - A: 2300-2450 m
Polytrichadelphus aristatus (Hampe) Mitt. - A: 1500-3200 m
Polytrichadelphus ciliatus (Hook. & Wilson) Mitt. - A: 2600-3200 m
Polytrichadelphus giganteus (Hook.) Mitt. - A: 3200-3680 m
Polytrichadelphus longisetus (Brid.) Mitt. - A: 1850-3500 m
Polytrichadelphus purpureus Mitt. - A: 3100-3680 m
Polytrichum juniperinum Hedw. - A: 1700-4100 m

POTTIACEAE

- Anoetangium aestivum* (Hedw.) Mitt. - A: 2300 m
Barbula indica (Hook.) Spreng. - AM: 900 m
Bryoerythrophyllum campylocarpum (Müll. Hal.) H. A. Crum - A: 2800-3080 m
Bryoerythrophyllum jamesonii (Taylor) H. A. Crum - A: 2615 m
Didymodon australasiae (Hook. & Grev.) R. H. Zander - A: 3000 m
Didymodon rigidulus Hedw. - A: 1790-2615 m
Hyophila involuta (Hook.) A. Jaeger - A, AM: 20-1957 m
Leptodontium filicola Herzog - A: 2350-2910 m
Leptodontium longicaule Mitt. - A: 1850-3300 m
Leptodontium luteum (Taylor) Mitt. - A: 2300-3445 m
 **Leptodontium pungens* (Mitt.) Kindb. - A: 3600-3800 m
 **Leptodontium stellaticuspis* E. B. Bartram - A: 2980 m
 **Leptodontium syntrichioides* (Müll. Hal.) Kindb. - A: 1620 m
Leptodontium viticulosoides (P. Beauv.) Wijk & Margad. - A: 1780-3510 m
Leptodontium wallisii (Müll. Hal.) Kindb. - A: 3225-4100 m
Pseudocrossidium replicatum (Taylor) R. H. Zander - A: 15505-3020 m
 **Sagenotortula quitoensis* (Taylor) R. H. Zander - PC: 5-30 m
Streptopogon calymperes Müll. Hal. - A: 1200-4000 m
Streptopogon erythrodontus (Taylor) Wilson - A: 2880-3000 m
Syntrichia bogotensis (Hampe) Mitt. ex R. H. Zander - A: 3400 m
Syntrichia fragilis (Taylor) Ochyra - A: 1570-2940 m
Trichostomum tenuirostre (Hook. & Tayl.) Lindb. - A: 2850-2700 m
Weissia jamaicensis (Mitt.) Grout - A: 1620-1680 m

PRIONODONTACEAE

Prionodon densus (Sw. ex Hedw.) Müll. Hal. - A: 1640-3450 m

Prionodon fuscolutescens Hampe - A: 2300-3450 m

**Prionodon lycopodioides* Hampe - A: 1700 m

PTEROBRYACEAE

Calyptothecium duplicatum (Schwägr.) Broth. - A: 1420-3280 m

Henicodidium geniculatum (Mitt.) W. R. Buck - A: 940 m

**Orthostichopsis praetermissa* W. R. Buck - A, AM: 450-1150 m

Orthostichopsis tetragona (Hedw.) Broth. - PC: 20-50 m

Pirella angustifolia (Müll. Hal.) Arzeni - PC: 150 m

Pterobryon densum Hornsch. - A: 1750-2670 m

PTYCHOMITRIACEAE

Ptychomitrium lepidomitrium (Müll. Hal.) Schimp. - A: 3000 m

RACOPILACEAE

Racopilum intermedium Hampe - A: 1500 m

Racopilum polythrinicum Spruce ex Miit. - A: 1600 m

Racopilum tomentosum (Hedw.) Brid. - A: 650-2900 m

REGMATODONTACEAE

**Regmatodon orthostegius* Mont - A: 3150 m

RHACOCARPACEAE

Rhacocarpus purpurascens (Brid.) Paris - A: 2950-3700 m

RHIZOGONIACEAE

Leptotheca boliviana Herzog - A: 2915-3270 m

Pyrrhobryum mnioides (Hook.) Manuel - A: 2910-3100 m

Pyrrhobryum spiniforme (Hook.) Mitt. - A, AM: 500-3100 m

RIGODIACEAE

Rigodium toxarion (Schwägr.) A. Jaeger - A: 2558-3400 m

SELIGERIACEAE

Blindia magellanica Schimp. - A: 2800 m

SEMATOPHYLLACEAE

Acroporium estrellae (Müll. Hal.) W. R. Buck & Schaf.-Verw. - A, PC: 50-2250 m

Acroporium pungens (Hedw.) Broth. - A, AM, PC: 18-2000 m

- Aptychella prolifera* (Broth.) Herzog - A: 2000 m
Donnellia commutata (Müll. Hal.) W. R. Buck - 2000 m
Prerogonidium pulchellum (Hook.) Müll. Hal. - PC: 100 m
Sematophyllum adnatum (Michx.) E. Britton - A: 1830-1860 m
Sematophyllum aureosulfureum (Müll. Hal.) Broth. - A: 2400 m
Sematophyllum cuspidiferum Mitt. - A: 890-2600 m
Sematophyllum decumbens Mitt. - A: 3100-3300 m
Sematophyllum flavidum Mitt. - A: 2900 m
Sematophyllum galipense (Müll. Hal.) Mitt. - A: 940-3080 m
**Sematophyllum loxense* (Hook.) Mitt. - A: 1830 m
Sematophyllum napoanum (De Not) Steere - A: 1830-3280 m
Sematophyllum pennellii R. S. Williams - A: 2400-2700 m
Sematophyllum subbrachycarpum (Hampe) Mitt. - A: 1800 m
Sematophyllum subpinnatum (Brid.) E. Britton - A, AM, PC: 5-3250 m
Sematophyllum subsimplex (Hedw.) Mitt. - A, AM, PC: 18-2600 m
Sematophyllum swartzii (Schwägr.) W. H. Welch & H. A. Crum - A: 2300-3030 m
Sematophyllum tequendamense (Hampe) Mitt. - A: 2400-2700 m
Taxithelium planum (Brid.) Mitt. - PC: 20-150 m
Taxithelium pluripunctatum (Renauld & Cardot) W. R. Buck - PC: 60 m
**Trichosteleum fluviatile* (Mitt.) A. Jaeger - AM, PC: 18-450 m
Trichosteleum papillosum S. P. Churchill & I. Sastre - PC: 18-170 m
Trichosteleum sentosum (Sull.) A. Jaeger - PC: 120-170 m
Wijkia subnitida (Hampe) H. A. Crum - A: 1830-1850 m

SPHAGNACEAE

- Sphagnum cuspidatum* Ehrh. Ex Hoffm. - A: 2700-3500 m
Sphagnum limbatum Mitt. - A: 2300-3650 m
Sphagnum magellanicum Brid. - A: 2200-3800 m
Sphagnum meridense (Hampe) Müll. Hal. - A: 1500-3270 m
Sphagnum oxyphyllum Warnst. - A: 2750-3315 m
Sphagnum recurvum P. Beauv. - A: 3300-3500 m
Sphagnum sancto-josephense H. A. Crum & Crosby - A: 2610-3800 m
Sphagnum sparsum Hampe - A: 3240-3700 m
**Sphagnum subsecundum* Nees ex Sturm - A: 3300 m

SPLACHNACEAE

- Brachymitrium moritzianum* (Müll. Hal.) A. K. Kop - A: 2910 m
Tetraplodon mnioides (Sw. ex Hedw.) Bruch & Schimp. - A: 3500 m

THUIDIACEAE

- Haplocladium microphyllum* (Hedw.) Broth. - A: 2121-2270 m
Pelekiium involvens (Hedw.) Touw. - A: 2910 m
Thuidium delicatulum (Hedw.) Schimp. - A, AM: 850-3100 m
Thuidium peruvianum Mitt. - A: 2050-3560 m
Thuidium tomentosum Schimp. - A: 1100-3200 m

TRACHYPODACEAE

- Trachypus bicolor* Reinw. & Hornsch. - A: 1670-3280 m

NOVEDADES COROLÓGICAS DE LA FAMILIA MELASTOMATACEAE PARA EL DEPARTAMENTO DE CALDAS, COLOMBIA*

Juan Mauricio Posada-H.¹

Resumen

Se registran por primera vez para el departamento de Caldas tres especies pertenecientes a la familia Melastomataceae: *Leandra mexicana*, *Miconia longifolia* y *Blakea superba*. Colecciones de estas especies no se conocían hasta el momento del departamento de Caldas, ni tampoco menciones en trabajos florísticos o bases de datos.

Palabras clave: Melastomataceae, *Blakea*, *Leandra*, *Miconia*, Caldas, Colombia.

NEW RECORDS OF MELASTOMATACEAE FROM DEPARTMENT OF CALDAS, COLOMBIA

Abstract

For the first time three new species of Melastomataceae are recorded in the Department of Caldas: *Leandra mexicana*, *Miconia longifolia* and *Blakea superba*. Collections of these species were neither unknown until now in the Department of Caldas nor were they mentioned in previous floristic work or databases.

Key words: Melastomataceae, *Blakea*, *Leandra*, *Miconia*, Caldas, Colombia.

* FR: 21-XI-2012 FA: 21-X-2013

¹ Biólogo-Herbario Universidad de Caldas (FAUC), Calle 65 No. 26-10, Manizales, Caldas, Colombia. A.A. 275.
E-mail: juan.posada87@gmail.com

INTRODUCCIÓN

La familia Melastomataceae Juss presenta distribución pantropical con su mayor diversificación en el Neotrópico (RENNER, 1993), donde Colombia es el segundo país con mayor diversidad con alrededor de 900 especies que se encuentran principalmente en los Andes, el Chocó Biogeográfico y la Amazonia (MENDOZA & RAMÍREZ, 2006). No obstante esta condición, en el país son escasos los estudios taxonómicos regionales enfocados a este grupo (URIBE, 1972; QUIÑONES-M., 2001; MENDOZA & RAMÍREZ, 2006).

El departamento de Caldas se encuentra en la región andina colombiana, la cual es una de las zonas con mayor diversidad biológica del país. El departamento cubre en un rango altitudinal entre los 200 y 5432 m y cuenta con dos valles interandinos (CASTAÑO *et al.*, 2003). La situación actual de conocimiento de la flora departamental, no refleja su alta diversidad pues son escasas las colecciones botánicas en la mayoría de sus municipios y el inventario en el departamento se limita al oriente y centro sur de su territorio (SANÍN, 2011). Tendiente a aumentar el grado de conocimiento de la flora departamental, se han realizado recientes trabajos florísticos en zonas poco exploradas y que han arrojado como resultado novedades taxonómicas como las que se documentan en este artículo.

MÉTODOS

Se visitaron tres localidades alrededor de la cuenca del río Chinchiná (Figura 1), en los municipios de Chinchiná, Manizales y Palestina durante el mes octubre de 2010 y los meses de febrero y agosto de 2011 donde se realizaron recolecciones de la familia Melastomataceae. El material herborizado fue depositado en el Herbario de la universidad de Caldas (FAUC) y los duplicados en los herbarios de la Universidad de Antioquia (HUA) y del Instituto von Humboldt (FMB), bajo la numeración JMP 145, 165, 167, 187. Para la determinación de las colecciones se utilizó bibliografía especializada (URIBE, 1972; WURDACK, 1980; QUIÑONES-M., 2001; MENDOZA & RAMÍREZ, 2006; DAVID & RIVAS-CELIS, 2007), y trabajos florísticos realizados en Caldas (VARGAS, 2002; ORREGO *et al.*, 2004; SANÍN & DUQUE-CASTRILLÓN, 2006; SANÍN *et al.*, 2006; ÁLVAREZ-MEJÍA *et al.*, 2007; ROJAS-VINASCO *et al.*, 2008; CARDONA *et al.*, 2010). Asimismo, se revisaron los herbarios de la Universidad de Caldas (FAUC) y de la Universidad de Antioquia (HUA). Además, se consultaron las Bases de Datos del Herbario Nacional Colombiano-COL (HERBARIO/ICN, 2011), del Jardín Botánico de Saint Louis-Missouri (W3TROPICOS, 2012) y la lista de especies de Melastomataceae para Colombia (MENDOZA & RAMÍREZ, 2005). De los nuevos registros de especies se realizó una leve descripción y comentarios sobre su distribución.

RESULTADOS

Con base en las colecciones realizadas se presentan las siguientes novedades corológicas para el departamento de Caldas.

Blakea superba (Naudin) Penneys & Judd. PhytoKeys 20: 29. 2013.
Sinónimo: *Topobea superba* Naudin.

Tipo: Colombia; 1851-1857; Triana s.n. (P).

Árbol de 15m; entrenudos cuadrangulares. Hojas con lámina de 20-30x13-15cm, ovado-elíptica, brevemente acuminada, de margen tenuemente denticuladas-sinuadas, 5-nervada; nervios separados 2-4cm; haz glabra, envés con tomento furfuráceo en los nervios principales; peciolo 2-3cm de largo. Inflorescencia con 4-7 flores en fascículos axilares; pedicelos inequilateros 1-2cm de largo; bractéolas suborbiculares, 4-5mm de largo por ancho; hipanto oblongo-campanulado, con 6 lóbulos; pétalos de forma ovada, color rosa claro; Anteras linear-subuladas, con un solo poro; ovario parcialmente fusionado con 5-6 lóculos; fruto en baya.

Distribución, hábitat y nombre vernáculo: En Colombia se distribuye en los departamentos de Chocó, Huila, Nariño, Quindío y Valle del Cauca, entre los 1500-1900 m de altitud. Crece en bordes de quebradas y bordes de bosque. En Caldas no se conoce el nombre común.

Material examinado: COLOMBIA. Caldas: Manizales, vereda El Águila, en la vía que lleva al municipio de Neira, 5°05,43'N y 75°30,7'W, 1800 msnm, 24-X-2010, fl, J. M.

Posada 165, 167 (FAUC, HUA, FMB) (Figura 1 y 2).

Leandra mexicana (Naudin) Cogn., Fl. Bras. 14, pt. 4: 77. 1886.

Tipo: México; sin fecha; Galeotti 2962(G).

Sinónimo: *Clidemiastrum mexicanum* Naudin.

Arbusto de 1-3 m; tallos pubescentes con tricomas esbeltos simples. Hojas con lámina 10-20 x 4-15 cm, acuminadas, base ampliamente redondeada a subcordada, 7-nervada, haz ligeramente pubescente y escasamente piloso con tricomas largos rígidos; peciolo 2-6 cm de largo, pubescentes; inflorescencia en panícula de ramas largas, bifurcadas, flexuosas; 6-10 cm de largo; flores 7-meras; hipanto tubular 3-3,5 mm de largo, densamente villosos con tricomas simples y glandulares esparcidos, 0,5 mm de largo; pétalos de 3 mm de largo; sépalos ovados, 1-1,5 mm de longitud; fruto en baya.

Distribución, hábitat y nombre vernáculo: En Colombia se conoce para el departamento de Antioquia entre los 750 y 1350 m de altitud. Creciendo en interior de bosques de guaduas. En Caldas se conoce con el nombre de Nigüito.

Material examinado: COLOMBIA. Caldas: Palestina, vereda Santágueda, granja Monte Lindo, 5°4'29,21"N y 75°40'21,82"W, 1050 msnm, 28-II-2011, fl. J.M. Posada 145 (FAUC) (Figura 1 y 2).

Miconia longifolia (Aubl.) DC., Prodr. 3: 184. 1828.

Tipo: French Guiana, Aublet s.n. (BM, IT).

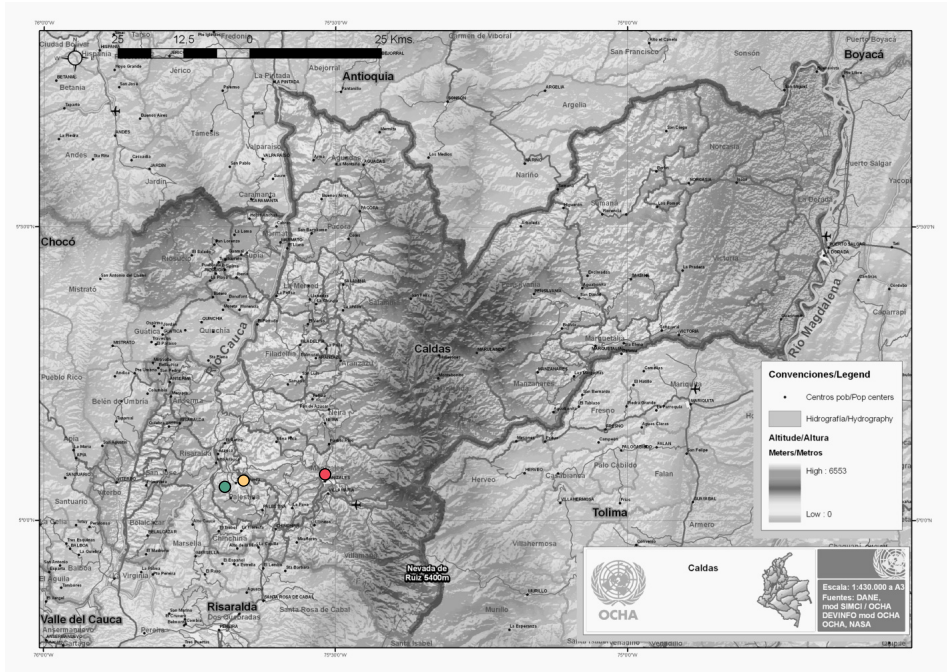
Sinónimos: *Melastoma longifolium* DC., *Miconia lambertiana* DC., *Chaenopleura longifolia* (Aubl.) Griseb.

Arbusto o árbol hasta 6 m. Tallos teretes, ramas jóvenes, inflorescencias y envés de hojas con indumento estrellado, esparcido y caduco; ramas jóvenes angulares.

Hojas con lámina 6-15 cm de longitud, oblongo-elípticas, agudas a cortamente acuminadas en el ápice, agudas en la base, 3-nervadas, generalmente 4 por nudo; inflorescencias en cimas dicasiales, pedicelos hasta 2 mm de longitud; flores 5-meras, pétalos blancos; fruto en baya.

Distribución, hábitat y nombre vernáculo: En Colombia se conoce para los departamentos de Amazonas, Antioquia, Boyacá, Cauca, Chocó, Caquetá, Cundinamarca, Huila, Magdalena, Meta, Santander, Valle del Cauca y Vichada, entre los 120-1900 m de altitud. Crece en interior de bosque con 30 años de regeneración. En Caldas no se conoce el nombre común.

Material examinado: COLOMBIA. **Caldas:** Chinchiná, embalse La Esmeralda, 5°03'32"N y 75°44'07,6"W, 1000 msnm, 27-VIII-2011, fl, *J.M. Posada 187* (FAUC) (Figura 1 y 2).



Fuente: Oficina para la Coordinación de Asuntos Humanitarios (2012).

Figura 1. Mapa de Caldas con los lugares de colecta de cada especie. *Blakea superba* (●). *Leandra mexicana* (○). *Miconia longifolia* (●).

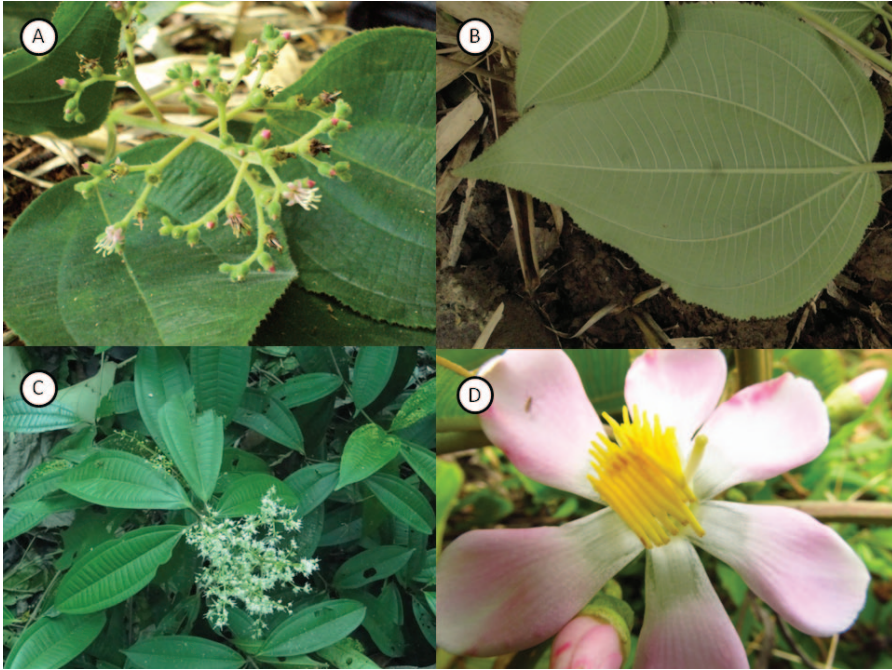


Figura 2. A y B: *Leandra mexicana* (flores y hoja). C: *Miconia longifolia* (hábito). D: *Blakea superba* (detalle de la flor) (Foto: Luis Fernando Coca).

AGRADECIMIENTOS

A David Sanín, Julio Andrés Sierra Giraldo y Luis Fernando Coca por su apoyo y compañía en campo y sus aportes, al evaluador Humberto Mendoza por sus valiosas observaciones al manuscrito y a Luis Miguel Álvarez Mejía, director del Herbario de la Universidad de Caldas (FAUC), por permitir el acceso a los especímenes de la dependencia a su cargo.

BIBLIOGRAFÍA

- ÁLVAREZ-MEJÍA, L.M., SANÍN, D., ALZATE-QUINTERO, N.F., GONZÁLEZ-OCAMPO, G.A., MANCERA-SANTA, J.C. & CASTAÑO-R., N., 2007.- *Plantas de la Región Centro-sur de Caldas*. Manizales, Colombia: Centro Editorial Universidad de Caldas, Cuadernos de Investigación No. 28.
- CARDONA, F.A., DAVID, H.S. & HOYOS, S.E., 2010.- *Flora de la Miel. Central Hidroeléctrica Miel I - Oriente de Caldas. Guía ilustrada*. ISAGEN. Medellín, Colombia: ISAGEN - Universidad de Antioquia, Herbario Universidad de Antioquia (HUA).
- CASTAÑO, J.H., MUÑOZ, Y., BOTERO, J.E. & VÉLEZ, J.H., 2003.- Mamíferos del departamento de Caldas. *Biota Colombiana*, 4 (2): 247-259.
- DAVID, H. & RIVAS-CELIS, A.C., 2007.- *Estudio de la familia Melastomataceae en el área de jurisdicción de Corantioquia*. Herbario Universidad de Antioquia (HUA) - Corantioquia. (Documento inédito).
- HERBARIO / INSTITUTO DE CIENCIAS NATURALES (ICN), 2011.- Universidad Nacional de Colombia. <http://www.biovirtual.unal.edu.co/ICN/>
- MENDOZA, H. & RAMÍREZ, B., 2005.- *Lista preliminar de especies para Colombia de las familias Melastomataceae y Memecylaceae*. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos

- Biológicos Alexander von Humboldt - Universidad del Cauca. <http://www.humboldt.org.co/humboldt/mostrarpagina.php?codpage=2000>
- , 2006.- *Guía ilustrada de géneros de Melastomataceae y Memecylaceae de Colombia*. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt - Universidad del Cauca.
- ORREGO, O., BOTERO, J.E., VERHELTS, J.C., PFEIFER, A.M., LÓPEZ, J.A., FRANCO, V.M. & VÉLEZ, J.E., 2004.- Plantas vasculares del municipio de Manizales, Caldas. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 8: 1-46.
- PENNEYS, DARIN S. 2007. - *Phylogeny and Character Evolution in the Blakeeae (Melastomataceae)*. University of Florida, Gainesville, U.S.A. 176pp.
- QUIÑONES-M., L.M. 2001.- *Diversidad de la familia Melastomataceae en la Orinoquia colombiana*. Biblioteca J. J. Triana, Vol. 15. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Ciencias Naturales.
- RENNER, S., 1993.- Phylogeny and classification of the Melastomataceae and Memecylaceae. *Nord. J. Bot.*, 13 (5): 519-550.
- ROJAS-VINASCO, W., ESTÉVEZ-VARÓN, J.V. & RONCANCIO, N., 2008.- Estructura y composición florística de remanentes de bosque húmedo tropical en el Oriente de Caldas, Colombia. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 12: 24-37.
- SANÍN, D., 2011.- Helechos y licófitos de Caldas, una herramienta para el ordenamiento del territorio: 114 (en) ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE BOTÁNICA. *Libro de resúmenes VI congreso colombiano de botánica*. Cali, Colombia.
- SANÍN, D. & DUQUE-CASTRILLÓN, C.A., 2006.- Estructura y composición florística de dos transectos localizados en la Reserva Forestal Protectora de Río Blanco (Manizales, Caldas, Colombia). *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 10: 19-44.
- SANÍN, D., MANCERA-SANTA, J.C., CASTAÑO-RUBIANO, N., ALZATE-O., N.F., GONZÁLEZ-O., G. & ÁLVAREZ-M., L.M., 2006.- Catálogo preliminar de las plantas vasculares de la Reserva "Río Blanco" (Manizales, Caldas, Colombia). *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 10: 19-44.
- URIBE, L., 1972.- *Catálogo ilustrado de las plantas de Cundinamarca*. Vol. 5. *Passifloraceae, Begoniaceae, Melastomataceae*. Bogotá, Colombia: Inst. Ciencias Naturales.
- VARGAS, W., 2002.- *Riqueza florística de las montañas del Quindío y los Andes centrales*. Manizales, Colombia: Centro Editorial Universidad de Caldas.
- WURDACK, J.J., 1980.- Melastomataceae (en) HARLING, G. & SPARRE, B. (eds.). *Flora of Ecuador*. No. 13. Univ. Göteborg & Riksmuseum, Stockholm.
- W3TROPICOS / MISSOURI BOTANICAL GARDEN, 2012.- Nomenclatural Data Base. Recuperado de <http://www.tropicos.org/>

CONSERVACIÓN Y BIODIVERSIDAD
EN AGROECOSISTEMAS
CONSERVATION AND BIODIVERSITY
IN AGROECOSYSTEMS



PRODUCTION, ACCUMULATION, AND DECOMPOSITION OF LEAF LITTER IN A COLOMBIAN SUBANDEAN FOREST AND NEIGHBORING AREAS OF RESTORATION

*Kelly Rubiano-Cardona¹, Luisa Fernanda Arcila-Cardona¹,
Elizabeth Jiménez-Carmona¹ and Inge Armbrecht¹*

Abstract

Production, accumulation, and decomposition of leaf litter constitute an important entry route for nutrient cycling in ecosystems, but deforestation and soil productive exploitation can affect them. This study evaluated the dynamics of leaf litter in an Andean rural livestock landscape where, since 2003, restoration took place in four biological corridors connecting two forest fragments. The study comprised three periods and 11 sites classified into four types of vegetation cover: (1) forest; (2) pasture; (3) restored areas from pastures (RA-pasture); (4) restored areas from harvested pine and cypress forest plantations (RA-forestry). Methods involved 63 leaf litter collecting traps; 288 mulch samples; 192 decomposition bags, and five environmental variables measured. The environmental conditions of the RAs were similar to those of the forest and differed from that of the pasture. Production was highest in the forest. Accumulation in forests was similar to RA-forestry, but different to that of the pastures and RA-pasture. Decomposition was rapid (> 70% at 45 days) and greater in the RAs than in forests and pastures. Recovery of recycling processes is still far from reaching complete restoration, with RA-forestry being closest. Physical factors (precipitation, gravity) seem to play an important role in the dynamics in all the vegetation covers of this mountainous landscape.

Key words: ecological restoration, montane forests, nutrient cycling, organic matter, primary productivity.

PRODUCCIÓN, ACUMULACIÓN Y DESCOMPOSICIÓN DE HOJARASCA EN UN BOSQUE COLOMBIANO SUBANDINO Y ÁREAS ALEDAÑAS DE RESTAURACIÓN

Resumen

La producción, acumulación y descomposición de hojarasca constituyen una vía de entrada importante para el ciclaje de nutrientes en los ecosistemas, pero el aprovechamiento productivo del suelo y la pérdida de cobertura arbórea pueden afectarlas. Este estudio evaluó las dinámicas de hojarasca en un paisaje rural ga-

^{*} FR: 19-XI-2012 FA: 18-VII-2013

¹ Departamento de Biología, Universidad del Valle, A.A. 25360, Cali, Colombia.

Corresponding author: Inge Armbrecht. Address: Universidad del Valle, Dept. Biología. Calle 13 No. 100-00 Ed. 320. Of. 3025, Cali, Colombia. Phone number: 57(2) 3393243. FAX: 57(2) 3392440. E-mail: inge.armbrecht@correounivalle.edu.co

nadero Andino, escenario en el 2003 de esfuerzos de restauración para conectar dos fragmentos de bosque a través de cuatro corredores biológicos. El estudio se realizó durante tres periodos en 11 sitios clasificados en cuatro tipos de coberturas vegetales: (1) bosque; (2) pastizal; (3) áreas restauradas a partir de pastizales; (4) áreas restauradas a partir de plantaciones forestales de pino y ciprés. Los métodos involucraron 63 trampas colectoras de hojarasca; 288 muestras de mantillo; 192 bolsas de descomposición y cinco variables ambientales medidas. Las condiciones ambientales presentes en las áreas restauradas fueron similares a las del bosque y diferentes a las del pastizal. La producción fue más alta en el bosque. La acumulación en los bosques fue similar a la encontrada en áreas restauradas a partir de plantaciones forestales, pero diferente a la de pastizales y áreas restauradas a partir de pastizales. La descomposición fue rápida (> 70% a los 45 días) y mayor en las áreas restauradas que en los bosques y pastizales. Los procesos de ciclaje aún permanecen lejos de alcanzar la restauración completa, siendo las áreas restauradas a partir de plantaciones forestales las que más se aproximan. Los factores físicos (precipitación, gravedad) parecen jugar un rol importante en las dinámicas de hojarasca de todas las coberturas vegetales presentes en este paisaje montañoso.

Palabras clave: restauración ecológica, bosque montano, ciclaje de nutrientes, materia orgánica, productividad primaria.

INTRODUCTION

Fall and decomposition of leaf litter constitute an important entry route for nutrient cycling in land ecosystems (RAI & PROCTOR, 1986). Both the amount and origin of leaf litter have an important relation with the formation of soil and maintenance of its fertility; thereby, quantification of its production and nature are important approaches to understand nutrient cycling in ecosystems. As leaf litter is produced and its fall occurs, it starts accumulating on the soil to originate the mulch. BEARE *et al.* (1995) call the mulch “detritosphere”, given that it constitutes a complex habitat and one of the most important strata. The size of the mulch is determined in the decomposition through the balance between two contrasting processes: humidification and mineralization; in the first process, leaf litter partially decomposes and maintains adequate mulch levels over the soil (LAVELLE *et al.*, 1993). In the second, the mulch’s organic matter decomposes through the action of some soil organisms upon its most elemental components and it is eventually absorbed by plants in different ionic forms, ensuring the flow of energy and nutrients between the soil and the vegetation (VARELA *et al.*, 2007).

In general terms, the dynamics of leaf litter (production, accumulation, and decomposition) is regulated by multiple biological factors like age of trees, plant species, ontogeny, composition of the forest, and soil conditions. It is also affected by weather factors like rain regime, temperature, and humidity, among others. Hence, although tendencies and general ecological mechanisms exist to predict these dynamics, it is difficult to obtain a holistic view of the process applicable to all zones, given that the characteristics of the geographic space in which research is being developed determine results that deviate from the predictions (CLARK *et al.*, 2001). Loss of native tree cover and the soil productive exploitation can affect fauna and micro-soil organisms, simplifying the trophic networks and altering the

ecological processes related to the dynamics of leaf litter and flow of nutrients in Tropical ecosystems (LAVELLE *et al.*, 1993; MURGUETIO *et al.*, 2011). The Colombian Andes, one of the zones with the greatest endemism and biodiversity in the world, has lost more than 60% of the forest cover and its landscape is dominated by agricultural systems (ETTER & WYNGAARDEN, 2000). Particularly, the rural livestock landscape from the Barbas River (Filandia-Quindío) is not the exception. Given the fragmentation and isolation of the cloud forests, on December 2003, Colombian conservation entities began an ecological restoration of three areas seeking to improve the connectivity of the landscape. These three areas had been previously used for commercial exploitation of pine and cypress (*Pinus* and *Cupressus*). In June 2005, three additional areas began to be restored; this time their prior use was intensive cattle ranching without trees (VARGAS *et al.*, 2009). The soils of the areas subjected to the restoration process (hereinafter restored areas, RAs) had previously remained under production systems for over 50 years. This study was carried out in 2010, after seven years of having started the restoration process and given that the native cover of the restored areas was noted highly recovered. The study was aimed to revise the processes related to the dynamics of leaf litter in four different vegetation covers: (1) forests, (2) pastures, (3) restored areas from forest plantations (RA-forestry), and (4) restored areas from pastures (RA-pasture).

METHODS

Study area

The landscape of the Barbas River Canyon is located on the western slope of Colombia's Central Mountain range, between coordinates 75°35'42"W; 4°40'48"N and 75°39'38"W; 4°42'47"N (Fig. 1) at the municipalities of Filandia (Department of Quindío) and Pereira (Department of Risaralda). The elevation is between 1700 and 2000 masl, with average yearly precipitation of 2515 mm, and mean temperature of 17 °C. The landscape contains native vegetation characteristic of Subandean "orobiome" from the humid Tropical "zonebiome" (RODRÍGUEZ *et al.*, 2004). Livestock for milk production is the main production activity, followed by commercial forestry of introduced species (pine and cypress). Specifically, the rural livestock landscape from the Barbas River (Filandia-Quindío) is composed of two big native forest fragments; the forest from the Barbas River Canyon that covers about 790 ha and the Bremen Forest Reserve that has 336 ha of native forest and 447 ha of remaining gymnosperm forest plantations (Fig. 1).

The end result of the ecological restoration during these years (2003 and so on) involved the conformation of three connection corridors between the two forest fragments. Therefore, the whole connected structure involves three types of vegetation covers: forest fragments, riparian forests stemming from both fragments and restored areas (Fig. 1), all of them immersed in a pasture-dominated landscape.

To develop the objectives of the present study, we evaluated 11 sites classified into four types of vegetation cover: (1) forests, (2) pastures, (3) restored areas originating from open pastures of African introduced grasses (RA-pasture), and (4) restored areas originating from harvested gymnosperm forest plantations (RA-

forestry). For each of the preceding four vegetation covers, three replicates were used, except for the forest, where only two were accessed.

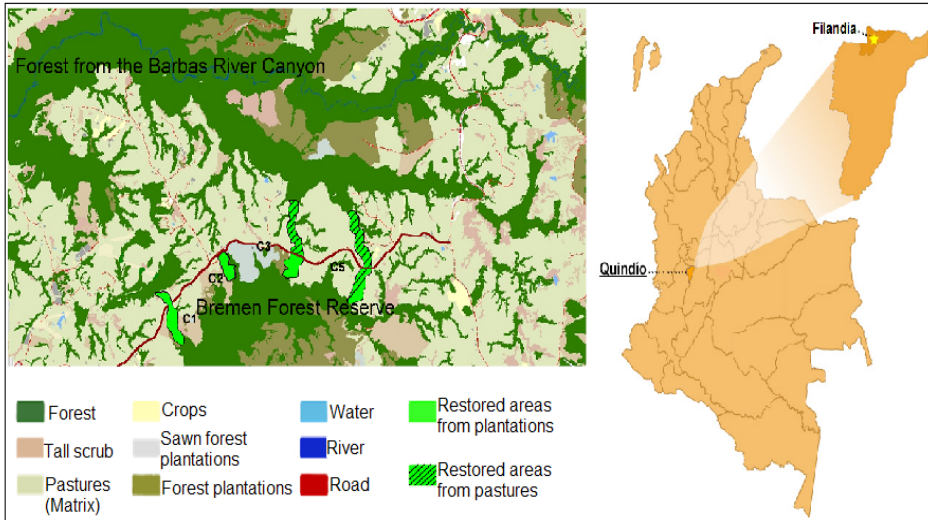


Figure 1. Location of the study area and location of biological corridors (C1, C2, C3, and C5), formed by the restored areas studied of riparian forests in Filandia, Quindío. IAVH file image.

For the purpose of this study, the forest is considered as positive control, given that it is the ecosystem of reference use for the restoration. The pastures were considered negative control because they were the cover with the least native vegetation.

Environmental variables

A 150 m long transect was established per study site and in each of the 12 stations distributed in the first and final 50 m of the transect. Six data sets were taken of leaf litter depth (with a rigid ruler) and tree canopy cover (with a GRS densitometer). Five soil compaction registries were taken using a pocket penetrometer, and two temperature and relative humidity measurements were obtained by using an Extech Hygrometer. All the variables were taken at the start of the study.

Production of leaf litter

Leaf litter collecting traps were constructed with a 0.25 m² collection area, elaborated in plastic mesh fabric with a 1 cm² mesh opening. The traps were placed approximately 30 cm from the soil surface. In total, 63 leaf litter collecting traps were used, that is 21 traps to characterize each of the three vegetation covers (pastures were not sampled because leaf litter falls below this height). Seven traps were located per replicate (n = 3) along a random transect (except for forest with ten and eleven traps per transect), with at least 15 m between traps and 10 m from the border. The collecting traps were inspected in a quarterly frequency, during six months. Each of the samples was carefully washed with tap water, dried at 60 °C until constant weight, and weighed on an analytic scale (modified from SUNDARAPANDIAN & SWAMY, 1999).

Collection of mulch

Twenty-four samples were collected in each of the four covers (eight samples x three replicates), each sample from a 20 x 20 cm surface of the leaf litter layer, for a total of 96 samples of mulch per quarterly sampling (24 samples x four covers = 96 samples) and 288 samples in total at the end of the six months (96 samples/sampling x three samplings = 288 samples). These samples were taken from the areas near the leaf litter collecting traps and kept in plastic bags until their destiny in the entomology laboratory at Universidad del Valle, Cali. Each of the samples was carefully washed with tap water to remove excess dirt or mud, dried at 60 °C to constant weight, and weighed in an analytic scale (modified from SUNDARAPANDIAN & SWAMY, 1999).

Decomposition of leaf litter

Bags (20 x 20 cm) were elaborated in greenhouse shade netting at 70%. Each bag received five grams of dry weight of “cordoncillo” foliage (*Piper anisatum*) and five grams of “kikuyu” grass (*Pennisetum clandestinum*). The plant material was previously furnace dried at 70 °C to constant weight (VARELA *et al.*, 2007). Both, “cordoncillo” and “kikuyu” are relatively abundant in the study zone. Forty-eight bags per vegetation cover were placed, 16 per replicate (except for the forest cover with 24 per replicate), half of them were added one naphthalene ball (control bags with exclusion of fauna) and the remaining without it (treatment bags). Naphthalene has been used in other studies to keep soil fauna from entering the decomposition bags (SEASTEDT & CROSSLEY, 1983; HENEGHAN *et al.*, 1998) and in the present study this was also the initial intention. The bags were located perpendicular to the transect with a 10 m separation between bags with and without naphthalene. Half the bags were gathered at random (four bags with naphthalene and four without naphthalene) at 45 days (T1) and the remaining at 90 days (T2) after their installation. The bags were carefully cleaned, and the leaf litter was deposited into a Berlese funnel for 12 hr. The extracted associated fauna was preserved in 96% ethanol. Leaf litter from each bag was dried at 70 °C to constant weight and the decomposition percentage was calculated through relation between the initial and final dry weight (ILANGOVA & PALIWAL, 1996).

Statistical Analyses

Environmental variable data were analyzed through Principal Components Analysis (PCA). To determine if the biomass lost in the bags (decomposition), leaf litter biomass produced, and accumulated leaf litter biomass were different among the covers through time, non-parametric tests were performed given that the data did not comply with the assumptions of homogeneity of variance and normality. Kruskal-Wallis (K-W) tests and Mann-Whitney U were used for multiple and pairwise samples respectively. A multiple comparison test was performed when significance was found after K-W. The leaf litter accumulation data complying with the assumptions of the design normality and homoscedasticity were analyzed via Two Way Analysis of Variance (ANOVA), previous natural logarithm transformation of the data and followed by a Tukey test (ZAR, 1999). The ANOVA tests were performed twice: one of them comparing forest vs. RA-pasture vs. pasture, and the other one comparing forest vs. RA-forestry vs. pasture. This is because the

restoration ages are different. The R program version 2.14.1 was used for all the statistical tests employed in this study.

RESULTS

Environmental variables

The PCA divided the measured environmental variables points into two classes. On the one hand, on the negative side of the first factorial axis was class one comprising 88 measurement points, 24 taken in the forest, 36 in the restored areas from forest plantations, and 28 in restored areas from pastures. On the other hand, on the positive side of this same axis was class two with 44 points, most of them registered on pastures (36) and eight in restored areas from pastures (Fig. 2).

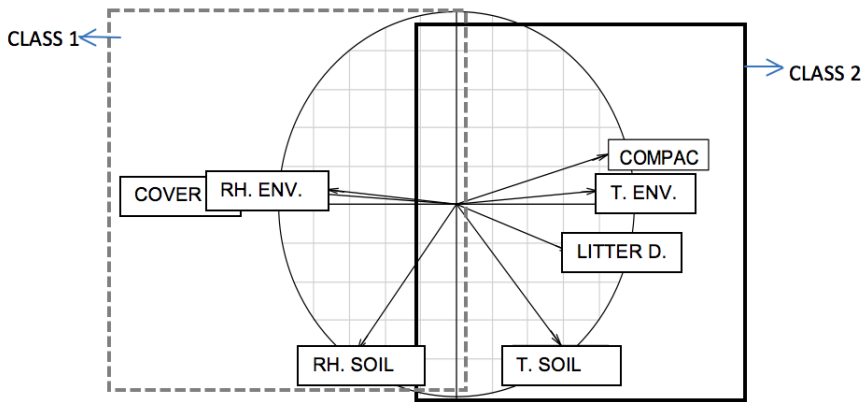


Figure 2. Factorial plane of the PCA. Separation of covers determined by the variables: compaction (COMPAC), canopy cover density (COVER), leaf litter depth (LITTER D.), soil relative humidity (RH. SOIL), relative humidity of the environment (RH. ENV), soil temperature (T. SOIL), and temperature of the environment (T. ENV). The continuous-line rectangle defines the area where the class two was distributed and the dotted-line rectangle indicates where the class one was distributed.

Class one was characterized for having 74.34% average canopy cover, 86.91% soil relative humidity, and 86.31% relative humidity of the environment. Class two had a compaction average of 1.07 kg/cm², average soil temperature of 24.18 °C, environmental temperature of 23.02 °C, average leaf litter depth of 5.47 cm and all of the measurements for this class registered in pastures had no tree cover.

Production of leaf litter

The greatest mean production of leaf litter, at the end of six months and during each of the sampling periods, occurred in the forest. These values were extrapolated to one year, assuming a repeated weather behavior for the rest of the year (Table

1). During the study year, 2010, there were strong and massive rain falls, causing floods, landslides and mudslides throughout the country.

Statistically significant differences were found between the production of leaf litter occurring in the forest and in the RA-forestry at 90 days ($U = 1367$; $p < 0.00$; $n = 84$). Likewise, this test showed significant differences between said covers at 180 days ($U = 371$; $p < 0.00$; $n = 84$). Production in the forest was significantly higher than that of the RA-pasture, at 90 days ($U = 337$; $p = 0.00$; $n = 84$) and at 180 days ($U = 350$; $p = 0.00$; $n = 84$) (Table 1).

Table 1. Mean quarterly, semester, and annual values for leaf litter production and accumulation according to the type of cover ($\text{Mg ha}^{-1} \pm$ standard deviation). The Mg symbol refers to Megagram and it is the same as a metric ton (1 Mg is equivalent to 1,000,000 g or 1000 kg).

Production ($\text{Mg ha}^{-1} \pm$ SD)					
Vegetation cover	Days			Quarterly Mean	Annual Mean
	0	90	180		
Forest		6.6 ± 4.3	7.0 ± 2.3	6.8 ± 3	13.6
RA-forestry		4.0 ± 1.2	4.2 ± 1.6	4.1 ± 1.2	8.2
RA-pasture		3.7 ± 2.7	4.1 ± 2.6	3.9 ± 2.2	7.8
Accumulation ($\text{Mg ha}^{-1} \pm$ SD)					
Forest	9 ± 3.7	9.6 ± 4.5	7.7 ± 3.8	8.8 ± 3.8	17.6
RA-forestry	9.0 ± 3.7	6.7 ± 2	5.2 ± 3.2	7 ± 3.2	14
RA-pasture	6.2 ± 3.7	4.5 ± 2.3	4.7 ± 2.8	5.1 ± 2.9	10.2
Pastures	6.2 ± 3	3.5 ± 1.9	2.8 ± 2.5	4.2 ± 2.6	8.4

Accumulation of leaf litter

The mean accumulation of leaf litter mulch was always higher in the forest; this habitat also showed the greatest variation. A two-factor ANOVA (vegetation cover and time) among forest, RA-forestry, and pastures indicated that the weight of the mulch was affected by each of the factors (Coverage $F_{[2,96]} = 63.72$, $p = 2.00 \text{ E-}16$; Time $F_{[2,96]} = 21.24$, $p = 4.08 \text{ E-}09$) and by the interaction between them ($F_{[4,288]} = 4.06$, $p = 0.00$). Given that the interaction was significant, the comparison of the means with the “coverage” factor may be overshadowed by this interaction; hence, the time factor was left fixed and a Tukey multiple comparison test was employed to observe differences in function of the accumulation, at 0, 90, and 180 days (Table 2). No significant differences were found in leaf litter accumulation between the forest covers and RA-forestry ($p = 1.00 > 0.05$), while such restored areas and the pastures did present differences in their mean accumulation ($p = 0.02 < 0.05$). Also, differences among the controls were evident ($p = 0.02 < 0.05$). Nevertheless, the mean accumulation of leaf litter differed among all the covers during the second sampling (Table 2).

Table 2. Tukey's multiple comparison of the means of leaf litter material accumulated among the forest covers (F), restored areas after harvesting gymnosperm forest plantations (RA-forestry), and open pastures (P).

Days	Vegetation covers	Difference	P value
0	P vs. F	-2.83	0.02
	RA-forestry vs. F	-0.01	1.00
	RA-forestry vs. P	2.83	0.02
90	P vs. F	-6.14	0.00
	RA-forestry vs. F	-2.91	0.00
	RA-forestry vs. P	3.23	0.00
180	P vs. F	-4.82	0.00
	RA-forestry vs. F	-2.43	0.00
	RA-forestry vs. P	2.39	0.00

Another two-factor ANOVA this time comparing forest, RA-pasture, and pastures, found influence of each factor on the accumulation of leaf litter (Cover $F_{[2,96]} = 51.94$, $p = 2.00 \text{ E-}16$; Time $F_{[2,96]} = 10.80$, $p = 3.44 \text{ E-}05$), and also interaction between both factors ($F_{[4,288]} = 3.69$, $p = 0.01$).

Results of Tukey's multiple comparison test, leaving the time factor fixed in each of samplings (Table 3) showed that, at 0 and 90 days, the mean accumulation of leaf litter between RA-pasture and pastures was not different, while the forest mean was significantly different (higher) from the mean of RA-pasture in all the samplings.

Table 3. Tukey's multiple comparison of the means of material accumulated among the forest covers (F), restored areas after being used for intensive cattle ranching pastures (RA-pasture), and pastures (P).

Days	Vegetation covers	Difference	P value
0	P vs. F	-2.83	0.02
	RA-pasture vs. F	-2.85	0.02
	RA-pasture vs. P	-0.02	1.00
90	P vs. F	-61.40	0.00
	RA-pasture vs. F	-51.65	0.00
	RA-pasture vs. P	0.98	0.53
180	P vs. F	-4.82	0.00
	RA-pasture vs. F	-2.97	0.00
	RA-pasture vs. P	1.84	0.02

Decomposition of leaf litter

At 45 days (Time 1) most of the leaf litter was lost in all the decomposition bags (above 70% in each cover). The leaf litter remaining in the bags evidenced advanced trituration, so that both plant species litter were not visibly differentiated (*P. anisatum* and *P. clandestinum*). At 90 days (T2), the percentages of average decomposition of the covers increased, but not as notorious as previously (Table 4).

Table 4. Decomposition percentages (average/median) registered in bags with naphthalene (With N) and without naphthalene (Without N) for each of the vegetation covers.

Type of Bag	Forest	RA-forestry	RA-pasture	Pasture
T1 (45 days)				
Without N	75.48 / 73.18	86.45 / 87.59	80.95 / 79.24	77.19 / 77.01
With N	76.79 / 77.75	85.27 / 84.82	80.13 / 82.32	76.83 / 76.43
Average	76.14 / 75.47	85.86 / 86.21	80.54 / 80.78	77.01 / 76.72
T2 (90 days)				
Without N	87.48 / 89.76	92.02 / 91.19	86.92 / 91.96	85.54 / 87.61
With N	89.77 / 87.74	91.92 / 92.22	90.84 / 86.77	86.60 / 84.15
Average	88.63 / 88.75	91.97 / 91.71	88.88 / 89.37	86.07 / 85.88

Naphthalene did not exclude soil fauna from the decomposition bags under the climatic conditions of the study zone. The number of individuals of soil fauna in bags with and without naphthalene was the same (554 individuals). The mass lost in both treatments was not statistically different (U-Mann Whitney $p > 0.05$).

The order of the vegetation covers, in terms of highest to lowest percentage of decomposition was the same during both times evaluated. RA-forestry showed the highest decomposition percentages averages (T1: 85.86% and T2: 91.97%), followed RA-pasture, then the forest, and lastly the pastures (T1: 77.01% and T2: 86.07%) (Table 4). The Kruskal-Wallis tests and respective *pos Hoc* (multiple comparison test), demonstrated that the biomass lost at 45 and 90 days in RA-forestry was statistically different from the mass lost in forests and pastures. A similar trend was found with respect to restored areas from pastures, at 45 days the biomass lost in this cover differed from that found in forests and pastures; however, at 90 days these differences were no longer maintained.

DISCUSSION

An important attribute generated by ecological restoration is the recovery of native vegetation in the restored ecosystems (KATTÁN & NARANJO, 2007). VARGAS *et al.* (2009), indicated that in restoration processes based on acceleration of succession (the technique used to restore the study zones), a tree cover is expected to be formed, and habitat conditions such as environmental variables, leaf litter

production, accumulation, and decomposition should become more similar to the reference forest ecosystem. The results obtained with the environmental variables, partially agree with that stated by these researchers (VARGAS *et al.*, 2009). Seven years after restoration showed a tree canopy cover above 60% in the RAs and their abiotic conditions are becoming similar to that found in the forest.

However, the data obtained for leaf litter dynamics did not show the same tendencies obtained with the environmental variables. The significant differences found in leaf litter production between the forest and each of the restored areas reflect that the short period or age since restoration has not been sufficient for the recovery of this process. LEBRET *et al.* (2001) reported that leaf litter production increases in positive relationship with the age of the vegetation. The aforementioned is evidenced in the greatest leaf litter production registered in RA-forestry, which are one year older than RA-pasture. Under this scenario, the productivity of leaf litter in restored areas could hardly reached the forest productivity, at least in the short and midterm. Nonetheless, it is highlighted that the values of leaf litter production in these restored areas were within the range of leaf litter production reported for Tropical forests (JORDAN, 1983; TAKEDA, 1996; CLARK *et al.*, 2001).

The different vegetation covers in this study were located at the same altitude over sea level. Various authors accept the relationship the altitudinal gradients have over leaf litter production, coinciding in that this production diminishes upon increasing altitude (BRAY & GORHAM, 1964; VENEKLAAS, 1991; SUNDARAPANDIAN & SWAMY, 1999). Hence, the value of yearly production registered in this study for the forest ($13.6 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$) is considered high, considering that it is a high-land montane forest. According to BROWN & LUGO (1990) although PROCTOR (1983) states that some high values corresponding to leaf litter production are the result of extrapolations from measurements made over a short period, during a peak in leaf litter productivity; it is known that leaf litter production in secondary forests occurs in accelerated manner during the first 12-15 years, establishing a production limit around $12\text{-}13 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$, independent of the climatic conditions (BROWN & LUGO, 1990).

Regarding leaf litter accumulation, the significant differences found upon comparing RAs, to forests and pastures during the second and third sampling indicate that although these restored areas do not yet reach the forest's accumulation levels, their accumulation is distinct from what occurs in pastures, suggesting that said areas are in transition to recovery (Table 2). Also, the lack of marked differences between the accumulation from the forest and the RA-forestry suggests that the biomass accumulation permits the formation of mulch which presumably facilitates the circulation of nutrients between the soil and the plant (Table 2).

Lack of significant differences in mean leaf litter accumulation between the RA-pasture and pastures may be due to the lesser time since restoration to stabilize their ecosystem processes, given that the RA-forestry, which are one-year older, showed differences with the pastures. Nevertheless, the historical use of the current restored areas for pastures and intensive cattle-ranching could be considered a hidden treatment as the cause of decreased rate of recovery, given that an ecosystem's capacity and ease of recovery will depend on the degree of degradation

(GÁLVEZ, 2002). The fact that harvested gymnosperm forests were restored one year before the pasture lands makes it impossible for us to separate the effects of history and type of previous land use. BROWN & LUGO (1990), after comparing several studies, indicated that the time for a secondary forest to reach biomass accumulation levels similar to those present in mature forests is of 40-50 years, independent of the intensity of the land use.

Regarding leaf litter decomposition, lack of differences between both controls (forest and pasture) suggest that the mass loss registered in the decomposition bags may be due to a mechanical trituration effect affecting all the covers in like manner and not one decomposition *per se* that depends on soil organisms associated to each vegetation cover in particular. Two direct pieces of evidence additionally support this interpretation. On one side naphthalene did not affect the lost leaf litter biomass nor were a great amount of organisms found in the bags. On the other, high precipitation ($1508 \text{ mms year}^{-1}$) occurred during the study (IDEAM, 2011) and this factor joined to others like leaching and runoff could have affected all the covers causing the leaf litter to get out of the bags due mainly to comminuting of the material. Biomass loss registered in this research was generally high compared to other montane Tropical forests, again suggesting mechanical trituration as an important factor. VARELA *et al.* (2007) for example, in a cloud forest to the southwest of the Bogotá Sabana in Colombia, obtained 60% decomposition after 365 days of experimenting with an initial 10 g of *Agropyron cristatum*, just 10% less than what was obtained in this research in only 45 days. In 2004, these same researchers registered decomposition percentages at 55% during the same time interval (VARELA *et al.*, 2007). Likewise, RAVE *et al.* (2013), in a low montane forest located also in Quindío, reported over 60 days decomposition percentages below 30% by using *Juglans neotropica* leaf litter.

PRESCOTT (2005) indicated that it is necessary to ponder why and how have the decomposition rates been measured. For example, it is difficult to ensure, with the method of decomposition bags, that the leaf litter disappearing is really leaf litter that decomposes; nonetheless, this is the most frequent way how the data are erroneously interpreted, reaching misleading conclusions. Based on the previously stated, the results from this study suggest that biological activity was not the main factor causing the loss of leaf litter. It may rather be stated that the dynamics of leaf litter loss is accelerated and that an effective flow of material takes place, whether incorporated to the soil, leached out of the system through runoff, or migrating to other uses of the soil.

In summary, it is suggested that ecological restoration in the studied landscape has until now managed to recover part of the processes that support proper functioning in terms of leaf litter dynamics. Considering the short period elapsed since the restoration to date, it is highlighted that important ecological characteristics have been recovered in the RA-forestry that permit and favor adequate flow of nutrients in these ecosystems. In general terms, although still far from the goal, that is, the forest ecosystem, the ecological attributes evaluated in the restored areas, especially the RA-forestry, evidences an appropriate trajectory towards the native subandean tropical forest.

IMPLICATIONS FOR PRACTICE

After seven years, the restored Andean areas resemble native forests in environmental conditions but the recycling processes are still far from reaching complete restoration.

The leaf litter bag method for studying decomposition may hide operating mechanical effects, or hidden treatments (precipitation, gravity) that may conduce to misinterpretation of decomposition dynamics.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors thank O. Ascúntar, J. Celis, O. Mejía, C. Solís, E. Soto, and J. Herrera for help in field and laboratory; to the farms owners; to Universidad del Quindío and workers at Bengala farm. Corporación Autónoma Regional del Quindío (CRO) conceded the study permission # 720. The Research Vicerrectory, Univalle financed translation to English. This Research was funded by Universidad del Valle and the Environment and Habitat Program of COLCIENCIAS Code 1106-489-25496, Contract 443-2009.

BIBLIOGRAPHY

- BEARE, M.H., COLEMAN, D.C., CROSSLY, D.A., HENDRIX, P. & ODUM, E.P., 1995.- A hierarchical approach to evaluating the significance of soil biodiversity to biogeochemical cycling. *Plant and soil*, 170: 5-22.
- BRAY, J.R. & GORHAM, E., 1964.- Litter production in forest of the world. *Advances in Ecological Research*, 2: 101-157.
- BROWN, S. & LUGO, A.E., 1990.- Tropical secondary forests. *Journal of Tropical Ecology*, 6: 1-32.
- CLARK, D.A., BROWN, S., KICKLIGHTER, D.W., CHAMBERS, J.Q., THOMLINSON, J.R., NI, J. & HOLLAND, E.A., 2001.- Net primary production in tropical forest: An evaluation and synthesis of existing field data. *Ecological Applications*, 11: 371-384.
- ETTER, A. & WYNGAARDEN, W.VAN., 2000.- Patterns of landscape transformation in Colombia, with emphasis in the Andean region. *Ambio*, 29: 432-439.
- GÁLVEZ, J., 2002.- *La restauración ecológica: conceptos y aplicaciones*. Revisión bibliográfica. Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas. Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente. Serie de Documentos Técnicos No. 8. 21p.
- HENEGHAN, L., COLEMAN, D.C., ZOU, X., CROSSLEY, D.A. & HAINES, B.L., 1998.- Soil micro arthropod community structure and litter decomposition dynamics: a study of tropical and temperate sites. *Applied Soil Ecology*, 9: 33-38.
- IDEAM, 2011.- *Registros medios mensuales multianuales de precipitación. Estación Salento*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Bogotá D.C., Colombia.
- ILANGOVAN, M. & PALIWAL, K., 1996.- Changes in mass and nutrient during decomposition of *Leucaena leucocephala* and *Cymbopogon citratus* and the effect of substrate quality. Weather variables on mass loss during decomposition in a semi-arid ecosystem, Madurai, India. *Journal of Tropical Forest Science*, 8: 317-332.
- JORDAN, C.F., 1983.- Productivity of tropical rain forest ecosystems and the implications for their use as future wood and energy sources: 117-135 (in) GOLLEY, F.B. (ed.) *Ecosystems of the World, Vol. 14A, Tropical Rain Forest Ecosystems: Structure and Function*. Elsevier, Amsterdam, Netherlands.
- KATTÁN, G. & NARANJO, G., 2007.- *Regiones biodiversas: herramientas para la planificación de sistemas regionales de áreas protegidas*. Fundación EcoAndina WCS/WWF, Bogotá D.C., Colombia.
- LAVELLE, P., BLANCHART, E., MARTIN, A. & MARTIN, S., 1993.- A hierarchical model for decomposition in terrestrial ecosystems: application to soils of the humid tropics. *Biotropica*, 25: 130-150.
- LEBRET, M., NYS, C. & FORGEARD, N., 2001.- Litter production in an Atlantic beech (*Fagus sylvatica* L.) time sequence. *Annals of Forest Science*, 58: 755-768.
- MURGUEITIO, E., CALLE, Z., URIBE, A. & SOLORIO, B., 2011.- Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. *Forest Ecology and Management*, 261: 1654-1663.
- PRESCOTT, C., 2005.- Do rates of litter decomposition tell us anything we really need to know?. *Forest Ecology and Management*, 220: 66-74.

- PROCTOR, J., 1983.- Tropical forest litter fall. I. Problems of data comparison: 267-273 (in) SUTTON, S.L., WHITMORE, T.C. & CHADWICK, A.C. (eds.) *Tropical rain forest: ecology and management*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, U.K.
- RAI, S.N. & PROCTOR, J., 1986.- Ecological studies on four rainforests in Karnataka, India. II. Litterfall. *Journal of Ecology*, 74: 455-463.
- RAVE, S., MONTENEGRO, M. & MOLINA, L. J., 2013.- Caída y descomposición de hojarasca de *Juglans neotropica* Diels (1906) (juglandaceae) en un bosque montano andino, Pijao (Quindío), Colombia. *Actualidades biológicas*, 35: 33-43.
- RODRÍGUEZ, N., ARMENTERAS, D., MORALES, M. & ROMERO, M., 2004.- *Ecosistemas de los Andes Colombianos*. Instituto de Investigación de los Recursos Biológicos "Alexander von Humboldt", Bogotá D.C., Colombia.
- SEASTEDT, T.R. & CROSSLEY, D.A., 1983.- Nutrients in forest litter treated with naphthalene and simulated through fall: a field microcosm study. *Soil Biology and Biochemistry*, 15: 159-165.
- SUNDARAPANDIAN, S.M. & SWAMY, P.S., 1999.- Litter production and leaf-litter decomposition of selected tree species in tropical forests at Kodayar in the Western Ghats, India Forest. *Ecology and Management*, 123: 231-244.
- TAKEDA, H., 1996.- Templates for the organization of soil animal communities in tropical forest: 127-226 (in) TURNER, I.M., DIONS, C.H., LIM, S.S. & NG, P.K.L. (eds.) *Biodiversity and the dynamics of ecosystems*. National University of Singapore, Singapore.
- VARELA, A., CORTÉS, C. & COTES, C., 2007.- Cambios en edafofauna asociada a descomposición de hojarasca en un bosque nublado. *Revista Colombiana de Entomología*, 33: 45-53.
- VARGAS, A., LOZANO, F.H., VARGAS, W., ARISTIZÁBAL, S., MENDOZA, E. & CAYCEDO, D.P., 2009.- Seguimiento y evaluación de la estrategia de conservación en el paisaje rural (Fase IV): 161-177 (en) LOZANO-ZAMBRANO, F.H. (ed.) *Herramientas de manejo para la conservación de biodiversidad en paisajes rurales*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos "Alexander von Humboldt" y Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), Bogotá D.C., Colombia.
- VENEKLAAS, E.J., 1991.- Litterfall and nutrient fluxes in two montane tropical rain forests, Colombia. *Journal of Tropical Ecology*, 7: 319-336.
- ZAR, J.H., 1999.- Biostatistical analysis. Prentice Hall, New Jersey, USA.

ÁCAROS ORIBÁTIDOS PRESENTES EN SEIS SISTEMAS DE USO DEL SUELO EN OBONUCO, PASTO (NARIÑO)*

Yina Mabel Genoy J.¹, Jesús Antonio Castillo F.² y Tito Bacca²

Resumen

El objetivo de este trabajo fue hacer un inventario de las familias de ácaros oribátidos asociados a seis usos de suelo: un arreglo silvopastoril, un cultivo de papa en rotación con pastos, un cultivo de papa, un banco de proteína de especies forrajeras, lote de tres pastos en mezcla con trébol y un bosque secundario. Se midieron las variables abundancia, riqueza y el índice de diversidad; los datos se sometieron a un análisis de varianza y pruebas de diferencias mínimas significativas de Fisher (LSD). Se identificaron nueve familias del orden Oribatida: Ceratozetidae, Mochlozetidae, Oppidae, Haplozetidae, Galumnidae, Plasmobotidae, Pheroliodidae, Tectocephidae y Euzetidae; las tres primeras familias fueron las más abundantes, representando más del 70% en todos los sistemas de uso del suelo. El ecosistema que presentó mayor abundancia y biodiversidad de ácaros oribátidos fue el bosque secundario, con relación a los diferentes sistemas. El sistema papa presentó menor número de especies. Además los sistemas arreglo silvopastoril, banco de proteína y bosque tuvieron mayores valores en relación a diversidad de especies en comparación con el sistema papa, donde se evidenció un efecto negativo de la acarofauna del suelo debido posiblemente a elevado uso de agroquímicos como fertilizantes y plaguicidas.

Palabras clave: macrofauna, usos del suelo, biodiversidad.

ORIBATID MITES PRESENT IN SIX LAND USE SYSTEMS IN OBONUCO, PASTO (NARIÑO)

Abstract

The aim of this work was to make an inventory of oribatid mite families associated to six land uses: a silvopasture arrangement, a potato crop in rotation with pastures, a potato crop, a bank forage protein, a plot of three grasses and clover mixed and a secondary forest. The variables abundance, richness and diversity index were measured; data was subject to variance analysis using Fisher's least significant difference test (LSD). Nine families of the Oribatida order: Ceratozetidae, Mochlozetidae, Oppidae, Haplozetidae, Galumnidae, Plasmobotidae, Pheroliodidae, Tectocephidae and Euzetidae were identified; the first three families were the most

* FR: 10-VIII-2013. FA: 28-IX-2013.

¹ Ingeniera Agrónoma, egresada de la Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Pasto, Colombia. E-mail: yinamabelg@gmail.com

² Profesor Asociado, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Torobajo. Pasto, Colombia. E-mail: jacf1995@gmail.com, titobacca@gmail.com

abundant, representing more than 70% in all land use systems. The ecosystem that showed the highest abundance and biodiversity of oribatid mites was the secondary forest ecosystem in relation to the different systems. The potato system presented fewer species. Also the silvopasture system, the protein bank and the forest had higher values in relation to species diversity compared to potato system, in which a negative effect of soil mite fauna possibly due to high use of agrochemicals such as fertilizers and pesticides.

Key words: macrofauna, land use, biodiversity.

INTRODUCCIÓN

Los ácaros oribátidos, constituyen uno de los grupos de microartrópodos edáficos numéricamente predominantes en el horizonte orgánico de la mayoría de los suelos, donde sus densidades pueden alcanzar los 50000 ácaros por metro cuadrado en los primeros diez centímetros del suelo. Se han descrito alrededor de 7000 especies, representando cerca de 1000 géneros que se atribuyen a más de 150 familias (BALOGH & BALOGH, 1988).

KRANTZ (1978) y SEASTEDT (1984), mencionan que la significancia ecológica de los ácaros del suelo, es alta porque contribuyen activamente en la descomposición de los residuos vegetales que utilizan como alimento, estimulando la actividad bacteriana, acelerando los procesos de mineralización y humificación y aumentando la fertilidad del suelo, además, intervienen en la asimilación del calcio y del nitrógeno y pueden ser excelentes indicadores del estado de la salud del suelo.

La inadecuada planificación de labores agrícolas y la implementación constante de monocultivos, hacen que las relaciones entre los diferentes organismos sufran cambios negativos que reducen drásticamente su actividad en las transformaciones del sistema, dando como resultado la disminución en la abundancia y diversidad de los organismos del suelo como los ácaros oribátidos, ocasionando una mayor susceptibilidad del deterioro del suelo (BEHAN-PELLETIER, 1999).

GERGÓCS & HUFNAGEL (2009) y varios autores coinciden en señalar que los efectos de las actividades agrícolas afectan negativamente las comunidades de oribátidos, disminuyendo su abundancia y diversidad. Esto puede explicarse por el laboreo del suelo y la aplicación de insumos agrícolas que pueden modificar las propiedades del suelo y con esto y consecuentemente el hábitat de los ácaros oribátidos.

Según BEHAN-PELLETIER (1999), estos ácaros ofrecen varias ventajas para la evaluación de la calidad de los ecosistemas terrestres; por su alta diversidad, se reproducen en grandes cantidades, son fáciles de coleccionar, se pueden muestrear en cualquier época del año, la identificación se realiza en adultos, la mayoría vive en los horizontes orgánicos y representan un grupo heterogéneo tróficamente. Además, GERGÓCS & HUFNAGEL (2009) mencionan que estos ácaros poseen características extraordinarias para indicar los cambios ocurridos en la calidad del suelo.

Antes de conocer las relaciones ecológicas de estos ácaros del suelo, es importante conocer e identificar las taxa de estos organismos asociados a diferentes condiciones de suelo, por esta razón el objetivo de este estudio fue hacer un inventario de las familias de ácaros oribátidos asociados a seis usos de suelo en el Centro de Investigación, en el corregimiento Obonuco (Pasto, Nariño).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Centro de Investigación de Corpoica, corregimiento de Obonuco, municipio de Pasto, departamento de Nariño, a 2710 msnm, con una precipitación promedio anual de 840 mm, y una temperatura promedio de 13°C. En el Centro de Investigación es característico el tipo de relieve ondulado con pendiente entre 3 y 20%. Los suelos son de origen volcánico, presentan alto contenido de materia orgánica, el horizonte A presenta un contenido de carbón orgánico que varía entre 8 y 19%. Los suelos de esta zona corresponden a una consolidación Vitric Haplustands AMBc fase moderadamente inclinada, originados de cenizas volcánicas que yacen sobre tobas de ceniza y lapilli; son muy profundos y moderadamente profundos, bien drenados y de fertilidad alta y moderada. Estos suelos se presentan en el banco de las mesetas dentro del paisaje de altiplanicie, y pertenecen al grupo textural franco (IGAC, 2004).

Las parcelas donde fueron tomadas las muestras para determinar la biodiversidad de ácaros oribátidos, corresponden a diferentes usos del suelo según la Tabla 1.

Tabla 1. Características de los diferentes usos de suelo, donde se evaluó la biodiversidad de ácaros oribátidos en el altiplano de Pasto, Nariño

Usos	Tratamientos
1	Arreglo silvopastoril Aliso-Pastura: Área de 3,88 ha. Arreglo silvopastoril de árboles dispersos de aliso <i>Alnus acuminata</i> en potreros de pasto kikuyo <i>Pennisetum clandestinum</i> de una edad de 6 años. En este sistema el ganado vacuno pastorea y después se poda con guadaña y se incorpora abono orgánico. La muestra de suelo se tomó en la época del pastoreo.
2	Lote de papa <i>Solanum tuberosum</i> en rotación con pasto: Cuenta con un área de 2,51 ha. El lote presenta este manejo desde hace 20 años. La muestra se tomó en la época de floración del cultivo de la papa.
3	Lote de papa <i>Solanum tuberosum</i>: Cuenta con un área de 3,2 ha. La muestra se tomó en la época de floración del cultivo de la papa.
4	Banco de proteína acacia negra <i>Acacia melanoxylon</i>, colla <i>Verbesina arborea</i> y quillotocto <i>Tecoma stans</i>: Cuenta con un área de 0,360 ha. Este sistema de banco de proteína se estableció hace 13 años, y está destinado para alimento del ganado. La muestra se tomó a una distancia de 2 m del tronco del árbol.
5	Lote de pastoreo con las especies pasto kikuyo <i>Pennisetum clandestinum</i>, pasto saboya <i>Holcus lanatus</i>, pasto azul orchoro <i>Dactylis glomerata</i> y trebol <i>Trifolium sp.</i>: Cuenta con un área de 4,19 ha. Hace dos años fue arado y rastrillado para la siembra de pastos mejorados como aubade y tetralite con avena. Se fertiliza con abono de origen mineral y se adiciona materia orgánica. La muestra de suelo se tomó en la época del pastoreo.
6	Bosque secundario: Las especies predominantes son de tipo arbustivo como colla <i>Verbesina arborea</i> y chilca <i>Bracharis latifolia</i> ; dentro de las especies forestales que se hallan en área boscosa están encino <i>Weinmannia sp.</i> y eucalipto <i>Eucalyptus sp.</i> La muestra se tomó a una distancia de 2 m del tronco del árbol.

En cada uno de los 6 sistemas de usos de suelo lote se tomaron seis muestras al azar en un área delimitada de 100 m², durante el mes de junio de 2009. La muestra consistió en tomar un volumen de suelo de 0,25 m*0,25 m*0,10 m, utilizando una pala en los 10 cm superficiales (CORREIA & OLIVEIRA, 2000), a estas muestras se les eliminó la hojarasca.

Las muestras obtenidas se rotularon y se llevaron al Laboratorio de Entomología de la Universidad de Nariño, donde fueron depositadas en embudos de Berlese-Tullgren, para poder separar los ácaros adultos provenientes de los diferentes sistemas productivos, posteriormente estos se llevaron a frascos con alcohol al 70% para el respectivo conteo y montaje de los especímenes.

Los ácaros se montaron en placas con medio Hoyer para su respectiva identificación a nivel de familia, utilizando las claves de BALOGH & BALOGH (1992), mediante observaciones al microscopio realizadas en el Laboratorio de Acarología de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira.

Las variables analizadas consistieron en determinar la abundancia de los individuos de cada uso del suelo, para esto se calculó el número de individuos de cada familia de oribátidos por m²; la riqueza y diversidad de las familias de oribátidos se estimó utilizando el programa Past 1.38, calculando el índice de Shannon-Wiener y Simpson, respectivamente (MAGURRAN, 1988). Para determinar la diferencia de las variables analizadas en los diferentes usos del suelo, se realizaron análisis de varianza y para la separación de promedios entre los usos se utilizó la prueba de diferencias mínimas significativas de Fisher (LSD).

RESULTADOS

Abundancia

En forma general en este estudio se encontraron nueve familias del orden Oribatida. Las familias más abundantes en todos los usos del suelo fueron: Mochlozetidae seguida por Oppidae y Ceratozetidae (Tabla 2). Según el análisis de varianza para esta variable se encontraron diferencias significativas entre los diferentes usos del suelo [$p < 0,0001$, $gl(\text{error}) = 47$, $F = 47,52$]. El sistema donde se presentó la mayor abundancia fue el bosque secundario con 17760 ácaros/m², con predominancia de la familia Mochlozetidae en un 53,2%, seguido por la familia Oppidae con un 25,2%; la menor abundancia se encontró en el sistema papa con 1584 individuos/m², en este sistema la familia Mochlozetidae estuvo presente con 44,4% y la familia Oppidae con 24,2% (Tabla 2).

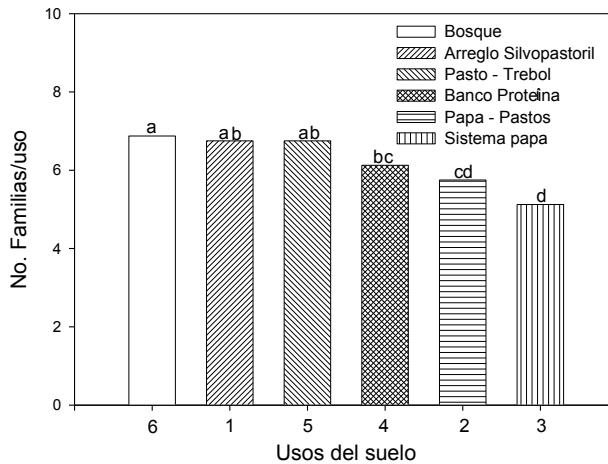
Tabla 2. Abundancia de las familias de ácaros oribátidos en seis usos de suelo en el altiplano de Pasto. (No. de individuos/m²).

Familia	Arreglo silvopastoril	(%)	Papa-pasto	(%)	Papa	(%)	Banco proteína	(%)	Pasto-trebol	(%)	Bosque	(%)	Total
Ceratozetidae	960	11,8	1392	21,6	144	9	896	23,3	1264	21,3	1136	6,4	5792
Mochlozetidae	3280	40,4	2736	42,4	704	44,4	1344	35	2064	34,8	9456	53,2	19584
Oppidae	2464	30,3	1600	24,9	384	24,2	752	19,6	1648	27,8	4480	25,2	11328
Haplozetidae	544	6,7	288	4,5	80	5,1	320	8,3	256	4,3	1072	6	2560
Galumnidae	192	2,4	64	1	112	7	96	2,5	176	2,9	192	1	832
Plasmobotidae	336	4,1	176	2,7	112	7	256	6,7	288	4,8	768	4,3	1936
Pheroliodidae	352	4,3	192	3	48	3	176	4,6	176	3	640	3,7	1584
Tectocephidae	0		0		0		0		64	1	0	0	64
Euzetidae	0		0		0		0		0	0	16	0,1	16
TOTAL	8128b		6448b		1584d		3840cd		5936bc		17760a		43696

Promedios en la fila con la misma letra son estadísticamente iguales según la prueba LSD ($p < 0,05$).

Riqueza

Al realizar el análisis de varianza para esta variable, se encontraron diferencias significativas entre los usos de suelo [$p < 0,0001$, $gl(\text{error}) = 47$, $F = 7,03$]; según la prueba de comparación de promedios utilizada; el sistema bosque, el arreglo silvopastoril, banco proteína y pasto-trébol presentaron diferencias significativas frente al uso papa (Figura 1).

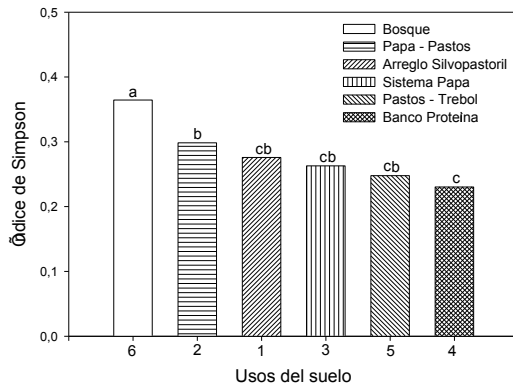


Medias con la misma letra son similares estadísticamente según la prueba de LSD ($p < 0,05$).

Figura 1. Riqueza de familias de ácaros oribátidos presente en los diferentes usos de suelo en el corregimiento Obonuco (Pasto, Nariño).

Diversidad

Según el análisis de varianza, existen diferencias significativas entre los índices de diversidad de Simpson encontrados para los diferentes usos del suelo [$p < 0,0008$, $gl(\text{error}) = 47$, $F = 5,20$]. La prueba de comparación de medias mostró que el sistema bosque presentó el mayor índice promedio de 0,36 mostrando diferencias significativas frente al índice de todos los usos de suelo. El resto de índices de los usos de suelo fueron similares a excepción del sistema papa-pastos y banco de proteína (Figura 2).



Medias con la misma letra son similares estadísticamente según la prueba de LSD ($p < 0,05$).

Figura 2. Diversidad de Simpson de familias de ácaros oribátidos presentes en los diferentes usos de suelo en el corregimiento Obonuco (Pasto, Nariño).

DISCUSIÓN

La mayor abundancia y diversidad de familia de oribátidos se encontraron en el bosque, este hábitat es propicio para el desarrollo de estos organismos según LINDO & WINCHESTER (2007), quienes mencionan que la constante caída de hojas aumenta paulatinamente la capa de hojarasca, creando un hábitat favorable para la permanencia de los ácaros. Además, PRIETO *et al.* (2005) manifiestan que el bosque es un ambiente imprescindible para su proliferación y contribuye al proceso de descomposición de la materia orgánica.

La menor abundancia y diversidad de ácaros del suelo encontrados en el estudio, fue en el cultivo de papa, este agroecosistema se caracteriza por el elevado consumo de fertilizantes y plaguicidas; este tipo de compuestos pueden estar afectando la poblaciones de estos ácaros. Al respecto, se sugiere que la diversidad y abundancia de oribátidos se reduce a medida que se incrementa la intensa actividad agrícola, asociada al uso creciente de fertilizantes, agroquímicos y las prácticas mecánicas inapropiadas, llevando rápidamente a situaciones extremas de degradación física, química y biológica del suelo (ELLIOTT *et al.*, 1988; SANYAL, 1990; BEDANO *et al.*, 2005).

Los resultados obtenidos corroboran que la introducción de cultivos y técnicas agrícolas y pecuarias en el medio edáfico, supone una importante perturbación de las comunidades de los ácaros oribátidos (ITURRONDOBEITIA *et al.*, 2004). Esto produce una gran disminución tanto de individuos como de especies con respecto a suelos no perturbados. La diversidad y el reparto poblacional de estos ácaros se ven gradualmente reflejados en suelo con mayor o menor influencia antrópica (ITURRONDOBEITIA *et al.*, 2004). Estos mismos autores afirman que el descenso de la calidad del suelo contribuye generalmente a la disminución de la biodiversidad, con consecuencias muchas veces irreversibles de pérdida de especies y ecosistemas.

De igual manera, BEHAN-PELLETIER (1999) manifiesta que los oribátidos tienen poca capacidad para responder a alteraciones ambientales demostrando así que, los suelos de agroecosistemas no alterados, pueden presentar mayor número de especies de ácaros oribátidos y sus poblaciones disminuyen rápidamente cuando su hábitat es dañado, permitiendo detectar la degradación ambiental. Los suelos que han sido dedicados a la explotación agrícola constante disminuyen la riqueza de especies, y su diversidad aumenta a través del tiempo con la implementación de especies forestales y arbustivas favoreciendo la recuperación de las funciones biológicas del suelo (SOCARRÁS & RODRÍGUEZ, 2004).

En varios de los usos de los suelos estudiados se aplica materia orgánica, hecho que afecta directamente las poblaciones de ácaros del suelo. Al respecto, BADEJO *et al.* (2004) afirman que con el manejo orgánico de los suelos, las poblaciones de ácaros oribátidos se aumentan. De la misma forma, GONZÁLEZ *et al.* (2003) manifiestan que la carencia de cobertura vegetal afecta directamente las densidades poblacionales de los ácaros oribátidos, debido a las modificaciones no benéficas de su lugar de permanencia (horizonte orgánico), evidenciando la importancia fundamental de mantener los suelos cubiertos con el fin de aumentar la riqueza ecológica en los diferentes cultivos y a su vez mejorar la calidad de los suelos.

CONCLUSIONES

En los seis usos del suelo analizados, se encontraron nueve familias del orden Oribatida. El uso del suelo que presentó una mayor abundancia y biodiversidad de ácaros oribátidos, fue el bosque secundario con relación a los diferentes sistemas, contrariamente al cultivo de papa, donde se evidenció un efecto negativo de la acarofauna del suelo debido posiblemente a elevado uso de agroquímicos como fertilizantes y plaguicidas.

AGRADECIMIENTOS

A Nora Cristina Mesa y a Ana María Patiño López, quienes colaboraron en la identificación taxonómica de los ácaros y en la corrección preliminar de este manuscrito. A Jorge Vélez Lozano y a Paola Andrea Rodríguez V., por su valiosa colaboración en el desarrollo de esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- BADEJO, A., AQUINO, A., DE-POLLI, H. & CORREIA, M. E., 2004.- Response of soil mites to organic cultivation in an ultisol in southeast Brazil. *Exp Appl Acarol*, 34 (3-4): 345-369.
- BALOGH, J. & BALOGH, P., 1988.- Oribatid mites of the neotropical region I (en) BALOGH, J. & MAHUNKA, S. (eds.) *The soil mites of the world*. Vol. II. Elsevier; Budapest: Akadémiai.
- _____, 1992.- *The oribatid mites genera of the world*. Vol. I y II. Hungarian Natural History Museum, Budapest.
- BEDANO, J.C., CANTÚ, M.P. & DOUCET, M.E., 2005.- Abundance of soil mites (Arachnida: Acari) in a natural soil of central Argentina. *Zoological Studies*, 44: 505-512.
- BEHAN-PELLETIER, V.M., 1999.- Oribatid mite biodiversity in agroecosystems: role for bioindication. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 74 (1-3): 411-423.
- CORREIA, M. & OLIVEIRA, L.C.M., 2000.- *Fauna de solo: aspectos gerais e metodológicos*. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, No. 112.

- ELLIOTT, E.T., HUNT, H.W. & WALTER, D.E., 1988.- Detrital foodweb interactions in North American grassland ecosystems. *Agric. Ecosys. Environ.*, 24 (1-3): 41-56.
- GERGÓCS, V. & HUFNAGEL L., 2009.- Application of oribatid mites as indicators. *Applied ecology and environmental research*, 7 (1): 79-98.
- GONZÁLEZ, V., DÍAZ, M. & PRIETO, D., 2003.- Influencia de la cobertura vegetal sobre las comunidades de la mesofauna edáfica en parcelas experimentales de caña de azúcar. *Revista Biología*, 17: 18-25.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI -IGAC-, 2004.- *Estudio general de suelos y zonificación de tierras*. Departamento de Nariño. Bogotá: IGAC. CD-ROM.
- ITURRONDOBEITIA, J., CABALLERO, A. & ARROYO, J., 2004.- Avances en la utilización de los ácaros oribátidos como indicadores de las condiciones edáficas. *Munibe* (Suplemento/Gehigarria) 21: 70-91.
- KRANTZ, G.W., 1978.- *A manual of acarology*. 2nd ed. Corvallis: Oregon State University, Book Stores Inc. 509 p.
- LINDO, Z. & WINCHESTER, N.N., 2007.- Oribatid mite communities and foliar litter decomposition in canopy suspended soils and forest floor habitats of western redcedar forests, Vancouver Island, Canada. *Soil Biology & Biochemistry*, 39: 2957-2966.
- MAGURRAN, A., 1988.- *Ecological diversity and it 's measurement*. New Jersey: Princeton University Press.
- PRIETO, D., GONZÁLEZ, C. & TCHERVA, T. 2005.- Microartrópodos asociados a la hojarasca de un Bosque Semideciduo de Bacunayagua, Matanzas, Cuba. *Revista Cubana de Ciencias Biológicas*, 19 (1-2): 57-65.
- SANYAL, A.K., 1990.- Influence of agricultural practices on the population of soil mites in West Bengal, India: 333-340 (en) VEERESH, G.K., RAJAGOPAL, D. & VIRAKTAMATH, C.A. (eds.) *Advances in management and conservation of soil fauna*. Oxford & IBH Publ., India.
- SEASTEDT, T.R., 1984.- The role of microarthropods in the decomposition and mineralization of litter. *Ann. Rev. Ecol. System.*, 29: 25-46.
- SOCARRÁS, A. & RODRÍGUEZ, M.E., 2004. Utilización de la mesofauna como indicador biológico en áreas recultivadas con *Pinus cubensis* en la zona minera de Moa, Holguín, Cuba. (en) *Memorias del Primer Encuentro Internacional sobre Restauración Ecológica*. Santa Clara, Las Villas, Cuba. [CD-ROM].

RESPUESTA DE *Phytoseiulus macropilis* Banks A VOLÁTILES PRODUCIDOS POR PLANTAS DE FRESA ATACADAS POR *Tetranychus urticae* Koch ASPERJADOS CON AZADIRACHTINA*

Alberto Soto ^{G1}, Angelo Pallini², Felipe Lemos³

Resumen

El control biológico a través de predadores es observado como una alternativa promisoría al control químico de plagas. *Phytoseiulus macropilis* se ha encontrado asociado a poblaciones del ácaro rayado *Tetranychus urticae* en plantaciones de fresa en el estado de Minas Gerais, Brasil. En este trabajo se evaluó a través de experimento de olfatometría los efectos subletales de la azadirachtina sobre la capacidad de *P. macropilis* en detectar volátiles de plantas de fresa infestadas con *T. urticae*. Los resultados muestran que el ácaro predador *P. macropilis* puede diferenciar entre olores de plantas de fresa no atacadas y plantas de fresa atacadas por *T. urticae*. La azadirachtina en la concentración de 0,31 mg i.a/L no interfirió en la respuesta olfativa de *P. macropilis* alimentado de presas asperjadas.

Palabras clave: volátiles de plantas, olfatometro, azadirachtina, ácaros..

RESPONSE OF *Phytoseiulus macropilis* Banks TO VOLATILES PRODUCED BY STRAWBERRY PLANTS ATTACKED BY *Tetranychus urticae* Koch SPRINKLED WITH AZADIRACHTINA

Abstract

The biological control through predators is seen as a promising alternative to chemical insect pest control. *Phytoseiulus macropilis* has been found associated with populations of the striped mite, *Tetranychus urticae* in strawberry plantations in the state of Minas Gerais, Brazil. In this work, the sublethal effects of azadirachtina on the natural ability of *P. macropilis* to detect volatile compounds from strawberry plants infested with *T. urticae* was evaluated by using olfactometry assays. The results show that *P. macropilis* predatory mite can distinguish odors from non-attacked strawberry plants and those from strawberry plants attacked by *T. urticae*. Azadirachtina at a concentration of 0.31 mg i.a/L did not interfere in the olfactory response of *P. macropilis* fed with sprinkled striped mites.

Key words: volatile plant, olfactometer, azadirachtina, mites.

* FR: 4-VIII-2013. 16-IX-2013.

¹ I.A., M.Sc., Ph.D. Departamento de Produção Agropecuária. Universidade de Caldas. E-mail: alberto.soto@ucaldas.edu.co

² I.A., M.Sc., Ph.D. Universidade Federal de Viçosa. E-mail: pallini@ufv.br

³ I.A., M.Sc. Universidade Federal de Viçosa. E-mail: felipe.lemos@ufv.br

INTRODUCCIÓN

Entre las sustancias químicas que median las relaciones bióticas, los metabolitos secundarios desempeñan un papel significativo, y son objeto de exhaustivos estudios por su gran número de aplicaciones en la industria agrícola. En la última década ha surgido interés por los metabolitos secundarios volátiles debido a sus propiedades como atrayentes de polinizadores, y como señales para ubicar fuentes de comida, anidación, cría, recompensa, feromonas, etc. (KLUDSEN *et al.*, 1993; MARÍN & CÉSPEDES, 2007). Estos volátiles están altamente involucrados en las relaciones planta-herbívoro y planta-planta, y son producidos principalmente en las flores, pero también se encuentran en los frutos, tallos, hojas y raíz (CHEN *et al.*, 2004; STEEGHS *et al.*, 2004).

Después de haber sido atacada por un herbívoro, la planta libera volátiles de las estructuras secretoras internas y externas donde los sintetiza y almacena. Otros compuestos volátiles son formados al momento del daño (aldehídos y alcoholes) o sintetizados de nuevo a horas o días después del daño (generalmente terpenos) (ROSE *et al.*, 1996). Los inducidos horas o días después de iniciado el daño están ligados con la defensa indirecta, porque atraen parasitoides y depredadores de los herbívoros que la están consumiendo, al funcionar como señales de comunicación en interacciones tritróficas que aumentan el éxito de la búsqueda de alimento por parte de los carnívoros y facilitan el control de las poblaciones de herbívoros por la planta (KEESLER & BALDWIN, 2001)

Los insectos son los seres vivos que más utilizan los olores en las actividades relacionadas a la sobrevivencia y reproducción (BERNAYS & CHAPMAN, 1994). De esta manera, el olfato es fundamental para la selección de la planta hospedera o presa, atracción sexual y escogencia del lugar de oviposición (LANDOLT & PHILLIPS, 1997). Para mayor eficacia de los programas de control biológico es necesario que se entienda como ocurre el proceso de búsqueda de esos enemigos naturales en el agroecosistema. Se sabe que los efectos indirectos pueden mediar las interacciones entre plantas, herbívoros y sus enemigos naturales (PRICER *et al.*, 1980; SABELIS *et al.*, 1999; VAN ZANDT & AGRAWAL, 2004). Muchas plantas presentan sistema de defensa indirecto eficiente, activado cuando hay presencia del herbívoro si se alimenta de la planta. Por la alimentación, ocurre el estímulo fisiológico en la planta que acentúa la producción de compuestos volátiles que pueden servir como pistas para enemigos naturales (TAKABAYASHI & DICKE, 1996; DE MORAES *et al.*, 1998; VENZON *et al.*, 1999; ARIMURA *et al.*, 2000).

En este trabajo fue estudiado el efecto de dosis subletales del producto Organic Neem (3262 ppm de azadirachtina) en la respuesta olfativa del ácaro predador *Phytoseiulus macropilis* (Banks) (Acari: Phytoseiidae) a olores de plantas de fresa no atacadas y atacadas con el ácaro fitófago *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en los laboratorios de Acarología y de Olfatometría del Departamento de Biología Animal de la Universidad Federal Viçosa, Viçosa, Brasil. Fue evaluado el efecto de la azadirachtina sobre la capacidad de búsqueda

del ácaro predador *P. macropilis* por volátiles provenientes de plantas de fresa infestadas por *T. urticae*. El producto Organic Neem (3,3 mg/L de azadirachtina) fue aplicado en dosis de 0,3 mg i.a/L, valor este definido previamente por el análisis de Probit y que corresponde a CL_{50} , o sea a cuando la tasa instantánea de crecimiento poblacional $r_i = 0,1$ para el predador *P. macropilis* (SOTO, 2009; SOTO *et al.*, 2011).

El producto fue pulverizado en discos ($\varnothing = 3,0$ cm) de hojas de fresa, acondicionados en caja de Petri, a través de torre de Potter, Burkard, Rickmansworth, UK (POTTER, 1952), sobre la presión de 5lb/pul² y con la aplicación de un volumen igual a 2,5mL por dosis, lo que corresponde a un depósito de $1,70 \pm 0,07$ mg/cm², sobre la superficie tratada. Esta cantidad aplicada está de acuerdo con lo recomendado por la IOBC/WPRS (Internacional Organization for Biological Control of Noxious Animals and Plants/ West Palearctic Regional Section) (OVERMEER & VAN ZON, 1982) y representa lo que ocurre en situación de campo (REIS *et al.* 1998). Para la fijación del disco en la placa, fue preparada una solución de carragenina (30g/300mL de agua) siendo que el disco fue colocado antes que la solución se solidificara. Los discos pulverizados fueron expuestos al ambiente por 1 hora para el secado del producto. Posteriormente, veinte hembras del ácaro *T. urticae* fueron colocadas sobre cada disco y en seguida fueron confinadas ocho hembras adultas de *P. macropilis* de 8 - 10 días de edad durante 24h. Los discos de hojas tratados y los ácaros sobrevivientes fueron mantenidos en cámara climatizada ($25 \pm 2^\circ\text{C}$, $60 \pm 10\%$ HR y 13h de luz).

El bioensayo relativo a la respuesta olfativa de hembras *P. macropilis* a los volátiles de la planta hospedera infestada con *T. urticae* asperjados con azadirachtina fue evaluado en olfatómetro tipo "Y" (diámetro interno de 0,5 cm y el largo de los brazos de 5 cm) (PALLINI *et al.*, 1997). El aparato está constituido por un tubo de vidrio en forma de "Y", siendo que cada brazo está conectado por una manguera a dos cajas de vidrio transparentes (50 x 36 x 43 cm). El flujo de aire fue producido por una bomba de vacío conectada a la base del tubo de vidrio, formando una corriente de aire uniforme en los dos brazos del aparato. La velocidad de la corriente de aire al interior del olfatómetro fue de 0,45 m/s en cada brazo, medida por fluxómetros digitales y calibrada por registro manual. Las hembras fueron colocadas en la extremidad basal del olfatómetro, contra la corriente de aire formada en el interior del aparato. Fueron consideradas en el análisis aquellas hembras que respondieron y llegaron al punto de unión del tubo en donde realizaron escogencia por una de las fuentes, considerándose una respuesta positiva la llegada de la hembra hasta la extremidad de uno de los brazos del olfatómetro.

Los tratamientos correspondieron a la exposición de los ácaros predadores a agua destilada (control) y a residuos de azadirachtina (Organic Neem 0,3 mg i.a/L). Como fuentes de olores fueron utilizadas plantas de fresa con 5-10 hojas no infestadas y plantas infestadas con cerca de 1000 formas inmaduras y adultos de *T. urticae* por planta. Hembras de *P. macropilis* fueron liberadas individualmente en el olfatómetro y evaluadas una a una, en un total de 20 ácaros por repetición, totalizando tres repeticiones por tratamiento. A cada 5 hembras evaluadas, las posiciones de las fuentes de olores fueron invertidas, y al final de cada repetición las hojas de fresa fueron trocadas con el fin de evitar la pseudorepetición (RAMIREZ *et al.*, 2000). Las diferencias entre los números de ácaros que escogieron para cada

una de las fuentes de olores fueron evaluadas utilizando la prueba estadística Replicated Goodness of Fit (SOKAL & ROHLF, 1995) considerando una frecuencia esperada de 0,5 para cada fuente de olor (PALLINI *et al.*, 1997).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los análisis de olfatómetro, el predador *P. macropilis* pulverizado con agua prefirió los olores de plantas de fresa infestadas con *T. urticae* a olores de plantas no infestadas ($G_p = 32,45$; g.l.= 1; $p < 0,0001$) (Figura 1). De estos ácaros, 85% prefirieron plantas de fresa infestadas con *T. urticae* a plantas no infestadas. Estos resultados muestran una fuerte evidencia de que volátiles de la planta hospedera atacada por *T. urticae* tienen un papel relevante en la localización de la presa por parte de *P. macropilis*.

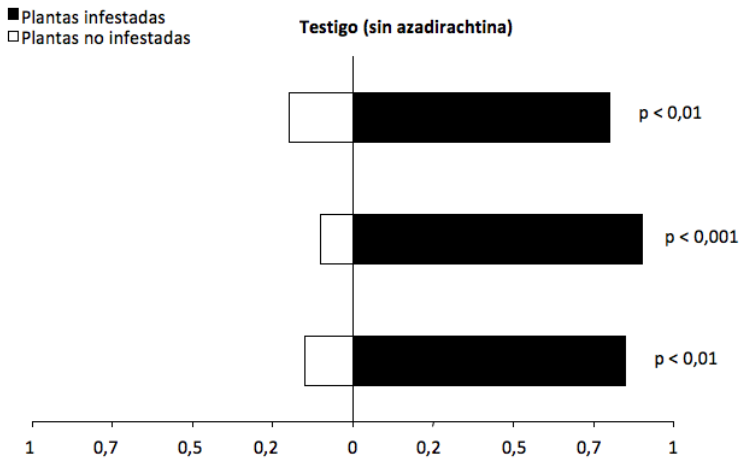


Figura 1. Respuesta del predador *P. macropilis* a los olores de plantas no infestadas y plantas de fresa infestadas por *T. urticae* en olfactómetro tipo “Y”. Cada barra corresponde a una repetición (n= 20 ácaros). ($G_p = 32,45$; g.l.= 1; $p < 0,0001$)

Cuando *T. urticae* fue pulverizado con la dosis subletal de azadirachtina, el predador *P. macropilis* expuesto a residuos de azadirachtina continuó prefiriendo los olores de plantas de fresa infestadas con *T. urticae* a los de plantas no infestadas ($G_p = 44,16$; g.l.= 1; $p < 0,0001$) (Figura 2). De estos ácaros, 90% prefirieron plantas de fresa infestadas con *T. urticae* y pulverizadas con azadirachtina, lo que indica que en la dosis subletal aplicada de azadirachtina el producto no afecta la capacidad de búsqueda de *P. macropilis*.

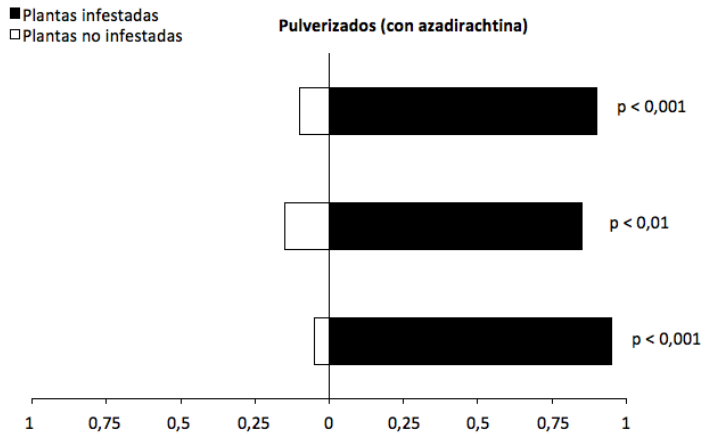


Figura 2. Respuesta olfativa de hembras del predador *P. macropilis* a los olores de plantas no infestadas y plantas de fresa infestadas por *T. urticae* con aplicación de azadirachtina en olfatometro tipo “Y”. Cada barra corresponde a una repetición (n= 20 ácaros). (Gp = 44,16; g.l.= 1; $p < 0,0001$)

La percepción de volátiles provenientes del complejo planta-herbívoro por el predador *P. macropilis* indica que este artrópodo utiliza esas sustancias volátiles en la localización de presas. Los resultados muestran que *P. macropilis* puede diferenciar entre olores de plantas de fresa no atacadas y plantas de fresa atacadas por *T. urticae*. La azadirachtina en la concentración de 0,31 mg i.a/L (equivalente a la concentración cuando $r_i = 0,1$ para el predador) no interfirió en la respuesta olfativa de *P. macropilis* alimentado de presas pulverizadas, pudiendo discriminar entre plantas infestadas por *T. urticae* y plantas no infestadas. De esta manera *P. macropilis* puede aumentar la eficiencia en la localización de presas, pudiendo reducir el tiempo necesario para localizarlas.

VENZON *et al.* (1999) observó en experimentos de invernadero que el predador *Orius laevigatus* (Hemiptera: Anthocoridae) prefirió significativamente plantas de pepino infestadas por el ácaro *T. urticae* que plantas no atacadas por estos herbívoros. TEODORO (2003) estudio la interferencia de los acaricidas fenibutatina y azufre sobre la capacidad de búsqueda del ácaro predador *Iphiseiodes zuluagai* (Acari: Phytoseiidae) a olores de plantas no atacadas y atacadas por los ácaros fitófagos *Oligonychus ilicis* y *Brevipalpus phoenicis* (Acari: Tetranychidae, Tenuipalpidae), encontrando que los acaricidas en concentraciones subletales interfirieron en la capacidad de búsqueda del ácaro predador.

La olfatometría es utilizada para estudiar la respuesta olfativa de ácaros predadores a olores de larga distancia, o sea, plantas no atacadas y plantas atacadas, así como colonias de ácaros fitófagos dentro de la planta. Por tanto, *P. macropilis* expuesto a concentraciones subletales de azadirachtina en el campo, al conseguir encontrar sus presas, no compromete el control biológico natural ejercido sobre *T. urticae*. Especies del género *Phytoseiulus*, cuando están asociadas a *T. urticae*, presentan mayor tasa de oviposición, mayor tiempo de búsqueda y mayor tasa de predación en relación a la densidad (ZHANG *et al.*, 1992; ZHANG & SANDERSON, 1993, FADINI, 2005).

BIBLIOGRAFÍA

- ARIMURA, G., OZAWA, R., SHIMODA, T., NISHIOKAI, T., BOLAND, W. & TAKABAYASHI, J., 2000.- Herbivory-induced volatiles elicit defence genes in lima bean leaves. *Nature*. 406: 512-515.
- BERNAYS, A. & CHAPMAN, R., 1994.- Behavior: The process of host-plant selection. Pag. 95-205 in A. Bernays y R. Chapman, editors. *Host-plant selection by phytophagous insects*. Chapman & Hall New York, USA.
- CHEN, F., RO, D.K., PETRI, J., GERSHENSON, J., BOHLMANN, J., PICHERSKY, E. & THOLL, D., 2004. Characterisation of root-specific Arabidopsis terpene synthase responsible for the formation of the volatile monoterpene 1,8- cineole. *Plant Physiol*. 135: 1956-1966.
- DE MORAES, C.M., LEIWS, W.J., PARE, P.W., ALBORN, H.T. & TUMLINSON, J.H., 1998.- Herbivore-infested plants selectively attract parasitoids. *Nature*, 393: 570-573.
- FADINI, M.A.M., 2005.- Interações em teias alimentares de ácaros no morangueiro (*Fragaria x ananassa*). Tese doutorado. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. 78p.
- KEESLER, A. & BALDWIN, I.T., 2001.- Defensive function of herbivore-induced plant volatile emissions in nature. *Science* 291: 2141-2144
- KLUDSEN, J.T., TOLISTEN, L. & BERGSTRON, L.G., 1993.- Floral scents- a checklist of volatile compounds isolated by head-space techniques. *Phytochemistry*. 33: 253-280
- LANDOLT, T.P.J. & PHILLIPS, T.W., 1997.- Host plant influence on sex pheromone behaviour. *Ann. Rev. Entomol*. 42: 371-391.
- MARIN, J.C. & CESPEDES, C.L., 2007.- Compuestos volátiles de plantas. Origen, emisión, efectos, análisis y aplicaciones al agro. *Rev. Fitotec. Mex*. 30 (4): 327-351.
- OVERMEER, W.P.J. & VAN ZON, A.Q., 1982.- A standardized method for testing the side effect of pesticides on the predaceous mite, *Amblyseius potentillae* (Acari: Phytoseiidae). *Entomophaga* 27: 357-364.
- PALLINI, A., JANSSEN, A. & SABELIS, M.W., 1997.- Odour- mediated responses phytophagous mites to conspecific and heterospecific competitors. *Oecologia* 110: 179-185.
- POTTER, C., 1952.- An improved laboratory apparatus for applying direct sprays and surface films, with data on the electrostatic charge on atomized spray films. *Annals of Applied Biology* 39: 1-29.
- PRICER, P.W., BOUTON, C.E., GROSS, P., McPHERON, B.A., THOMPSON, J.N. & WEIS, A.E., 1980.- Interactions among three trophic levels: influence of plants on interactions between insect herbivores and natural enemies. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 11: 41-65.
- RAMIREZ, C.C., FUENTES, E., RODRÍGUEZ, L.C. & NIEMEYER, H.M., 2000.- Pseudoreplication and its frequency in olfatometric laboratory studies. *Journal of Chemical Ecology* 26: 1423- 1431.
- REIS, P.R., CHIAVEGATO, L.G., MORAES, G.J., ALVES, E.B. & SOUSA, E.O., 1998.- Seletividade de agroquímicos ao ácaro predador *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 27: 265-274.
- ROSE, U.S.R., MANUKIAN, A., HEATH, R.R. & TUMLINSON, J.H., 1996.- Volatile semiochemicals released from undamaged cotton leaves. *Plant Physiol*. 111: 487-495.
- SABELIS, M.W., VAN BAALEN, M., BAKKER, F.M., BRUIN, J., DRUKKER, B., EGAS, M., JANSSEN, A.R.M., LESNA, I.K., PELS, B., VAN RIJN, P.C.J. & SCUTAREANU, P., 1999.- The evolution of direct and indirect plant defence against herbivorous arthropods. In: *Herbivores: between Plants and Predators*, H. Olff, V.K. Brown & R.H. Drent (eds), Blackwell Scientific Publications, Oxford . pp 109-166.
- SOKAL, R.R. & ROHLF, F.J., 1995.- *Biometry: The principles and practice of statistics in biological research*. 3rd edition. W.H. Freeman, New York. 887p.
- SOTO, A., 2009.- Manejo alternativo de ácaros em morango e tomate. Dissertação de doutorado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil. 128p.
- SOTO, A.; VENZON, M. & PALLINI, A., 2011.- Integración de control biológico y de productos alternativos contra *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Revista U.D.C.A. Actualidad y Divulgación Científica*, 14 (1): 23- 29.
- STEEGHS, M., BAIS, H.P., DE GOUW, J., GOLDAN, P., KUSTER, W., NORTHWAY, M., FALL, R. & VIVANCO, J.M., 2004.- Proton-transfer-reaction mass spectrometry (PTR-MS) as a new tool for real time analysis of root-secreted volatile organic compounds (VOCs) in Arabidopsis thaliana. *Plant Physiol*. 135: 47-58
- TAKABAYASHI, J. & DICKE, M., 1996.- Plant-carnivore mutualism through herbivore-induced carnivore attractants. *Plant Science*. 1: 109-113.
- TEODORO, A.V., 2003.- Interferências subletais de acarícidas em uma teia alimentar de cafeeiro. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 60p.
- ZHANG, Z.Q., SANDERSON, J.P. & NYROP, J.P., 1992.- Foraging time and spatial patterns of predation in experimental populations. A comparative study of three mite predator prey systems (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae). *Oecologia* 90: 185-196.
- ZHANG, Z.Q. & SANDERSON, J.P., 1993.- Behavioral responses to prey density by three acarine predator species with different degrees of polyphagy. *Oecologia* 96: 147-156.
- VAN ZANDT, P.A. & AGRAWAL, A.A., 2004.- Specificity of induced plant responses to specialist herbivores of the common milkweed *Asclepias syriaca*. *Oikos*, 104: 401-409.
- VENZON, M., JANSSEN, A. & SABELIS, M.W., 1999.- Attraction of a generalist predator towards herbivore-infested plants. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 93: 305-314.

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE *Collaria scenica* (HEMIPTERA: MIRIDAE) Y *Hortensia similis* (HEMIPTERA: CICADELLIDAE) EN VALLES ANDINOS*

Luis Gabriel Bautista¹, Javier Antonio Cardona² y Alberto Soto³

Resumen

La distribución espacial de los insectos plaga proporciona información importante para optimizar los programas de manejo y reducir la aplicación de insecticidas. En este trabajo se estudio la distribución espacial de los insectos *Collaria scenica* y *Hortensia similis* en pasturas mediante técnicas de geoestadística. La metodología empleada se apoyó en sistemas de información geográfica con los cuales se generaron mapas de cobertura que permitieron determinar la distribución espacial de cada artrópodo y su complejo. Se encontró que dichos insectos se distribuyen de forma agregada. Esta técnica es una herramienta eficaz para el análisis de poblaciones de artrópodos de interés agrícola.

Palabras clave: manejo integrado de plagas, monitoreo, patrón espacial.

SPATIAL DISTRIBUTION OF *Collaria scenica* (HEMIPTERA: MIRIDAE) AND *Hortensia similis* (HEMIPTERA: CICADELLIDAE) IN ANDEAN VALLEYS

Abstract

The spatial distribution of pest insects provides important information in order to optimize the pest management programs and to reduce the application of insecticides. This work studied the spatial distribution of *Collaria scenica* and *Hortensia similis* in pastures by using geo-statistic techniques. The methodology was supported on geographic information systems with which coverage maps were generated allowing the determination of the spatial distribution of each arthropod and their complex. It was found that these insects are distributed as an aggregate. This technique is an effective tool for the analysis of arthropod populations of agricultural interest.

Key words: integrated management of pests, monitoring, spatial distribution.

* FR: 4-VIII-2013. FA: 28-IX-2013.

¹ Ingeniero Agrónomo. Asistente técnico. E-mail: luisnacht07@hotmail.com

² Ingeniero Agrónomo. Asistente técnico. E-mail: javiac80@gmail.com

³ I.A., M.Sc., Ph.D. Departamento de Producción Agropecuaria. Universidad de Caldas. E-mail: alberto.soto@ucaldas.edu.co

INTRODUCCIÓN

Collaria scenica (Hemiptera: Miridae) y Hortensia similis (Hemiptera: Cicadellidae) se han convertido en plagas limitantes para el desarrollo de la ganadería lechera en los valles andinos de clima frío (DUARTE *et al.*, 1998; MARTÍNEZ & BARRETO, 2000; MORALES & RODRÍGUEZ, 2004; BARBOZA, 2009). Para su manejo, los productores utilizan en forma indiscriminada insecticidas de síntesis, lo que ha ocasionado problemas de intoxicación para los animales, agricultores y consumidores, resistencia de las plagas, eliminación de enemigos naturales, contaminación ambiental y abortos en los bovinos (RAMÍREZ & DÍAZ, 2002). Una de las opciones para su manejo es dirigir las medidas de control sobre las zonas específicas de infestación, estrategia que depende del conocimiento de la estructura espacial de los insectos.

El conocimiento de la distribución espacial de las poblaciones de insectos plaga es de gran importancia para la elaboración de programas de manejo integrado, ya que permite mayor eficiencia en la selección de métodos de análisis de datos, desarrollo de planes de muestreo, la estimación de tamaños poblacionales y el estudio de las relaciones predador-presa, huésped-parasito (SEVACHERIAN & STERN, 1972; BOITEAU *et al.*, 1979; RUESINK, 1980; TAYLOR, 1984; LIEBHOLD *et al.*, 1993; EMMEN, 2004). Sin embargo, un correcto control de las plagas también va estrechamente ligado al conocimiento de su distribución espacial (MIDGARDEN *et al.*, 1997; RAMÍREZ *et al.*, 2011).

Para el análisis de esta característica biológica, a través de la historia se diseñaron medidas para la determinación de la repartición espacial las cuales incluían cálculos de estimaciones matemáticas, ajustes y medias de agregación por parte de animales e insectos. Los principales índices de medida encierran conceptos de repartición aleatoria (distribución de Poisson y binomial positiva) y repartición agregada (distribución binomial agregada, Thomas, Neyman tipo A y Polya-Aeppli) (CADAHIA, 1997). Este tipo de herramientas estadísticas muestran el tipo de distribución al cual se ajustan los datos, que están asociados a algún tipo de distribución espacial. Sin embargo, esta información no tiene en cuenta el posicionamiento espacial de los datos, por lo tanto, el tipo de distribución espacial obtenido puede ser erróneo, por esta razón es importante complementarlo con análisis geoestadísticos.

Para facilitar este análisis, en la actualidad se emplean sistemas de información geográfica (SIG) que a través de datos con coordenadas conocidas y un origen predeterminado, pueden generar mapas temáticos o de coberturas para asociarlos a análisis y predicciones de los valores de una variable distribuida en el espacio o en el tiempo de una forma continua incorporando geoestadística (MORAL, 2004; GIRALDO, 2007). En el presente trabajo se analizó la distribución espacial de los insectos *H. similis* y *C. scenica* en pasturas, empleando técnicas de geoestadística.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la granja Tesorito de la Universidad de Caldas, ubicada en el municipio de Manizales en lote de pasturas de producción vacuna de 3,5 ha (perímetro de 991 m) (Figura 1), a de latitud Norte y de longitud Oeste, altura de 2280 msnm, temperatura promedio de 17, precipitación anual de 1800 mm y

humedad relativa del 85%, con una topografía pendiente ondulada y suelos andisoles derivados de cenizas volcánicas. Utilizando técnicas de georeferenciación y mediante un geoposicionador GPS GPSmap® 76 S (marca Garmin®), se establecieron los puntos de muestreo para la captura de adultos en cinco pases dobles de jama, en donde se midieron las unidades desconocidas de la población (estimación relativa). Con la información obtenida y utilizando las herramientas del análisis geoestadístico (Geostatistical Analyst) del programa ArcGIS 8.2 (® Esri, 2003), se determinó la distribución espacial de las poblaciones de los artrópodos. Los insectos capturados en campo se llevaron en nevera de icopor al Laboratorio de Entomología de la Universidad de Caldas para su identificación mediante claves taxonómicas.

Distribución espacial

Una vez marcados los puntos mediante el geoposicionador y utilizando las funciones para crear puntos aleatorios (Create Random Points) se realizó un muestreo inicial aleatorio simple con 32 puntos distribuidos geoestadísticamente sobre el terreno a distancias de 40 m, 20 m, 10 m y 5 m (Figura 1, Anexo 1) con el fin de calcular las poblaciones iniciales de los insectos-plaga.

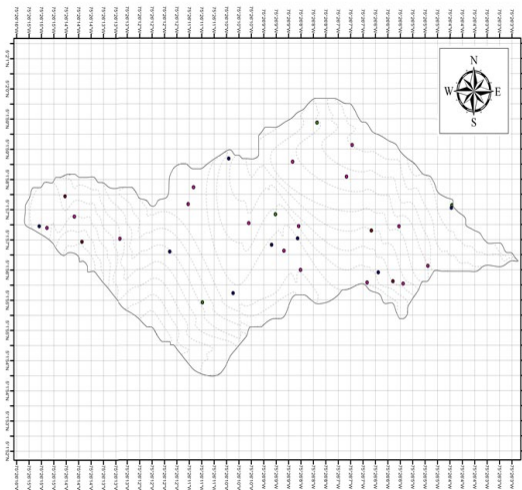


Figura 1. Distribución de los sitios de muestreo para calcular la población inicial de los artrópodos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los insectos capturados se identificaron como *H. similis* y *C. scenica*. Se encontró un promedio de 6,81 individuos de *H. similis* y 3,53 de *C. scenica* (Anexo 1), presentándose este último como el de menor población con un 65% por debajo del total de la población colectada. Este comportamiento se debió posiblemente a las características climáticas presentes en la zona de estudio durante las fechas de muestreo.

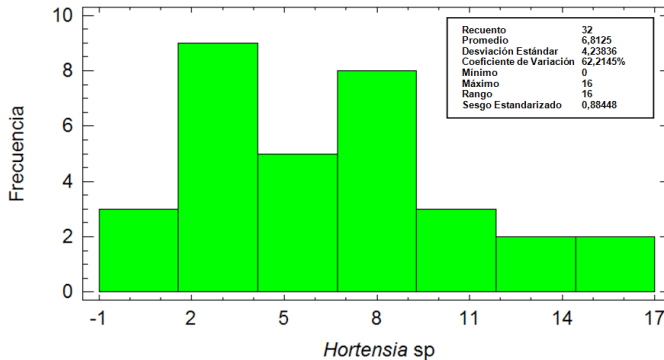
En la Figura 2 se observa la tendencia central del conjunto de datos y la dispersión de los mismos base las poblaciones colectadas, siendo *C. scenica* el insecto con menor población, seguido por *H. similis*, tomando como referencia la población total. Igualmente se observa que la variación se incrementa y la asimetría tiende a disminuir a medida que aumenta la población, indicando que la distribución más asimétrica se presenta en *C. scenica*, lo cual se puede percibir por la cantidad de valores extremos sobre la media poblacional de este insecto.



Figura 2. Tendencia central y dispersión de poblaciones de *C. scenica* y *H. similis*.

Tendencia y dispersión espacial de *H. similis*

El histograma para la población de *H. similis* permite apreciar una distribución bimodal con dos picos en la frecuencia de la variable (Figura 3A) presentando una combinación de distribuciones proveniente de dos tendencias diferentes, donde los valores entre dos y cuatro insectos representan la mayor frecuencia, seguida de valores entre ocho y diez. base esta observación se asume una distribución concentrada en focos tal como se observa en la Figura 3B.



A

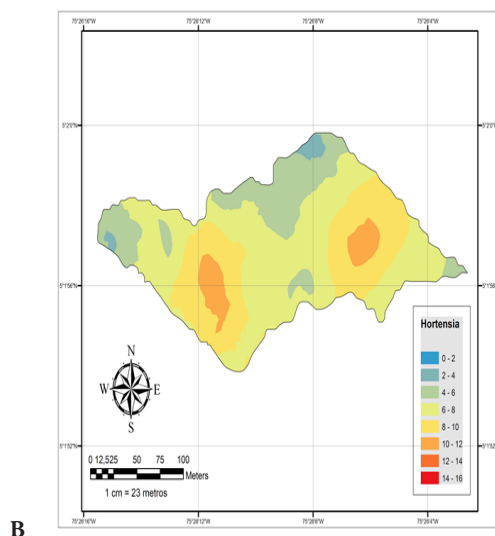


Figura 3. A) Histograma de *H. similis*. B) Densidad de población de *H. similis*.

Los centros de mayor agregación de *H. similis* se registraron en los extremos medios del lote con un promedio de 10 a 12 individuos, estos focos se encuentran separados entre sí posiblemente por las condiciones topográficas del lote (Figura 3B). En estudio realizado por CADEÑO (2011) sobre la distribución de este insecto en cultivos de maíz, indica que esta plaga presenta una distribución uniforme en condiciones de monocultivo.

ALONSO & DOCAZAL (1994), mencionan que la mayor presencia y frecuencia de insectos-plaga en sistemas de pastoreo intensivo está fundamentada en la gramínea base dentro de la producción. PEREYA (2002) afirma que los insectos fitófagos evitan las zonas donde se ha presentado un establecimiento anticipado, lo cual afecta la densidad de huevos y estados intermedios, influenciando de manera directa en los primeros estadios de desarrollo, la supervivencia, reproducción y por consiguiente la distribución espacial.

Tendencia y dispersión espacial de *C. scenica*

El histograma de *C. scenica* presenta un diagrama positivo y una cola que desciende bruscamente (Figura 4A). En este tipo de distribución, los valores entre uno y cuatro individuos fueron los que se observaron con mayor frecuencia; además, se aprecia la poca frecuencia para el número de insectos con valores superiores a , lo que indica que la población de este insecto se encuentra concentrada en la parte superior del lote, disminuyendo hacia la parte baja, tal como se observa en la Figura 4B. FLÓREZ & CORREDOR (2000) encontraron dependencias espaciales de los insectos en las zonas de muestreo debido a movimientos poblacionales entre áreas vecinas. En la zona donde se observó mayor población de *C. scenica* se presentó un promedio de seis a ocho individuos (Figura 4B).

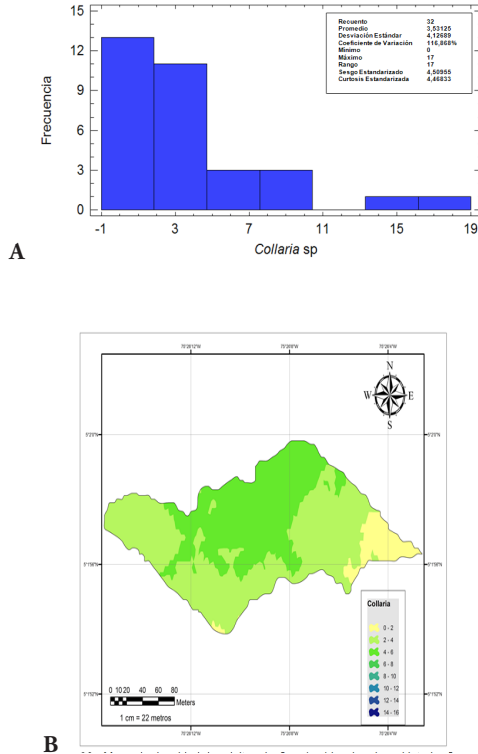


Figura 4. A) Histograma de *H. similis*. B) Densidad de población de *H. similis*.

El comportamiento e infestación de los insectos varía en forma decreciente con el incremento y la diversificación *in situ* de la flora, esta se debe implementar en los cultivos comerciales, diseñando corredores, islas de reserva, o caminos de avance para incentivar la presencia de enemigos naturales (ALTIERI *et al.*, 2007), los cuales ejercen cambios en la composición de las especies plaga alrededor e interior de los cultivos (VILASECA *et al.*, 2008). En el área de estudio se encontró una cantidad considerable de la araña *Alpaida* sp. (Araneae: Araneidae), considerada como un depredador natural de *Collaria* sp.

La diversificación y conservación *in situ* de la biodiversidad, ecosistemas y hábitat naturales donde sus componentes han desarrollado propiedades específicas dentro de sistemas tradicionales de cultivos, regulan las poblaciones, contrarrestando las pérdidas y recuperando la micro y macrofauna, ofreciendo múltiples beneficios que garantizan la supervivencia y equilibrio de los organismos (BAENA *et al.*, 2003).

Tendencia y dispersión espacial de la población total de *H. similis* y *C. scenica*

Al analizar el histograma de la población total observada dentro del lote, se aprecia una distribución similar a la encontrada en el insecto *H. similis* (distribución con

doble pico) (Figura 5A). Los valores entre cuatro a siete y entre 14 a 16 representan las mayores frecuencias; en este caso, el resultado se debió a la sumatoria de las especies presentes dentro del área de estudio, las cuales se ven influenciadas por las condiciones bióticas y abióticas analizadas con anterioridad, considerando nuevamente una distribución concentrada en focos (Figura 5B)

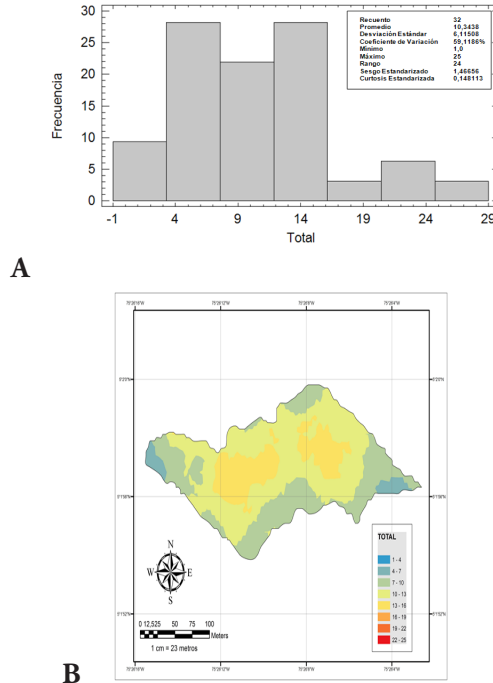


Figura 4. **A)** Histograma. **B)** Densidad de la población de *H. similis* y *C. scenica*.

De acuerdo a la distribución espacial y los centros de mayor agregación del total de población de *H. similis* y *C. scenica*, se pudo observar cuatro áreas, presentándose una mayor concentración interior del lote en dos focos separados entre sí, con poblaciones promedio de 16 a 19 individuos; además, se pudo observar que a medida que los insectos se alejan de dichos focos disminuye su población (Figura 4A), comprobando la estructura agregada de este tipo de insectos, lo cual permite de una manera precisa y rápida modelar las distribuciones preliminares, tomando como referencia el estado y características del terreno para el análisis de los compuestos ecológicos que influyen en dichas tendencias.

El diseño y análisis por medio de esta herramienta permite estudiar a través del tiempo las distribuciones espaciales de los insectos de importancia económica, ofreciendo aproximaciones en la caracterización de los muestreos, interpretación de variables biológicas y predecir áreas en campos donde las poblaciones de insectos podrían exceder el umbral de daño económico (TANNURE & MAZZA, 2004; RAMÍREZ *et al.*, 2011).

Un patrón agregado indica la presencia de interacciones entre los individuos, o entre los individuos y el medio. Existen muchas causas probables para la formación de un patrón agregado, cuyo estudio puede ser relevante para comprender mejor la biología o ecología de los organismos o el medio bajo estudio. Si solo se consideran factores intrínsecos, la agregación podría ser consecuencia de interacciones sociales o también del modo reproductivo predominante en la población. Si se consideran además factores extrínsecos, la agregación podría ser una consecuencia del patrón de disposición de los recursos o los peligros en el medio: comportamientos defensivos, aprovechamiento de parches de alta calidad y despoblamiento de zonas pobres. Estas dos clases de factores pueden igualmente interactuar de muchas formas, y afectar la trayectoria evolutiva de la población a todos los niveles de organización (MAZZA *et al.*, 1996).

Para el caso de los insectos plaga estudiados, este método permite identificar las áreas de mayor concentración de los artrópodos, optimizando de esta manera el número de muestras requerido por ha (MARTÍNEZ & BARRETO, 2000). Además, se presenta como una estrategia para la implementación de barreras de dispersión mediante la determinación de los frentes de expansión poblacional de las plagas, y así lograr eliminar colonias invasoras antes de que se adapten a las zonas de interés (FLÓREZ & CORREDOR, 2000).

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al profesor Gabriel Cruz, docente de la Universidad de Caldas y al Ingeniero Agrónomo Pablo Chica por su asesoría.

BIBLIOGRAFÍA

- ALONSO, O. & DOCAZAL, J., 1994.- Evaluación de plagas y enfermedades en un sistema de pastoreo intensivo para la producción de leche. *Rev. Pastos y Forrajes*, 17 (3): 231-243
- ALTIERI, M., PONTI, L. & NICHOLLS, C., 2007.- El manejo de las plagas a través de la diversificación de las plantas. *Rev. Agroecología LEISA*, 22 (4): 9-12
- BAENA, M., JARAMILLO, S. & MONTOYA, J., 2003.- *Material de apoyo a la capacitación en conservación in situ de la diversidad vegetal en áreas protegidas y en fincas*. Instituto de Recursos Filogenéticos. 130p.
- BARBOZA, M.R., 2009.- *Collaria scenica* (Stal, 1859) (Hemiptera: Miridae) em poaceas hibernais na região Centro Sul do Paraná: biologia e danos: Tesis (Maestría en Agronomía Producción Vegetal), Universidade Estadual do Centro-Oeste, Unicentro-PR. 67p.
- BOITEAU, G., BRADLEY, J.R., VAN DUYN, J.W. & STINNER, R.E., 1979.- Bean leaf beetle: micro-spatial Patterns and sequential sampling of field populations. *Environ. Entomol.*, 8: 1139-1144.
- CADAHIA, M., 1997.- Repartición espacial de las poblaciones en Entomología aplicada. *Rev. Biol. Serv. Plagas*, 3: 233-291.
- CADENO, M., 2011.- *Determinación del ciclo biológico, distribución y daños ocasionados por chicharritas (Hemiptera: Cicadellidae y Delphacidae), en maizales de la provincia de Los Ríos*. Informe técnico del proyecto de investigación. Escuela Politécnica del Ejército. Departamento de Ciencias de la Vida. Ingeniería en Ciencias Agropecuarias. 42p.
- DUARTE, O.A., CASTILLO, E.T., GÓMEZ, S., REY, A. & ARAGÓN, R., 1998.- El chinche de los pastos: efectos de su ataque y estrategias para su control en fincas lecheras de Cundinamarca y Boyacá. Corpoica, Tibaitatá. 18p.
- EMMEN, D.A., 2004.- La agricultura de precisión: una alternativa para optimizar los sistemas de producción. Universidad Santa María la Antigua (Usma), Panamá, República de Panamá. *Investigación y pensamiento crítico*, 2: 68-74.
- FLÓREZ, E. & CORREDOR, D., 2000.- Análisis espacial de las poblaciones de *Frankliniella occidentalis* (Pergande) en un cultivo de fresa bajo cubierta, como soporte en las decisiones de manejo integrado de plagas. *Rev. Agronomía Colombiana*, 17: 25-42.
- GIRALDO, R., 2007.- *Introducción a la geoestadística, teoría y aplicación*. Universidad Nacional de

- Colombia, Sede Bogotá, Facultad de Ciencias, Departamento de Estadística. 94p.
- LIEBHOLD, M., ROSSI, E. & KEMP, P., 1993.- Geostatistics and Geographic Information Systems in Applied Insect Ecology. Annual Reviews Publisher, Palo Alto (California), USA. *Annual Review of Entomology*, 38: 303-327.
- MARTÍNEZ, E. & BARRETO, N., 2000.- *Ciclo de vida, dinámica poblacional y enemigos naturales de Collaria scenica Stal. en la Sabana de Bogotá*. Seminario Técnico Científico. La investigación y la transferencia de tecnología en el marco de la competitividad, sostenibilidad y equidad del sector agropecuario Colombiano. Resúmenes. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - CORPOICA. C.I., Tibaitatá. p. 8-11.
- MAZZA, S., CONTRERAS, G.B., VIDELA, G.W., POLAK, M., SCHROEDER, J.A. & TANNURE, C.J., 1996.- Técnicas de muestreo para la evaluación de infestación por pulgones (*Aphis gossypii*) en algodón (*Gossypium hirsutum*). Reunión de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas SGCYT-UNNE. *Actas*, 3 (5): 1-4.
- MIDGARDEN, D., FLEISCHER, S.J., WEISZ, R. & SMILOWITZ, A., 1997.- Site-specific Integrated Pest Management Impact of Development on Esenvalerate Resistance in Colorado Potato Beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) and on Densities of Natural Enemies. Entomological Society of America, Lanham (Maryland), USA. *Journal of Economic Entomology*, 90: 855-867.
- MORAL, F., 2004.- Aplicación de la geoestadística en las ciencias ambientales. *Rev. Ecosistemas*, 13 (1): 78-79.
- MORALES, P.L. & RODRÍGUEZ, N., 2004.- El clorpirifos: Posible disruptor endócrino en bovinos de leche. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 17: 255-267.
- PEREYÁ, P., 2002.- Evidencia de competencia intraespecífica en estadios larvales tempranos de la polilla del tomate, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Ecología Austral*, 12: 143-148.
- RAMÍREZ, C. & DÍAZ, G., 2002.- *La chinche de los pastos (Collaria scenica): Una amenaza para la producción lechera de la Sabana de Bogotá y Valles de Ubaté y Chiquinquirá*. Instituto Colombiano Agropecuario, Bogotá. 20p.
- RAMÍREZ, J., PORCAYO, E. & SÁNCHEZ, J., 2011.- Análisis *tuberosum* L. en Donato Guerra, México. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle*, 12 (1): 12-14.
- RUESINK, W.C., 1980.- Introduction to sampling theory: 61-78 (in) de la distribución espacial de *Bactericera cockerelli* sulc (Hemiptera: Triozidae) en *Solanum* L.; (i)KOGAN, M. & HERSO, D.C. (eds.) Sampling methods in soybean entomology. Springer-Verlag, New York.
- SEVACHERIAN, V. & STERN, V.M., 1972.- Spatial distribution patterns of *Lygus bugs* in California cotton fields. *Environ. Entomol* 1: 695-704.
- TANNURE, L. & MAZZA, M., 2004.- Caracterización geoestadística de la distribución espacial de *Alabama argillacea* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) en el cultivo del algodón. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Universidad del Nordeste. Resumen A - 017. p.1-4.
- TAYLOR, R.L., 1984.- Assessing and Interpreting the Spatial Distribution of Insect Populations. Annual Reviews Publisher, Palo Alto (California), USA. *Annual Review of Entomology*, 29: 321-357.
- VILASECA, C., BAPTISTE, L. & ÁVILA, A., 2008.- Incidencia de los márgenes sobre el control biológico natural de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en cultivos de arroz. *Revista CORPOICA, Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 9 (2): 45-54.

Anexo 1. Capturas realizadas en el muestreo inicial

Muestreo	Distancia	Longitud			Latitud			<i>H. similis</i>	<i>C. scenica</i>	Total
		Grados	Minutos	Segundos	Grados	Minutos	Segundos			
1	40	75	26	646	5	1	574	3	1	4
2	40	75	26	678	5	1	592	1	3	4
3	40	75	26	629	5	1	570	2	2	4
4	40	75	26	710	5	1	552	13	3	16
5	20	75	26	656	5	1	559	6	4	10
6	20	75	26	671	5	1	570	15	0	15
7	20	75	26	736	5	1	566	11	2	13
8	20	75	26	743	5	1	577	8	6	14
9	10	75	26	642	5	1	574	11	0	11
10	10	75	26	664	5	1	563	11	1	12
11	10	75	26	689	5	1	566	5	1	6
12	10	75	26	696	5	1	563	9	2	11
13	10	75	26	703	5	1	584	4	3	7
14	10	75	26	703	5	1	556	3	0	3
15	10	75	26	718	5	1	563	16	5	21
16	10	75	26	750	5	1	570	4	1	5
17	5	75	26	649	5	1	563	4	0	4
18	5	75	26	653	5	1	559	13	0	13
19	5	75	26	660	5	1	570	6	3	9
20	5	75	26	667	5	1	559	9	1	10
21	5	75	26	674	5	1	581	6	7	13
22	5	75	26	674	5	1	588	8	9	17
23	5	75	26	685	5	1	584	6	8	14
24	5	75	26	685	5	1	566	9	15	24
25	5	75	26	678	5	1	556	1	1	2
26	5	75	26	689	5	1	563	9	1	10
27	5	75	26	700	5	1	566	8	17	25
28	5	75	26	710	5	1	581	3	8	11
29	5	75	26	710	5	1	577	9	3	12
30	5	75	26	725	5	1	566	2	2	4
31	5	75	26	739	5	1	574	3	3	6
32	5	75	26	746	5	1	570	0	1	1
Promedio								6,81	3,53	10,34

ZOOLOGÍA VERTEBRADOS

Vertebrate Zoology



LEUCISMO EN MURCIÉLAGOS DE HOJA NASAL (CHIROPTERA, PHYLLOSTOMIDAE) DE COLOMBIA*

Jorge Horacio Velandia-Perilla^{1,3}, Ana Paola Yusti-Muñoz¹,
Manuel Andrés Sánchez-Martínez² y Alan Giraldo^{2,3}

Resumen

Reportamos leucismo (o albinismo parcial) en cinco especies de murciélagos de hoja nasal de Colombia: *Anoura caudifer*, *Lonchophylla robusta*, *Carollia brevicauda*, *Artibeus lituratus* y *Dermanura rosenbergi*. Los especímenes presentan un patrón de coloración atípica en el pelo y/o las membranas. Los especímenes de *A. caudifer*, *A. lituratus* y *C. brevicauda* presentan ausencia de pigmentación en orejas, hoja nasal y alas, y los especímenes de *L. robusta*, *C. brevicauda* y *D. rosenbergi* presentan ausencia de pigmentación en el pelo.

Palabras clave: leucismo, murciélagos de hoja nasal, Phyllostomidae, Colombia.

LEUCISM IN LEAF NOSED BATS (CHIROPTERA: PHYLLOSTOMIDAE) OF COLOMBIA

Abstract

Leucism (or partial albinism) in five species of leaf-nosed bats in Colombia: *Anoura caudifer*, *Lonchophylla robusta*, *Carollia brevicauda*, *Artibeus lituratus* and *Dermanura rosenbergi* are reported. The specimens present an unusual color pattern in their hair and/or membranes. *A. caudifer*, *A. lituratus* and *C. brevicauda* specimen present absence of pigmentation on ears, nose-leaf and wings, and *L. robusta*, *C. brevicauda* and *D. rosenbergi* specimens have no pigmentation in their hair.

Key words: leucism, leaf-nosed bats, Phyllostomidae, Colombia.

* FR: 22-VII-2012. FA: 10-VIII-2012.

¹ Wildlife Conservation Society, Programa Colombia, Calle 2 No. 42-23. Cali, Colombia.

² Grupo de Investigación en Ecología Animal, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad del Valle. Cali, Colombia.

³ Colección de Mamíferos, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad del Valle. Cali, Colombia.

E-mail: jorgehelandia@gmail.com, yusti.ap@gmail.com, manusama79@yahoo.es, alan.giraldo@correounivalle.edu.co

El albinismo es una condición poco común causada por la ausencia congénita de pigmentación (MATHEWS *et al.*, 2002). Como consecuencia, los individuos que exhiben esta condición adoptan coloración blanca en la piel y el pelo, y ojos rojos (MILLER, 2005). Esta condición ha sido documentada para anfibios (ROSE, 1962; SAZIMA, 1974), reptiles (CHANCE & SMITH, 1968; BECHTEL & BECHTEL, 1981), aves (MØLLER & MOUSSEAU, 2001; URCOLA, 2010) y mamíferos. En mamíferos, se ha reportado en roedores (LEVINE, 1958), carnívoros (SCHAMBERGER, 1972) y en murciélagos; para estos últimos, ésta se considera una condición rara (RONCANCIO & RAMÍREZ-CHAVES, 2008; MARÍN-VÁSQUEZ *et al.*, 2010; SÁNCHEZ-HERNÁNDEZ *et al.*, 2012).

El albinismo se puede clasificar en diferentes tipos según las características fenotípicas de despigmentación de los individuos; así, se presenta: 1) albinismo, ausencia total de pigmentos en el cuerpo; 2) dilución, reducción de la tonalidad del color y de pigmentos; 3) esquizocroísmo, sucede cuando un pigmento no se expresa sin que se afecte la expresión de otro; y 4) leucismo, consiste en la pérdida del color en la piel o el pelo, sin afectar las partes blandas; por lo general, los animales presentan algunas partes de la piel o el pelo blancos, pero las uñas y los ojos son oscuros (MILLER, 2005).

En este estudio reportamos la condición de leucismo en ocho individuos pertenecientes a cinco especies de murciélagos de hoja nasal, presentando por primera vez reportes de la condición en Colombia para *Anoura caudifer*, *Lonchophylla robusta*, *Artibeus lituratus* y *Dermanura rosenbergi*; y reportes adicionales para *Carollia brevicauda*. Los reportes se hacen con base en ejemplares capturados, y especímenes testigo que están depositados en la colección de mamíferos de la Universidad del Valle, Cali, Colombia (UV). A continuación se describen los ejemplares:

Anoura caudifer (E. Geoffroy St. Hilaire 1818)

Una hembra lactante (UV-13635) colectada en el Alto de la Virgen, finca Rosales (municipio Calima-Darién, departamento Valle del Cauca, 3°55'33"N - 76°31'31"W, 2211 m) el 31 de enero de 2009. Presenta distribución irregular de pigmentos en las alas, presentando zonas con manchas oscuras, rodeadas de zonas totalmente despigmentadas (Figura 1).



Figura 1. Una hembra lactante de *Anoura caudifer* con leucismo colectada en el municipio Calima-Darién, Valle del Cauca. *Fotografías:* M.F. Garcés-Restrepo.

***Lonchophylla robusta* (Miller 1912)**

Un macho adulto (UV-4518) colectado en el Alto del Oso, 10 km al oeste de La Italia (municipio San José del Palmar, departamento Chocó, 4°56'13"N - 76°17'29"W, 600 m) el 1 de agosto de 1985. Presenta coloración dorsal y ventral blanquecina, con algunos pocos mechones marrón rojizo. Además, presenta manchas blancas en patagios adyacentes al cuerpo, mientras que las alas y la parte distal del uropatagio son marrón oscuro (Figura 2).



Figura 2. Un macho adulto de *Lonchophylla robusta* con leucismo colectado en el municipio San José del Palmar, Chocó.
Fotografía: A.P. Yusti-Muñoz.

***Carollia brevicauda* (Schinz 1821)**

Tres individuos capturados en los alrededores del poblado (2°58'22"N - 78°10'11"W, 10 m) en el Parque Nacional Natural (PNN) Gorgona (municipio de Guapi, departamento del Cauca), entre octubre de 2010 y junio de 2011, y un espécimen colectado en la cuenca del río Pance (3°19'42"N - 76°38'19"W, 1460 m), municipio Santiago de Cali, departamento Valle del Cauca.

Los individuos del PNN Gorgona corresponden a una hembra adulta (UV-13766) capturada el 16 de noviembre de 2010, que exhibió distribución irregular de zonas despigmentadas en el mesopatagio y uropatagio; una hembra adulta preñada (UV-13847) capturada el 7 de marzo de 2011 y un macho subadulto (UV-13864) capturado el 24 de junio de 2011, que presentan despigmentación casi completa en el mesopatagio, uropatagio, orejas y hoja nasal, con unas pocas pequeñas zonas pigmentadas distribuidas irregularmente en las alas (Figura 3).



Figura 3. Una hembra preñada (arriba) y tres individuos de *Carollia brevicauda* (abajo) con leucismo colectados en la Isla Gorgona, municipio Guapi, Cauca. *Fotografías:* A.P. Yusti-Muñoz.

El espécimen de la cuenca del río Pance corresponde a una hembra adulta (UV-3880) colectada el 24 de septiembre de 1983, que presenta un alto grado de despigmentación en la mayoría de su cuerpo, con el pelaje dorsal y ventral completamente blanco, mientras que las alas y el uropatagio eran marrón oscuro (Figura 4).



Figura 4. Una hembra adulta de *Carollia brevicauda* con leucismo colectada en el municipio Santiago de Cali, Valle del Cauca. *Fotografía:* A.P. Yusti-Muñoz.

Artibeus lituratus (Olfers 1818)

Una hembra adulta lactante (UV-13983) capturada el 26 de julio de 2012 en el campus Meléndez de la Universidad del Valle (municipio Santiago de Cali, departamento Valle del Cauca, 3°22'34"N - 76°31'58"W, 990 m). El ejemplar presentó coloración típica en casi todo el cuerpo, excepto por la hoja nasal y el rostro, que fueron predominantemente blancos (Figura 5).

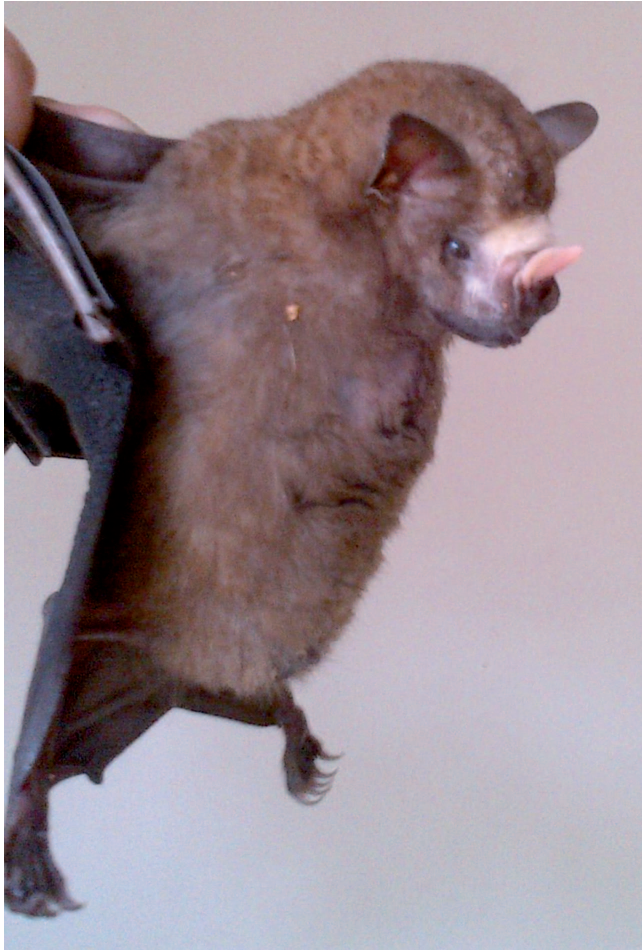


Figura 5. Una hembra adulta de *Artibeus lituratus* con leucismo colectada en el municipio Santiago de Cali, Valle del Cauca. *Fotografía:* J.H. Velandia-Perilla.

***Dermanura rosenbergi* (Thomas 1897)**

Una hembra adulta (UV-11758) colectada en el Campamento Río Azul, cuenca del río Calima (municipio Calima-Darién, departamento Valle del Cauca, 3°56'03"N - 76°41'02"W, 550 m) el 21 de agosto de 1995. Este espécimen presentó el pelaje dorsal y ventral uniformemente blanco, orejas y hoja nasal despigmentadas, mientras que las alas y el uropatagio son marrón oscuro (Figura 6).



Figura 6. Una hembra adulta de *Dermanura rosenbergi* con leucismo colectada en el municipio Calima-Darién, Valle del Cauca. *Fotografía:* A.P. Yusti-Muñoz.

El leucismo es poco común en las poblaciones silvestres de murciélagos. En Colombia se conoce de 4 individuos (de 4 especies diferentes) reportados con esta condición (RONCANCIO & RAMÍREZ-CHAVES, 2008; MARÍN-VÁSQUEZ *et al.*, 2010). La ausencia de pigmentos en mamíferos representa desventajas en aspectos como el camuflaje, comunicación, y regulación fisiológica, y se ha documentado en algunas especies que los individuos con alteraciones en la coloración típica son removidos de los grupos sociales (CARO, 2005). En murciélagos es probable que la selección natural opere negativamente, ya que esta condición fenotípica puede hacerlos más susceptibles a depredadores, además podrían tener desventajas en el reconocimiento intraespecífico y por ende en la reproducción, por lo cual la persistencia de esta condición en poblaciones silvestres debe ser baja.

No obstante, el haber registrado tres individuos de *Carollia brevicauda* con leucismo en el PNN Gorgona en tres jornadas de campo, podría indicar que la supervivencia de estos individuos no se está viendo afectada por su fenotipo, probablemente debido a la ausencia de depredadores en la isla; inclusive el registro de una hembra preñada indica que esta condición no está afectando la reproducción en esta población. Es interesante que se puedan adelantar estudios que permitan entender cómo el leucismo afecta a las poblaciones de murciélagos en aspectos ecológicos como desarrollo, reproducción y supervivencia en diferentes localidades.

Aunque éste es el tercer reporte de leucismo para murciélagos en Colombia, es probable que con una búsqueda detallada en las diferentes colecciones mastozoológicas del país se puedan encontrar más individuos de otras especies que presenten esta condición. Es necesario incentivar que en el futuro se reporten los casos en los que se presente cualquier tipo de albinismo en murciélagos, y que se estandarice un protocolo de colecta y almacenamiento de los datos asociados a estos individuos, teniendo en cuenta las recomendaciones de GARCÍA-MORALES *et al.* (2010), de manera que se pueda tener mayor conocimiento acerca de las implicaciones de esta condición en las poblaciones no solo de murciélagos, sino de mamíferos en general.

AGRADECIMIENTOS

Vladimir Rojas-Díaz y Sergio Solari ayudaron con la identificación de los especímenes. Carlos A. Saavedra-Rodríguez y John H. Castaño-Salazar hicieron aportes y comentarios para mejorar el manuscrito. Mario F. Garcés-Restrepo facilitó material fotográfico. Funcionarios del PNN Gorgona y la Estación Científica Henry von Prahl ayudaron con la logística durante las jornadas de campo en la Isla Gorgona. El Fondo para la Acción Ambiental y la Niñez, Conservación Internacional Colombia, la Fundación Squalus y la Universidad del Valle financiaron parcialmente este trabajo en el marco del proyecto de investigación “Evaluación del estado actual de los objetos de conservación faunísticos en isla Gorgona: una aproximación holística a la valoración ecológica del PNN Gorgona”, permiso de investigación PIBD DTSO 011-10.

BIBLIOGRAFÍA

- BECHTEL, H.B. & BECHTEL, E., 1981.- Albinism in the Snake, *Elaphe obsoleta*. *Journal of Herpetology*, 15 (4): 397-402.
- CARO, T., 2005.- The adaptive significance of coloration in mammals. *BioScience*, 55: 125-137.
- CHANCE, G.R. & SMITH, H.M., 1968.- Two additional examples of Gloyd's linked albinism in the prairie rattlesnake, *Crotalus viridis*. *Journal of Herpetology*, 2: 165-166.
- GARCÍA-MORALES, R., GORDILLO-CHÁVEZ, E.J. & BELLO-GUTIÉRREZ, J., 2010.- Primer registro de albinismo en *Glossophaga soricina* (Phyllostomidae) en México. *Chiroptera Neotropical*, 16 (2): 743-747.
- LEVINE, L., 1958.- Studies on Sexual Selection in Mice. I. Reproductive Competition between Albino and Black-Agouti Males. *The American Naturalist*, 92: 21-26.
- MARÍN-VÁSQUEZ, A., ORTEGA-RINCÓN, M. & RAMÍREZ-CHÁVEZ, H., 2010.- Records of leucism in three species of Colombian bats: *Carollia brevicauda*, *Artibeus jamaicensis* and *Lophostoma silvicolu*m (Phyllostomidae). *Chiroptera Neotropical*, 16 (2): 706-709.
- MATHEWS, C.K., AHERN, K.G. & VAN HOLDE, K.E., 2002.- *Bioquímica*. 3ª edición. Madrid: Addison Wesley/Pearson Education.
- MILLER, J.D., 2005.- All about albinism. *Missouri conservationist*, 66: 5-7.
- MØLLER, A.P. & MOUSSEAU, T.A., 2001.- Albinism and phenotype of barn swallows (*Hirundo rustica*) from Chernobyl. *Evolution*, 55 (10): 2097-2104.
- RONCANCIO, N. & RAMÍREZ-CHAVES, H.E., 2008.- Registro de leucismo en *Sturnira erythromos* en los Andes centrales de Colombia. *Chiroptera Neotropical*, 14(2): 412-414.
- ROSE, F.L., 1962.- A Case of Albinism in *Rana pipens* Schreber. *Herpetologica*, 18 (1): 72.
- SÁNCHEZ-HERNÁNDEZ, C., ROJAS-MARTÍNEZ, A., LÓPEZ-VIDAL, J.C., ELIZALDE-ARELLANO, C., ROMERO-ALMARAZ, M.L., AGUILAR-LÓPEZ, M. & TABOADA-SALGADO, A., 2012.- Leucism in five species of bats from México. *Chiroptera Neotropical*, 18 (2): 1123-1127.
- SAZIMA, I., 1974.- An albino hylid frog, *Phrynohyas mesophaea* (Hensel). *Journal of Herpetology*, 8 (3): 264-265.
- SCHAMBERGER, M., 1972.- Albinism in *Mustela erminea*. *The Murrelet*, 53: 9-10.
- URCOLA, M.R., 2010.- Un caso de leucismo parcial en pato maicero (*Anas geórgica*) en Villa Ciudad Parques Los Reartes, Córdoba, Argentina. *Nuestras Aves*, 54: 42-43.

LOS PECES DEL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA (COLOMBIA)*

Andrés Felipe Montoya-López¹, Juan Guillermo Ospina-Pabón² y Henry D. Agudelo-Zamora³

Resumen

Realizamos un recuento histórico desde mediados del siglo XIX hasta el año 2013 acerca de la taxonomía y distribución de los peces en el departamento de Antioquia. Asimismo, listamos las especies descritas originalmente para este departamento y realizamos aclaraciones sobre algunas localidades tipo. Los antecedentes acerca de la ictiología en Antioquia muestran la ausencia histórica de una iniciativa que pretenda el estudio sistemático de la riqueza de especies de peces en el departamento. Asimismo, sugerimos que debido a la importancia de los Estudios de Impacto Ambiental y similares para el conocimiento de la ictiofauna de Antioquia en la última década, las autoridades ambientales deberían exigir la publicación de sus resultados en revistas indexadas de acceso libre.

Palabras clave: Antioquia, distribución, historia, ictiofauna.

THE FISHES OF ANTIOQUIA (COLOMBIA)

Abstract

A historical review from the mid nineteenth century to 2013 which includes information on the taxonomy and distribution of fishes in the Department of Antioquia, Colombia was carried out. In addition, the species originally described from this area are listed and clarifications for some type localities are introduced. Ichthyological history in Antioquia, shows the historical lack of an initiative trying to have a systematically study of the fish species richness in the department. Likewise, due to the important findings of environmental impact studies affecting the fishes of Antioquia in the last decade, it is suggested that environmental authorities must demand the publication of those results in open access indexed journals.

Key words: Antioquia, distribution, history, ichthyology.

* FR: 29-I-2013. FA: 10-VIII-2013 .

¹ Autor independiente. E-mail: loki.asgard@gmail.com

² Autor independiente. E-mail: juanguio@gmail.com

³ Grupo de Investigación en Peces Neotropicales, Fundación para la Investigación y el Desarrollo Sostenible (FUNINDES). E-mail: hdagudelo@gmail.com

INTRODUCCIÓN

*“La quebrada saltaba límpida, velada en parte por iris vagos,
indecisos en la sombra del bosque,
y en un remanso cristalino despedían reflejos metálicos los peces... no, uno solo, una
Sabaleta. Era la única: linda con su uniforme de plata con franjas rojas
sobre su mórbido talle de sirena”*
(Joaquín Antonio Uribe, *Cuadros de la Naturaleza*)

La jurisdicción de Antioquia ha cambiado a través del tiempo. El territorio que hoy se designa como el departamento de Antioquia y está representado en los mapas vigentes, es el resultado de divisiones y adiciones territoriales, así como de cambios de denominación y percepción que se han venido dando desde la Conquista (DAP, 2005).

El departamento de Antioquia está ubicado al noroccidente de Colombia, y ocupa un área cercana a los 64.000 km² (ver Figura 1). Más del 65% de esta área corresponde a la zona septentrional de las cordilleras Central y Occidental. Asimismo, Antioquia cuenta con aproximadamente 220 km de costa sobre el Mar Caribe (CORREA, 2006). En este departamento, el rango altitudinal varía desde el nivel del mar (en la zona del Golfo de Urabá) hasta una altura cercana a los 4080 msnm en el Páramo de Frontino en la Cordillera Occidental. La entramada topografía de Antioquia, con sus numerosas cuencas y subcuencas, estrechos valles y ramales de las cordilleras, determinan una gran diversidad de ecosistemas y zonas de vida (ESPINAL, 1992; HERMELÍN, 2006a). En este territorio se pueden encontrar tres cuencas hidrográficas principales: Caribe-Atrato, Cauca y Magdalena.

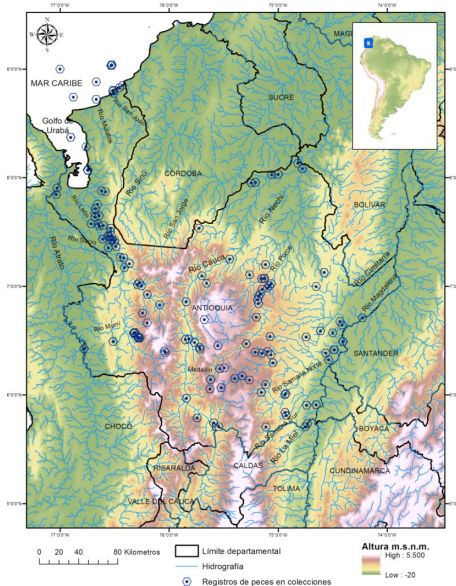


Figura 1. Localización del departamento de Antioquia y registros de peces en colecciones hasta el año 2012. Realizado a partir de la revisión de las bases de datos consultadas en el presente trabajo. Fuente: los autores.

La cuenca del Mar Caribe cubre un 32% del área drenada del departamento. En la subregión de Urabá, los ríos Atrato, León, Mulatos, San Juan, Currulao y Turbo drenan sus aguas directamente hacia el Mar Caribe (ROLDÁN, 2007); en el Nudo del Paramillo nacen los ríos San Jorge y Sinú, cuyo primer tramo de la cuenca alta transcurre en territorio antioqueño, para luego internarse en el departamento de Córdoba y desembocar en el Mar Caribe.

El río Atrato transcurre en dos trayectos discontinuos en jurisdicción de Antioquia, donde ríos tributarios como Murindó y Arquía descienden de las cumbres de la Cordillera Occidental del territorio antioqueño. En el trayecto sur, el río Murri, con dirección oeste-este que nace en el Alto de El Burro desemboca al norte de Vigía del Fuerte en el río Atrato; como tributarios de esta subcuenca se encuentran los ríos Penderisco y Mandé. Por otro lado, el río Sucio conforma una amplia subcuenca a la cual pertenecen los ríos Urama, Dabeiba y Uramita Cañasgordas.

El litoral antioqueño incluye un sector expuesto directamente al mar (Caribana-Arboletes) y la porción oriental del Golfo de Urabá (ROMÁN-VALENCIA & ACERO, 1992), con un área aproximada de 1.150 km² (ZAMORA *et al.*, 2008). Este golfo tiene forma de U donde se encuentran acantilados, pequeñas playas, bahías y el delta del río Atrato. Un ambiente con una geomorfología alargada con dirección norte-sur, con vientos alisios que desarrollan corrientes marinas específicas, batimetrías que difícilmente superan los 60 m y tasas de sedimentación grandes, provenientes de los ríos que en él desembocan (CORREA, 2006; IGAC & IDEA, 2007).

La cuenca del río Cauca cubre cerca del 46% de Antioquia y discurre por la parte central del departamento de sur a norte, formando un estrecho valle en donde convergen afluentes de la vertiente oriental de la Cordillera Occidental y de la vertiente occidental de la Cordillera Central. Sus tributarios principales que desarrollan valles muy estrechos y empinados (controlados en gran parte por fallas geológicas), son los ríos San Juan, Caramanta, Arma, Ituango, Tarazá, Man y Nechí (SIERRA, 2006; IGAC & IDEA, 2007).

En la cuenca media del río Magdalena se ubica aproximadamente el 22% de la red hidrográfica de Antioquia. En este departamento, todos los ríos que descienden de la vertiente oriental de la Cordillera Central vierten sus aguas al río Magdalena, como los ríos: Cocorná sur, Samaná sur, Samaná norte, Alicante y Cimitarra. Las cuencas altas de estos tributarios conforman valles estrechos, algunas veces con un fuerte control tectónico y a medida que descienden se encuentran con una topografía de montaña baja, colinas y lomeríos hasta llegar al amplio valle del río Magdalena, donde transcurren en extensas planicies de inundación (IGAC & IDEA, 2007). Para un mayor detalle de los aspectos geográficos, hidrológicos y de zonas de vida del departamento de Antioquia se recomienda ver: HERMELÍN (2006b), ARIAS (2011), CALLEJAS (2011), ESPINAL & VÁSQUEZ (2011) y GONZÁLEZ (2011).

La presente contribución es la primera de tres partes denominadas como I: Historia, II: Riqueza de especies marinas y estuarinas, y III: Riqueza de especies de agua dulce. Los objetivos del presente trabajo fueron: realizar un recuento histórico sobre el estudio y distribución de los peces en el departamento de Antioquia, y listar las especies cuya localidad tipo hace parte de la jurisdicción del departamento.

METODOLOGÍA

Fueron consultados los registros de peces colectados en el departamento de Antioquia y depositados en diferentes colecciones regionales, nacionales e internacionales (ver Tabla 1). Los nombres y abreviaciones de los museos o colecciones siguieron la propuesta de SBAJ-PÉREZ (2010). Asimismo, se recopiló información para describir algunos de los antecedentes acerca del estudio de la ictiofauna en el departamento de Antioquia.

Tabla 1. Colecciones referenciadas en el presente trabajo (URL corta, obtenida a través de Google URL Shortener)

Acrónimo	Nombre	Sitio web
CIUA	Colección de Ictiología de la Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia	N/A
CP-UCO	Colección de Peces Universidad Católica de Oriente, Rionegro, Antioquia, Colombia	N/A
IUQ	Laboratorio de Ictiología, Universidad del Quindío, Armenia, Colombia	N/A
IMCN	Museo de Ciencias Naturales Federico Lehman, Cali, Colombia	N/A
MLS	Museo de Historia Natural de La Salle, Bogotá, Colombia	N/A
IaVH-P	Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Villa de Leyva, Colombia	http://goo.gl/X1Ky5
ICNMHN	Instituto de Ciencias Naturales, Museo de Historia Natural, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia	http://goo.gl/FnEDH
MHNMC-PEC	Museo de Historia Natural Marina de Colombia, Santa Marta, Colombia	http://goo.gl/XmUeM
USNM	National Museum of Natural History, Smithsonian Institution, Washington D.C., USA	http://goo.gl/5Gdrr
NMW	Naturhistorisches Museum, Viena, Austria	N/A
AMNH	American Museum of Natural History, New York, USA	http://goo.gl/ODht6
CAS	California Academy of Sciences, San Francisco, USA	http://goo.gl/L05bM
ANSP	Academy of Natural Sciences of Drexel University, Pennsylvania, USA	http://goo.gl/To1cQ
UF	Florida Museum of Natural History, University of Florida, Gainesville, USA	http://goo.gl/luXGy
MCZ	Museum of Comparative Zoology, Harvard University, Cambridge, USA	http://goo.gl/Wv7jK
LACM	Natural History Museum of Los Angeles County, Los Angeles, USA	http://www.fishnet2.net/
NRM	Naturhistoriska Riksmuseet, Estocolmo, Suecia	http://artedi.nrm.se/nrmfish/search.php
BMNH	Natural History Museum, Londres, Reino Unido	http://goo.gl/PiMNs
MNHN	Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, Francia	http://goo.gl/d00vU
ZML	Museum of Zoology, Lund University, Lund, Suecia	http://goo.gl/WDsDe

RESULTADOS

I Historia

Siglo XIX

El primer registro histórico acerca del estudio de los peces en Antioquia es confuso y se relaciona con la entomología. Alrededor del año 1832, el ingeniero de minas sueco Pedro Nisser, colectó un grupo de peces que fueron depositados en el NRM sin una localidad definida. Más de un siglo después y debido a la composición de especies de esta colección, se asumió que procedían de algún lugar de la cuenca del río Magdalena (ver base de datos del NRM). Sin embargo, existe una publicación que puede dar indicios sobre el origen de estos individuos: Bengt Fredrik Fries describió a partir de material colectado por Nisser, dos especies de Coleópteros del género *Psalidognathus* (FRIES, 1833). En este trabajo se definieron las localidades tipo de estas especies como “en Antioquia” y “en las cercanías del pequeño pueblo de Remedios en Colombia” (esta última localidad seguramente se refiere al municipio situado al nordeste del departamento de Antioquia). Por la relación entre las localidades y año de colecta de los insectos, con el año aproximado de captura de los peces y los recorridos de Nisser por Colombia y particularmente Antioquia (WASSEN, 1969), es probable que algunos de los lotes que reposan en el NRM hayan sido capturados en este departamento.

Posteriormente, en 1857, el Senado de Estados Unidos encargó al Teniente primero Nathaniel Michler, el estudio de un canal interoceánico que conectaría el Golfo del Darién con el Pacífico a través de los ríos Atrato y Truandó. El primero de diciembre de 1857, Michler desembarcó en Turbo (Urabá antioqueño) y cerca de esta fecha realizó colecciones junto con Arthur Scott (geólogo y naturalista de la expedición) de peces, mamíferos, reptiles y aves, que posteriormente fueron enviadas a USNM (MICHLER, 1861). Más de 20 años después, alrededor del año 1876, Th. Grosskopf colectó en el río Cauca, así como en algunos de sus afluentes (inicialmente en Cáceres, municipio ubicado en el bajo Cauca antioqueño) y en el camino hacia Medellín, cerca de 180 peces que entregó a Franz Steindachner, quien describió de este material 12 nuevas especies (una parte de estas colectas, se encuentra depositado en NMW, STEINDACHNER, 1879, 1880a, 1880b; PELZELN, 1890). En Cáceres, Grosskopf también colectó mamíferos y anfibios, algunos de los cuales fueron descritos como nuevas especies (ver MATSCHIE, 1917; TAYLOR, 1969).

Primera mitad del siglo XX

Cerca de dos décadas después de la publicación de Steindachner, el médico y naturalista antioqueño Andrés Posada-Arango, publicó en 1909 su obra: *Estudios Científicos del doctor Andrés Posada: Con algunos otros escritos suyos sobre diversos temas y con ilustraciones o grabados*. En esta aparecen dos artículos, uno titulado “*Asteroblepus*” (el cual pudo ser elaborado en el siglo XIX, como aparece en la nota final de este artículo) y el otro “Los Peces contribución al estudio de la fauna colombiana”. En el artículo sobre los peces, Posada-Arango describe 12 especies (siete de las cuales tienen como localidad tipo la ciudad de Medellín) y un género nuevo, denominado como *Ichthyoelephas*. Es posible que en el incendio ocurrido el 29 de octubre de 1921, que consumió gran parte de la obra de Posada-Arango (ver

POSADA DE GREIFF, 1995) se hayan perdido sus colecciones ictiológicas. Si bien ACERO (1988) reinterpretó los hallazgos de Posada-Arango y realizó anotaciones sobre la identificación de la mayoría de las especies tratadas en “Los Peces”, aún es necesario establecer la identidad y validez de algunas especies como *Astroblepus dux*, *Chalceus rodopterus* y *Trichomycterus medellinensis*.

En 1912 se realizan dos contribuciones al conocimiento de los peces en territorio antioqueño. La primera fue realizada por Carl H. Eigenmann quién colectó en el río Magdalena en Peñas Blancas (posiblemente municipio de Yondó, Antioquia) y Puerto Berrío (municipio del Magdalena Medio antioqueño) durante la expedición para el reconocimiento ictiológico de Colombia. Los individuos de estas colectas fueron depositados posteriormente en CAS (EIGENMANN, 1912, 1913). La segunda contribución fue realizada por el Ingeniero de Minas R.D.O. Jhonson, quien realizó sus observaciones acerca de los hábitos de escalada de *Astroblepus* en Antioquia (JOHNSON, 1912). Asimismo, este autor colectó peces en la quebrada Santa Rita (localidad perteneciente al departamento de Antioquia, pero que no es posible ubicar con claridad) y en el municipio de Rionegro (Oriente antioqueño), los cuales fueron enviados al AMNH.

Debido, entre otras razones, a las entusiastas afirmaciones sobre Colombia hechas por Eigenmann (como se relata en WILLIAMSON, 1918), el odontólogo americano Edward Bruce Williamson, llevó a cabo entre 1916 y 1917 la expedición Universidad de Michigan-Williamson. En febrero de 1917, en el marco de esta expedición, Williamson colectó en los alrededores de la estación Cristalina del ferrocarril (municipio de Puerto Berrío, Antioquia) un grupo de peces que posteriormente envió al CAS. A esta misma colección, el antioqueño Manuel González, (ayudante de campo de Eigenmann) envió peces capturados en Puerto Berrío (MILES, 1947).

Entre los años 1929 y 1963, Antoine Rouhaire, de la Congregación de los Hermanos de las Escuelas Cristianas (Hermano Nicéforo María), envió peces colectados en el departamento de Antioquia a diferentes museos (MCZ, ANSP, SU, MLS, USNM como consta en los registros de cada una de estas instituciones). En una de estas colecciones, enviadas a George Sprague Myers, del Museo de Historia Natural de la Universidad de Standford, se remitió un lote de *Astroblepus*, el cual fue descrito como una nueva especie (ver Tabla 2) (MYERS, 1932). A partir de otra de las colecciones, enviadas esta vez a Henry W. Fowler, curador de peces en ese entonces de ANSP, se describieron 21 especies (entre las cuales se encuentra una proveniente de Sonsón, ver Tabla 2), además, se dieron diferentes registros para el municipio de Jericó (Suroeste antioqueño) (FOWLER, 1943).

George Dahl realizó una expedición entre los años 1936 y 1939 a diversas localidades de Colombia. Con el material colectado, Dahl describió siete especies, dos de ellas provenientes del río Volcán en el municipio de Remedios y otra del río Aburrá, en el municipio de Medellín (parte de la actual Área Metropolitana del Vallé de Aburrá, ver Tabla 2) (DAHL, 1942, 1943). A mediados de la década de 1940, el antiguo Departamento Nacional de Ganadería, contrató a Cecil Miles para el estudio y clasificación de los peces del río Magdalena (MILES, 1947). En una de las publicaciones derivadas del mencionado contrato (MILES, 1945) se dan nuevos registros para el municipio de Puerto Berrío.

Tabla 2. Especies de peces descritas originalmente del departamento de Antioquia

Especie	Tipo	Localidad Tipo	Referencia
<i>Nanocheiroidon insignis</i> (Steindachner, 1880)	Sintipos NMW 62543-44	En los charcos de agua clara en el camino de Cáceres a Medellín	STEINDACHNER (1880a)
<i>Cynodonichthys elegans</i> (Steindachner 1880)	Lectotipo NMW 60544	En los charcos de agua clara en el camino de Cáceres a Medellín	STEINDACHNER (1880a)
<i>Poecilia caucana</i> (Steindachner 1880)	Sintipo NMW 81128	En los charcos de agua clara de Cáceres	STEINDACHNER (1880a)
Género <i>Ichthyoelphas</i> Posada, 1909	<i>Ichthyoelphas pataló</i> Posada, 1909 sin tipos conocidos	Río Samaná en el camino de Bogotá a Sonsón (río Samaná sur)	POSADA-ARANGO (1909)
<i>Creagrutus magdalenae</i> Eigenmann 1913	Paratipo CAS 60057	Peñas Blancas, aguas arriba de Puerto Wilches y Bodega Gualán por el río Magdalena antes de Puerto Berrío (posiblemente en jurisdicción del actual municipio de Yondó, Antioquia)	EIGENMANN (1912, 1913)
<i>Argopleura magdalenensis</i> (Eigenmann 1913)	Paratipo CAS 40827	Peñas Blancas, aguas arriba de Puerto Wilches y Bodega Gualán por el río Magdalena antes de Puerto Berrío (posiblemente en jurisdicción del actual municipio de Yondó, Antioquia)	EIGENMANN (1912, 1913)
<i>Astroblepus nicefori</i> Myers 1932	Holotipo SU 24796	Sonsón, Antioquia	MYERS (1932)
<i>Chaetostoma brevilabiatum</i> Dahl 1942	Holotipo ZML L936/3701	Río Volcán cerca de la confluencia con el río San Bartolomé tributario del río Magdalena en el margen izquierdo, entre los ríos Nare e Ité en el municipio de Remedios, departamento de Antioquia. Altura aproximada 600 m.	DAHL (1942)
<i>Astyanax gisleni</i> Dahl 1943	Holotipo ZML L937/3700	Río Aburrá, tributario del río Porce y este del Nechí. Municipio de Medellín. Altura aproximada 1500 m.	DAHL (1943)
<i>Ancistrus caucanus</i> Fowler 1943	Holotipo ANSP 70516	Sonsón, cuenca del río Cauca	FOWLER (1943)
<i>Notarius bonillai</i> (Miles, 1945)	Neotipo ICN-MHN 9873	Puerto Berrío (Antioquia) (localidad del neotipo). Localidad tipo: Honda.	ACERO & BETANCUR (2006), MILES (1945)
<i>Hypsoblennius invemar</i> Smith-Vaniz & Acero P. 1980	Paratipo MHNMC PEC-163	Turbo, Golfo de Urabá, Antioquia	Base de datos de MHNMC-PEC, SMITH-VANIZ (1980)

Segunda mitad del siglo XX

Hacia el año 1961, se realizaron una serie de colectas en Turbo (Urabá antioqueño). Una de estas fue realizada por “J. A. Hernández” y las demás se encuentran remitidas sin colector conocido en ICNMHN (como se encuentra registrado en la base de datos de esta colección). Cinco años después, el buque de investigación John Elliot Pillsbury, en el contexto de la Expedición de Aguas Profundas de la Universidad de Miami (Crucero 6607 ruta Panamá a Colombia, 1966) realizó actividades de pesca experimental en el Golfo de Urabá (BASTIDA-ZAVALA *et al.*, 2001). ROBINS (1978) resume las especies de peces halladas en este crucero (algunas de las cuales se encuentran depositadas en UF) y da lineamientos sobre el potencial y manejo pesquero en el Golfo. De igual manera, los buques de investigación Oregon (en el año 1964) y Oregon II (en los años 1968 y 1970) realizaron colectas de peces en la región de Urabá, que actualmente se encuentran en UF (ver MERCADO-SILGADO, 1969). De las colectas del Oregon II, se describe a *Opisthonema captivai* Rivas, 1972 a partir de especímenes capturados cerca de Punta Caribana (Urabá antioqueño), especie que es actualmente reconocida como sinónimo de *Opisthonema oglinum* (Lesueur 1818).

Los registros de peces capturados en Antioquia en el siglo XX que se encuentran en IAvH-P corresponden al periodo entre los años 1971 y 1988. En esta institución se localizan colectas realizadas por el herpetólogo y luego botánico Philip Arthur Silverstone (Medellín 1971, otros individuos de estas colectas fueron enviados a LACM), así como por “W. Pérez” (en San Pedro de los Milagros, Norte de Antioquia). Adicionalmente se encuentran seis registros sin colector conocido provenientes de Urrao (Suroeste de Antioquia en 1980) y Belmira (Norte de Antioquia en 1988). Entre 1976 y 1987 se depositaron en MHNMC-PEC peces colectados en el Golfo de Urabá por parte de Juan Guillermo Escobar, Arturo Acero, Damira Rodríguez, Jaime Garzón y Fernando Duque.

Entre las décadas de 1970 y 1980 se realizaron diversas investigaciones acerca de los peces de Antioquia, la mayoría de las cuales fueron trabajos de grado e informes (literatura “invisible”) que directa o indirectamente proporcionan información sobre la distribución de los peces en el departamento. Es así como TR AHL (1973) registró parte de la distribución de *Brycon henni* Eigenmann, 1913 en el río Porce, mientras que CASTRILLÓN & BUILES (1977) realizaron observaciones sobre la distribución y biología de *Astroblepus* sp. en algunas localidades de Antioquia (cuenca alta del río Aburrá, y los ríos Porce y Grande).

Si bien la construcción de obras para aprovechamiento hidroeléctrico en Antioquia data de finales del siglo XIX (como el Proyecto Santa Elena), es a finales de la década de 1970 (luego de la construcción de diversos proyectos como Piedras Blancas, Guadalupe I, Riogrande y Guadalupe III) que se realizan los primeros estudios sobre la biología de las especies y el aprovechamiento pesquero en embalses de Antioquia (BELTRÁN, 1978; PÉREZ, 1979). En la siguiente década, ROLDÁN & LENIS (1986) realizaron el primer trabajo encaminado al conocimiento de la riqueza específica de los peces en un río antioqueño (río Claro). Posteriormente, PATIÑO (1986) registra la ictiofauna de la parte baja del río Cocorná sur, mientras que CALLE (1987) en su estudio sobre la biología de *Rivulus* sp. obtuvo nuevos registros de Rivulidae en San Pedro de los Milagros. En este mismo año, Interconexión Eléctrica S.A. realizó la evaluación ictiológica de algunos embalses en el oriente de Antioquia (ISA, 1987).

Para este momento, las colectas de Alberto Urán (profesor de la Universidad de Antioquia), Roldán, Lenis, Calle y otros, formaron la primer colección de Ictiología de la Universidad de Antioquia (Carlos Mario Marín, comunicación personal). Años después, esta colección fue remitida a la Estación Piscícola de San José del Nus, perteneciente a esta misma universidad. Sin embargo, debido a la falta de curaduría la mayoría de estos lotes se deterioraron completamente (observación personal).

En 1987, Germán Galvis curador para aquel momento de ICNMHN, colectó junto a un grupo de estudiantes de biología de la Universidad Nacional en el río Calderas en San Luis (Oriente antioqueño). Los individuos colectados fueron depositados en ICNMHN y NRM. Un año más tarde, el herpetólogo colombiano Pedro Miguel Ruiz Carranza, junto a sus colectas de *Eleutherodactylus* sp. capturó peces del género *Astroblepus* en la quebrada Las Juntas (entre los municipios de Urrao y Caicedo, Suroeste antioqueño) los cuales fueron depositados igualmente en ICNMHN.

Dos años después, Sven Kullander y Anders Silfvergrip realizaron una expedición al noroccidente de Colombia con el objetivo de coleccionar cíclidos y siluriformes para estudios sistemáticos (ver la base de datos de NRM). En esta expedición, colectaron en la cuenca del río Atrato en Buchadó y Paloblanco (corregimientos del municipio de Vigía del Fuerte, Urabá antioqueño), los ejemplares colectados fueron depositados posteriormente en NRM (ver base de datos de NRM). MAGALLANES (1989) realizó un trabajo sobre la riqueza íctica del Oriente antioqueño (estudio que por primera vez trata de listar las especies de una región del departamento). Posteriormente, BORJA (1990) realizó un inventario de los peces de la parte alta del río Guatapé (Oriente antioqueño) con la finalidad de establecer los impactos de las obras de refrigeración de la Central Hidroeléctrica Guatapé.

Entre los años 1990 y 1991, César Román-Valencia y Arturo Acero colectaron peces en 26 estaciones de agua dulce (entre ellas los ríos Necoclí, San Juan de Urabá, Zungo, León, Chigorodó, Juradó, Mutatá y Verde), así como en tres estaciones marinas y estuarinas (bahías de Marirrío y El Roto y en la Ensenada de Rionegro) en el Urabá antioqueño (ROMÁN-VALENCIA & ACERO, 1992). Parte de estas colecciones fueron depositadas en ICNMHN, IUQ y MHNMC-PEC. En los dos años siguientes (1992 y 1993) José Iván Mojica (ver la base de datos de ICNMHN), realizó colectas en los municipios de Remedios (ríos Pocuné e Ité) y Puerto Berrío (Qda. Sta. Martina, Qda. San Juan de Bedout, Caño Trapo, Qda. San José, Qda. El Triunfo y Qda. San Pedro) las cuales se depositaron en ICNMHN.

Durante la década de 1990 fueron realizados diversos estudios sobre pesquerías y biología de los peces del Golfo de Urabá, dichos estudios ampliaron el conocimiento sobre la ictiofauna en esta región del departamento de Antioquia, aunque de nuevo como literatura “invisible”. Fue así como MAGALLANES (1992) realizó registros de las pesquerías del Golfo. MARTÍNEZ (1996) llevó a cabo el inventario íctico de la Ensenada de Rionegro, y de las ciénagas Marimonda y El Salado. Adicionalmente, RIVERA (1997) y GONZÁLEZ & RIVERA (1998) realizaron una serie de estudios sobre los recursos pesqueros del Golfo de Urabá.

En la capital del departamento de Antioquia, el INSTITUTO MI RÍO (1997) realizó el primer estudio sobre características biológicas y fisicoquímicas del río Medellín. En esta publicación se incluyó un capítulo sobre la riqueza de especies de peces entre el alto de San Miguel y el primer tramo del río Porce. Un año después, PALACIO

& PLAZAS (1998), registraron algunas especies para el embalse Peñol-Guatapé. Entre 1998 y 1999 se llevó a cabo el proyecto Macrofauna I “Caracterización de la macrofauna del Caribe colombiano Fase 1. Epifauna de la franja superior del talud continental”. En este proyecto, se realizó arrastre demersal (300-500 m) incluyendo cuatro localidades (estaciones E55 a E58) cercanas al municipio de Arboletes (Urabá antioqueño). Los individuos colectados en esta expedición fueron depositados en MHNMC-PEC, y a partir de este material se publicaron una serie de artículos sobre nuevos registros de peces en el área del Caribe colombiano (ROA-VARÓN *et al.*, 2003; SAAVEDRA-DÍAZ *et al.*, 2004; ROA-VARÓN *et al.*, 2007).

Para finales del siglo XX, con el Plan de Manejo Ambiental de los embalses San Lorenzo y Punchiná (Oriente antioqueño), junto con los estudios de factibilidad de los proyectos hidroeléctricos Porce II y III se obtuvieron nuevos registros de peces para la cuenca del río Porce y las cuencas del Oriente antioqueño (CIA, 1997; EPM, 1998; MAGALLANES & TABARES, 1999).

Siglo XXI

A principios del siglo XXI (entre los años 2000 y 2003) se realizó el proyecto Macrofauna II “Caracterización y catalogación de la macrofauna marina del Caribe colombiano, Fase II”, así como las exploraciones ANH I y ANH II denominadas: “Especies, ensamblajes y paisajes de los bloques marinos sujetos a exploración de hidrocarburos”. En ellas se realizaron diferentes arrastres frente a las costas antioqueñas (estaciones frente a Arboletes E162 a E166 en Macrofauna II; estación costa afuera de Arboletes EA 267 en ANH I, además de las estaciones EA 276 y EA 277 en ANH II). El material colectado fue depositado en MHNMC-PEC (POLANCO *et al.*, 2010). De igual manera, CORREA & PALACIO (2008) registraron la ictiofauna de algunas áreas de manglar ubicadas en el Golfo de Urabá. Por su parte, GARCÍA *et al.* (2003) a partir de la metodología de “rapid assessment procedure”, realizaron el inventario íctico del río Aurrá y sus tributarios en el municipio de San Jerónimo (Occidente de Antioquia).

A partir del año 2000, dos causas podrían explicar el aumento de los trabajos sobre peces de agua dulce de Antioquia. Por un lado, se encuentra la multiplicación de los proyectos mineros, viales e hidroeléctricos (no solo de grandes obras como Hidroituango, sino también de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas) e incluso de Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas que debían cumplir con los requerimientos que las autoridades ambientales y la normatividad vigente exigían. Esto significó el levantamiento de líneas base y monitoreos de la ictiofauna en el componente hidrobiológico de estudios de prefactibilidad, impacto ambiental, ambiental de alternativas, mitigación, etc., lo cual produjo el registro de la ictiofauna de muchas zonas no estudiadas con anterioridad en Antioquia (particularmente importante porque algunos de los individuos colectados serían depositados en las colecciones regionales, ver las bases de datos de CIUA y CP-UCO). Sin embargo, este fenómeno también produjo la multiplicación de “literatura invisible” y la fragmentación de la misma (la recopilación completa del tipo de estudios mencionados, se encuentra más allá de los objetivos de la presente revisión).

Por otro lado, con la conformación de CIUA por parte del Grupo de Ictiología de la Universidad de Antioquia y CP-UCO realizado por el Grupo de Investigación en Limnología y Recursos Hídricos de la Universidad Católica de Oriente, se crearon

(nuevamente, ya que existió una colección en la Universidad de Antioquia como se mencionó anteriormente) los espacios para la formación académica en ictiología en el departamento y por tanto se incrementó la publicación de hallazgos en revistas nacionales e internacionales. Los principales estudios del Grupo de Ictiología de la Universidad de Antioquia acerca de peces del departamento (sin incluir los informes y otras formas de “literatura invisible”) incluyen aquellos de: JIMÉNEZ-SEGURA *et al.* (2004), JARAMILLO-VILLA & JIMÉNEZ-SEGURA (2008a, 2008b), OSPINA-PABÓN (2008), OSPINA-PABÓN *et al.* (2009), AGUDELO-ZAMORA *et al.* (2009), AGUDELO-ZAMORA *et al.* (2010) y AGUDELO-ZAMORA *et al.* (2011a, 2011b). De igual forma, los trabajos más representativos del Grupo de Investigación en Limnología y Recursos Hídricos son (en parte) los de JARAMILLO-VILLA *et al.* (2008) y JARAMILLO-VILLA *et al.* (2010).

Especies originalmente descritas para el departamento de Antioquia

Siete especies y un género actualmente válidos han sido descritos originalmente de Antioquia (sin incluir la mayoría de las especies descritas por POSADA-ARANGO, 1909; ver Tabla 2). Adicionalmente un neotipo y tres lotes de paratipos fueron colectados en la jurisdicción de este departamento. Otras nueve especies adicionales: *Ichthyoelephas longirostris* (Steindachner 1879), *Brycon labiatus* Steindachner 1879, *Brycon rubricauda* Steindachner 1879, *Creagrutus affinis* Steindachner 1880, *Astyanax caucanus* (Steindachner 1879), *Acestrocephalus anomalus* (Steindachner 1880), *Pimelodus grosskopfii* Steindachner 1879, *Panaque cochliodon* (Steindachner 1879) y *Salminus affinis* (Steindachner 1880) posiblemente tienen como localidad tipo al municipio de Cáceres. En las primeras descripciones de estas especies, únicamente se menciona que provienen del Cauca, el principal tributario del río Magdalena (STEINDACHNER, 1879). Posteriormente, STEINDACHNER (1880b) lista seis de estas especies bajo el subtítulo de “Vorläufige Mittheilung über einige neue Siluroiden und Characinen aus dem Cauca” (“Comunicación preliminar de algunos de los nuevos Silúridos y Charácidos del Cauca”). Sin embargo, STEINDACHNER (1880a) especifica el origen de estos peces como “[...] welche aus dem Cauca und dessen Nebenflüssen zunächst Cáceres stammen”. La descripción anterior de la localidad, puede ser traducida (según los autores de este artículo) como: “[...] provenientes del Cauca y sus tributarios inicialmente Cáceres”. Lo anterior fue interpretado por CASTRO & VARI (2004) para la localidad tipo de *I. longirostris* como “Antioquia, Río Cauca, cerca de Cáceres”, información que puede ser considerada como válida para las otras ocho especies descritas por Steindachner.

DISCUSIÓN

A partir de los registros señalados en la Figura 1, se observa que: i) gran parte del territorio del departamento de Antioquia es aún desconocido desde el punto de vista ictiológico, ii) las zonas más estudiadas en el departamento son la parte media y alta del río León y la zona de influencia de los embalses Porce II y Porce III sobre el río Porce, y iii) las partes altas de los afluentes son poco conocidas. De esta manera (sin contar los tributarios de menor orden), en las regiones de Urabá y del Occidente antioqueño no se cuenta con registros para los ríos Tigre, Turbo y Mulatos, así como para las partes altas de los ríos San Juan, Apartadó y Sucio. Igualmente, en el tramo medio del río Atrato en el territorio antioqueño, en los municipios de Murindó y Vigía del Fuerte sólo cuentan con dos localidades con registros en museos. En esta misma área, no se tiene información sobre los peces

que habitan en los ríos Murindó, Torquidadó, Cucharó, Guaguandó y Arquíá. En la región del Suroeste antioqueño no se tiene información de la parte alta de los ríos Penderisco y Pabón ni de la mayoría de los afluentes (excepto el río Barroso). En el Norte de Antioquia, no se tienen registros en colección de las partes altas de los ríos Sinú y San Jorge que se encuentran dentro del PNN Paramillo. En el bajo Cauca y el Nordeste antioqueño la información sobre ictiofauna de los ríos Man, Nechí, Anorí, Pocuné, Bagre y Tiguí es escasa. En el Magdalena medio antioqueño, la parte baja de los ríos Nus y Nare así como los Ríos Cimitarra e Ité han sido poco explorados.

Los antecedentes acerca de la ictiología en el departamento de Antioquia muestran la ausencia histórica de una iniciativa que pretenda el estudio sistemático de la riqueza de especies de peces en el departamento. Este caso es diferente de los otros componentes de la diversidad biológica, como por ejemplo las plantas (ver CALLEJAS & IDÁRRAGA, 2011). Adicionalmente, es necesario llevar a cabo un proyecto que contemple la necesidad de ampliación de la estructura física con la creación del Museo de Historia Natural y presupuesto para las labores curatoriales.

Debido a la importancia de los Estudios Ambientales para el aumento del conocimiento de los peces de Antioquia en la última década, creemos que es necesaria la revisión y publicación de los datos sobre la distribución de peces obtenidos, los mismos que se encuentran como “literatura invisible”. Es de resaltar que en la actualidad son este tipo de proyectos los que nutren las colecciones regionales con nuevos registros y futuras nuevas especies. Asimismo, consideramos que las autoridades ambientales deberían exigir la publicación de esta información en revistas indexadas de acceso libre.

AGRADECIMIENTOS

AFM-L agradece a Juan Fernando Mesa, Beatriz González y Eulalia Mesa por brindarle el apoyo necesario para dedicarse a la elaboración del escrito. HA-Z desea agradecer a Hernán Martínez por su apoyo incondicional, a Donald Taphorn por la oportunidad de compartir y discutir muchas veces sobre los peces de Antioquia, y a: Lorena Valencia, Lucena Vásquez, Armando Ortega, Saulo Usma, Luz Jiménez, Alexandra Arango, Úrsula Jaramillo, Cesar Román, Paulo Buckup, Ariel Bermúdez y Jorge Luis Escobar por su apoyo con literatura y estímulo profesional.

BIBLIOGRAFÍA

- ACERO, A., 1988.- Andrés Posada Arango, pionero de la ictiología en Colombia. *Actualidades Biológicas*, 17 (63): 49-54.
- ACERO P.A. & BETANCUR, R., 2006.- Real identity of the northern Colombian endemic sea catfish *Galeichthys bonillai* Miles, 1945 (Siluriformes: Ariidae). *Cybiuim* 3e série. *Bulletin de la Société Française d'Ichtyologie*, 30 (3): 215-219.
- AGUDELO-ZAMORA, H., OSPINA-PABÓN, J. & JIMÉNEZ-SEGURA, L., 2011a.- Peces del río San Juan de Urabá, costa Caribe, Colombia, Sur América. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 14 (2): 129-138.
- AGUDELO-ZAMORA, H., DE FEX-WOLF, D. & ZULUAGA, M.A., 2011b.- *Pterygoplichthys pardalis* (CASTELNAU, 1855) un pez amazónico, introducido en la cuenca del río Cauca, Colombia. *Memorias XIX Encontro Brasileiro de Ictiología*, Manaus.
- AGUDELO-ZAMORA, H., PELAYO-VILLAMIL, P., OCHOA-ORREGO, L. & JIMÉNEZ-SEGURA, L., 2010.- Fish, Gymnotiformes, Apterontidae, *Apterontus magdalenensis* (Miles, 1945): distribution extension of an endangered endemic knifefish, in northern Colombia. *Check List*, 5 (4): 879-881.

- AGUDELO-ZAMORA, H., TAPHORN, D.C., ORTEGA-LARA, A. & JIMÉNEZ-SEGURA, L.F. 2009.- La diversificación de Characidiium en los Andes occidentales: artificio Taxonómico o riqueza real? *Actualidades Biológicas*, 31 (supl. 1): 63. *Antioquia: Geografía histórica, física, humana y económica*. Medellín: Fondo Editorial Universidad EAFIT.
- ARIAS, A.L., 2011.- Estructura, clasificación y evolución del relieve en el departamento de Antioquia (en) CALLEJAS, R. & IDÁRRAGA, A. (eds.) *Flora de Antioquia: Catálogo de las Plantas Vasculares del Departamento de Antioquia, Volumen I*. Introducción Programa Expedición Antioquia 2013. Series Biodiversidad y Recursos Naturales. Universidad de Antioquia, Missouri Botanical Garden, Planeación Departamental Gobernación de Antioquia. Bogotá, D.C.: D'Vinni.
- BASTIDA-ZAVALA, J.R., CARRERA-PARRA L.F., DELGADO-BLAS, V.H., LONDOÑO-MESA, M.H., SALAZAR-SILVA, P. & SALAZAR-VALLEJO, S.I., 2001.- *Polychaetes (Polychaeta) from the Gulf of Guinea, the Grand Caribbean Sea, and the Gulf of Panama deposited in the Museum of Marine Invertebrates, University of Miami*. Final Report, ECOSUR.
- BELTRÁN, I.C., 1978.- *Aporte al estudio biológico pesquero del embalse Troneras (Antioquia) y alternativas para su manejo*. Medellín: Inderena.
- BORJA, R., 1990.- Algunas características ecológicas e ícticas de la parte alta del río Guatapé y posibles impactos por la construcción del proyecto de refrigeración de la central (en) EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN, *Proyecto para la refrigeración de la central hidroeléctrica Guatapé, Informe complementario a la declaratoria de impacto ambiental*. Unidad de Planeación de Recursos Naturales, Dirección de Planeación, Medellín.
- CALLE, J., 1987.- Algunos aspectos fisiológicos y metabólicos del *Rivulus* sp. el sitio "El Campamento" en San Pedro-Antioquia: Trabajo de grado para optar al título de Biólogo, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia, Medellín.
- CALLEJAS, R., 2011.- Generalidades del departamento de Antioquia (en) CALLEJAS, R. & IDÁRRAGA, A. (eds.) *Flora de Antioquia: Catálogo de las Plantas Vasculares del Departamento de Antioquia, Volumen I*. Introducción Programa Expedición Antioquia 2013. Series Biodiversidad y Recursos Naturales. Universidad de Antioquia, Missouri Botanical Garden, Planeación Departamental Gobernación de Antioquia. Bogotá, D.C.: D'Vinni.
- CALLEJAS, R. & IDÁRRAGA, A. (eds.), 2011.- *Flora de Antioquia: Catálogo de las Plantas Vasculares del Departamento de Antioquia, Volumen I*. Introducción Programa Expedición Antioquia 2013. Series Biodiversidad y Recursos Naturales. Universidad de Antioquia, Missouri Botanical Garden, Planeación Departamental Gobernación de Antioquia. Bogotá, D.C.: D'Vinni.
- CASTRILLÓN, L.A. & BUILES, J., 1977.- Aspectos generales del capitán del género *Astroblepus* sp.: Trabajo de Grado para optar al título de Biólogo, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia, Medellín.
- CASTRO, R.M. & VARI R.P., 2004.- Detritivores of the South American fish family Prochilodontidae (Teleostei: Ostariophysi; Characiformes). A phylogenetic and revisionary study. *Smithsonian Contributions to Zoology*, 622: 1-189.
- CIA (CENTRO DE INVESTIGACIONES AMBIENTALES), 1997.- *Plan de manejo ambiental del área de influencia de los embalses San Lorenzo y Punchiná*. Informe técnico presentado a ISAGEN, Medellín.
- CORREA, I.D., 2006.- El litoral Antioqueño (en) HERMELIN, M. (ed.) *Geografía de Antioquia: geografía histórica, física, humana y económica*. Medellín: Fondo Editorial Universidad EAFIT.
- CORREA, J.D. & PALACIO, J.A., 2008.- Ictiofauna de las aéreas de manglar en las bahías Turbo y el Uno, Golfo de Urabá (Caribe Colombiano). *Gestión y Ambiente*, 11 (3): 43-54.
- DAHL, G., 1942.- Three new fishes of the family Loricariidae from the Magdalena system. *Förhandlingar Klungl. Fysiografiska sällskapet i Lund*, 11 (8): 80-86.
- , 1943.- New or rare fishes of the family Characidae from the Magdalena system. *Förhandlingar Klungl. Fysiografiska sällskapet i Lund*, 12 (18): 215-220.
- DAP (DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACIÓN), 2005.- *Las fronteras de Antioquia. Aspectos físicos, jurídicos, históricos, económicos y socioculturales*. Medellín: Gobernación de Antioquia.
- EIGENMANN, C.H., 1912.- Some results from an ichthyological reconnaissance of Colombia, South America. Part I. *Indiana University Studies*, 16 (8): 1-27.
- , 1913.- Some results from an ichthyological reconnaissance of Colombia, South America. Part II. *Indiana University Studies*, 18: 1-32.
- EPM (EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN), 1998.- *Estudio de complementación y actualización de la factibilidad técnica, económica y ambiental del proyecto hidroeléctrico Porce III*. Medellín: Dirección de Planeación, Unidad Planeación Recursos Naturales, Medellín.
- ESPINAL, L.S., 1992.- *Geografía Ecológica de Antioquia: Zonas de vida*. Universidad Nacional de Colombia, Seccional Medellín, Facultad de Ciencias y Ciencias Agropecuarias. Medellín: LEALON.
- ESPINAL, L.S. & VÁSQUEZ, G., 2011.- Zonas de vida del departamento de Antioquia (en) CALLEJAS, R. & IDÁRRAGA, A. (eds.) *Flora de Antioquia: Catálogo de las Plantas Vasculares del Departamento de Antioquia, Volumen I*. Introducción Programa Expedición Antioquia 2013. Series Biodiversidad y Recursos Naturales. Universidad de Antioquia, Missouri Botanical Garden, Planeación Departamental Gobernación de Antioquia. Bogotá, D.C.: D'Vinni.

- FOWLER, H.W., 1943.- A collection of fresh-water fishes from Colombia, obtained chiefly by Brother Nicéforo María. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 95: 223-266.
- FRIES, B.F., 1833.- Beskrifning nya insekter från Colombien. *K. Svenska Vetensk. Akad. Handl.*, 1833: 320-328.
- GARCÍA, F.L., URÁN, L.A. & BOCK, B.C., 2003.- Inventario RAP de la ictiofauna del río Aurrá y sus tributarios en San Jerónimo, Antioquia. *Actualidades Biológicas*, 25 (78): 51-57.
- GONZÁLEZ, J. & RIVERA, R., 1998.- *Primer registro de Nebris microps (Cuvier, 1830) (Pisces: Scianidae) para el Caribe colombiano*. Proyecto de Investigación de los recursos Pesqueros del Golfo de Urabá, INPA.
- GONZÁLEZ, L.H., 2011.- Geografía de suelos del departamento de Antioquia (en) CALLEJAS, R. & IDÁRRAGA, A. (eds.) *Flora de Antioquia: Catálogo de las Plantas Vasculares del Departamento de Antioquia, Volumen I*. Introducción Programa Expedición Antioquia 2013. Series Biodiversidad y Recursos Naturales. Universidad de Antioquia, Missouri Botanical Garden, Planeación Departamental Gobernación de Antioquia. Bogotá, D.C.: D'Vinni.
- HERMELÍN, M., 2006a.- Paisajes (en) HERMELIN, M. (ed.) *Geografía de Antioquia: geografía histórica, física, humana y económica*. Medellín: Fondo Editorial Universidad EAFIT, Medellín.
- , (ed.), 2006b.- *Geografía de Antioquia: geografía histórica, física, humana y económica*. Medellín: Fondo Editorial Universidad EAFIT.
- IGAC (INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI) & IDEA (INSTITUTO PARA EL DESARROLLO DE ANTIOQUIA), 2007.- *Antioquia Características geográficas*. Bogotá: Imprenta Nacional de Colombia.
- INSTITUTO MI RÍO., 1997.- *Aspecto biológico y fisicoquímico del río Medellín*. Medellín: Instituto Mi Río.
- ISA (INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA S.A.), 1987.- *Evaluación Potencial Hidrobiológico en los embalses de ISA en el oriente Antioqueño*. Informe para la gerencia administrativa Interconexión Eléctrica S.A., Medellín.
- JARAMILLO-VILLA, U. & JIMÉNEZ-SEGURA, L.F., 2008a.- La pesca en las ciénagas de Tumaradó, bajo Río Atrato. *Dahlia*, 10: 3-16.
- , 2008b.- Algunos aspectos biológicos de la población de *Prochilodus magdalenae* en las ciénagas de Tumaradó (Río Atrato), Colombia. *Actualidades Biológicas*, 30 (88): 55-66.
- JARAMILLO-VILLA, U., MALDONADO-OCAMPO, J.A. & BOGOTÁ-GREGORY, J.D., 2008.- Peces del Oriente de Antioquia, Colombia. *Biota Colombiana*, 9 (2): 279-293.
- JARAMILLO-VILLA, U., MALDONADO-OCAMPO, J.A. & ESCOBAR, F., 2010.- Altitudinal variation in fish assemblage diversity in streams of the central Andes of Colombia. *Journal of Fish Biology*, 76: 2401-2417.
- JIMÉNEZ-SEGURA, L.F., RÍOS, M.I. & MARTÍNEZ, P., 2004.- Ictiofauna de la quebrada La Vega (en) AGUIRRE, N., WILLS, A. & PALACIO, J. (eds.) *Caracterización de los principales aspectos físico bióticos de la microcuenca de la quebrada La Vega, municipio de San Roque, Antioquia*. Medellín: Universidad de Antioquia.
- JOHNSON, R.D., 1912.- Notes on the habits of a climbing catfish (*Arges marmoratus*) from the republic of Colombia. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 22 (1): 327-333.
- MAGALLANES, H., 1989.- Evaluación íctica del sistema Oriente de Antioquia: Trabajo de grado para optar al título de Biólogo, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia, Medellín.
- , 1992.- *Estudio preliminar sobre la actividad pesquera en el Golfo de Urabá*. Corporación para el Desarrollo Sostenible de Urabá, CORPOURABÁ. División de Recursos Hidrobiológicos, CIMUR, Apartadó.
- MAGALLANES, H. & TABARES, M.M. 1999.- *Informe final del estudio de los efectos del proyecto hidroeléctrico Porce II, sobre la fauna íctica*. Empresas Públicas de Medellín, gerencia de generación de energía, división Porce II, Departamento gestión ambiental, Medellín.
- MARTÍNEZ, D.A., 1996.- Inventario íctico de la Ensenada de Rionegro y las Ciénagas La Marimonda y El Salado. Golfo de Urabá: Trabajo de Investigación para optar al título de Bióloga, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia, Medellín.
- MATSCHIE, P., 1917.- Einige neue Formen der Didelphis lanigera-Gruppe. *Sitzungsberichte der Gesellschaft Naturforschender Freunde zu Berlin*, 4: 280-294.
- MERCADO-SILGADO, J.E., 1969.- Ictiofauna acompañante del camarón capturado a bordo del Oregon II (noviembre 27-diciembre 6, 1968) (en) LONDOÑO-GARCÍA, A. (ed.) *Investigación preliminar sobre la pesca del camarón comercial en el Caribe colombiano con algunas anotaciones biológicas sobre el Penaeus duorarum notialis Canet. Zona I Golfo de Urabá a Puerto Colombia*. Consorcio Pesquero Colombiano S.A., Bogotá D.C.
- MICHLER, N., 1861.- *Report of survey for an interoceanic ship canal near the isthmus of Darien*. G. W. Bowman, Washington D.C.
- MILES, C., 1945.- Some newly recorded fishes from the Magdalena River system. *Caldasia*, 3 (15): 453-464.
- , 1947.- *Los peces del Río Magdalena*. Ministerio de la Economía Nacional. Sección de piscicultura, caza y pesca. Bogotá: Editorial El Gráfico.
- MYERS, G., 1932.- Notes on Colombian Fresh-Water Fishes, with Description of a New *Astroblepus*. *Copeia*, 3: 137-138.
- OSPINA-PABÓN, J.G., 2008.- Diversidad de peces en los ríos Calles y Venados del Parque Nacional Natural las Orquídeas, Colombia: Trabajo de grado para optar al título de Zootecnista, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia, Medellín.
- OSPINA-PABÓN, J.G., JIMÉNEZ, L.F., ARANGO-ROJAS, G.A. & MANCERA-RODRÍGUEZ, N.J., 2009.- Peces del departamento de Antioquia, Colombia. *Actualidades Biológicas*, 31 (Supl. 1): 49.
- PALACIO, J. & PLAZAS, L., 1998.- Algunos aspectos ecológicos de las especies ícticas más importantes en el embalse El Peñol-Guatapé. *Actualidades Biológicas*, 20 (68): 13-20.

- PATIÑO, L., 1986.- *Estudio Puntual valorativo de las ciénagas aledañas a los deltas de los ríos Claro, Cocorná sur y La Miel. Municipio de Sonsón y Puerto Triunfo. Proyecto Bosques húmedos tropicales*. Informe presentado a Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.
- PELZELN, A., 1890.- Geschichte der Säugethier- und Vogel-Sammlung des K.K. Naturhistorischen Hofmuseums. *Annalen des K.K. Naturhistorischen Hofmuseums*, 5 (4): 503-539.
- PÉREZ, C., 1979.- *Proyecto Hidroeléctrico de Jaguas: Estudio ecológico*. Informe técnico Interconexión eléctrica S.A. ISA, Medellín.
- POLANCO, A., ACERO, A. & GARRIDO-LINARES, M., 2010.- Aportes a la biodiversidad íctica del Caribe Colombiano (en) INVEMAR (ed.) *Biodiversidad del margen continental del Caribe colombiano*. Serie de Publicaciones Especiales, Invemar 20.
- POSADA-ARANGO, A., 1909.- *Estudios científicos del doctor Andrés Posada: Con algunos otros escritos suyos sobre diversos temas y con ilustraciones o grabados*. Medellín: C.A. Molina.
- POSADA DE GREIFF, L., 1995.- *Andrés Posada Arango: su vida y su obra*. Medellín: Fondo FEN de Colombia.
- RIVERA, R., 1997.- *Investigación de los recursos pesqueros del golfo de Urabá*, INPA. Informe final del contrato no. 149, Turbo.
- ROA-VARÓN, A., SAAVEDRA-DÍAZ, L.M., ACERO, A. & MEJÍA, L., 2007.- Nuevos registros de peces para el Caribe Colombiano de los órdenes Myctophiformes, Polymixiformes, Gadiformes, Ophidiiformes y Lophiiformes. *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 36: 181-207.
- ROA-VARÓN, A., SAAVEDRA-DÍAZ, L.M., ACERO, A., MEJÍA, L. & NAVAS, G., 2003.- Nuevos registros de peces óseos para el Caribe colombiano de los órdenes Beryciformes, Zeiformes, Perciformes y Tetraodontiformes. *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 32: 3-24.
- ROBINS, C.R., 1978.- *Fisheries potential of the Gulf of Urabá*. 30 Proceedings of the Thirtieth Annual Gulf and Caribbean Fisheries Institute and the Conference on Development of Small-Scale Fisheries in the Caribbean Region. 71-74.
- ROLDÁN, L.F. & LENIS, G.A., 1986.- Inventario íctico del cañón del río Claro y sus afluentes principales: Trabajo de grado para optar al título de Biólogo, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia, Medellín.
- ROLDÁN, M.E. (ed.), 2007.- *Sensibilización a la población del municipio de Chigorodó y formación de líderes multiplicadores, en el manejo sostenible del agua. Manual de introducción para el multiplicador*. CORPOURABA-CONHYDRA S.A. - SENA - Alcaldía de Chigorodó - Corporación Verde Azul. Apartadó: Litografía ELITE Ltda. 168p.
- ROMÁN-VALENCIA, C. & ACERO, A., 1992.- Notas sobre las comunidades de peces del norte de Antioquia (Colombia). *An. Inst. Inv. Mar. Punta Betín.*, 21: 117-125.
- SAAVEDRA-DÍAZ, L.M., ROA-VARÓN, A., ACERO, A. & MEJÍA, L., 2004.- Nuevos registros ícticos en el talud superior del Caribe colombiano (órdenes Albuliformes, Anguilliformes, Osmeriformes, Stomiiformes, Ateleopodiformes, Aulopiformes y Pleuronectiformes). *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 33: 181-207.
- SABAJ-PÉREZ, M.H., (ed.), 2010.- *Standard symbolic codes for institutional resource collections in herpetology and ichthyology: an Online Reference*. Version 1.5 (4 Oct 2010). American Society of Ichthyologists and Herpetologists, Washington, D.C.
- SIERRA, G.M., 2006.- Los ríos de Antioquia (en) HERMELÍN, M., (ed.) *Geografía de Antioquia: geografía histórica, física, humana y económica*. Medellín: Fondo Editorial Universidad EAFIT.
- SMITH-VANIZ, W.F., 1980.- Revision of Western Atlantic Species of the Blennioid Fish Genus *Hypsoblennius*. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 132: 285-305.
- STEINDACHNER, F., 1879.- Ichthyologische Beiträge (VIII). *Anzeiger der Akademie der Wissenschaften in Wien*, 16 (18): 194-195.
- , 1880a.- Zur Fisch-Fauna des Cauca und der Flüsse bei Guayaquil. *Denkschriften der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Classe*, 42: 55-104.
- , 1880b.- Ichthyologische Beiträge (VIII) Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften. *Mathematisch-Naturwissenschaftliche Classe*, 80: 119-191.
- TAYLOR, E.H., 1969.- Miscellaneous Notes and Descriptions of New Forms of Caecilians. *The University of Kansas Science Bulletin*, 48 (9): 281-296.
- TRAHL, J.H., 1973.- *Alimento y alimentación de la Sabaleta (Characidae: Brycon henni) en el sistema del río Porce y algunas observaciones sobre su dieta en cautividad*. Medellín: Inderena.
- WASSEN, S.H., 1969.- Algunas notas bio-bibliográficas de Pedro Nisser, un ingeniero sueco en Colombia en el siglo XIX. *Anuario Colombiano de Historia Social y de la Cultura*, 4: 113-122.
- WILLIAMSON, E.B., 1918.- *A collecting trip to Colombia, South America*. Miscellaneous Publications of University of Michigan Museum of Zoology 3.
- ZAMORA, A.P., LÓPEZ, A., SIERRA-CORREA, P.C. (eds.), 2008.- *Formulación de los lineamientos y estrategias de manejo integrado de la Unidad ambiental Costera del Darién*. INVEMAR-GOVERNACIÓN DE ANTIOQUIA-CORPOURABÁ-CODECHOCO. Serie de Documentos Generales INVEMAR No. 22, Santa Marta.

USING FORAGING BEHAVIOR TO DETECT EDGE EFFECTS: A CASE STUDY WITH COLOMBIAN ANDEAN MAMMALS*

*Ginna Narváez¹ y Francisco Sánchez^{2**}*

Abstract

We compared the use of artificial food patches (giving-up density GUD technique) by small-granivorous mammals between forest interior and forest-pasture edge, strata (ground and understory), and across different moon illumination occurrence in a small, oak forest fragment in the Colombian Andes. Foraging costs for small mammals were higher near the edge than in the interior on the ground, but not at the understory. Small mammals preferred foraging on the ground than at the understory. Moon illumination had no effect. Our results indicate that forest destruction and its associated edge effect may reduce the area available for small mammals, consequently may affect the biotic interactions and the dynamics of Andean forest remnants, and this effect is modulated by the forest's vertical heterogeneity. Therefore, the use of behavioral indicators such as the food patch use, measured with the GUD technique, is an effective method to measure responses of Andean small granivorous mammals to human alterations.

Key words: Andes, giving-up density, oak forest, optimal patch use.

USO DEL COMPORTAMIENTO DE FORRAJEO PARA DETECTAR EFECTOS DE BORDE: UN ESTUDIO DE CASO CON MAMÍFEROS ANDINOS COLOMBIANOS

Resumen

Comparamos el uso de parches artificiales (técnica de densidades de abandono DDA) por pequeños mamíferos granívoros en el interior del bosque y el borde bosque-pastizal, estrato (suelo y sotobosque), en diferentes niveles de iluminación de la luna, en un pequeño fragmento de bosque de roble en los Andes colombianos. Los costos de forrajeo para los pequeños mamíferos fueron mayores cerca al borde que en el interior en el suelo, pero no en el sotobosque. Los pequeños mamíferos prefirieron forrajear en el suelo que en el sotobosque. La iluminación de la luna no tuvo efecto. Nuestros resultados indican que la destrucción del bosque y su asociado efecto de borde, reduce el área disponible para los pequeños mamíferos, consecuentemente puede afectar las interacciones bióticas y la dinámica de los remanentes de bosques andinos, y sus efectos son modulados por la heterogeneidad vertical del bosque. Por lo tanto, el uso de indicadores comportamentales como el uso de parches alimentarios, medidos con la técnica de DDA, es un método efectivo para medir las respuestas de los mamíferos granívoros andinos ante las alteraciones humanas.

Palabras clave: Andes, bosque de roble, densidades de abandono, uso óptimo de parches.

* FR: 16-X-2012. FA: 7-IV-2013.

¹ Departamento de Biología, Universidad de Nariño. San Juan de Pasto, Colombia. E-mail: ginnanar@gmail.com

² Grupo Integrado de Investigaciones en Química y Biología (InQuiBio). Programa de Biología Aplicada, Universidad Militar Nueva Granada. Cajicá, km 3 vía Cajicá-Zipaquirá, Cajicá, Colombia. E-mail: fasbos@gmail.com

** A quien debe dirigirse la correspondencia.

INTRODUCTION

Forest destruction and fragmentation usually imply replacing complex native forests with simpler ecosystems, and have been recognized as one of the main threats to wildlife in the Neotropics (WHITMORE & SAYER, 1992; MURCIA, 1995). Indeed, forest destruction and fragmentation are common forms of habitat degradation in Latin America, causing isolation amongst forest patches (PRIMACK, 2006), reducing core habitat availability and also increasing edge surface (EWERS & DIDHAM, 2007). In Colombia, high rates of forest destruction are mainly associated with agricultural activities; urban development and the exploitation of mineral resources, and some of the most threatened ecosystems are the Andean forests (KATTAN & ÁLVAREZ-LÓPEZ, 1996; ARMENTERAS *et al.*, 2003). Indeed, CHAVES & ARANGO (1998) recognized that accumulated deforestation on Colombian mountains was around 73-90% at the end of the 20th century, and in particular, oak (*Quercus humboldtii*) forests have suffered a considerable reduction in area and have been fragmented mainly due to the expansion of rural areas (SOLANO & VARGAS, 2006). Thus, since human-caused forest destruction and fragmentation are serious threats to the preservation of biological diversity in Colombia, and since these processes bring along the increase of anthropogenic edges, understanding edge effects or edge dynamics is important in order to design strategies to manage and monitor biodiversity in fragmented landscapes.

An ecological edge may be defined as the frontier between habitats that differ in quality (STRAYER *et al.*, 2003), and therefore ecological processes near the edge generally differ from those at the core of the patch (DONOVAN *et al.*, 1997). Edge effects are the result of the interaction between two adjacent patches separated by an abrupt transition that affects the performance of individuals (LIDICKER, 1999). These effects may be due to abiotic changes in the environment, e.g., illumination, air and soil temperature and/or caused by cover or vegetation structure changes or modifications in interspecific relationships associated to the ecological flow through the edge (MURCIA, 1995; FAGAN *et al.*, 1999; CADENASSO *et al.*, 2003). In small mammals, edge effects may affect species composition, abundance, habitat use, movement patterns or foraging behavior (MILLS, 1995; LIDICKER, 1999; ANDERSON & BOUTIN, 2002; RIES & SISK, 2004). However, different mammals may not react similarly to edges, in fact, edge effects may depend on species, and even individual characteristics such as sex and age (LIDICKER, 1999). For example, female voles *Microtus canicaudus* seem to prefer forest interior to borders, although the pattern of use of forest patch may vary with age (LIDICKER & PETERSON, 1999). In contrast, young red squirrels *Tamiasciurus hudsonicus* had higher survival rates at the edge than at the interior of a forest probably due to differences in food availability between habitats (ANDERSON & BOUTIN, 2002). HESKE (1995) reported no changes in the activity or abundance of small mammals between forest-farm edge and forest interiors in southern Illinois, USA. Compared to temperate zones, little is known about how forest edges may affect Neotropical mammals. In two Atlantic forest remnants in Brazil, species richness and diversity of small mammals decreased from the interior toward an edge with open areas dominated by grasses (STEVENS & HUSBAND, 1998). Also, experiments designed to examine possible edge effects on seed and nest predation probably by mammals show opposite trends (BURKEY, 1993; LÓPEZ-BARRERA *et al.*, 2005), seed predation appears to decrease closer to the edge, whereas nest predation seems to have the opposite tendency (BURKEY, 1993; ESTRADA *et al.*, 2002). In Colombia, OTÁLORA-ARDILA & LÓPEZ-ARÉVALO

(2006) worked at an oak forest on the Eastern Cordillera of Colombia and found that bat species richness increased from the center of forest patches toward the edge and surrounding matrix.

In this study, we apply and advocate for the use of foraging behavior to study possible edge effects on Colombian, Andean terrestrial mammals. This is because reactions toward edges may depend on the perceptions animals have about the possible transition between habitats, and that perception should be reflected in their foraging decisions. Therefore, behavioral indicators should be useful tools for the conservation of mammals, more when studies that involve capturing wildlife in Colombia have become almost prohibited by current legislation (FERNÁNDEZ, 2011). Indeed, behaviors should be tightly linked to the individual's fitness, and because behaviors may change more quickly than for example population size, species composition or species diversity in response to environmental changes (LINDELL, 2008; MORRIS *et al.*, 2009). Thus, different behaviors may be used as reliable indicators, that can be measured relatively easily, and that may even be used to forecast animal responses. In addition, the study of mammal behavior has a large body of theory and models to interpret the results. For example, theory on optimal patch use can be used to examine responses toward environmental changes, and we took advantage of this theory to examine the possible perceived edge effects by small mammals in an Andean forest fragment in the south-west of Colombia.

According to this theory, foragers should continue using a food patch until the benefits associated with feeding from it are greater than or equal to the costs associated with its exploitation (BROWN, 1988). On one hand, foraging costs include metabolic costs associated to the energy used exploiting the patch, the costs derived from the perceived risk of predation, and also missed opportunity costs. On the other hand, the benefits derive from the food obtained, expressed as harvest rates. Brown's model is an extension of Charnov's marginal value theorem that assumes that the forager experiences diminishing returns while foraging, and therefore the harvest rate depends on the amount of food at the food patch (CHARNOV, 1976). Thus, in a food patch with diminishing returns, the harvest rate at which the forager leaves the patch is related to the amount of food left by a forager after exploiting a patch, the giving-up density (GUD), and it therefore estimates the marginal value (MV) of the patch for the forager (BROWN, 1992).

According to the model, the more food left at the patch, i.e., the higher the GUD, the lower the MV. Also, the model predicts that two food patches with the same costs and benefits should be exploited by a forager to the same quitting harvest rate, i.e., they will have the same GUD. Therefore, this model can be used to examine how a particular background or habitat affects foraging behavior. For example, the model has been successfully applied to compare the foraging behavior of mule deer *Odocoileus hemionus* in forest interiors, edges and open areas, while feeding under the risk of being depredated by mountain lions *Puma concolor* (ALTENDORF *et al.*, 2001). The theory has also been used to study the effect of environmental factors such as moon phase, air temperature and relative humidity on the foraging behavior of desert gerbils (KOTLER *et al.*, 1993). For example, KOTLER *et al.* (1993) found that the brighter the moon was, the lower the marginal value of food patches to the gerbils, probably because they were more exposed to predators. Thus, we used Brown's model to answer the following questions about the foraging decisions of small mammals at a small, Andean, oak forest fragment: 1) do small mammals

perceive the edge and interior of the forest remnant as different habitats?, i.e., will their foraging behavior differ between the two sites?; 2) are there differences in the use of food patches located at the ground level and understory?; and 3) does moon illumination affect the foraging behavior of small mammals?

MATERIALS AND METHODS

Study site and species

We studied the foraging behavior of small mammals at a forest fragment between April and July 2007 at the Chimayoy Environmental Park, located 4 km from the Pan-American Highway and north of the city of Pasto, Department of Nariño (1°31'17.9" N; 77°05'25.9" W). The fragment was approximately 223565 m², located between 2670 and 2950 m alt., and surrounded by abandoned pastures, Andean secondary forest, subpáramo (transition ecosystem between Andean forest and paramo), pine (*Pinus* sp.) plantations, and secondary forest with selective logging. At the core of the fragment, the forest had three strata: herbaceous stratum up to 0.5 m, understory (2-8 m), and arboreal stratum (20-30 m). Oak trees of 15-22 m were abundant, and there were also trees of *Clusia multiflora*, *Weinmannia* sp., *Freziera canescens*, and *Hyeronima macrocarpa*. The selected edge for the study was the one with the highest contrast between vegetation covers, i.e., the limit between forest and abandoned pastures, because this edge is common in the landscape of the region due to agricultural activities. At the edge, herbs and shrubs were considerably more abundant than in the interior of the forest.

There have been no studies to determine species composition or abundance of mammals in the study area. Therefore, we did a short survey to have an idea of the composition of mammals and their relative abundance. We also used this survey to record footprints of the individuals captured, and to compare them with those obtained at feeding stations. We used 32 Sherman and 6 pitfall traps (50-cm deep buckets) for 16 nights; corn seeds were used as bait. Half the traps were placed at the interior of the forest, 100 m from the end of the forest vegetation (LÓPEZ-BARRERA *et al.*, 2005), and half near the edge, 10 m from the end of the forest vegetation. The transect in the interior was located at approximately the center of the oak forest fragment. At both the interior and near the edge of the forest, half of the Sherman traps (8) were placed on the ground and half (8) in the understory, at heights of 2-4 m up on the trees. Adjacent traps were separated by 30-40 m, and their position, ground or understory, was alternated. Two of the captured animals of each species were prepared as collection specimens and were placed at the Museum PSO of Universidad de Nariño.

The foraging behavior of granivorous small mammals

We placed feeding stations both in the interior and the forest edge transects. Each transect consisted of 8 feeding stations: 4 on the ground and 4 in the understory, i.e., 2-4 m on an oak tree. Along a transect, the position of stations, ground or understory, was alternated, and there were 30-40 m between adjacent stations, i.e., each transect was ~280 m long. The feeding stations were plastic trays (28 × 14 × 6 cm) containing 3 L of sifted sand mixed with 3 g of popcorn grains (20-22

grains). Stations were protected from the rain with a plastic roof, and after a night of experiments, the sand from the stations was replaced with dry sand the next day to ensure that the foraging surface was not affected by changes in humidity. We chose popcorn grains after making preliminary trials during a habituation period with peanuts and birdseeds.

During 13 days we habituated small mammals to visit the feeding stations that contained sand mixed with earth from the forest and vanilla essence. After the habituation period all stations were visited by small mammals. During 30 days following the habitation we recorded GUDs, i.e., the mass of popcorn grains left at the stations after a night of foraging (BROWN, 1988). Thus, the total sampling effort was 16 stations \times 30 nights. Feeding stations were prepared and set before sunset, ca. 1830-1900 h, and examined after sunrise, ca. 0530-0600 h. The preparation of stations included mixing the grains with the sand, and smoothing the surface to record footprints. During the measurements of foraging, we only used sand as non-edible substrate. The examination of the stations included first registering the tracks on the sand and then sifting the sand to remove the grains left. The grains retrieved from every station were kept in sealed plastic bags, marked with the number of the station, date, stratum (ground or understory) and site (edge or interior), and then weighted to obtain the GUD. We obtained percentage of moon illumination from the site www.timeanddate.com.

Statistical analysis

To examine the data, we used a general linear model where averaged GUD of the stations of a site per day entered as the dependent variable, whereas site and stratum were used as fixed factors, and percentage of moon illumination was used as a covariate (ZAR, 1999). We used averaged GUD to prevent possible lack of independence among stations from the same transect. We used a simplification model technique (WILSON & HARDY, 2002) to work with a model containing only significant predictors, and used Tukey tests as a multiple comparisons procedure. We performed graphical analyses of residuals and found no deviations from the assumptions of normality and homogeneity of variance. We chose $\alpha = 0.05$ as the significance level to evaluate statistical hypotheses.

RESULTS

Mammals at the study site

We captured with Sherman traps 5 montane colilargos *Micoryzomys minutus* (Cricetidae, Rodentia) and 3 Mexican harvest mice *Reithrodontomys mexicanus* (Cricetidae, Rodentia); footprints on the sand of these two rodent species could not be told apart. Two *M. minutus* were captured at the edge-ground of the forest, whereas at the interior, 1 individual was captured on the ground and 2 were found in the understory. The *R. mexicanus* were only captured in the interior of the forest; 1 on the ground and 2 in the understory. Summing up, we captured 2 mice near the edge, 6 in the interior, 4 on the ground, and 4 at the understory. We captured no mammals with pitfall traps.

In addition, during our work we found a shrew *Cryptotis* sp. (Soricidae, Soricomorpha) dead at the forest edge. In the area we also observed the red-tailed squirrel *Sciurus granatensis* (Sciuridae, Rodentia), and a peasant captured a bare-tailed woolly mouse opossum *Micoureus regina* (Didelphidae, Didelphimorphia). We also observed local people who hunted red brockets *Mazama rufina* (Cervidae, Cetartiodactyla) and mountain pacas *Cuniculus taczanowskii* (Cuniculidae, Rodentia) in the vicinity of Chimayoy, about 10-20 km from the Park. Thus, in total we recorded six species of mammals for Chimayoy and its surroundings.

Foraging behavior of small mammals

Feeding stations were mainly visited by mice, but we also found stations with marsupial footprints that matched those of *M. regina*. Since footprints left at most stations could not be assigned to any of the possible species in the area and there were stations in which it was not possible to determine the last forager, GUDs were classified broadly as small mammal.

The simplified statistical model did not contain as significant factors the independent effects of site or moon illumination, or moon illumination in interaction with site or stratum (All $P > 0.05$). The only significant effects were those of stratum (Mean squares [MS] = 5.51, $F_{1,116} = 51.79$, $P < 0.001$) and site \times stratum (MS = 0.85, $F_{2,116} = 8.03$, $P < 0.001$). Tukey tests showed that both at the interior and the edge of the forest, the GUD's were lower on the ground than at the understory ($P < 0.05$), i.e., they were treated them as different microhabitats (Figure 1). In addition, Tukey tests also showed that at the ground stratum, small mammals perceived edge and interior of the forest as different habitats, and preferred the interior ($P < 0.05$), whereas at the understory they did not perceive this effect (Figure 1). We interpret these results as an indication that small mammals perceived an edge effect, but this effect was modulated by the forest stratum.

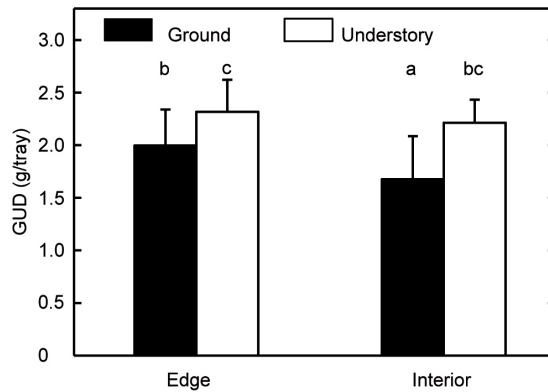


Figura 1. Marginal value (MV) of food patches, estimated by giving-up densities (GUD), for small mammals in an oak forest remnant foraging at the interior and edge of the forest, and at two forest strata (ground and understory). The MV of patches on the ground decreased from the interior to the edge of the forest, the MV of patches at the understory did not change relative to the edge, and the MV of patches decreased from the ground to the understory. Bars represent average \pm 1 standard deviation; different letters above the bars denote significant differences (Tukey test, $P < 0.05$).

DISCUSSION

Mammals at the study site

At the interior of the forest, *M. minutus*, *R. mexicanus*, and *M. regina* (tracks) were present both on the ground and the understory. Both *M. regina* and *R. mexicanus* are known to have arboreal habits and to feed upon seeds (EISENBERG, 1989; EMMONS, 1997; REID, 2009), whereas *M. minutus* is known to be mainly a ground-dwelling species that on the ground finds refuge, and forages on *Renalmia* sp. and palm seeds (Voss 1979, field notes cited in CARLETON & MUSSER, 1989; EISENBERG, 1989; DÍAZ DE PASCUAL, 1994). Thus, our preliminary results may suggest that at Chimayoy *M. minutus* is more arboreal than in other areas of its distribution. Another possibility is that, since feeding trays are more sensitive to measuring microhabitat use than are traps, in the previous studies could not be detected that *M. minutus* regularly forages on trees. Also, although *Cryptotis* was registered in the study site, and other species of shrews have been captured in traps with corn on the Andes (SÁNCHEZ & ALVEAR, 2003), it is unlikely that shrews would be regular visitors of the stations given their predominantly invertebrate-feeding habits (EISENBERG, 1989; DÍAZ DE PASCUAL & DE ASCENÇÃO, 2000).

Foraging behavior of small mammals

Our results indicate that small mammals perceived differences at two levels: microhabitat and habitat. At the microhabitat level, food patches on the ground had a higher marginal value than those at the understory level. At the habitat level, small mammals perceived an edge effect, and GUD's were lower in the interior than near the edge, but only at the ground level. Thus, horizontal and vertical heterogeneity of the forest patch affected food patch use by small mammals of small granivorous mammals in Chimayoy. Likewise, the results derived from the trapping are preliminary, but they complement the results about foraging behavior. We captured more rodents in the interior than at the edge of the forest, and we did not capture *R. mexicanus* near the forest edge. These results also suggest an edge effect, that probably affects more strongly *R. mexicanus* than *M. minutus*, but given the limited data set we cannot examine whether the abundance of rodents is also modulated by the interaction between horizontal and vertical heterogeneity of the patch.

To our knowledge, there have been no attempts to examine the possible joint effects of edge and stratum on small Neotropical mammals. Nevertheless, the edge effect we found at the ground level is in general agreement with the reduction in species diversity and abundance found for small mammals in Atlantic forest remnants (STEVENS & HUSBAND, 1998). However, in a Neotropical area in Mexico, small mammals were more frequently captured near a forest-farm edge than in the forest interior (ESTRADA *et al.*, 2002). Also in the same study, medium-sized and potential mammal predators were more frequently observed near the forest edge than in the interior of the forest. Hence, there seems to be different responses to forest edges by small Neotropical mammals, and it is likely that the response depends on the particular context of the site, including degree of fragmentation, altitude, and/or group of species present.

Nest predation experiments for several Neotropical sites suggest that predators are more efficient around the forest edges than in the interior (BURKEY, 1993; ESTRADA *et al.*, 2002). Also, GUD's are usually associated to the perceived risk of predation or perception of security by foragers (KOTLER *et al.*, 1994; ALTENDORF *et al.*, 2001), since predation cost may be the most important cost of foraging (BROWN, 2000). Thus, the edge effect perceived by small mammals at Chimayoy may be a response toward an increased risk of predation reaching the forest border. Several species of Canidae, Felidae and Mustelidae have been reported for the mountains of the Nariño department, but unfortunately there is no information about their distribution in fragmented areas or detailed information about their feeding ecology to verify whether they are responsible for the observed edge effect.

The pattern of patch use observed through strata is similar to that of raccoons (*Procyon lotor*), which have higher GUD's while going higher on trees and this could be caused for an increased cost/benefit ratio of exploiting a patch derived from a higher risk of harm due to falling while trying to avoid predators or competitors (LIC, 2001). *Cercopithecus* monkeys also have higher GUD while exploiting fruit higher of the tree's crowns, and this may be due to an increased risk of being predated by carnivorous birds or to an associated risk to fall (HOULE *et al.*, 2006). Also, it has been shown in red foxes that their patch use is affected by the risk of being injured (BERGER-TAL *et al.*, 2009). Thus, the perceived risk of predation and the risk of an injury while foraging on the tree may be explaining the effect of vertical heterogeneity on the foraging behavior of small mammals.

Small mammals play important roles in the dynamics of tropical forests, since they are prey for multiple predators, as well as predators of nests, seeds, seedlings and invertebrates, and they may also disperse seeds and spores (FLEMING & SOSA, 1994; PÉREZ-HERNÁNDEZ *et al.*, 1994; ASQUITH *et al.*, 1997; ABRANCHES *et al.*, 1998). For instance, in tropical oak forests small mammals feed upon oak acorns during years of high productivity affecting germination patterns (LÓPEZ-BARRERA & MANSON, 2006). Also, seedling predation by rabbits and rodents is an important cause of mortality for some plant species from oak forests (BONFIL, 2006). Our results show that the cost/benefit ratio of foraging increases from the interior toward the edge, and therefore, the strength of biotic interactions of small mammals should consequently decrease approaching the forest edge. Thus, one could expect that, since most small mammals visiting the stations were rodents, seed and seedling predators will have diminishing importance from the interior to the edge of the forest, as has been found in other Neotropical forests (BURKEY, 1993; LÓPEZ-BARRERA *et al.*, 2005). Hence, forest edges may create enemy free zones (SCHMIDT, 2004), that should favor seeds and seedlings survival leading to higher forest regeneration and may help forests to recover more quickly from fragmentation. Thus, the study of the foraging behavior of one or few species important for the ecosystem function, such as the small mammals, can be important (sometimes more than just lists of presence/absence of species) if for example attempts of restoration or to increase patch connectivity are desired (LINDELL, 2008; MORRIS *et al.*, 2009).

We showed that forest destruction and its resulting increase in edge surface may reduce the effective area available for small mammals, consequently may affect their biotic interactions, and therefore the dynamics of Andean forest remnants. Hence, we advocate for the use of behavioral indicators such as the food patch use

measured with the GUD technique, that is a cost-effective method to study responses of Andean small mammals to human alterations. This technique allows examining how habitat quality changes along landscapes, and also if desired, experiments could be set to examine the effect of particular foraging costs, to identify resources which are critical for organisms or to examine the organization of communities (KOTLER & BLAUSTEIN, 1995; BROWN *et al.*, 1997; BROWN, 1999; SCHMIDT, 2000). For example, these behavioral indicators could be used to compare the magnitude of the effect of different edges or to examine areas suitable for corridors, and therefore to give criteria to decide where more resources should be allocated for conservation purposes.

ACKNOWLEDGMENTS

We would like to thank Jhon Jairo Calderón for his support to this project, José y María for their help during the field work, and the Biology Department of Universidad de Nariño for their support to research. Dinesh Rao and Shomen Mukherjee made important comments that helped improving the manuscript. Also, Burt Kotler revised the manuscript and provided, as always, very insightful and helpful comments.

BIBLIOGRAPHY

- ABRANCHES, J., VALENTE, P., NÓBREGA, H.N., FERNÁNDEZ, F.A.S., MENDOÇA-HAGLER, L.C. & HAGLER, A.N., 1998.- Yeast diversity and killer activity dispersed in fecal pellets from marsupials and rodents in a Brazilian tropical habitat mosaic. *FEMS Microbiology Ecology*, 26: 27-33.
- ALTENDORF, K.B., LAUNDRE, J.W., GONZÁLEZ, C.A.L. & BROWN, J.S., 2001.- Assessing effects of predation risk on foraging behavior of mule deer. *Journal of Mammalogy*, 82: 430-439.
- ANDERSON, E.M. & BOUTIN, S., 2002.- Edge effects on survival and behaviour of juvenile red squirrels (*Tamiasciurus hudsonicus*). *Canadian Journal of Zoology*, 80: 1038-1046.
- ARMENTERAS, D., GAST, F. & VILLAREAL, H., 2003.- Andean forest fragmentation and the representativeness of protected natural areas in the eastern Andes, Colombia. *Biological Conservation*, 113: 245-256.
- ASQUITH, N.M., WRIGHT, S.J. & CLAUSS, M.J., 1997.- Does mammal community composition control recruitment in Neotropical forests? Evidence from Panama. *Ecology*, 78: 941-946.
- BERGER-TAL, O., MUKHERJEE, S., KOTLER, B.P. & BROWN, J.S., 2009.- Look before you leap: is risk of injury a foraging cost? *Behav. Ecol. Sociobiol.*, 63: 1821-1827.
- BONFIL, C., 2006.- Regeneration and population dynamics of *Quercus rugosa* at the Ajusco Volcano, Mexico: 155-163 (in) KAPPELLE, M. (ed.) *Book title*. Berlin: Springer-Verlag.
- BROWN, J.S., 1988.- Patch use as an indicator of habitat preference, predation risk, and competition. *Behavior, Ecology and Sociobiology*, 22: 37-47.
- , 1992.- Patch use under predation risk: I. Models and predictions. *Annales Zoologici Fennici* 29: 301-309.
- , 1999.- Vigilance, patch use and habitat selection: Foraging under predation risk. *Evolutionary Ecology Research*, 1: 49-71.
- , 2000.- Foraging ecology of animals in response to heterogeneous environments: 181-215 (in) HUTCHINGS, J. & STEWART, A. (eds.) *Book title*. Oxford: Blackwell Scientific.
- BROWN, J.S., KOTLER, B.P. & MITCHEL, W.A., 1997.- Competition between birds and mammals: a comparison of giving-up densities between crested larks and gerbils. *Evolutionary Ecology*, 11: 757-771.
- BURKEY, T.V., 1993.- Edge effects in seed and egg predation at two Neotropical rainforest sites. *Biological Conservation*, 66: 139-143.
- CADENASSO, M.L., PICKETT, S.T.A., WEATHERS, K.C. & JONES, C.G., 2003.- A framework for a theory of ecology boundaries. *BioScience*, 53: 750-758.
- CARLETON, M.D. & MUSSER, G.G., 1989.- Systematic studies of Oryzomyinae rodents (Muridae, Sigmodontinae): A synopsis of *Microrizomys*. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 191: 1-83.
- CHARNOV, E.L., 1976.- Optimal foraging, the marginal value theorem. *Theoretical Population Biology*, 9: 129-136.

- CHAVES, M.E. & ARANGO, N., 1998.- *Informe nacional sobre el estado de la biodiversidad-Colombia*. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, PNUMA, Ministerio de Medio Ambiente.
- DÍAZ DE PASCUAL, A., 1994.- The rodent community of the Venezuelan cloud forest, Mérida. *Polish Ecological Studies*, 20: 155-161.
- DÍAZ DE PASCUAL, A. & DE ASCENÇÃO, A., 2000.- Diet of the cloud forest shrew *Cryptotis meridensis* (Insectivora: Soricidae) in the Venezuelan Andes. *Acta Theriologica*, 45: 13-24.
- DONOVAN, T.M., JONES, P.W., ANNAND, E.M. & THOMPSON, F.R., III. 1997.- Variation in local-scale edge effects: mechanisms and landscape context. *Ecology*, 78: 2064-2075.
- EISENBERG, J.F., 1989.- *Mammals of the Neotropics: The northern Neotropics*. Chicago: The University of Chicago Press.
- EMMONS, L.H., 1997.- *Neotropical rainforest mammals*. Chicago: The University of Chicago Press.
- ESTRADA, A., RIVERA, A. & COATES-ESTRADA, R., 2002.- Predation of artificial nests in a fragmented landscape in the tropical region of Los Tuxtlas, Mexico. *Biological Conservation*, 106: 199-209.
- EWERS, R.M. & DIDHAM, R.K., 2007.- The effect of fragment shape and species' sensitivity to habitat edges on animal population size. *Conservation Biology*, 21: 926-936.
- FAGAN, W.F., CANTRELL, R.S. & COSNER, C., 1999.- How habitat edges change species interactions. *American Naturalist*, 153: 165-182.
- FERNÁNDEZ, F., 2011.- The greatest impediment to the study of biodiversity in Colombia. *Caldasia*, 33 (2).
- FLEMING, T.H. & SOSA, V.J., 1994.- Effects of nectarivorous and frugivorous mammals on reproductive success of plants. *Journal of Mammalogy*, 75: 845-851.
- HESKE, E.J., 1995.- Mammalian abundances on forest-farm edges versus forest interiors in southern Illinois: is there an edge effect? *Journal of Mammalogy*, 76: 562-568.
- HOULE, A., VICKERY, W.L. & CHAPMAN, C.A., 2006.- Testing mechanisms of coexistence among two species of frugivorous primates. *Journal of Animal Ecology*, 75: 1034-1044.
- KATTAN, G.H. & ÁLVAREZ-LÓPEZ, H., 1996.- Preservation and management of biodiversity in fragmented landscapes in the Colombian Andes: 3-18 (in) SCHELHAS, J. & GREENBERG, R. (eds.) *Book title*. Washington, D.C.: Island Press.
- KOTLER, B.P. & BLAUSTEIN, L., 1995.- Titrating food and safety in a heterogeneous environment: when are risky and safe patches of equal value? *Oikos*, 74: 251-258.
- KOTLER, B.P., BROWN, J.S. & MITCHELL, W.A., 1993.- Environmental factors affecting patch use in two species of gerbilline rodents. *Journal of Mammalogy*, 74: 614-620.
- KOTLER, B., GROSS, J.E. & MITCHELL, W.A., 1994.- Applying patch use to assess aspects of foraging behavior in Nubian ibex. *Journal of Wildlife Management*, 58: 299-307.
- LIC, V., 2001.- *Applying foraging theory to wildlife conservation: An application with the raccoon (Procyon lotor)*. Chicago: University of Illinois at Chicago.
- LIDICKER, W.Z., Jr., 1999.- Responses of mammals to habitat edges: an overview. *Landscape Ecology*, 14: 333-343.
- LIDICKER, W.Z., Jr. & PETERSON, J.A., 1999.- Responses of small mammals to habitat edges: 211-227 (in) BARRET, G.W. & PELES, J.D. (eds.) *Book title*. New York: Springer-Berlag.
- LINDELL, C.A., 2008.- The value of animal behavior in evaluations of restoration success. *Restoration Ecology*, 16: 197-203.
- LÓPEZ-BARRERA, F. & MANSON, R.H., 2006.- Ecology of acorn dispersal by small mammals in montane forests of Chiapas, Mexico: 165-176 (in) KAPPELLE, M. (ed.) *Book title*. Berlin: Springer-Verlag.
- LÓPEZ-BARRERA, F., NEWTON, A. & MANSON, R., 2005.- Edge effects in a tropical montane forest mosaic: experimental tests of post-dispersal acorn removal. *Ecological Research*, 20: 31-40.
- MILLS, L.S., 1995.- Edge effects and isolation: red-backed voles on forest remnants. *Conservation Biology*, 9: 395-403.
- MORRIS, D.W., KOTLER, B.P., BROWN, J.S., SUNDARARAJ, V. & ALE, S.B., 2009.- Behavioral indicators for conserving mammal diversity. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1162: 334-356.
- MURCIA, C., 1995.- Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *TREE*, 10: 58-62.
- OTÁLORA-ARDILA, A. & LÓPEZ-ARÉVALO, H.F., 2006.- Incedencia de algunos elementos del paisaje fragmentado de Encino (Santander, Colombia) sobre la riqueza y diversidad de murciélagos: 83-94 (en) SOLANO, C. & VARGAS, N. (eds.) *Book title*. Bogotá: Fundación Natura-Pontificia Universidad Javeriana.
- PÉREZ-HERNÁNDEZ, R., SORIANO, P. & LEW, D., 1994.- *Marsupiales de Venezuela*. Cuadernos Lagoven, Caracas, Venezuela.
- PRIMACK, R.B., 2006.- *Essentials of conservation biology*. Sinauer Associates.
- REID, F., 2009.- *A field guide to the mammals of Central America and southeast Mexico*. Oxford: Oxford University Press.
- RIES, L. & SISK, T.D., 2004.- A predictive model of edge effects. *Ecology*, 85: 2917-2926.
- SÁNCHEZ, F. & ALVEAR, M., 2003.- Comentarios sobre el uso de hábitat, dieta y conocimiento popular de los mamíferos en un bosque andino de Caldas, Colombia. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 7: 121-144.
- SCHMIDT, K.A., 2000.- Interactions between food chemistry and predation risk in fox squirrels. *Ecology*, 81: 2077-2085.
- , 2004.- Incidental predation, enemy-free space and the coexistence of incidental prey. *Oikos*, 106: 335-343.

- SOLANO, C. & VARGAS, N., 2006.- *Memorias del I Simposio Internacional de Robles y Ecosistemas Asociados*. Bogotá: Fundación Natura-Pontificia Universidad Javeriana.
- STEVENS, S.M. & HUSBAND, T.P., 1998.- The influence of edge on small mammals: evidence from Brazilian Atlantic forest fragments. *Biological Conservation*, 85: 1-8.
- STRAYER, D.L., POWER, M.E., FAGAN, W.F., PICKETT, S.T.A. & BELNA, J., 2003.- A classification of ecological boundaries. *BioScience*, 53: 723-729.
- WHITMORE, T.C. & SAYER, J.A., 1992.- Deforestation and species extinction in tropical moist forests: 1-14 (in) WHITMORE, T.C. & SAYER, J.A. (eds.) *Book title*. London: Chapman & Hall.
- WILSON, K. & HARDY, I.C.W., 2002.- Statistical analysis of sex ratios: an introduction: 424 (in) HARDY, I.C.W. (ed.) *Book title*. Cambridge: Cambridge University Press.
- ZAR, J.H., 1999.- *Biostatistical analysis*. Prentice Hall, Upper Saddle River, N. J.

COMPARACIÓN DEL PERFIL TIROIDEO EN *Equus ferus caballus* (MAMMALIA: PERISSODACTYLA) POR GÉNERO Y EDAD*

José Henry Osorio¹, Felipe Ramírez² y Jorge Enrique Pérez³

Resumen

Objetivo: Comparar y analizar la correlación entre las concentraciones tiroideas séricas de 6 grupos de equinos (hembras jóvenes vs. machos jóvenes; hembras adultas vs. machos adultos; hembras jóvenes vs. hembras adultas; machos jóvenes vs. machos adultos; hembras vs. machos y jóvenes vs. adultos). **Materiales y métodos:** Se obtuvieron 99 muestras sanguíneas de caballos en estado de ayuno, diferenciados por género y edad (50 caballos menores de dos años: 25 hembras y 25 machos, y 49 caballos mayores de dos años: 25 hembras y 24 machos). Se determinaron los niveles de TSH y T4L mediante inmunoensayo enzimático. **Resultados:** Para el grupo de la fracción T4L según edad: jóvenes vs. adultos se encontró una diferencia significativa con un p-valor inferior a 0,05 igual a 0,005, con rangos promedio de 0,74 mg/dl jóvenes y 0,59 mg/dl adultos, con un nivel de confianza de 95%. De igual forma en el grupo de hembras jóvenes vs. hembras adultas en la fracción de T4L con rangos de 0,74 mg/dl y 0,56 mg/dl respectivamente, se halló una diferencia estadísticamente significativa con un p-valor inferior a 0,05 igual a 0,01. Para los demás grupos las diferencias en los valores de T4L y TSH, no fueron significativas ($P \geq 0,05$). **Conclusiones:** Los resultados sugieren que las hembras jóvenes presentan niveles séricos más altos de T4L.

Palabras clave: tiroides, metabolismo, caballos.

COMPARISON OF THYROID PROFILE IN *Equus ferus caballus* (MAMMALIA: PERISSODACTYLA) BY GENDER AND AGE

Abstract

Objective: To compare and analyze the correlation between serum thyroid concentrations of 6 groups of horses (young females vs. young males; adult females vs. adult males; young females vs. adult females; young males vs. adult males; females vs. males, and young vs. adults). **Materials and Methods:** Blood samples were obtained from 99 horses in the fasting state, differentiated by gender and age (50 horses under two years: 25 females and 25 males, and 49 horses over two years: 25 females and 24 males). Levels of THS and free T4 were measured by enzymatic immunoassay. **Results:** For the FT4 by age group: significant difference for young vs. adults was found, with a p-value lower than 0.05 equal to 0.005, with 0.74 mg/dl and 0.59 mg/dl average ranks for young and adults respectively, with a confidence level of 95%. Similarly, statistically significant difference for young females vs. adult females was found in the FT4 fraction ranging from 0.74 mg/dl and 0.56 mg/dl respectively, with a p-value lower than 0.05 equal to 0.01. For the other groups, the differences in FT4 and TSH values were not significant ($P \geq 0.05$). **Conclusions:** The results suggest that young females present higher FT4 serum levels.

Key words: thyroid, metabolism, horses.

* FR: 2-III-2012. FA: 18-VIII-2013.

¹ Laboratorio de Bioquímica Clínica y Patología Molecular, Departamento de Ciencias Básicas de la Salud, Universidad de Caldas. Manizales, Colombia. E-mail: jose.osorio_o@ucaldas.edu.co,

² Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Caldas. Manizales, Colombia. E-mail: feraec@hotmail.com

³ Laboratorio de Microbiología, Departamento de Ciencias Básicas de la Salud, Universidad de Caldas. Manizales, Colombia. E-mail: labmicro@ucaldas.edu.co

INTRODUCCIÓN

La circulación de las hormonas tiroideas en la sangre aparece de una manera pulsátil, la cual es distinta según la especie (especie específico) con distintas variaciones ontogénicas, lo cual es responsable de la variación morfológica individual y del comportamiento sexual de cada animal (CROCKFORD, 2003. La síntesis y secreción las Hormonas Tiroideas (THs) es regulada por un sistema de retroalimentación negativo basado en el eje Hipotálamo-Pituitaria-Tiroides (HPT). La síntesis y secreción de la hormona tiroidea es incitada por la hormona estimulante de la tiroides tirotropina (TSH) (TORIBIO & DUCKETT, 2004). Las concentraciones de TSH dependen de la tasa de dispersión de las THs y los niveles de TSH en la circulación al igual que en la medida que la Tetrayodotironina (T4) se convierte en Triyodotironina (T3) (BREUHAUS, 2011). Toda la T4 circulante es derivada directamente de la glándula tiroides. Solo un 10% a un 20% de la T3 circulante es secretada directamente de la glándula tiroides (HALLERMEIER *et al.*, 1998). Las hormonas, ya sea ligadas o libres, están listas para atravesar el endotelio capilar y ejercer sus efectos biológicos en los tejidos tisulares. La proteína fijadora tiene como propiedad determinar la actividad biológica de cada hormona (BUFF *et al.*, 2007). En los caballos los porcentajes de T4 circulante ligado a la globulina fijadora de tiroxina equivale a un 61%, ligado a prealbúmina fijadora de tiroxina un 22% y T4 fijada a albúmina un 17% (BUFF *et al.*, 2007). La T3 también corre ligada a la globulina fijadora de tiroxina y albúmina pero no se liga a la prealbúmina fijadora de tiroxina. Estas hormonas son unidas de manera reversible a las proteínas transportadoras, quienes actúan como reservorios de TH (KRATZSCH & PULZER, 2008). La principal acción de las hormonas tiroideas es estimular el consumo de oxígeno. Las THs estimulan la síntesis y el catabolismo de proteínas, ayudan a regular el metabolismo lipídico, el metabolismo basal y la producción de calor corporal (HULBERT, 2000). Estas hormonas no son esenciales para la vida pero juegan un papel importante en el crecimiento y maduración del organismo (BREUHAUS, 2011). Cuando existe un desbalance en las concentraciones de THs ya sea exceso o deficiencia de las mismas, se manifiestan las patologías conocidas como hipotiroidismo e hipertiroidismo, las cuales se identifican por una sintomatología precisa relacionada con el metabolismo basal y las demás funciones que desempeñan estas dentro del organismo; por medio de este estudio se analizaron los niveles de T4L y TSH en el suero de los equinos, lo cual es fundamental al momento de diagnosticar una de estas enfermedades pues teniendo un rango promedio de los niveles de las hormonas, se reconoce si existe o no una alteración a nivel de la glándula tiroides o del eje HPT, que altere el metabolismo tiroideo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se tomaron 99 muestras de sangre de equinos criollos y de razas puras, en el departamento del Valle, departamento de Risaralda y departamento de Caldas. 50 caballos menores de dos años (25 hembras y 25 machos) y 49 caballos mayores de dos años (25 hembras y 24 machos). Las muestras fueron obtenidas en un estado de ayuno de 12 horas y recolectadas en tubos de ensayo sin anticoagulante. La sangre se centrifugó a 3500 rpm durante 5 minutos y el suero se congeló a -30°C. Las muestras se llevaron a una temperatura de 37°C por 10 minutos. Para la determinación del T4 libre, se utilizó la prueba de inmunoensayo enzimático competitivo (Accubind T4L, Monobind Inc©); brevemente, los sueros fueron colocados en contacto con

una fase sólida que contenía anticuerpos contra la T4, a la cual se le agregó el conjugado compuesto por T4 libre unido a peroxidasa de rábano (HRP); luego de 1 hora de incubación a temperatura ambiente se hizo un lavado para liberar aquellas moléculas no unidas, y se agregó el substrato formado por una mezcla de tetrametil bencidina (TMB) y peróxido de hidrógeno disuelto en buffer de acetato, con una incubación de 15 minutos, tiempo al cabo del cual se detuvo la reacción al agregarle una solución de ácido clorhídrico 1N. La lectura se hizo en un equipo lector de microelisas (Titertek multiscan™) a una absorbancia de 450 nm; las absorbancias obtenidas de los estándares se graficaron junto con las concentraciones y de la curva de calibración se obtuvieron las concentraciones de T4 libre de las respectivas muestras. Para la determinación de los niveles de TSH (Hormona Estimulante del Tiroides), se utilizó una prueba de inmunoensayo enzimático colorimétrico tipo sandwich, utilizada para la cuantificación del TSH de origen humano (Accubind TSH-Monobind Inc®); brevemente, a una placa de 96 pozos que tenía unidos anticuerpos monoclonales contra la TSH en una interacción estreptavidina-biotina, se le agregó una alícuota de suero obtenido de las ovejas y una alícuota de conjugado compuesta de un anticuerpo policlonal contra la TSH unido a la peroxidasa de rábano; se incubó dos horas a temperatura ambiente, tiempo al cabo del cual se lavó la placa con una solución de fosfatos para eliminar todas aquellas moléculas no unidas, y se agregó el substrato formado por una mezcla de tetrametil bencidina (TMB) y de peróxido de hidrógeno; gracias a la presencia de la enzima en el complejo inmune previamente formado, se produjo la generación de oxígeno a partir de peróxido de hidrógeno el cual, al actuar sobre la tetrametil bencidina, generó un cambio de color cuya intensidad es proporcional a la concentración de la hormona; para detener la reacción enzimática luego de un periodo de incubación de 15 minutos se agregó ácido clorhídrico 1N y posteriormente se procedió a hacer la lectura en un fotómetro lector de microelisas (Titertek multiscan™) a una longitud de onda de 450 nm; los resultados obtenidos de los estándares se graficaron frente a sus concentraciones generándose una curva de calibración en la cual se pudieron obtener las concentraciones de cada uno de los sueros probados. Los resultados fueron analizados a través del programa Statgraphics Plus 5.1. Se establecieron 6 grupos de acuerdo con el género y la edad, de la siguiente manera: hembras jóvenes vs. machos jóvenes; hembras adultas vs. machos adultos; hembras jóvenes vs. hembras adultas; machos jóvenes vs. machos adultos; hembras vs. machos y jóvenes vs. adultos. La comparación entre determinados grupos se llevó a cabo por medio del análisis de varianza ANOVA simple, con el cual se obtuvo el promedio, la varianza, la desviación estándar y el rango mínimo y máximo para cada una las siguientes variables: T4L y TSH en cada uno de los 6 grupos. Se aceptaba diferencia estadísticamente significativa cuando P valor es < 0,05.

RESULTADOS

De acuerdo con los valores obtenidos por los grupos descritos anteriormente, se encontró que los caballos jóvenes (hembras y machos) tenían mayores concentraciones séricas de T4L comparados con los equinos adultos, con una diferencia estadísticamente significativa (0,74 y 0,59 mg/dl), con un p-valor de 0,005. Sin embargo, en este mismo grupo no se halló diferencia estadísticamente significativa en los niveles séricos de TSH con valores de 0,04 y 0,07 mg/dl, jóvenes y adultos respectivamente. También se encontró una diferencia estadísticamente significativa en el grupo de hembras jóvenes vs. hembras adultas, con valores de

T4L de 0,74 mg/dl y 0,56 mg/dl respectivamente, con un p-valor igual a 0,01. En el grupo de machos vs. hembras los hallazgos de T4L son equivalentes con promedios de 0,65 mg/dl y 0,68 mg/dl respectivamente. Los niveles de T4L en los grupos de machos jóvenes vs. machos adultos, hembras vs. machos no evidencian diferencias representativas. Las concentraciones de TSH para los distintos grupos analizados no demuestran diferencias estadísticamente significativas.

DISCUSIÓN

La importancia de este estudio incide en la aplicación a la medicina veterinaria, en particular para el diagnóstico clínico de las enfermedades de la glándula tiroides, ya sea hipertiroidismo o hipotiroidismo, siendo el último con mayor presentación en los equinos. Los resultados encontrados en esta investigación, concluyen que las hembras jóvenes presentan niveles de T4L mayores a las hembras adultas, y a su vez que tanto machos como hembras jóvenes revelan concentraciones más elevadas que los caballos adultos. Sin embargo, luego de establecer un rango promedio de las concentraciones séricas de las THs, y determinar las diferencias entre los distintos grupos, se deben tener en cuenta los muchos factores que alteran las concentraciones séricas de estas hormonas, pues siempre y cuando se ignoren las distintas condiciones ambientales, alimentarias y sociales que influyen sobre la condición hormonal de la especie no se podrá establecer con exactitud la presencia o ausencia de patologías endocrinas, en este caso el hipotiroidismo. Según estudios realizados, en algunas ocasiones se encuentran menos concentraciones de T4 en suero en caballos que sufren de síndrome metabólico equino (SME), y este hallazgo se correlaciona con las concentraciones de insulina en el plasma (DONALD *et al.*, 2011) donde se reportó una débil correlación negativa ($r = -0,22$; $P < 0,001$) en las concentraciones de insulina y T4 en caballos con SME (HURCOMBE, 2011). Las concentraciones de THs en plasma, se pueden aumentar por estados fisiológicos no asociados a signos clínicos anormales, como en la preñez debido a los altos requerimientos por parte del feto para su desarrollo (HALLERMEIER *et al.*, 1998). Se ha reportado una disminución en las concentraciones de T4 durante los primeros 16 días de vida de los potros, de T4L durante los 3 primeros meses de vida, con concentraciones de T3 en suero elevadas por encima de la de adultos las primeras 6 a 12 horas de vida, declinando significativamente luego de 24 horas de vida (DOUGLAS, 1999). Asimismo, se ha reportado que las concentraciones de T3 en plasma disminuyen 7,9 ng/ml desde el nacimiento a 0,9 ng/ml a los 6 meses de edad y a 0,7 ng/ml a los 9 meses de edad. También las concentraciones de T4 disminuyen de 233 ng/ml al nacimiento a 49 ng/ml a los 14 días y a 35 ng/ml a los 6 meses (DOUGLAS, 1999). Otros autores reportan que las concentraciones de THs en los géneros no son significativas, sin embargo si se hallan diferencias entre los estadios reproductivos de las hembras donde aquellas yeguas que se encontraban en gestación presentaban niveles superiores de THs, se cree que probablemente sea por un aumento de las concentraciones de tiroglobulina durante el periodo gestante (MESSER *et al.*, 1998). Por lo tanto, las concentraciones de tiroxina son significativamente mayores en las hembras entre los días 49 y 55 de gestación comparado con otras hembras en gestación avanzada (BOOSINGER *et al.*, 1995; FRANK *et al.*, 2002). Es importante recalcar la estación del año en la cual se miden los niveles de THs, ya que si es una estación fría se van a encontrar resultados incrementados (HULBERT, 2000). Investigaciones recientes concluyen que cuando hay inanición se produce una disminución mayor al 50% de T3 y T4 en suero en solo 1 a 2 días (TORIBIO, 2011). Luego de suministrar una alimentación con un alto

porcentaje de energía y de proteína en los potros destetos de 6 a 8 meses de edad, la conversión periférica de T4 a T3 resultó en una disminución relativa de T4 3 horas posteriores a la alimentación (MESSER *et al.*, 1998). La acelerada conversión de T4 a T3 luego de la alimentación rica en carbohidratos, se relaciona con el incremento en la secreción de insulina debido al aumento de glucosa, ya que la insulina acelera la desyodación de T3 (FURR *et al.*, 1992). En los equinos la existencia de biorritmos en la secreción de las hormonas también sigue siendo estudiada en la actualidad, situación que está directamente influenciada por la actividad que desarrollan los animales (sedentarios, de trabajo, de competencia); por ende, es muy importante dilucidar si existen o no cambios circadianos significativos en los niveles hormonales cuando los caballos sedentarios empiezan una rutina de entrenamiento (MEDICA *et al.*, 2011); investigaciones anteriores han reportado el cambio estacional de yodotironinas (CHRISTENSEN *et al.*, 1997; FAZIO *et al.*, 2007). Se han reportado variaciones a lo largo del día de las yodotironinas (DUCKETT *et al.*, 1989), sin embargo esta situación no ha sido bien aclarada pues son muchos los factores que alteran los ciclos hormonales de un caballo, sobre todo cuando este se encuentra sometido a un régimen de ejercicio (BARAGLI *et al.*, 2011), al estrés por cambios en la alimentación, desplazamientos, cambios de pesebrera y demás factores (FAZIO *et al.*, 2007; MEDICA *et al.*, 2011). Las investigaciones reportan que para el diagnóstico de enfermedad tiroidea, la mejor herramienta es la medición de T4L en suero por diálisis (TORIBIO & DUCKETT, 2004; BREUHAUS & LAFEVERS, 2005; BREUHAUS, 2011). La determinación de los niveles de TSH en suero se considera estratégica para evaluar la funcionalidad de la glándula tiroides, ya que es muy eficiente y de un costo favorable (TORIBIO & DUCKETT, 2004). La TSH sirve para evaluar si la lesión corresponde al eje HPT o a la glándula tiroides como tal, donde se reporta que con unos niveles de T3T, T4T y T4L bajos acompañados de TSH en altas concentraciones indica un hipotiroidismo primario (a nivel de la glándula) (FRANK *et al.*, 2002). Según estudios realizados, animales que al examen reporten niveles que sean inferiores a los 1,5 mg/dl de T4 se consideran hipotiroideos (ABRAHAM *et al.*, 2011), pero son más precisos los métodos utilizados para medir los niveles séricos de las THs libres, ya que siempre y cuando se encuentren ligadas a proteína (albúmina, prealbúmina) se van a observar resultados modificados por el metabolismo proteico precedente a la toma de la muestra (TORIBIO & DUCKETT, 2004). Además de la medición de THs, se realizan test que incluyen las mediciones de las concentraciones de hormona tiroidea antes y después de la aplicación de TRH o TSH para estimular la producción de THs (BREUHAUS, 2011). Cuando se analizan los niveles de tiroxina se puede diagnosticar la presencia de disfunción primaria de la tiroides, ya que un deficiente incremento de tiroxina es un indicador de esta alteración (TORIBIO & DUCKETT, 2004). La administración de fenilbutazona en los caballos, disminuye las concentraciones de las hormonas tiroideas pero no afecta el test de estimulación de TSH, además la dexametasona disminuye las THs en el test de respuesta de TSH (TORIBIO & DUCKETT, 2004). En el test de estimulación con TRH, si se observa una respuesta baja de TRH sugiere disfunción a nivel de la glándula pituitaria (DIVERS, 2008). Las concentraciones basales de THs bajas con concentraciones altas de TSH y una respuesta anormal (baja) al test de estimulación de TSH, sugieren disfunción de la glándula tiroides. Bajos niveles de THs basales con una concentración normal o baja de TSH, sugieren disfunción de la glándula pituitaria o del hipotálamo. Bajos niveles de TH y TSH basales con respuesta al test de TRH, pueden sugerir disfunción hipotalámica como causa de hipotiroidismo. El test de estimulación de TRH ha sido usado para diagnosticar adenomas pituitarios en caballos (TORIBIO & DUCKETT, 2004).

BIBLIOGRAFÍA

- ABRAHAM, G.G. *et al.*, 2011.- Serum thyroid hormone, insulin, glucose, triglycerides and protein concentrations in normal horses: Association with topical dexamethasone usage. *Vet J.*, 188: 307-312.
- BARAGLI, P. *et al.*, 2011.- Early evidence of the anticipatory response of plasma catecholamine in equine exercise. *Equine Vet J.*, 31: 85-88.
- BOOSINGER, T.R.; BRENDENMUEHL, J.P.; BRANSBY, D.L. *et al.* 1995. Prolonged gestation, decreased triiodothyronine concentration, and thyroid gland histomorphologic features in newborn foals of mares grazing Acremonium coenophialum-infected fescue. *Am J Vet Res*, 56, 66-9
- BREUHAUS, B.A., 2011.- Disorders of the Equine Thyroid Gland. *Vet Clin North Am Equine Pract.*, 27 (1): 115-128.
- BREUHAUS, B.A. & LAFEVERS, D.H. 2005. Thyroid function in normal, sick and premature Foals [abstract]. *J Vet Intern Med*, 19, 445.
- BUFF, P.R. *et al.*, 2007.- Seasonal and pulsatile dynamics of thyrotropin and leptin in mares maintained under a constant energy balance. *Domestic Animal Endocrinol.*, 33: 430-436.
- CHRISTENSEN, R.A. *et al.*, 1997.- Acute effects of short-term feed deprivation and refeeding on circulating concentrations of metabolites, insulin-like growth factor i, insulin-like growth factor binding proteins, somatotropin, and thyroid hormones in adult geldings. *J Anim Sci.*, 75: 1351-1358.
- CROCKFORD, S.J., 2003.- Thyroid rhythm phenotypes and hominid evolution: a new paradigm implicates pulsatile hormone secretion in speciation and adaptation changes. *Comp Biochem Physiol AMol Integr Physiol.*, 135: 105-129.
- DIVERS, J.T., 2008.- Endocrine Testing in Horses: Metabolic Syndrome and Cushing's Disease. *Equine Vet J.*, 28 (5): 315-316.
- DONALD E.G. GRIESDALE, RUSSELL J. DE SOUZA, ROB M. VAN DAM. *et al.*, 2008.- Intensive insulin therapy and mortality among critically ill patients: a meta-analysis including NICE-SUGAR study data. *CMAJ.* 180(8): 821-827.
- DOUGLAS, R. 1999.-Circadian cortisol rhythmicity and equine cushing's-like disease. *Equine Vet J.*, 19(11), 684, 750-751, 753.
- DUCKETT WM. 1989. Thyroid gland. *Equine internal medicine.* 917-923.
- FAZIO, E. *et al.*, 2007.- Total and free iodothyronine levels of growing Thoroughbred foals: Effects of weaning and gender. *Livestock Science*, 110 (3): 207-213.
- FRANK, N. *et al.*, 2002.- Equine thyroid dysfunction. *Vet Clin Equine*, 18: 305-319.
- FURR, M.O.; MURRAY, M.J. & FERGUSON, D.C. 1992. The effects of stress on gastric ulceration, T3, T4, reverse T3 and cortisol in neonatal foals. *Equine Vet J.*, 24, 37-40.
- HALLERMEIER KM, WU SM, STRATAKIS CA, CHAN CHY, BOURDONY CJ, RENNERT OM, *et al.*, 1998.- Genetic heterogeneity of adrenocorticotropin (ACTH) resistance syndromes: identification of a novel mutation of the ACTH receptor gene in hereditary glucocorticoid deficiency. *Mol Genet Metab.*, 64:256-65.
- HULBERT, A.J., 2000.- Thyroid hormones and their effects: a new perspective. *Biol. Rev.*, 75: 519-631.
- HURCOMBE, S.D., 2011.- Hypothalamic-Pituitary gland axis function and dysfunction in horses. *Vet Clin Equine*, 27: 1-17.
- KRATZSCH, J. & PULZER, F., 2008.- Thyroid gland development and defects. *Best Pract Res Clin Endocrinol Metab.*, 22 (1): 57-75.
- MEDICA, P. *et al.*, 2011.- 24-hour endocrine profiles of quarter horses under resting conditions. *Equine Vet J.*, 31: 35-40.
- MESSER, N.T. *et al.*, 1998.- Thyroid Hormone Levels in Thoroughbred Mares and Their Foals at Parturition. *Proceedings of the Annual Convention of the AAEP*, 44: 248-251.
- TORBIO, R.E., 2011.- Endocrine dysregulation in critically ill foals and horses. *Vet Clin North Am Equine Pract.*, 27 (1): 35-47.
- TORBIO, R.E. & DUCKETT, W.M., 2004.- *Equine Internal Medicine.* Estados Unidos de América: Saunders.

NOTES ON THE NATURAL HISTORY OF THREE GLASS FROGS SPECIES (ANURA: CENTROLENIDAE) FROM THE ANDEAN CENTRAL CORDILLERA OF COLOMBIA*

Julián Andrés Rojas-Morales¹*, and Sergio Escobar-Lasso²

Abstract

Between October 2008 and December 2010, we carried out surveys in different creeks at north of the municipality of Manizales in the Colombian Central Cordillera, in order to make observations on the natural history of three glass frogs species (*Centrolene quindianum*, *Nymphargus grandisonae* and *N. spilotus*). *Centrolene quindianum* presents clutches with 33-35 eggs (N= 2) located on the Upper of leaves at heights between 40-200 cm above water; one male was observed close to three egg-masses (< 1 m of distance of them in the same perch), suggesting the possibility of parental care. The spider *Patrera armata* (Anyphaenidae) is reported as a predator of the embryos of this species. In *N. grandisonae* both calling and oviposition occurs in the upper surfaces of large leaves, especially Araceas and Heliconias. These breeding sites are guarded territories by males for periods of up to six months. Their egg-masses have an average of 74 eggs (N = 4), located at a height and a distance from the edge of creeks between 57-218 cm ($\bar{X} = 113.21 \pm 45.73$ cm, N = 14) and 0-35 cm ($\bar{X} = 15.8 \pm 6.7$ cm, N = 14), respectively; males stay close to egg masses as they continue calling to attract females. In addition, we report for first time fly larvae (Drosophilidae) as parasitoid agent foregg-masses of *N. grandisonae*. In *N. spilotus*, we report the finding of a male with a deformity in his right leg and a female that layed eggs without the presence of a mate male.

Key words: Centrolenidae, *Centrolene quindianum*, natural history, *Nymphargus grandisonae*, *Nymphargus spilotus*, reproductive behavior.

NOTAS SOBRE LA HISTORIA NATURAL DE TRES ESPECIES DE RANAS DE CRISTAL (ANURA: CENTROLENIDAE) DE LA CORDILLERA CENTRAL DE COLOMBIA

Resumen

Entre octubre de 2008 y diciembre de 2010 se realizaron muestreos en diferentes riachuelos al norte del municipio de Manizales en la Cordillera Central colombiana, con el fin de realizar observaciones sobre la historia natural de tres especies de ranas de cristal (*Centrolene quindianum*, *Nymphargus grandisonae* y *N. spilotus*). *Centrolene quindianum* presenta nidadas de entre 33-35 huevos (N = 2), ovopositadas en el haz de las hojas a alturas entre 40-200 cm; un único macho fue

* FR: 10-V-2012. FA: 21-VIII-2013.

¹Associate researcher of the División de Historia Natural, Centro de Museos, Universidad de Caldas, Manizales, Caldas, Colombia. julian.herpetologia@gmail.com

²Associate researcher of the División de Historia Natural, Centro de Museos, Universidad de Caldas, Manizales, Caldas, Colombia. Fundación R.A.N.A (Restauración de Ambientes Neotropicales Alterados), Manizales, Caldas, Colombia. biosergiobike@gmail.com

observado cerca a tres nidadas (ubicado en la misma percha a < 1 m de distancia de ellas), sugiriendo la posibilidad de cuidado parental sobre los huevos. La araña *Patrera armata* (Anyphaenidae) se reporta como depredador de los embriones de esta especie. En *N. grandisonae*, tanto la actividad decanto como la ovoposición, se da en el haz de las hojas con áreas foliares grandes principalmente aráceas y heliconias. Estos sitios reproductivos corresponden a territorios fielmente celados por los machos por periodos de hasta seis meses. Sus nidadas presentan en promedio 74 huevos (N = 4), ubicándose a una altura y a una distancia del borde de los riachuelos entre 57-218 cm ($\bar{X} = 113.21 \pm 45.73$ cm, N = 14) y 0-35 cm ($\bar{X} = 15.8 \pm 6.7$ cm, N = 14), respectivamente; los machos permanecen cerca de las nidadas y siguen cantando para atraer hembras adicionales. Además, reportamos por primera vez larvas de mosca (Drosophylidae) como agente parasitoide en las nidadas de *N. grandisonae*. En *N. spilotus* se reporta el hallazgo de un macho con una deformidad en una de sus extremidades y una hembra sin la presencia del macho amplectante.

Palabras clave: Centrolenidae, *Centrolene quindianum*, comportamiento reproductivo, historia natural, *Nymphargus grandisonae*, *Nymphargus spilotus*.

INTRODUCTION

Since description of the family Centrolenidae by TAYLOR (1951), the knowledge about the biology of glass frogs has increased considerably, especially in terms of its taxonomy and systematics (LYNCH AND DUELLMAN, 1973; HEYER, 1985; RUIZ-CARRANZA AND LYNCH, 1991, 1998; AYARZAGÜENA, 1992; CISNEROS-HEREDIA AND MCDIARMID, 2007; GUAYASAMIN *et al.*, 2008, 2009). The ecology and natural history of these frogs have also received attention due to the variety of reproductive behaviors, especially those associated with the use of perches and combat behavior between males, which are useful traits for systematic and phylogenetic analysis (BOLÍVAR *et al.*, 1999; GUAYASAMIN *et al.*, 2009). However, the ecological attributes of most species of centrolenids are unknown or anecdotal (see DAUTELET *et al.*, 2011), being restricted in most cases to brief ecological notes given in the descriptions of species.

In Colombia, specifically in the Andean region, glass frogs reach their maximum richness (73 of 147 spp [50 %]) (AMPHIBIAWEB, 2011), recording in some areas up to seven sympatric species (e.g. municipality of Falan, departament of Tolima; JARM pers. obs.). The coexistence of several species of centrolenids in a lotic environment (e.g. Andean creeks and streams), is an interesting aspect as it generates the question of how these species are ecologically segregated, knowing that in general most species exhibit similar behaviors and habitat requirements (see for a review MCDIARMID, 1975; RUIZ-CARRANZA AND LYNCH, 1991; CISNEROS-HEREDIA AND MCDIARMID, 2007).

In this regard, field observations on the natural history of centrolenids are of great importance, since they allow to compare the varied ecological repertoire that these frogs display, especially in terms of their reproductive activity. Herein, we provide notes on the activity, reproduction and mortality of the egg-masses of *Centrolene quindianum* (RUIZ-CARRANZA & LYNCH, 1995), *Nymphargus grandisonae*

(COCHRAN & GOIN, 1970) and *N. spilotus* (RUIZ-CARRANZA & LYNCH, 1997), three species of glass frogs that live in sympatry in a locality of the Central Cordillera of the Colombian Andes.

MATERIALS AND METHODS

Study area

Surveys were conducted in five creeks, all located in the “Corregimiento El Manantial”, municipality of Manizales, department of Caldas, Colombia (5°06'N, 75°29'W, 1850–2150 m) (Fig. 1). This area is part of the Andean Orobiome on the western flank of the Cordillera Central (RODRÍGUEZ *et al.*, 2004), belonging to the Low Montane Wet Forest zone (*sensu* HOLDRIDGE, 1982 and HARTSHORN, 2002). In this area, rains are distributed usually in two periods (March–May and October–December) with 2600 mm annual average and temperature ranging between 16–20°C (CORPOCALDAS, 2002; CENICAFÉ, 2004).

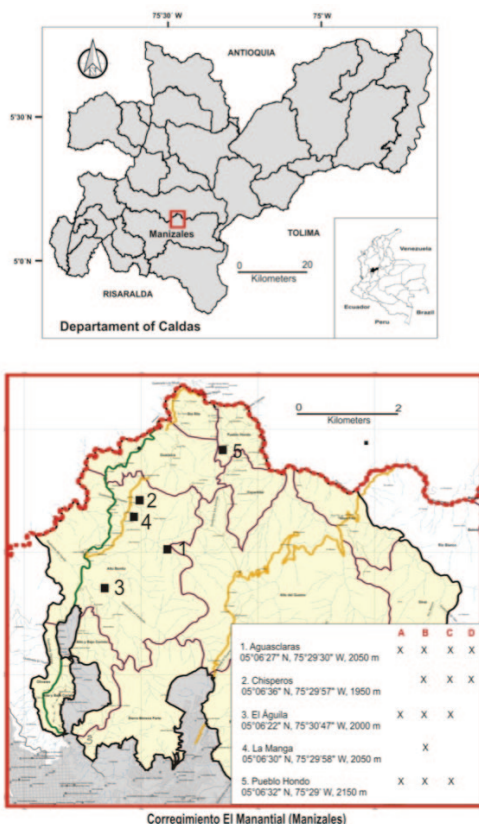


Figure 1. Study area map showing the location of the sampled creeks. At the bottom right shows a matrix of presence-absence of species in the creeks, where: (A) *Centrolene quindianum*, (B) *Centrolene savagei*, (C) *Nymphargus grandisonae* y (D) *Nymphargus spilotus*.

The surveyed creeks are within secondary forest fragments in different states of preservation, ranging from five to 20 Ha in extension. The geomorphology of these creeks is steep and unstable, forming depressions in some areas with slopes < 70 degrees. Vegetation bordering the water courses consists primarily of *Heliconia latispatha*, *Calathea* sp., *Xanthosomas aggitifolium* and *Oreopanax pallidum* associations. Both these remaining natural forest as creeks themselves are still inhabited by several species of amphibians and reptiles. We have recently recorded 10 anurans, five lizards and seven snakes (unpubl. data). As for the glass frogs, the locality contains four sympatric species (*Centrolene quindianum*, *C. savagei*, *Nymphargus grandisonae* and *N. spilotus*) (Fig. 1). Of these, we excluded the information on *C. savagei*, which will be presented in other papers.

Surveys

The frog surveys were conducted intermittently between October 2008 and December 2010, totaling 54 nocturnal surveys, each of them consisting of four to seven hours between 1900 and 0200h; surveyed transects in the creeks ranged from 100 to 360 min length, and individuals were searched up to 4 min height. On each survey, the following data were recorded: reproductive activity, distance above the creek, distance to the edge of creek, perch, characteristics of the egg-masses (shape, color and number of eggs), parental care (presence/absence and type of care), and parasites or predator of egg clutches. Considering that observations were opportunistic and infrequent in each creek, we present descriptive data on particular observations.

RESULTS

Centrolene quindianum (RUIZ-CARRANZA & LYNCH, 1995) (Fig. 2A, B). In the area, *C. quindianum* is considered a rare species because only four individuals were observed (3 males and 1 female) throughout the study period in Aguasclaras, Chisperos and Pueblo Hondo creeks. On 01 May 2010 at 2140 h, a calling male was found at 1.8m on a fern, and near it, from 30 to 100 cm apart, had three egg-masses in different stages of development. One clutch in early stage of development at 40 cm above the creek (Fig. 2C) and two others egg-masses at 2 m of height, one which the embryos were hatching and some of them being preyed by a spider (*Patrera armata*; Anyphaenidae). The egg-masses (except the one in hatching) had 33 and 35 eggs respectively (Fig. 2C, D), which have a globular form (arboreal clump *sensu* ALTIG AND MCDIARMID, 2007), resembling in shape to those of the sympatric species *Centrolene savagei* (VARGAS-SALINAS *et al.*, 2007), but varying considerably in the number of eggs per clutch (average 22 in *C. savagei*, ESCOBAR-LASSO *et al.*, in prep.). The clutch of lesser stage of development (Fig. 2C) had greeny-white colored eggs, a coloration also different from the eggs of *C. savagei*, which are cream in the early stages of development (ESCOBAR-LASSO *et al.*, in prep.).

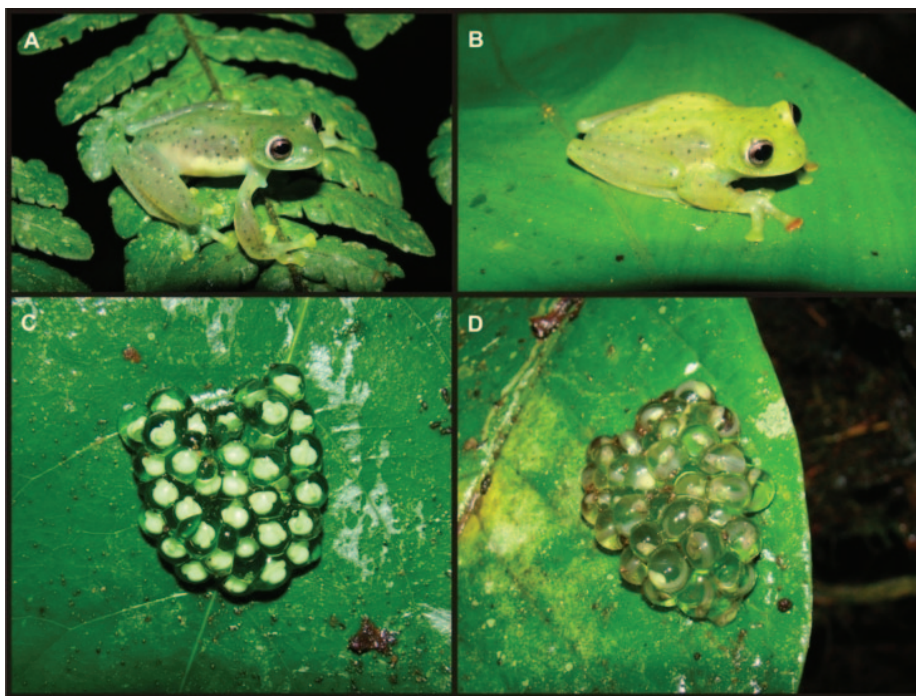


Figure 2. Male (SVL 27.9 mm) (A), and female (SVL 29.3 mm) (B) of *Centrolene quindianum* from Aguasclaras creek. Not collected. (C and D) egg-masses of *C. quindianum* in different stages of development, located on the upper of leaves.

Nymphargus grandisonae (COCHRAN & GOIN, 1970). We found populations in all surveyed creeks except in La Manga (Fig. 1), and individuals were sighted in all cases in large leaves. During surveys we observed that males are more vocally active over 3m in height, as heard on several visits and in different climatic periods, a greater number of calls in the middle of the forest. Males of *N. grandisonae* call in the upper surfaces of leaves, some of which are guarded territories up to six months (Fig. 3A); we assume this because the frogs were repeatedly found on the same site where they were found for first time, and because we observed agonistic encounters between males in two occasions, suggesting territorial behavior (HUTTER *et al.*, in prep.). Oviposition too occurs in the upper surfaces of large leaves, noting preferences for Araceae and Heliconias (100%, N=14). For use this perches for calling and oviposition, individuals of *N. grandisonae* are generally aggregates where such vegetation is abundant. The egg-masses of *N. grandisonae* are larger compared to the other species of the El Manantial ($X = 74 \pm 8.6$ eggs/clutch, N = 4) and up to three egg-masses may be placed on one leaf (Fig. 3B). The height of the oviposition sites and distance to the edge of the creeks ranged from 57-218 cm ($X = 113.21 \pm 45.73$ cm, N = 14) and 0-35 cm ($X = 15.8 \pm 6.7$ cm, N = 14), respectively. Egg-masses of *N. grandisonae*, unlike those of *C. quindianum*, have a single layer of eggs uniformly distributed in the jelly matrix without being in contact between them (laminar array *sensu* ALTIG AND MCDIARMID, 2007). In early stage of development, the eggs are

yellow in the vegetal pole and coffee in the animal pole and do not have a swollen jelly layer, but it appears in a more advanced ontogenetic period (Fig.4A, B).

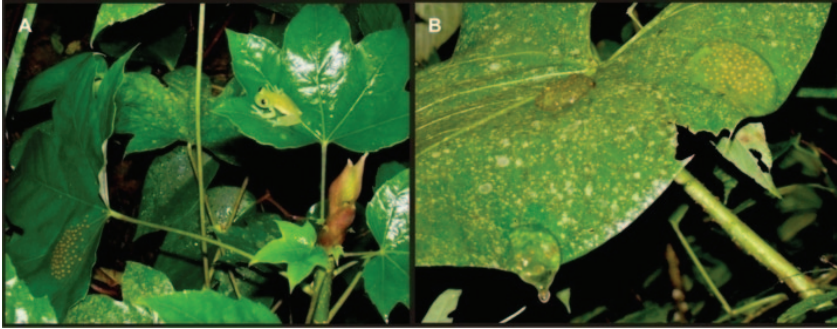


Figure 3. Male caring their reproductive perch near an egg-clutch (A). Note the direction of the male body. (B) Oviposition perch (Araceae) containing three egg-masses of *N.grandisonae* in different stages of development.

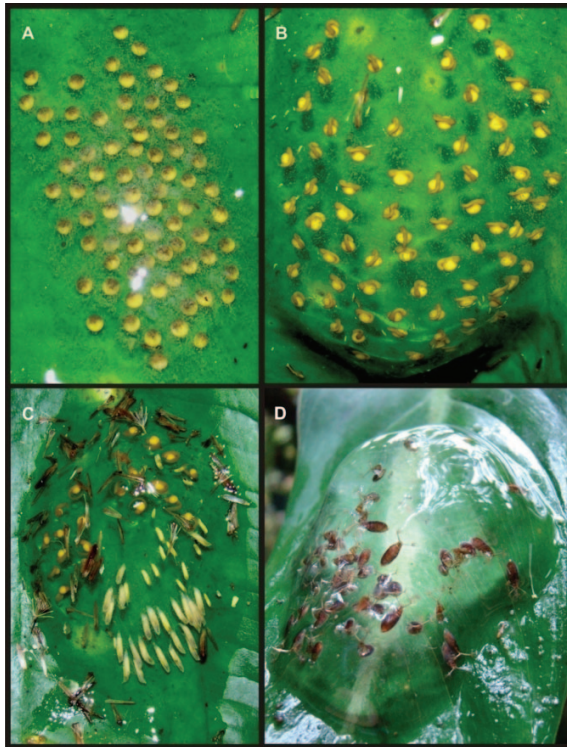


Figure 4. Egg-masses of *Nymphargus grandisonae* from the Chisperos creek, El Manantial, Manizales, Colombia. (A) recently oviposited; (B) another egg-clutch in amore advanced stage of development, where the gelatin layer is higher and it disperses the embryos; (C) parasitized egg-clutch by 40 larvae of fly (Drosophilidae) and (D) jelly layer without frog eggs, which are observed fly pupae's.

In general, males were observed in the same leaves with the egg-masses, or in adjacent leaves (Fig.3A) at 30–40 cm apart of them ($X = 36 \pm 4.2$ cm, $N = 10$ observations). On October 10, 2010 at 23:10 h, we found a male with six egg-masses in different stages of development, which were on two adjacent leaves of *O. pallidum* (Araliaceae), three in one leaf and three in another. Five males, including that one was with the six egg-masses, calling while were close to the egg-masses. The parasitoids of drosophilids larvae seems to be common in the egg-masses of *N. grandisonae* ($N = 8$), whose clutches show reduction in the embryos number when they are infected (Fig.4C, D). In six of eight observations, we found that the flies larvae were present in moderately developed embryo egg-masses (stage 19–20 *sensu* GOSNER, 1960), and there remaining two, in recently deposited egg-masses.

Nymphargus spilotus (RUIZ-CARRANZA & LYNCH, 1997) (Fig. 5A, B). This species is the least known in comparison with the other three species of the El Manantial, because it has only been observed six times in different nights, found mainly solitary males on the upper surfaces of leaves in the Aguasclaras and Chisperos creeks (Fig. 1). During the study period, we observed two interesting things about *N. spilotus*, both in Chisperos creek: one was the sighting of a female (SVL 24.9 mm) on March 28, 2009 at 19:15 h, egg laying on the upper surface of a leaf 2 m above the creek (Fig. 5B). During 1.37 h of continuous observation, we do not find a male around and much less was observed the amplexus; one week later no eggs were encountered in this site. The other thing corresponds to the finding of a male (SVL 24.1 mm) with a deformity in his right leg, which consists in the fusion of the third and fourth fingers, leading to the reduction of its digits (Ectrodactyly *sensu* METEYER *et al.*, 2000) (Fig. 5C). This individual was collected and deposited in the herpetological collection of the Museo de Historia Natural of the Universidad de Caldas (MHN-UC 0257). Apart from this, from October to December 2010, we conducted weekly surveys in the Chisperos creek, monitoring a male who faithfully stayed on the same perch, but never mated. During this period, this male was the only individual observed of the species.

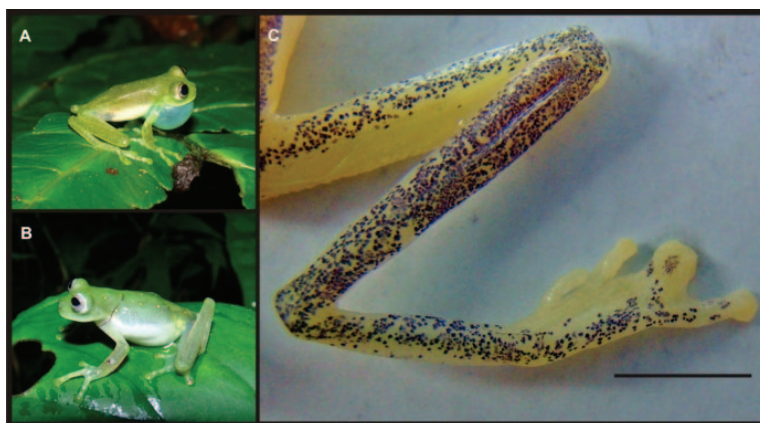


Figure 5. (A) Male of *Nymphargus spilotus* (SVL 22.9 mm) from Aguasclaras creek. Not collected. (B) Female of *N. spilotus* (SVL 24.9 mm) egg-laying without the amplexant male presence. Not collected. (C) Deformity in the right leg of a male of *N. spilotus* (SVL 24.1 mm) (MHN-UC 0257) from Chisperos creek. Scale bar represent 5 mm.

DISCUSSION

The use of specific sites for calling and oviposition in *N. grandisonae*, seems to respond at the intrinsic requirements of their egg-masses, because the large size and the location of several of them in the same leaf, may have led to the preference of large leaves to reproductive activity. This feature (selection of reproductive perches) is differential between some species of centrolenids (see CISNEROS-HEREDIA AND MCDIARMID, 2007) and seems to be determined by the selection made by males on certain sites, which have “good” conditions, either to the emission of calls or the egg-masses attachment (DUELLMAN AND SAVITZKY, 1976; GREER AND WELLS, 1980; WELLS AND SCHWARTZ, 1982; VOCKENHUBER *et al.*, 2008). In *Hyalino bathrachium valerioi* for example, males also preferred as sites of calling and oviposition, large and smooth leaves, which represents better sites for egg attachment, and offers more space for receiving additional egg-masses (VOCKENHUBER *et al.*, 2008). In this sense, it is understandable why different species of plants of the genera *Dieffenbachia*, *Gustavia*, *Heliconia*, *Calathea*, *Anthurium* and *Philodendron*, are used by highly territorial centrolenids whose egg-masses are placed at specific sites (e.g. *H. valerioi*, *H. fleischmanni*, *H. colymbiphyllum*; see MCDIARMID AND ADLER, 1974; GREER AND WELLS, 1980; VILLA, 1984; VOCKENHUBER *et al.*, 2008), as observed in *N. grandisonae*.

On the other hand, the presence of multiple egg-masses in a single oviposition site (see OSPINA-SARRIA *et al.*, 2011 for *N. grandisonae*), indicates that males with a defined territory are able to attract additional females while performing the care of their egg-masses (VOCKENHUBER *et al.*, 2008). However, it is also possible that the presence of a male close to one or more egg-masses is due to the loyalty that this presents for the site itself, rather than the eggs parental care (GREER AND WELLS, 1980; DELIA *et al.*, 2010). For *N. grandisonae* we assume this assumption, since parental care one egg must represent a direct benefit for embryonic survival (e.g. antipredatory, hydration; MCDIARMID, 1978; JACOBSON, 1985; HAYES, 1991; VOCKENHUBER *et al.*, 2009), which apparently do not occur in this species, as observed repeatedly egg-masses affected by fly larvae, and males neither displayed egg-brooding behavior to hydrate the eggs. However, it is necessary to develop a rigorous experimental study to test this assumption, since in some centrolenids that display parental care, predation and parasitoidism also occur in some degree (see VILLA, 1977; HAYES, 1991; VOCKENHUBER *et al.*, 2008).

There are two kinds of parasitoids that attack glass frog's embryos: beetles (Lampyridae) (GRANT *et al.*, 1998), and flies (Drosophilidae) (VILLA, 1977, 1984; GREER AND WELLS, 1980; HAYES, 1991) (Table 1). In the study of VILLA (1977), the artificially inoculated drosophilid fly larvae, successfully infested egg-masses of *Agalychnis callidryas*, *Hylaebaccata* (= *Dendrosphusebraccatus*), *Centrolenella fleischmanni* (= *Hyalino bathrachium fleischmanni*) and *Centrolenella pulverata* (= *Teratohyla pulverata*), but not those of *Centrolenella granulosa* (= *Cochranella granulosa*); all these species were in sympatry in San José de la Montaña, Nicaragua. The peculiarity of this investigation was found that only *H. fleischmanni* egg-masses were infested in considerable number over other species egg-masses in the wild, suggesting that exist a preference of flies on the eggs of the former species. In the case of the El Manantial glass frogs, something similar could happen, as the fly larvae have only been found in the *N. grandisonae* egg-masses; however, the

characteristics of these egg-masses, both embryos and their gelatinous matrix, and the preference of the fly to lay their eggs in them, are issues that await investigation. We adopt the term parasitoid following CRUZ-REYES AND CAMARGO-CAMARGO (2001), because the fly larvae are parasitic during early stages of development, and eventually kill the host (frog embryos) to complete its development. When VILLA (1977) described the relationship between fly larvae and frogs, he did not say if flies acted as parasitoid or predator, and this led to an inconsistency to describe the relationship between flies and egg-masses in later works (e.g. VOCKENHUBER *et al.*, 2008), using both terms with no differentiation. However, both terms are erroneous since these flies act as a parasitoid (CRUZ-REYES AND CAMARGO-CAMARGO, 2001).

Table 1. Parasitoids reported affecting the egg-masses of glass frogs (Centrolenidae).

Parasitoid			Glass frogs species affected	Reference
Order	Family	Species		
Coleoptera	Lampyridae	Unidentified	<i>Centrolene geckoideum</i>	Grant <i>et al.</i> (1998)
Diptera	Drosophilidae	<i>Drosophila orbitalis</i>	<i>Hyalinobarrachium fleischmanni</i>	Villa (1977)
		<i>Drosophila</i> sp.	<i>H. fleischmanni</i>	Villa (1984)
		<i>Drosophila orbitalis</i>	<i>Teratohyla pulverata</i> *	Villa (1977)
		<i>Drosophila</i> sp.	<i>H. fleischmanni</i>	Hayes (1991)
		<i>Drosophila</i> sp.	<i>H. fleischmanni</i>	Greer and Wells (1980)
		<i>Drosophila</i> sp.	<i>Nymphargus grandisonae</i>	This work

*The parasitic infection by *Drosophila orbitalis* on the egg-masses of *T. pulverata* was artificially induced.

The egg-masses of glass frogs show interesting morphological and ecological characteristics but are little known. In this paper we describe for first time the egg-masses of *C. quindianum*, although with very limited data due infrequent observations of the species. The egg-masses of this frog are susceptible to be preyed by the spider *P. armata*, which is the main agent of embryonic mortality in the sympatric species *C. savagei* (ESCOBAR-LASSO *et al.*, in prep.). It is possible that this predator also attack in high proportions the egg-masses of *C. quindianum*, because the egg-masses characteristics of both species are similar. The lack of recurrent observations in which males of *C. quindianum* were near the egg-masses, not allow us to assert if this is their egg parental care, and for this reason, additional observations are needed to determine whether such behavior was casuistic, or otherwise corresponds to a conserved pattern.

Nymphargus spilotus is one of the many species of centrolenids that not have a basic knowledge about their biology, populational status and distribution, and hence it has been cataloged with data deficient (DD) by IUCN (WILD AND LYNCH, 2004). The only information known about the natural history of this species is provided by RUEDA-ALMONACID (2000), who stated that females of *N.spilotus* put of 16–20 cream-colored eggs, grouped in the under sides of leaves on riparian vegetation; apart from this, characteristics of their reproduction such as oviposition sites preferences, parental care and other features of their egg-masses are unknown. The few observations of this species during the study period (October 2008 - December 2010) and its presence in only two of the five creeks visited, suggest that this species is demographically rare, however, it is possible that both species, *N.spilotus* and *C.quindianum* are naturally rare or too difficult to observe, because they can stay in microhabitats located on the forest canopy. This has been considered for *Centrolene antioquiense*, a species which according to RUIZ-CARRANZA AND LYNCH (1997), call high in the trees, and also to *Centrolene peristictum*, which has been observed most commonly between 4–5 min height in northern Ecuador (RUIZ-CARRANZA AND LYNCH, 1997). The two peculiarities observed in *N. spilotus* (individual with malformation and female egg-laying alone), may suggest that this species is facing a population decline in the area. Unfortunately, the lack of observational data before 2008 cannot assert this assumption, and there for we recommend a strict population monitoring to determine their truly conservation status.

Currently the available information on ecological and behavioral characteristics of glass frogs is still scarce (see DAUTEL *et al.*, 2011). Actually, in the Central Cordillera of Colombia over 1000 m of elevation, have been reported 17 glass frogs species (AMPHIBIAWEB, 2011) equivalent to 11.5% of the total family diversity. Of these species, a little over 50% are known their call and oviposition sites, but aspects such as the clutch structure, eggs number, type of parental care and territoriality, are known only for a small number of species (29.4%, 35.2%, 17.6%, 17.6%, respectively) (Table 2). Added to this, there are still gaps in knowledge about the geographical distribution of Andean centrolenids, which hinders further understanding of the diversity of this group in the Colombian Andes. For this reason, additional efforts should be made to sample new areas, as well as expeditions to the historic localities of the species, in order to obtain ecological and biogeographical information to contribute with a more robust body of data to the taxonomic and systematic analysis of Centrolenidae, and is also necessary to identify areas of high concentration of species to develop programs aimed at their conservation.

Table 2. Ecological and behavioral information available for 17 species of glass frogs of the Central Cordillera of Colombia. All species are considered Andean as they inhabit above 1000m elevation, except *Espadarana prosoblepon*. * The females of *E.prosoblepon* stand beside or on the egg-masses for short periods (up to 131 min) after oviposition (see JACOBSON, 1985). Apart from this, no care behavior has been observed in this species.

Species	Callingsite	Oviposition site	Clutch structure	Number of eggs	Egg-attendance	Territoriality	Reference
<i>Centrolene antioquiense</i>	Upper leaf side	Under leaf side	–	–	–	–	GUAYASAMIN <i>et al.</i> (2009), MARCO RADA pers. comm.
<i>C. buckleyi</i>	–	–	–	–	Remains nearby?	–	GUAYASAMIN <i>et al.</i> (2006)
<i>C. geckoideum</i>	Rocks	Rocks	Laminar array	60-79	Remains near by-Egg-brooding	Yes	GRANT <i>et al.</i> (1998) RUEDA-ALMONACID (1994, 2000)
<i>C. guanacarum</i>	–	–	–	–	–	–	
<i>C. huilense</i>	–	–	–	–	–	–	
<i>C. paezorum</i>	–	–	–	–	–	–	
<i>C. quindianum</i>	Upper leaf side	Upper leaf side	Arboreal clump	33-35	Remains near by?	–	This work
<i>C. robledoii</i>	Upper leaf side	–	–	–	–	–	RUEDA-ALMONACID (2000)
<i>C. savagei</i>	Upper leaf side	Upper leaf side	Arboreal clump	17-26	Egg-brooding	Yes	Data no publ.
<i>Espadarana prosoblepon</i>	Upper leaf side	Upper leaf side	Laminar array	32	Not*	–	JACOBSON (1985), BAUTISTA <i>et al.</i> (2010)
<i>Nymphargus garciae</i>	–	Upper leaf side	–	–	–	–	
<i>N. grandisonae</i>	Upper leaf side	Upper leaf side	Laminar array	30-82	Remains near by?	Yes	OSPINA-SARRIA <i>et al.</i> (2011), This work
<i>N. griffithsi</i>	Upper leaf side	Upper and under leaf side	–	–	–	–	RUEDA-ALMONACID (2000) CADAVID <i>et al.</i> (2005)
<i>N. posadae</i>	–	–	–	–	Remains near by	–	MARCO RADA pers. comm.
<i>N. rosadus</i>	–	Upper leaf side	–	–	–	–	
<i>N. ruizi</i>	–	–	–	–	–	–	
<i>N. spilotus</i>	Upper leaf side	Upper and under leaf side	–	16-20	–	–	RUEDA-ALMONACID (2000), Thiswork

ACKNOWLEDGMENTS

JARM thanks specially to Luis Fernando Escobar and Adriana Garrido Botero for their hospitality in “La Manga” farm during this investigation. To Paul D.A. Gutiérrez-Cárdenas for provided suggestions during the planning of this study and give us specialized literature. To Marco Rada who kindly provided unpublished data on some species included in the Table 2, and to Juan Manuel Guayasamin who commented and improved different parts of the manuscript. We are grateful to the residents of the El Manantial, especially to don Gilberto Bermeo for allowing us to work in the areas neighboring to their houses. This research is part of the Project “Ranas de cristal (Anura: Centrolenidae) desapareciendo de los Andes de Colombia: una examinación de la presencia actual, distribución y ecología reproductiva”, supported by Vicerrectoría de Investigaciones y Postgrados de la Universidad de Caldas (Manizales, Colombia).

BIBLIOGRAPHY

- AMPHIBIAWEB.- Information on amphibian biology and conservation. [web application]. 2013. Berkeley, California: AmphibiaWeb. <<http://amphibiaweb.org/>>. Accessed on December 01 2011.
- ALTIG, R. & MCDIARMID, R.W., 2007.- Morphological diversity and evolution of egg and clutch structure in amphibians. *Herpetological Monographs*, 21: 1-32.
- AYARZAGÜENA, J., 1992.- Los Centrolenidos de la Guayana Venezolana. *Publicaciones de la Asociación de Amigos de Doñana*, 1: 1-48.
- BAUTISTA, M.H., HERNÁNDEZ-CUADRADO, E.E. & BARRAGÁN, M.G., 2010.- *Centrolene prosoblepon* (Glass Frog). Reproduction. *Herpetological Review*, 41: 61-62.
- BOLÍVAR, W., GRANT, T. & OSORIO, L.A., 1999.- Combat behaviour in *Centrolene buckleyi* and other centrolenid frogs. *Alytes*, 16: 77-83.
- CADAVID, J.G., ROMAN-VALENCIA, C. & GÓMEZ, A.F., 2005.- Composición y estructura de anfibios anuros en un transecto altitudinal de los Andes centrales de Colombia. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales*, 7: 103-118.
- CARDOZO-URDANETA, A. & SEÑARIS, C., 2012.- Vocalización y biología reproductiva de las ranas de cristal *Hyalinobatrachium pallidum* y *Centrolene daidaleum* (Anura, Centrolenidae) en la sierra de Perijá, Venezuela. Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales 2012 174: 87-105.
- CASTROVIEJO-FISHER, S., GUAYASAMIN, J.M., GONZALEZ-VOYER, A. & VILA, C., 2013.- Neotropical diversification seen through glassfrogs. *Journal of Biogeography* 40: 1-15.
- CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN DE CAFÉ. FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA, CENICAFÉ., 2004.- *Anuario meteorológico cafetero*. Cenicafé, Chinchiná, Colombia.
- CISNEROS-HEREDIA, D.F. & MCDIARMID R.W., 2007.- Revision of the characters of Centrolenidae (Amphibia: Anura: Athesphatanura), with comments on its taxonomy and the description of new taxa of glassfrogs. *Zootaxa*, 1572: 1-82.
- CORPOCALDAS., 2002.- *Agenda para la gestión ambiental del municipio de Manizales*. Subdirección de planeación y sistemas. Manizales, Colombia.
- CRUZ-REYES, A. & CAMARGO-CAMARGO, B., 2001.- *Glosario de Términos en Parasitología y Ciencias Afines*. Instituto de Biología, UNAM. México D.F, México.
- DAUTEL, N., MALDONADO, A.L.S., ABUZA, R., IMBA, H., GRIFFIN, K. & GUAYASAMIN, J.M., 2011.- Advertisement and combat calls of the glass frog *Centrolene lynchi* (Anura: Centrolenidae), with notes on combat and reproductive behaviors. *Phyllomedusa*, 10: 31-43.
- DELIA, J., CISNEROS-HEREDIA, D.F., WHITNEY, J. & MURRIETA-GALINDO, R., 2010.- Observations on the reproductive behavior of a Neotropical glassfrog, *Hyalinobatrachium fleischmanni* (Anura: Centrolenidae). *South American Journal of Herpetology*, 5: 1-12.
- DÍAZ-GUTIÉRREZ, N., VARGAS-SALINAS, F., RIVERA-CORREA, M., ROJAS-MORALES, J.A., ESCOBAR-LASSO, S., VELASCO, J.A., GUTIÉRREZ-CÁRDENAS, P.D.S. & AMÉZQUITA, A., 2013.- Description of the previously unknown advertisement call and tadpole of the Colombian endemic glassfrog *Centrolene savagei* (Anura: Centrolenidae). *Zootaxa* 3686: 289-296.
- DUELLEMAN, W.E. & SAVITZKY, A.H., 1976.- Aggressive behaviour in a centrolenid frog, with comments on territoriality in anurans. *Herpetologica*, 32: 401-404.
- ESCOBAR-LASSO, S. & ROJAS-MORALES, J.A., 2012.- Antipredatory behaviors of the Colombian endemic glassfrog *Centrolene savagei* (Anura: Centrolenidae). *Boletín Científico Museo de Historia Natural de la Universidad de Caldas*, 16: 226-232.

- GOSNER, K.L., 1960.- A simplified table for staging anuran embryos and larvae with notes on identification. *Herpetologica*, 16: 183-190.
- GRANT, T., BOLIVAR-G, W. & CASTRO, F., 1998.- The advertisement call of *Centrolene geckoideum*. *Journal of Herpetology*, 32: 452-455.
- GREER, B.J. & WELLS, K.D., 1980.- Territorial and reproductive behaviour of the Tropical American frog *Centrolenella fleischmanni*. *Herpetologica*, 36: 318-326.
- GUAYASAMIN, J.M., BUSTAMANTE, M.R., ALMEIDA-REINOSO, D. & FUNK, W.C., 2006.- Glass frogs (Centrolenidae) of Yanayacu Biological Station, Ecuador, with the description of a new species and comments on centrolenid systematic. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 147: 489-513.
- GUAYASAMIN, J.M., CASTROVIEJO-FISHER, S., AYARZAGÜENA, J., TRUEB, L. & VILÁ, C. (2008).- Phylogenetic relationships of glassfrogs (Centrolenidae) based on mitochondrial and nuclear genes. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 48: 574-595.
- GUAYASAMIN, J.M., CASTROVIEJO-FISHER, S., TRUEB, L., AYARZAGÜENA, J., RADA, M. & VILÁ, C., 2009.- Phylogenetic systematics of glassfrogs (Amphibia: Centrolenidae) and their sister taxon *Allophryne ruthveni*. *Zootaxa*, 2100: 1-97.
- HARTSHORN, G.S., 2002.- Biogeografía de bosques neotropicales: 59-81 (in) GUARIGUATA, M.R. & KATTAN, G.H. (eds.) *Ecología y conservación de bosques Neotropicales*. Ediciones LUR, Cartago, Colombia.
- HAYES, M.P., 1991.- A study of clutch attendance in the Neotropical frog *Centrolenella fleischmanni* (Anura: Centrolenidae). Tesis Ph.D., University of Miami, Miami, Florida.
- HEYER, W.R., 1985.- Taxonomic and natural history notes on frogs of the genus *Centrolenella* (Amphibia: Centrolenidae) from southeastern Brazil and adjacent Argentina. *Papeís Avulsos de Zoologia*, 36: 1-21.
- HOLDRIDGE, L.R., 1982.- *Ecología basada en zonas de vida*. IICA, San José, Costa Rica.
- HUTTER, C.R., ESCOBAR-LASSO, S., ROJAS-MORALES, J.A., Gutiérrez-Cárdenas, P.D.A., IMBA, H. & GUAYASAMIN, J.M., 2013.- The territoriality, vocalizations and aggressive interactions of the red-spotted glassfrog, *Nymphargus grandisonae*, Cochran and Goin, 1970 (Anura: Centrolenidae). *Journal of Natural History* 47: 3011-3032.
- JACOBSON, S.K., 1985.- Reproductive behavior and male mating success in two species of glass frogs (Centrolenidae). *Herpetologica*, 41: 396-404.
- LYNCH, J.D. & DUELLMAN, W.E., 1973.- A review of the centrolenid frogs of Ecuador, with descriptions of new species. *The University of Kansas Museum of Natural History Occasional Papers*, 16: 1-66.
- MCDIARMID, R.W. & ADLER, K., 1974.- Notes on territorial and vocal behaviour of Neotropical frogs of the genus *Centrolenella*. *Herpetologica*, 30: 75-78.
- MCDIARMID, R.W., 1975.- Glass frog romance along a tropical stream. *Terra*, 13: 14-18.
- MCDIARMID, R.W., 1978.- Evolution of parental care in frogs: 127-147 (in) BURGHARDT, G.M. & BEKOFF, M. (eds.) *The Development of Behavior: Comparative and Evolutionary Aspects*. Garland STPM Press, New York.
- METEYER, C.U., LOEFFLER, I.K., BURKHART, J.G., CONVERSE, K.A., GREEN, E., HELGEN, J.C., KERSTEN, S., LEVEY, R., EATON-POOLE, L. & FALLON, J.F., 2000.- Hind limb malformations in free-living Northern leopard frogs (*Rana pipiens*) from Maine, Minnesota and Vermont suggest multiple etiologies. *Teratology*, 60: 151-171.
- OSPINA-SARRIA, J.J., BOLIVAR-G, W., MÉNDEZ-NARVÁEZ, J. & BURBANO-YANDI, C., 2011.- The tadpole of *Nymphargus grandisonae* (Anura, Centrolenidae) from Valle del Cauca, Colombia. *South American Journal of Herpetology*, 6: 79-86.
- RODRÍGUEZ, D., ARMENTERAS, D., MORALES, M. & MORENO, M., 2006.- *Ecosistemas de los andes colombianos*. Segunda edición. Instituto de investigaciones de recursos biológicos "Alexander Von Humboldt", GEMA, Bogotá, Colombia.
- ROJAS-MORALES, J.A., ESCOBAR-LASSO, S. & GUTIÉRREZ-CÁRDENAS, P.D.A., 2011.- Contribución al conocimiento de los anfibios de la región centro-sur de caldas: primeros registros de Ranas de Cristal (Anura: Centrolenidae) para el municipio de Manizales, Colombia. *Boletín Científico Museo de Historia Natural de la Universidad de Caldas*, 15: 75-83.
- RUEDA-ALMONACID, J.V., 1994.- Estudio anatómico y relaciones sistemáticas de *Centrolene geckoideum* (Salientia: Anura: Centrolenidae). *Trianea*, 5: 133-187.
- RUEDA-ALMONACID, J.V., 2000.- *La herpetofauna de los "Bosques de Florencia" Caldas: una visión integrada sobre su composición, diversidad y relaciones ecológicas*. Corporación Autónoma Regional de Caldas CORPOCALDAS, Santafé de Bogotá.
- RUIZ-CARRANZA, P.M. & LYNCH, J.D., 1991.- Ranas Centrolenidae de Colombia I: propuesta de una nueva clasificación genérica. *Lozania*, 57: 1-30.
- RUIZ-CARRANZA, P.M. & LYNCH, J.D., 1997.- Ranas Centrolenidae de Colombia X: los centrolénidos de un perfil del flanco oriental de la Cordillera Central en el Departamento de Caldas. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 21: 541-553.
- RUIZ-CARRANZA, P.M. & LYNCH, J.D., 1998.- Ranas Centrolenidae de Colombia XI. Nuevas especies de ranas cristal del género *Hyalinobatrachium*. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 22: 571-586.

- TAYLOR, E.H., 1951.- Two new genera and a new family of tropical American frogs. *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 64: 33-40.
- VALENCIA-AGUILAR, A., CASTRO-HERRERA, F. & RAMÍREZ-PINILLA, M.P., 2012.- Microhabitats for Oviposition and Male Clutch Attendance in *Hyalinobatrachium aureoguttatum* (Anura: Centrolenidae). *Copeia* 4: 722-731.
- VARGAS-SALINAS, F., LÓPEZ-A, F.A. & MUÑOZ-G, J.N., 2007.- *Cochranella savagei*. Reproduction. *Herpetological Review*, 38: 436-437.
- VILLA, J., 1977.- A symbiotic relationship between frog (Amphibia, Anura, Centrolenidae) and fly larvae (Drosophilidae). *Journal of Herpetology*, 11: 317-322.
- VILLA, J., 1984.- Biology of a Neotropical glass frog, *Centrolenella fleischmanni* (Boettger), with special references to its frogfly associates. *Milwaukee Public Museum Contributions in Biology and Geology*, 21: 1-17.
- VOCKENHUBER, E.A., HÖDL, W. & KARPFEN, U., 2008.- Reproductive behaviour of the glass frog *Hyalinobatrachium valerioi* (Anura: Centrolenidae) at the tropical stream Quebrada Negra (La Gamba, Costa Rica). *Stapfia*, 88: 335-348.
- VOCKENHUBER, E.A., HÖDL, W. & AMÉZQUITA, A., 2009.- Glassy fathers do matter: egg attendance enhances embryonic survivorship in the glass frog *Hyalinobatrachium valerioi*. *Journal of Herpetology*, 43: 340-344.
- WELLS, K.D. & SCHWARTZ, J.J., 1982.- The effect of vegetation on the propagation of calls in the Neotropical frog *Centrolenella fleischmanni*. *Herpetologica*, 38: 449-455.
- WILD, E. & LYNCH, J., 2004.- *Nymphargus spilotus*. In: IUCN 2010. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2010.4. <<http://www.iucnredlist.org/>>. Accessed on 01 September 2011.

APROXIMACIÓN A LA BIOLOGÍA DE LA ZARIGÜEYA COMÚN (*Didelphis marsupialis*)*

Martha Cristina Rueda¹, Ginés Fernando Ramírez¹ y José Henry Osorio²

Resumen

Las zarigüeyas pertenecen al grupo de los marsupiales y se encuentran distribuidas a lo largo de todo el continente americano. América del Sur tiene un gran número de especies endémicas y la mayor diversidad. Las condiciones medioambientales actuales y el desconocimiento a cerca de la importancia de esta especie, incrementa su vulnerabilidad. En la presente revisión, son analizados los aspectos evolutivos y las principales características de la familia Didelphidae, como una aproximación al conocimiento de la biología de la zarigüeya común, una especie amenazada por el crecimiento urbano.

Palabras clave: mamíferos, marsupiales, Didelphidae.

APPROACH TO THE COMMON OPOSSUM BIOLOGY (*Didelphis marsupialis*)

Abstract

The opossum is included into the marsupial group and is distributed throughout the Americas. South America has a large number of endemic species and the greatest diversity. The present environmental conditions and the lack of knowledge about the importance of this species increases its vulnerability.. In the present review, the evolutionary aspects and main characteristics of the Didelphidae family are analyzed, as well as an approximation to the knowledge of the common opossum biology, a species that has been threatened by urban growing.

Key words: mammals, marsupials, Didelphidae.

* FR: 2-III-2012. FA: 29-VII-2013.

¹ Departamento de Salud Animal, Universidad de Caldas. Manizales, Colombia.

² Laboratorio de Bioquímica Clínica y Patología Molecular, Departamento de Ciencias Básicas de la Salud, Universidad de Caldas. Manizales, Colombia. E-mail:jose.osorio_o@ucaldas.edu.co

INTRODUCCIÓN

Los mamíferos han desarrollado innovaciones anatómicas que los diferencian de otros grupos de vertebrados, permitiendo agruparlos en una clase propia, Mammalia (CANTO *et al.*, 2010), registrándose en el mundo 5418 especies (BURNEO, 2010). Los marsupiales han experimentado una gran radiación adaptativa, formando un extenso grupo representado por más de 200 especies en Australia y cerca de 100 especies en los trópicos americanos (BEST *et al.*, 2001; BROWN, 2004). Por diversas razones tales como un mejor apoyo a la investigación y una mayor atención a los recursos naturales por parte del gobierno, las especies australianas han sido más estudiadas y conocidas que las americanas, esto ha llevado a que se generalicen ciertos conceptos acerca del grupo, pudiendo incurrir en errores si se tiene en cuenta que las dos líneas han estado aisladas e independientes desde hace varios millones de años (CEBALLOS *et al.*, 2002a). Sin embargo, algunos marsupiales como la zarigüeya común poseen una característica que los representa como grupo. Es su forma de reproducción, caracterizada por períodos de gestación cortos que van de 8 a 45 días dependiendo de la especie, luego de esto las crías nacen de forma embrionaria y migran a una bolsa llamada marsupio, ubicada en el abdomen y en cuyo interior se encuentran las glándulas mamarias donde se adhieren hasta completar su desarrollo (CEBALLOS *et al.*, 2002b; MORALES-JIMÉNEZ, 2004) (Figura 1).



Figura 1. Embriones adheridos a las mamas de una zarigüeya (*D. marsupialis*).
Fotografía: Martha C. Rueda.

En los géneros *Didelphis*, *Philander* y *Chironectes*, el marsupio se encuentra bien desarrollado (PATTON *et al.*, 2000). No obstante, existen otras especies en las cuales la bolsa puede estar ausente (DAVIS & GARDNER, 2008), es el caso de *Marmosa*, *Monodelphis* y *Metachirus*, que no la poseen y solo presentan un par de pliegues laterales (SOLARI *et al.*, 2001). El origen, evolución e irradiación de las especies se conoce como biogeografía, término que es definido por EMMONS & FEER (1999), como el resultado de la combinación de la historia geológica de la tierra con la evolución de los organismos. La biogeografía de los marsupiales basada en la comparación de restos fósiles con la historia geológica, revela diversas teorías que

hasta la actualidad no se han podido probar con exactitud, ya que los registros de aquellos fósiles no son confiables, toda vez que existen grandes diferencias entre estos registros y los detalles precisos de estos mamíferos (KRAUSE & KRAUSE, 2006). Por lo tanto, el tema debe ser discutido con precaución. Los fósiles son las únicas evidencias directas de aquellos organismos que vivieron en épocas geológicas pasadas (AZURDUY-FERREIRA, 2008; DUARTE *et al.*, 2008), pero se debe tener en cuenta que la variación histórica y biogeográfica basada a partir de estos, solo puede considerarse temporal y sujeta a modificaciones de acuerdo a hallazgos futuros (EMMONS, 2005; EGER, 2008). Restos fósiles de marsupiales se han encontrado en África, Antártica, Australia, Europa, Norteamérica y Asia (EMMONS, 2005); los más antiguos reportados hasta la década pasada, fueron encontrados en Norte y Sur de América y son similares a las zarigüeyas actuales (Figura 2), por esta razón son llamadas “fósiles vivos” (CUARTAS-CALLE & MUÑOZ-ARANGO, 2003). Una de las teorías más coincidentes, es la que explica que los fósiles encontrados en Suramérica (Perú y Bolivia) y Norteamérica son similares entre sí y datan del periodo Cretáceo (entre 140 y 65 millones de años atrás), pero sostiene que los restos encontrados en el Norte son más antiguos que los encontrados en el Sur y, por lo tanto, sugieren que los marsupiales tuvieron origen en Norteamérica, se irradiaron hacia Suramérica, y luego, se extinguieron en su lugar de origen (EMMONS *et al.*, 2001). Millones de años más tarde, durante el periodo Terciario, se dispersaron hacia Australia y Nueva Guinea vía Antártica, luego se reintrodujeron a Norteamérica durante el Plioceno (hace 6 millones de años aproximadamente) con el surgimiento del istmo de Panamá (EMMONS & FEER, 1997) y posteriormente se generó una amplia distribución en América del Sur (GRISARD *et al.*, 2000). Se extinguieron de la Antártica cuando este continente se posicionó en el Polo Sur y en la actualidad solo sobreviven en Australia y América (HERNÁNDEZ & MORA, 2005).

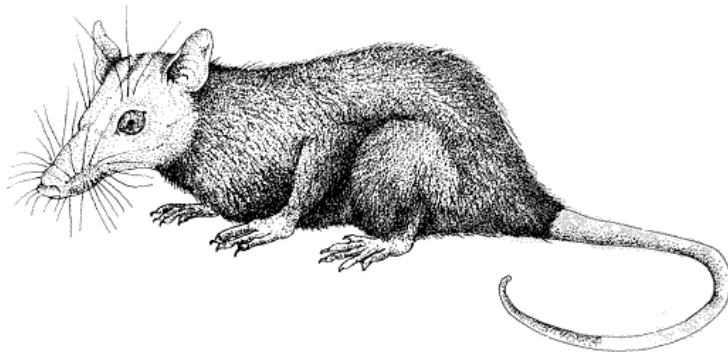


Figura 1. Ilustración basada a partir de los restos fósiles de un *Alphasodon* del Cretáceo; nótese la similitud con la zarigüeya actual. Fuente: CUARTAS-CALLE & MUÑOZ-ARANGO (2003).

Para el año 2003, en la provincia de Liaoning al noreste de China, fue descubierto un fósil intacto de un marsupial del tamaño de un ratón con una larga cola (*Sinodelphyszalayi*), según los paleontólogos, los restos presentan una antigüedad aproximada de 125 millones de años, convirtiéndose en el fósil de marsupial más antiguo encontrado hasta la fecha (GRZIMEK *et al.*, 2003), pues es 25 millones de años más antiguo que el descubierto en Norteamérica. Este hallazgo trae como

consecuencia el cambio sobre el escenario en la investigación de la biogeografía histórica de los marsupiales y el replanteamiento de muchas teorías (GEISLER & UHEN, 2005).

HISTORIA Y CLASIFICACIÓN

La zarigüeya fue el primer marsupial conocido en Europa a principios del siglo XVI cuando el explorador Alonso Pinzón llevó desde Brasil a España un ejemplar y lo presentó ante los reyes Isabel y Fernando, quienes asombrados observaban en el animal el saco que poseía en su abdomen; los eruditos llamaron a esta estructura *marsupium* “pequeña bolsa” (GENTRY *et al.*, 2004). Posterior a este hallazgo, los biólogos de la época trataron de identificar y clasificar la especie. En ese entonces, la única característica diferencial observada en este mamífero era su bolsa, y no presentaba ninguna otra diferencia necesaria para ubicarlo fuera de la clasificación habitual (GREGORIN & TADDEI, 2002; ARCHER & KIRSH, 2006). Para el siglo de las luces, en el año 1758, este mamífero fue clasificado por Linnaeus como *Didelphismarsupialis*, perteneciente al orden de los insectívoros. Dicha clasificación fue publicada en la primera edición del *Systemanaturae*, libro que sirvió como punto de partida para la taxonomía animal moderna (LINNAEUS, 1758). Diez años más tarde, en 1768 durante los viajes del Capitán Cook a Australia, se hicieron evidentes diversas diferencias adaptativas entre los marsupiales de esa región y la zarigüeya común (*D. marsupialis*) lo que cuestionó la clasificación taxonómica de estos mamíferos (GROVES, 2005). Posteriormente, luego de identificar sus características únicas, fueron organizados como orden Marsupialia, con más de 30 familias de las cuales 8 se encuentran extintas (LANZONE *et al.*, 2007). La diversidad de este grupo de mamíferos es tan amplia que es imposible reunirlos a todos en esta única entidad ordinal (OLIVIERA & GOIN, 2006). Por esta razón, no se ha llegado a un consenso definitivo sobre la clasificación taxonómica de este grupo, pese al avanzado desarrollo de las técnicas morfológicas, bioquímicas y cariológicas (MARQUES-AGUILAR, 2008). Las nomenclaturas taxonómicas propuestas por RIDE (1964) y KIRSCH (1977) (citados por CUARTAS-CALLE & MUÑOZ-ARANGO, 2003), se observan en la Tabla 1, y demuestran los diferentes criterios de clasificación propuestos. FIGUEROA *et al.* (2009) exponen que la zarigüeya pertenece a la Clase mammalia, Infraclases marsupialia, Orden Didelphimorphia, Familia Didelphidae, Subfamilia Didelphinae, Género *Didelphis* y Especie *Didelphis marsupialis*, confirmando la determinación taxonómica expuesta por GARDNER (2005) para los marsupiales americanos (Tabla 2). En América se encuentran 3 familias: Didelphidae, Caenolestidae y Microbiotheriidae y se mencionan 70 especies pertenecientes al orden Didelphimorphia y 5 especies pertenecientes al orden Paucituberculata (PACHECO, 2002). En Colombia se han registrado 505 especies de mamíferos, representando el 11% de la biodiversidad mundial (MAVDT, 2010; SALAZAR-HOLGUÍN *et al.*, 2010) y ocupa el cuarto lugar en número de especies en el neotrópico, superado por Brasil, México y Perú (RAMÍREZ-CHAVES & PÉREZ, 2010). El orden Didelphimorphia está representado por una familia: Didelphidae, compuesta por dos subfamilias: Caluromyinae y Didelphinae, quienes a su vez se encuentran divididas en 13 géneros y 39 especies (ALBERICO *et al.*, 2000), para el orden Paucituberculata, se encuentra la familia Caenolestoidea, representada por el género *Caenolestes*, con dos especies registradas (WOODS & KILPATRICK, 2005).

Tabla 1. Clasificación taxonómica para los marsupiales según RIDE (1964) y KIRSCH (1977) (CUARTAS-CALLE & MUÑOZ-ARANGO, 2003).

RIDE (1964)	KIRSCH (1977)
Superorden: Marsupialia	Superorden: Marsupialia
Orden: Marsupicarnivora	Orden: Polyprotodontia
Superfamilia: Didelphoidea	Suborden: Didelphimorphia
Familia: Didelphidae* (incluido <i>Dromiciops</i>)	Superfamilia: Didelphoidea
	Familia: Didelphidae*
	Familia: Microbiotheriidae*
Superfamilia: Dasyuroidea	Familia: Thylacinidae
Familia: Dasyuridae (incluido <i>Myrmecobius</i>)	
Familia Thylacinidae	
	Suborden: Dasyuromorphia
Orden: Peramelina	Superfamilia: Dasyuroidea
Familia: Peramelidae	Familia: Dasyuridae
	Familia: Myrmecobiidae
Orden: Paucituberculata	Suborden: Peramelemorphia
Familia: Caenolestidae*	Superfamilia: Peramelemorphia
	Familia: Peramelidae
Orden: Diprotodonia	Familia: Thylacomyidae
Familia: Phalangeridae	
Familia: Macropodidae	Suborden: Nortoryctemorphia
Familia: Vombatidae	Superfamilia: Notoryctoidea
Familia: Notoryctidae	Familia: Notoryctidae
	Orden: Paucituberculata
-	Superfamilia: Caenolestoidea
-	Familia: Caenolestidae*
-	Orden: Diprotodonia
-	Superfamilia: Phalangoidea
-	Familia: Phalangeridae
-	Familia: Petauridae
-	Familia: Burramyidae
-	Familia: Macropodidae
-	Superfamilia: Vombatoidea
-	Familia: Vombatidae
-	Familia: Phascolarctidae
-	Superfamilia: Tarispodoidea
	Familia: Tarsipedidae

* Familias presentes en América.

Fuente: EISENBERG (1989)

Tabla 2. Determinación taxonómica para los marsupiales de América según GARDNER (2005).

GARDNER (2005)					
Clase: Mammalia					
Subclase: Theria					
Orden: Didelphimorphia					
Familia: Didelphidae					
Subfamilia: Caluromyinae					
		Géneros:		<i>Caluromys</i>	
				<i>Caluromysiops</i>	
				<i>Glironia</i>	
Subfamilia: Didelphinae					
				<i>Chironectes</i>	
				<i>Lutreolina</i>	
				<i>Philander</i>	
				<i>Metachirus</i>	
				<i>Gracilinanus</i>	
				<i>Marmosa</i>	
				<i>Micoureus</i>	
				<i>Monodelphis</i>	
				<i>Didelphis</i>	
				<i>Thylamys</i>	
				<i>Lestodelphis</i>	
Orden: Paucituberculata					
Familia: Caenolestidae					
				<i>Caenolestes</i>	
				<i>Lestoros</i>	
				<i>Rhyncholestes</i>	

FAMILIA DIDELPHIDAE

La familia Didelphidae representa la mayoría de los marsupiales americanos ampliamente distribuidos en Suramérica y fue reportada por Gray en 1821 (TITIRA, 2007), sin embargo su distribución geográfica se extiende desde el sur de Canadá hasta el centro de Argentina y desde el nivel del mar hasta por encima de 3000m (CERVANTES *et al.*, 2010), ocupan casi todo tipo de hábitats a excepción de elevaciones extremadamente altas y zonas desérticas (WILLIAMS & GENOWAYS, 2008) (Figuras 3 y 4).



Figura 3. Distribución geográfica de *Didelphimarsupialis*. Fuente: EISENBERG. (1989)

●	<i>Didelphimarsupialis</i>
■	<i>Didelphisalventris</i>



Figura 4. Distribución geográfica de *Didelphimarsupialis* y *D. albiventris* en Colombia. Fuente: modificado de CUARTAS-CALLE & MUÑOZ-ARANGO (2003).

Los marsupiales de la familia Didelphidae varían de tamaño, algunos autores como CUARTAS-CALLE & MUÑOZ-ARANGO (2003) los describen como medianos y grandes; otros como TITIRA (2007), los describen de tamaño pequeño y mediano. Presentan una línea frontal media tenue, cola con una escasa pilosidad en la base y con más de la mitad distal blanca, además de la ausencia de cerdas blancas entremezcladas con el pelaje negruzco (PACHECO *et al.*, 2009). Las orejas son ciertamente blanquecinas con la base negra; sin embargo, se observan manchas oscuras en la porción blanquecina que sugieren una progresiva pigmentación. Esta coloración es sin embargo variable ya que los ejemplares inmaduros y subadultos de *D. marsupialis* pueden tener la punta de las orejas blanca o rosado pálida (CERQUEIRA & TRIBE, 2008). Sus miembros son cortos, los anteriores un poco más que los posteriores y cada uno se encuentra conformado por 5 dedos dotados de fuertes garras a excepción del primer dedo de sus miembros posteriores, que además es oponible (Figura 5), característica que les permite sujetar objetos y mejorar su habilidad trepadora (VONHOF, 2000). Presentan cojinetes plantares y palmares que varían en número y posición de acuerdo a la especie (VOSS & JANSA, 2009). Poseen cola larga, gruesa, escamada y desprovista de pelos en sus 2/3 posteriores, excepto, los géneros *Glironia* y *Lutreolina*, que presentan la cola cubierta casi en la totalidad de su parte dorsal (Figura 6). En la mayoría de los géneros, se caracteriza por ser prensil, y les sirve para sujetar objetos, soportar su propio peso por algún momento y dar equilibrio al desplazamiento (STEIN & PATTON, 2008). Como se mencionó anteriormente, pueden o no presentar marsupio. El número de glándulas mamarias puede ir desde 7 hasta 25, de acuerdo a la especie; incluso dentro de cada especie, la ubicación puede abarcar la región pectoral y abdominal o solo la región abdominal. El color del pelaje es altamente variable en sus tonalidades de café, blanco, gris y negro, algunas especies presentan franjas en su dorso (JARRÍN, 2001). Presentan dos capas de pelo, una es protectora conformada por pelos largos y gruesos, otra cobertura compuesta por pelos cortos y densos de aspecto lanoso (GONZÁLEZ, 2001). Presentan cráneo alargado con una bóveda cerebral pequeña (Figura 7). Poseen un total de 50 dientes cuya fórmula dental es: I 5/4, C 1/1, P 3/3, M 4/4. Los incisivos son cortos y cónicos, los caninos son desarrollados de aspecto puntiagudo y largo, los premolares y molares son puntiagudos (GARDNER & CREIGHTON, 2008). Una característica de interés para determinar la edad de estos marsupiales es la de su tercer molar el cual carece de raíz, y que es remplazado posteriormente por otro con la estructura propia de un premolar, la muda del molar se presenta en el momento en que el marsupial pasa de la etapa juvenil a la preadulto (GARDNER & CREIGHTON, 2008). Los representantes de la familia se caracterizan por tener hábitos nocturnos aunque en ocasiones salen durante el día, algunos son arborícolas y/o terrestres, y una especie es acuática, el yapok (*Chironectes minimus*). La alimentación es de carácter omnívoro, comen desde frutas maduras, vegetales, hojas, néctar, flores, invertebrados, pequeños vertebrados, hasta carroña (FELDHAMER, 2003). El periodo de gestación promedia 12 a 15 días, posteriormente las crías pasan al marsupio y permanecen allí durante 60 o 70 días más; luego son resguardadas en nidos fabricados por sus madres con hojas y ramas secas, generalmente en el suelo o en oquedades de árboles, dichos nidos son empleados como guaridas (VAUGHAN *et al.*, 1999).

Según las categorías establecidas por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, el estatus de conservación para *Didelphis marsupialis*, se define como LR/lc, que se interpreta como una especie en menor riesgo y de preocupación menor (UICN, 2012). Sin embargo, algunas especies conviven cerca a zonas

pobladas, especialmente explotaciones agrícolas, siendo perseguidas y muchas veces exterminadas por los agricultores, debido a los daños que ocasionan en las plantaciones y en algunas explotaciones avícolas. Las invasiones no solo afectan la diversidad biológica sino también los medios de vida de los humanos de muchas formas: interrupción de ecosistemas, daño a los servicios que ofrecen, limitación del acceso a agua y alimento a las comunidades locales (FAO, 2013). Las zarigüeyas se encuentran en un nivel intermedio de la cadena trófica, siendo los grandes carnívoros y las rapaces nocturnas sus principales depredadores (MARTIN *et al.*, 2001). Actualmente en muchas regiones, debido al aspecto y sabor de su carne, parecidos al pollo, son cazados estos animales, sin embargo, la población de zarigüeyas puede ser benéfica, debido a que pueden controlar las poblaciones de roedores y artrópodos.

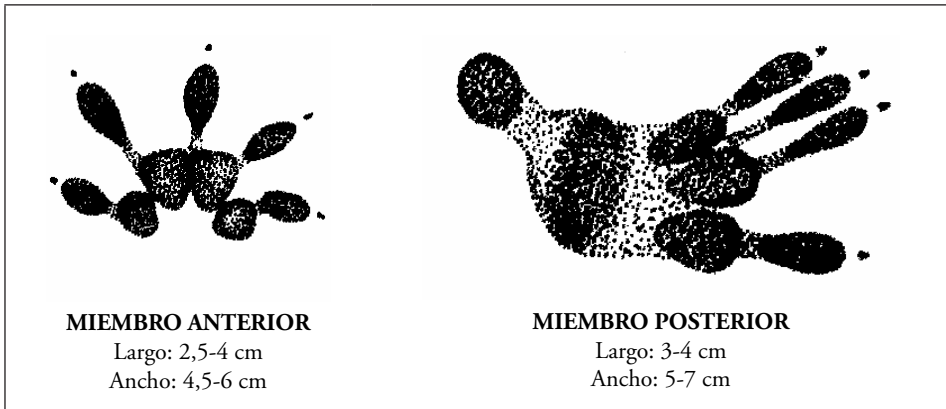


Figura 5. Huellas de los miembros anteriores y posteriores. Género *Didelphis* sp.
Fuente: MORALES (2005).

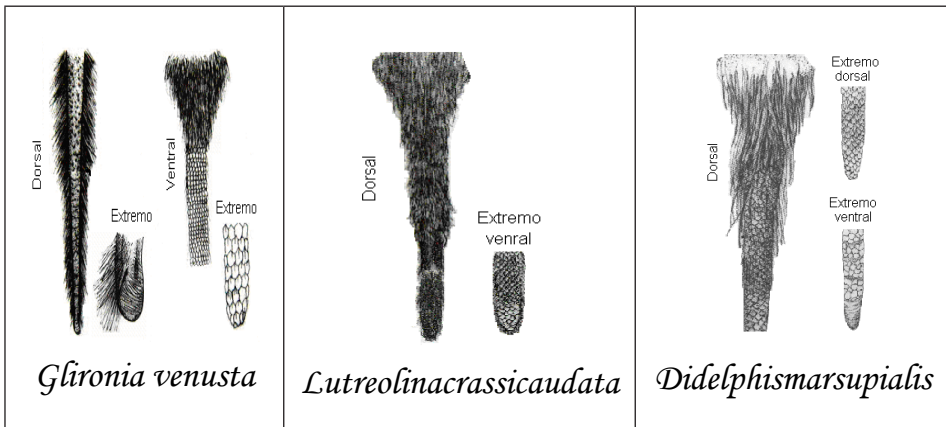


Figura 6. Pelos y escamas caudales de algunos *Didelphidos*. *Fuente:* CUARTAS-CALLE & MUÑOZ-ARANGO (2003).

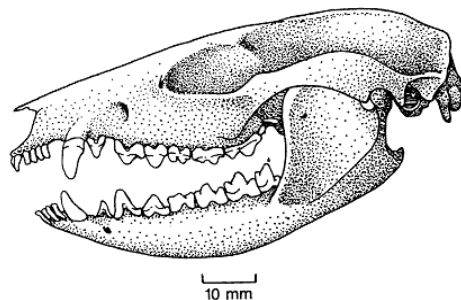


Figura 6. Cráneo *D. marsupialis*. Fuente: EISENBERG.(1989)

AGRADECIMIENTOS

AJazmín Vinasco Rodríguez del programa Jóvenes Investigadores de Colciencias por la corrección del manuscrito.

BIBLIOGRAFÍA

- ALBERICO, M., CADENA, A., HERNÁNDEZ-CAMACHO, J. & MUÑOZ-SABA, Y., 2000.- Mamíferos (Synapsida: Theria) de Colombia. *Biota Colombiana*, 1 (1): 43-75.
- ARCHER, M. & KIRSH J., 2006.- The evolution and classification of marsupials: A bit of history: 1-21 (en) ARMATI, P.J., DICKMAN, C.R. & HUME, I.D. (eds.) *Marsupials*. Edimburgo: Cambridge University.
- AZURDUY-FERREIRA, H., 2008.- *De la biología al mito: acto tercero, rocas, huesos, neuronas y genes, odas a la vida y su historia*. [En línea]. Santa Cruz, Bolivia: Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado. [Citado febrero 20 de 2008]. Disponible en: <http://www.museoelkempff.org/Areas/Evolucion/evolucion.htm>
- BEST, T.L., HUNT, J.L. & MCWILLIAMS, L.A., 2001.- *Eumopsmaurus*. *Mammalian Species*, 667: 1-3.
- BROWN, B.E., 2004.- Atlas of New World marsupials. *Fieldiana Zoology. New Series*, 102: 1-308.
- BURNEO, S.F., 2010.- ¿Mamíferos? Casi 400 especies... y contando. *Nuestra Ciencia*, 12: 18-21.
- CANTO, J., YÁÑEZ, J. & ROVIRA, J., 2010.- Estado actual del conocimiento de los mamíferos fósiles de Chile. *Estudios Geológicos*, 66 (2): 255-284.
- CEBALLOS, G., ARROYO-CABRALES, J. & MEDELLÍN, R.A., 2002a.- Mamíferos de México: 377-413 (en) CEBALLOS, G. & SIMONETTI, J.A. (eds.) *Diversidad y conservación de los mamíferos neotropicales*. México, D.F.: Conabio-UNAM.
- CEBALLOS, G., ORTEGA, BAES, P. & SÜHRING, S., 2002b.- Mamíferos de Venezuela: 567-582 (en) CEBALLOS, G. & SIMONETTI, J.A. (ed.) *Diversidad y conservación de los mamíferos neotropicales*. México, D.F.: Conabio-UNAM.
- CERQUEIRA, R. & TRIBE, C.J., 2008.- Genus *Didelphis* Linnaeus, 1758: 17-25 (in) GARDNER, A.L. (ed.) *Mammals of South America. Volume 1. Marsupials, xenarthrans, shrews, and bats*. Chicago: The University of Chicago Press.
- CERVANTES, F.A., ARCANGELI, J., HORTELANO-MONCADA, Y. & BORISENKO, A.V., 2010.- DNA barcodes effectively identify the morphologically similar Common Opossum (*Didelphismarsupialis*) and Virginia Opossum (*Didelphisvirginiana*) from areas of sympatry in Mexico. *Mitochondrial DNA*, 21 (1): 44-50.
- CUARTAS-CALLE, C. & MUÑOZ-ARANGO, J., 2003.- *Marsupiales, cenolestidos e insectívoros de Colombia*. Medellín: Universidad de Antioquia.
- DAVIS, W.B. & GARDNER, A.L., 2008.- Genus *Eptesicus* Rafinesque, 1820: 440-450 (in) GARDNER, A.L. (ed.) *Mammals of South America. Volume 1. Marsupials, xenarthrans, shrews, and bats*. Chicago: The University of Chicago Press.
- DUARTE, J.M.B., GONZÁLEZ, S. & MALDONADO, J.E., 2008.- The surprising evolutionary history of South American deer. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 49 (1): 17-22.
- EGER, J., 2008.- Family Molossidae: 399-439 (in) GARDNER, A.L. (ed.) *Mammals of South America, Volume 1. Marsupials, xenarthrans, shrews, and bats*. Chicago: The University of Chicago Press.

- EISENBERG, J.F., 1989. *Mammals of the Neotropics. Volume 1. The Northern Neotropics*. University of Chicago Press.
- EMMONS, L.H., 2005.- A revision of the genera of arboreal Echimyidae (Rodentia: Echimyidae, Echimyinae), with descriptions of two new genera: 247-310 (in) LACEY, E. & MYERS, P. (eds.) *Mammalian Diversification: From Chromosomes to Phylogeography (A Celebration of the Career of James L. Patton)*. University of California Publications in Zoology series.
- EMMONS, L.H. & FEER, F., 1997.- *Neotropical Rainforest Mammals, a field guide*. 2da ed. Chicago: The University of Chicago Press.
- EMMONS, L.H. & FEER, F., 1999.- *Mamíferos de los bosques húmedos de América tropical*. Editorial F.A.N., Santa Cruz de la Sierra.
- EMMONS, L.H., LUNA, W.M. & ROMO, R., 2001.- Mammals of the Northern Vilcabamba mountain range, Peru: 105-109, 255-257 (in) ALONSO, L.E., ALONSO, A., SCHULENBERG, T.S. & DALLMEIER, F. (eds.) *Biological and social assessments of the Cordillera de Vilcabamba, Peru*. RAP Working Papers 12 & SI/MAB Series 6, Conservation International, Washington, D.C.
- FAO (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN), 2013.- *La fauna silvestre en un clima cambiante*. KAESLIN, E., REDMOND, I., DUDLEY, N. (eds.). Estudios FAO: Montes 167. Roma.
- FELDHAMER, G.A., 2003.- *Mammalogy: Adaptation, Diversity, and Ecology*. San Francisco: McGraw-Hill.
- FIGUEROA, C., BRIEVA, C., TRUJILLO, M. & MORENO, O., 2009.- Experiencia sobre manejo y crianza de zarigüeyas (*Didelphis albiventris*). *Mem. Conf. Interna Med. Aprovech. Fauna Silv. Exot. Conv.*, 5 (1).
- GARDNER, A.L., 2005.- Order Didelphimorphia: 3-18 (in) WILSON, D.E., W. & REEDER, D.M. (eds.) *Mammal Species of the World: a taxonomic and geographic reference*. 3rd ed. Baltimore: The Johns Hopkins University Press.
- GARDNER, A.L. & CREIGHTON, G.K., 2008.- Genus *Micoureus* Lesson, 1842:74-82 (in) GARDNER, A.L. (ed.) *Mammals of South America. Volume 1. Marsupials, xenarthrans, shrews, and bats*. Chicago: The University of Chicago Press.
- GEISLER, J.H. & UHEN, M.D., 2005.- Phylogenetic relationships of extinct cetartiodactyls: Results of simultaneous analyses of molecular, morphological, and stratigraphic data. *J MammEvol*, 12(1-2): 145-160.
- GENTRY, A., CLUTTON-BROCK, J. & GROVES, C.P., 2004.- The naming of wild animal species and their domestic derivatives. *J Archaeol Sci*, 31: 645- 651.
- GONZÁLEZ, E., 2001.- *Guía de campo de los mamíferos de Uruguay. Vida Silvestre*. Montevideo: Sociedad Uruguaya para la Conservación de la Naturaleza.
- GREGORIN, R. & TADDEI, V., 2002.- Chave artificial para a identificação de molossídeos brasileiros (Mammalia, Chiroptera). *J. Neotrop. Mammal*, 9(1):13-32.
- GRISARD, E.C., CARVALHO-PINTO, C.J., SCHOLZ, A.F., TOMA, H.K., SCHLEMPER JR, B.R. & STEINDE, M., 2000.- Trypanosomacruzi Infection in *Didelphis marsupialis* in Santa Catarina and Arvoredo Islands, Southern Brazil. *Mem Inst Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro*, 95(6): 795-800.
- GROVES, C.P., 2005.- Order Primates. (In) WILSON, D.E. & REEDER, D.M. (eds.) *Mammal Species of the World*. 3rd ed. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- GRZIMEK, B., SCHLAGER, N. & OLENDORF, D., 2003.- *Grzimek's Animal Life Encyclopedia*. Detroit: Thomson Gale.
- HERNÁNDEZ, L.F. & MORA, C.L., 2005.- *Historianatural de Costa Rica*. Instituto Nacional de Aprendizaje, Núcleo de Turismo. San José, Costa Rica.
- JARRÍN, P., 2001.- *Mamíferos en la Niebla Otonga, Un Bosque Nublado del Ecuador*. Museo de Zoología, Centro de Biodiversidad y Ambiente, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. 244p.
- KRAUSE, W.J. & KRAUSE, W.A., 2006.- *The Opossum: Its Amazing story*. Columbia, Missouri: Department of Pathology and Anatomical Sciences, School of Medicine, University of Missouri.
- LANZONE, C., OJEDA, R.A. & GALLARDO, M.H., 2007.- Integrative taxonomy, systematics and distribution of the genus *Eligmodontia* (Rodentia, Cricetidae, Sigmodontinae) in the temperate Monte Desert of Argentina. *Mammalian Biology*, 72 (5): 299-312.
- LINNAEUS, C., 1758.- *Systema naturae per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis*. 10th ed. Stockholm: Laurentii Salvii.
- MARQUES-AGUILAR, S.A., 2008.- Genus *Artibeus* Leach, 1821: 301-321 (in) GARDNER, A.L. (ed.) *Mammals of South America. Volume 1. Marsupials, xenarthrans, shrews, and bats*. Chicago: University of Chicago Press.
- MARTIN, R.E., PINE, R.H. & DEBLASE, A.F., 2001.- *A Manual of Mammalogy*. San Francisco: McGraw-Hill.
- MAVDT (MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL), 2010.- *Cuarto Informe Nacional ante el Convenio sobre la Diversidad Biológica - República de Colombia*. Bogotá: MAVDT. 239p.
- MORALES, E., 2005.- Material tipo helmintos en el Museo de Historia Natural, Universidad Mayor de San Marcos, (MUSM), Lima, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 12(3): 463-471.
- MORALES-JIMÉNEZ, A.L., 2004.- *Mamíferos terrestres y voladores de Colombia: Guía de campo*. Bogotá, Colombia. pp. 36-199.
- OLIVEIRA, E.V. & GOIN, F.J., 2006.- Marsupiais do Início do Terciário do Brasil: Origem, Irradiação e História Biogeográfica (em) CACERES, N.C. & MONTEIRO-FILHO, E. (eds.) *Os marsupiais do Brasil: biologia, ecologia e evolução*. Campo Grande, Brasil: Editora Universidade Federal do Mato Grosso do Sou.
- PACHECO, V., 2002.- Mamíferos del Perú: 503-550 (en) CEBALLOS, G. & SIMONETTI, J. (eds.) *Diversidad y*

- conservación de los mamíferos neotropicales*. México, D.F.:Conabio-UNAM.
- PACHECO, V., CADENILLAS, R., SALAS, E., TELLO, C.& ZEBALLOS, H., 2009.- Diversidad y endemismo de los mamíferos del Perú. *Rev. perú. Biol*,16 (1): 5-32.
- PATTON, J.L., DA SILVA, M.N.F.& MALCOLM, J.R., 2000.- Mammals of the Río Juruá and the evolutionary and ecological diversification of Amazonia. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 244: 1-306.
- RAMÍREZ-CHAVES, H.E. & PÉREZ, W.A., 2010.- Mamíferos (Mammalia: Theria) del departamento del Cauca, Colombia. *Biota Colombiana*,11 (1-2): 141-171.
- SALAZAR-HOLGUÍN, F., BENAVIDES-MOLINEROS, J., TRESPALACIOS-GONZÁLEZ, O.L.& PINZÓN, L.F., 2010.-Informe sobre el Estado de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente, *Componente de Biodiversidad Continental - 2009*. Bogotá, D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos“Alexander von Humboldt”.167 p.
- SOLARI, S., VIVAR, E., VELAZCO, P.M., RODRÍGUEZ, J.J., 2001.- Small mammals of the southern Vilcabamba region, Peru: 110-116 (in) ALONSO, L.E., ALONSO, A., SCHULENBERG, T.S. & DALLMEIER, F. (eds.) *Biological and social assessments of the Cordillera de Vilcabamba, Peru*. RAP Working Papers 12, and SIMAB Series 6, Conservation International, Washington, D.C.
- STEIN, B.R. & PATTON, J.L., 2008.- Genus Lutreolina O. Thomas, 1910: 25-27 (in) GARDNER, A.L. (ed.) *Mammals of South America. Volume 1.Marsupials, xenarthrans, shrews, and bats*.Chicago: The University of Chicago Press.
- TITIRA, D., 2007.- *Guía de campo de los mamíferos del Ecuador*. 6ed. Quito: Ediciones Murciélago Blanco.
- UICN (UNIÓN INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA),2012. [En línea]. [Citado julio 17 de 2013]. Disponible en: www.iucn.org/es/
- VAUGHAN, T., RYAN, J. & CZAPLEWSKI, N., 1999.-*Mammalogy*. Philadelphia: Saunders College Publishing. p. 321-433.
- VONHOF, M.J., 2000.- Rhogeessa tumida. *Mammalian Species*, 633: 1-3.
- VOSS, R.S. & JANSA, S.A., 2009.- Phylogenetic relationships and classificationof didelphid marsupials, an extant radiation of New World metatherian mammals. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 322: 1-177.
- WILLIAMS, S.L. & GENOWAYS, H.H., 2008.-Marsupials: 255-300 (in) GARDNER, A.L. (ed.) *Mammals of South America. Volume 1.Marsupials, xenarthrans, shrews, and bats*.Chicago: The University of Chicago Press.
- WOODS, C.A. & KILPATRICK, C.W., 2005.- InfraorderHystricognathi: 1538-1600 (in) WILSON, D.E. & REEDER, D.M. (eds.) *Mammal Species of the World: A Taxonomic and Geographic Reference*.3rd ed. Baltimore: The Johns Hopkins University Press.

SHORT COMMUNICATION

FIRST REPORT OF HATCHING OF THE CHOCOAN RIVER TURTLE *Rhinoclemmys nasuta* (BOULENGER 1902) (TESTUDINES: GEOEMYDIDAE)*

Alan Giraldo¹, Mario F. Garcés-Restrepo^{1,2}, Wilmar Bolívar-G^{1,2} and John L. Carr^{1,3}

Abstract

Rhinoclemmys nasuta (Boulenger 1902) is a medium-sized aquatic turtle that inhabits rivers and creeks in the Tumbes-Chocó biogeographic region. An egg of *R. nasuta* was found with about 95% of its surface area buried in the forest substrate of Isla Palma (Bahía Málaga, Colombia) and it was transported to the laboratory. The time to complete incubation was 66 days. Neonate size on the day it hatched was 58.4 mm straight carapace length, 34.6 mm straight carapace width, 55.3 mm straight plastron length, 30 mm maximum shell height and it weighed 33 g. This is the first report of an *R. nasuta* egg hatched under either natural or laboratory conditions.

Key words: Testudines, Geoemydidae, *Rhinoclemmys*, Isla Palma, Colombia, Tumbes-Chocó.

PRIMER REPORTE DE ECLOSIÓN DE LA TORTUGA CHOCOANA DE RÍO, *Rhinoclemmys nasuta* (BOULENGER 1902) (TESTUDINES: GEOEMYDIDAE)

Resumen

Rhinoclemmys nasuta (Boulenger 1902) es una tortuga acuática de tamaño mediano que habita en los ríos y quebradas de la región biogeográfica Tumbes-Chocó. Se encontró un huevo de *R. nasuta* enterrado en un 95% en el suelo del bosque en la localidad de Isla Palma (Bahía Málaga, Colombia) y fue transportado al laboratorio. Después de 66 días de incubación, el tamaño del recién nacido cuando eclosionó fue de 58,4 mm de longitud de caparazón, 34,6 mm de ancho de caparazón, 55,3 mm de longitud del plastrón, 30 mm de altura máxima de la concha y pesó 33 g. Este es el primer reporte de un huevo de *R. nasuta* incubado exitosamente ya sea bajo condiciones de laboratorio o en condiciones naturales.

Palabras clave: Testudines, Geoemydidae, *Rhinoclemmys*, Isla Palma, Colombia, Tumbes-Chocó.

* FR: 16 Julio 2012. FA: 29 Julio 2013.

¹ Universidad del Valle, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Departamento de Biología, Sección de Zoología, Grupo de Investigación en Ecología Animal. Cali. E-mail: alan.giraldo@correounivalle.edu.co; ecologia@univalle.edu.co

² Universidad del Valle, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Departamento de Biología, Programa de Postgrado en Ciencias - Biología.

³ University of Louisiana at Monroe, Department of Biology and Museum of Natural History. Monroe, Louisiana, 71209-0520. USA. E-mail: carr@ulm.edu

Rhinoclemmys nasuta (Boulenger 1902), is an endemic species registered in the Colombian red book of reptiles (IPPI & FLORES, 2001; CASTAÑO-MORA, 2002). This is a medium-sized aquatic turtle, often considered the most aquatic species of the genus, which inhabits rivers and creeks in the Tumbes-Chocó biogeographic region (Figure 1) from the Esmeraldas River basin (Ecuador) to the middle region of the Atrato River (Chocó, Colombia) (MEDEM, 1962; CARR & ALMENDÁRIZ, 1990; CARR & GIRALDO, 2009).

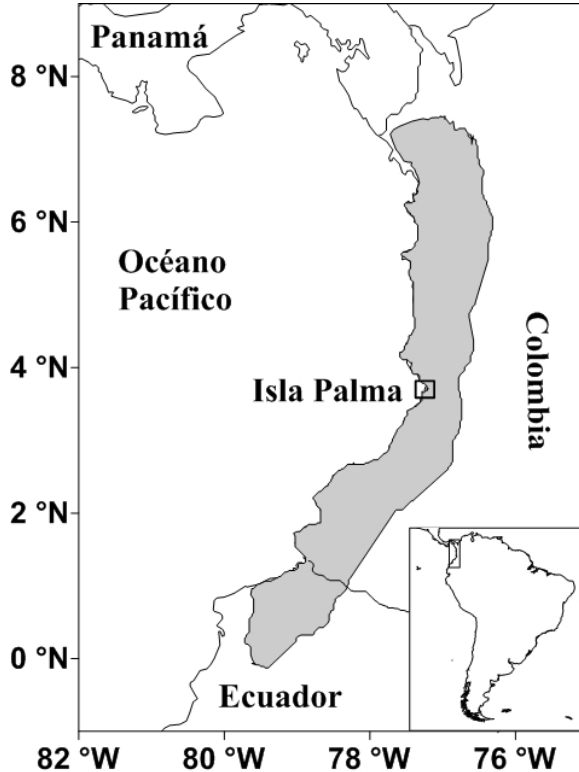


Figura 1. Map showing the known distribution of *Rhinoclemmys nasuta* Boulenger 1902 in the Biogeographic Tumbes-Chocó region (shaded area) and the location of Isla Palma along the Pacific coast of Colombia (square).

Currently, the only reproductive data for the species was reported by MEDEM (1962). According to residents within the natural range, *R. nasuta* clutches consist of one or two eggs laid anytime during the year, but primarily between January and March. Nevertheless, based on his dissection information MEDEM (1962) found only one egg per clutch in the months of November, December and April. In addition, based on the presence of enlarged ovarian follicles of various sizes, he suggested that oviposition could occur throughout the year. He reported the size of three eggs, which are hard-shelled, white and elongate ellipsoids measuring between 35 to 39 mm wide and 67 to 70 mm long (MEDEM, 1962; CARR & GIRALDO, 2009).

Conservation concerns for this species include indirect threats from habitat modification by timber harvesting and changes in land use (CARR *et al.*, 2012), as well as various forms of direct consumption. Humans use turtles of this species as a source of protein or in traditional medicinal practices (CASTAÑO-MORA & MEDEM, 1983; GALVIS-RIZO & CORREDOR-LONDOÑO, 2006), as well as frequently being used as pets and their shells are used in constructing decorative items (CORREDOR-LONDOÑO *et al.*, 2006; GALVIS-RIZO & CORREDOR-LONDOÑO, 2006; CORREDOR-LONDOÑO *et al.*, 2007; CARR & GIRALDO, 2009). However, the lack of data on the natural history and ecology of this species has impeded an appropriate evaluation of its conservation status (CARR & GIRALDO, 2009).

On April 15 of 2011, an egg of *R. nasuta* was located buried in the soil (Figure 2A) during an intensive search for terrestrial turtles on Isla Palma, Bahía Málaga, Colombia (3°54' N - 77°21' W, Figure 1). This island is located in the Colombian Pacific region where the annual precipitation ranges between 7200 mm year⁻¹ to 8500 mm year⁻¹, the relative humidity is above 80%, the air temperature ranges between 23.5°C to 25.7°C, and the dominant vegetation is very humid lowland tropical forest (RANGEL-CH. & ARELLANO-P., 2004). A more extensive description of the 138 ha island can be found in GIRALDO *et al.* (2012).

The egg was located 7.4 m from the nearest stream, about 2 m above the river level on a small terrace with a 15% slope. It was found in an area with a closed forest canopy overhead, with approximately 95% of its surface area buried in the soil, where it was surrounded by tree roots and covered with sticks and leaf litter (Figure 2A). The elongate egg was lying in the ground inclined at 5° to the horizon.

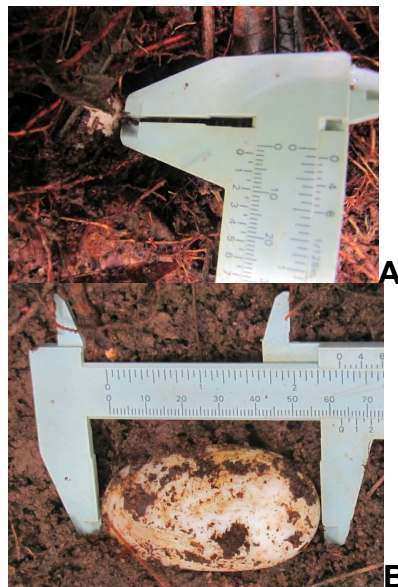


Figura 2. **A)** *Rhinoclemmys nasuta* egg as found in the forest with the surface litter removed. **B)** *Rhinoclemmys nasuta* egg just after being removed from the forest soil of Isla Palma, Bahía Málaga, Colombia. Photos: Alan Giraldo ©.

The *R. nasuta* egg was unearthed, cleaned, measured and weighed *in situ* (Figure 2B). The egg was 63.8 mm long, 35.4 mm wide and weighed 45.8 g. Then it was transported in soil to the Animal Ecology Laboratory at the University of Valle, in Cali, Colombia, where it was reburied in a terrarium similar to the way it was found buried in the forest. The terrarium was a 10 gallon plastic aquarium with potting soil and ornamental plants in order to simulate the island environment. 100 ml of water was sprayed as a mist into the terrarium every day in order to offset any evaporation and maintain the relative humidity above 80%. Minimal humidity inside the terrarium, minimal and maximal air temperature, and soil temperature near the egg were recorded every three days during the incubation period using a digital thermo-hygrometer and a soil thermometer. In order to facilitate the free exchange of air, the terrarium did not have an air-tight lid. The laboratory incubation period was 66 days, but it was not possible to estimate the date the egg was laid. When found, the egg was already entirely chalky white. The mean soil temperature near the egg during incubation was $20.2 \pm 0.6^\circ\text{C}$, and the minimal and maximal air temperature in the terrarium was 24.8 ± 0.8 and $26.9 \pm 1.1^\circ\text{C}$ respectively (mean \pm SD, $n = 22$).

The hatchling turtle first broke (pipped) the egg on the end by its head and then remained inside the eggshell for four hours before it completely emerged from the shell. Once out of the egg, it buried itself in the soil of the terrarium. The *R. nasuta* neonate's size on the day it hatched was 58.4 mm straight carapace length (CL), 34.6 mm straight carapace width, 55.3 mm straight plastron length, 30 mm maximum shell height, and it weighed 33 g (Figure 3). As is typical for most turtle hatchlings, there was some unfolding that occurred in the days after hatching (EWERT, 1979), and the carapace measurements seven days later were 64.2 mm straight carapace length (CL), 55.8 mm straight plastron length, 24.6 mm maximum shell height and it weighed 42.5 g.



Figura 3. *Rhinoclemmys nasuta* neonate hatching in the Animal Ecology laboratory, University of Valle, Cali, Colombia. *Photos:* Alan Giraldo ©.

MEDEM (1962) reported that female *R. nasuta* do not dig a nest, or they do not cover the eggs with soil; however, his information came from local inhabitants rather than first-hand observations. In contrast, we found the egg almost completely buried in the soil and covered with sticks and leaf litter. Based on available information, the single egg we found constitutes a clutch. Females of other species of *Rhinoclemmys* such as *R. funerea* (Cope 1875) and *R. pulcherrima* (Gray 1856) are reported to dig nests as a part of their reproductive behavior (CASTILLO-CENTENO, 1986; MONGE-NÁJERA *et al.*, 1988); however, according to PRITCHARD & TREBBAU (1984), *R. punctularia* (Daudin 1801) and *R. diademata* (Mertens 1954) females do not dig nests, but the eggs soon become inconspicuous as mud and fallen leaves cover them on the wet forest floor. Our report is the only report of a *R. nasuta* egg found in the wild or from captive individuals and so we cannot generalize about the nesting behavior that the species exhibits.

Hatchling size is an important parameter in the life history of an organism (SHINE & IVERSON, 1995; STEARNS, 1992), and it is a key element in adjusting species-specific growth models in turtles (ANDREWS, 1982; SPENCER, 2002). Herein we made the first report of body size for a specimen of *R. nasuta* hatched under either natural or laboratory conditions. The eggs of *R. nasuta* are relatively large in relation to the size of the females (MEDEM, 1962; CARR & GIRALDO, 2009), and the hatchling is correspondingly large. The large size of the hatchling places it among the group of *Rhinoclemmys* species having the largest hatchlings (> 55 mm CL), including *R. annulata* (Gray 1860), *R. funerea*, *R. melanosterna* (Gray 1861), and *R. punctularia* (CASTAÑO-MORA & MEDEM, 1983; RHODIN & CARR, 2009). Nevertheless, the egg reported here is smaller than any previously reported (MEDEM, 1962), and thus expands our knowledge of egg size range for this species. Recently, GIRALDO *et al.* (2012) reported 68.4 mm CL as the smallest *R. nasuta* recorded in the wild population from Isla Palma. However, our results suggest that the hatchling size range of *R. nasuta* extends at least 10 mm lower.

This information increases our knowledge of the natural history of this species and should strengthen conservation initiatives for endemic Neotropical turtles. Reproductive information is among the most critical aspects of life history required for assessing the conservation status of a species, yet in many cases as with *R. nasuta*, this information has been very difficult to obtain and will be slow to accumulate given the species' low reproductive potential.

ACKNOWLEDGEMENTS

We are grateful to Luz Karime Sánchez, Ángela María González, and Manuel Sánchez for their help during fieldwork. The Dirección General Marítima de Colombia (DIMAR) and the Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia (UAESPNN) granted access to Isla Palma for our *R. nasuta* survey. Fieldwork was funded by Departamento de Biología at Universidad del Valle.

BIBLIOGRAPHY

- ANDREWS, R.M., 1982.- Patterns of growth in reptiles: 273-320 (in) GANS, C. & POUGH, F.H. (eds.) *Biology of the Reptilia, Physiological Ecology*. Vol. 13. Academic Press, New York, USA.
- CARR, J.L. & ALMENDÁRIZ, A., 1990.- Contribución al conocimiento de la distribución geográfica de los quelonios del Ecuador occidental. *Politécnica*, 14 (3): 75-103.
- CARR, J.L. & GIRALDO, A., 2009.- *Rhinoclemmys nasuta* (Boulenger 1902), Large-Nosed Wood Turtle, Chochoan River Turtle (in) RHODIN, A.G.J., P.C.H. PRITCHARD, P.P. van DYKE, SAUMURE, R.A., BUHLMANN, K.A., IVERSON, J.B. & MITTERMEIER, R.A. (eds.) Conservation Biology of Freshwater Turtles and Tortoises: A Compilation Project of the IUCN/SSC Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Group. *Chelonian Research Monographs*, 5: 034.1-034.6.
- CARR, J.L., GIRALDO, A. & GARCÉS-RESTREPO, M.F., 2012.- *Rhinoclemmys nasuta* (Boulenger 1902): 315-322 (in) PÁEZ, V., MORALES-BETANCOURT, M.A., LASSO, C.A., CASTAÑO-MORA, O.V. & BOCK, B. (eds.) *Biología y Conservación de las Tortugas Continentales de Colombia*. Instituto de Investigación de los Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), Bogotá, Colombia.
- CASTAÑO-MORA, O.V. (ed.), 2002.- *Libro rojo de reptiles de Colombia*. Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales-Universidad Nacional de Colombia, Ministerio del Medio Ambiente, Conservación Internacional-Colombia. Bogotá, Colombia.
- CASTAÑO-MORA, O.V. & MEDEM, F., 1983.- Datos preliminares sobre la reproducción de *Rhinoclemmys melanosterna* Gray (Reptilia: Quelonía: Emydidae). *Lozania Acta Zoológica Colombiana*, 47: 1-6.
- CASTILLO-CENTENO, V.E., 1986.- Factores ecológicos y de mercado de la reproducción de *Rhinoclemmys pulcherrima* y *Kinosternon scorpioides* (Testudines: Emydidae y Kinosternidae) en Costa Rica: Trabajo de Grado, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- CORREDOR-LONDOÑO, G., AMOROCHO, D. & GALVIS-RIZO, C.A., 2006.- *Plan de Acción para la Conservación de las Tortugas Continentales y Marinas del Departamento del Valle del Cauca*. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC), Santiago de Cali, Colombia.
- CORREDOR-LONDOÑO, G., KATTAN, G., GALVIS-RIZO, C.A. & AMOROCHO, D., 2007.- *Tortugas del Valle del Cauca*. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC), Santiago de Cali, Colombia.
- EWERT, M.A., 1979.- The embryo and its egg: development and natural history: 333-413 (in) HARLESS, M. & MORLOCK, H. (eds.) *Turtles: Perspectives and Research*. John Wiley and Sons, New York, USA.
- GALVIS-RIZO, C.A. & CORREDOR-LONDOÑO, G., 2006.- *Evaluación del uso de las tortugas continentales en la costa Pacífica del Departamento del Valle del Cauca*. Fundación Zoológica de Cali, Santiago de Cali, Colombia.
- GIRALDO, A., GARCÉS-RESTREPO, M.F., CARR, J.L. & LOAIZA, J., 2012.- Tamaño y estructura poblacional de la Tortuga Sabalettera (*Rhinoclemmys nasuta*, Testudines: Geoemydidae) en un ambiente insular del Pacífico colombiano. *Caldasia*, 34 (1): 109-125.
- IPPI, S. & FLORES, V., 2001.- Las tortugas neotropicales y sus áreas de endemismo. *Acta Zoológica Mexicana*, 84: 49-63.
- MEDEM, F., 1962.- La distribución geográfica y ecología de los Crocodylia y Testudinata en el Departamento del Chocó. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 11: 279-303.
- MONGE-NÁJERA, J., MORERA, B. & CHÁVEZ, M., 1988.- Nesting behaviour of *Rhinoclemmys pulcherrima* in Costa Rica (Testudines: Emydidae). *Herpetological Journal*, 1: 308.
- PRITCHARD, P.C.H. & TREBBAU, P. 1984.- *The Turtles of Venezuela*. Society for the Study of Amphibians and Reptiles, Oxford, Ohio, USA.
- RANGEL-CH., J.O. & ARELLANO-P., H., 2004.- El Chocó Biogeográfico: ambiente físico: 39-82 (in) RANGEL-CH., J.O. (ed.) *Colombia Diversidad Biótica IV: El Chocó Biogeográfico/Costa Pacífica*. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- RHODIN, A.G.J. & CARR, J.L., 2009.- A quarter millennium of uses and misuses of the turtle name *Testudo scabra*: identification of the type specimens of *T. scabra* Linnaeus 1758 (= *Rhinoclemmys punctularia*) and *T. scripta* Thunberg in Schoepff 1792 (= *Trachemys scripta scripta*). *Zootaxa*, 2226: 1-18.
- SHINE, R. & IVERSON, J.B., 1995.- Patterns of survival, growth and maturation in turtles. *Oikos*, 72: 343-348.
- SPENCER, R.-J., 2002.- Growth patterns of two widely distributed freshwater turtles and a comparison of common methods used to estimate age. *Australian Journal of Zoology*, 50: 477-490.
- STEARNS, S.C., 1992.- *The Evolution of Life Histories*. Oxford University Press, New York, USA.

POPULATION ECOLOGY AND MORPHOMETRIC VARIATION OF THE CHOCOAN RIVER TURTLE (*Rhinoclemmys nasuta*) FROM TWO LOCALITIES ON THE COLOMBIAN PACIFIC COAST*

Mario Fernando Garcés-Restrepo¹, Alan Giraldo¹ & John L. Carr^{1,2}

Abstract

The Chocoan River Turtle, *Rhinoclemmys nasuta* (Geoemydidae), is a species of great importance due to its limited geographical distribution and threat status. In Colombia it is considered in the category data deficient (DD) and globally as a near-threatened species (NT). In this study we assessed the population density, variation in the demographic structure and population size, and morphometric variation in two localities. One island population has no human disturbance and the other, mainland locality is human-influenced. Population density was 6.3 times greater in the insular locality, which corresponds with the absence of some predators and human disturbance at this location. Additionally, there was no significant difference between localities in demographic structure and size classes, which may reflect that there is no removal of individuals for consumption or use as pets in the mainland population. On the other hand, body size was smaller on the island, a phenomenon that may be explained by a tendency of species to dwarfism in insular environments, or an effect of increased intraspecific competition. To clarify whether differences in population density and body size are attributable to island effects or to the difference in the degree of human disturbance between the two populations it will be necessary to sample at other locations on the mainland with different degrees of human disturbance. However, it is important to stress the importance of Isla Palma as a site for regional conservation of *R. nasuta*.

Key words: human disturbance, geographic isolation, population density, habitat degradation, morphometric variation, island effect.

ECOLOGÍA POBLACIONAL Y VARIACIÓN MORFOMÉTRICA DE LA TORTUGA DE RÍO CHOCOANA (*Rhinoclemmys nasuta*) EN DOS LOCALIDADES DE LA COSTA PACÍFICA DE COLOMBIA

Resumen

La Tortuga de río chocoana, *Rhinoclemmys nasuta* (Geoemydidae), es una especie de gran importancia para la conservación debido a su distribución geográfica limitada y a su estatus de amenaza, siendo considerada en la categoría de datos deficientes (DD) a nivel de Colombia y casi amenazada (NT) mundialmente. En este estudio se evaluó la densidad poblacional, la variación poblacional en estructura y tamaño, así como la variación morfológica en dos localidades. La primera localidad corresponde a una isla continental (Isla Palma) sin perturbación humana, y la otra localidad se encuentra en el continente y ha sido afectada por la perturbación humana. Como resultados se obtuvo una densidad poblacional 6,3 veces mayor en la localidad insular, debido a la ausencia de algunos predadores y de perturbación

* FR: 21-VIII-2012. FA: 4-V-2013.

¹ Universidad del Valle, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Departamento de Biología, Sección de Zoología, Grupo de Investigación en Ecología Animal. Calle 13 No. 100-00, Cali, Colombia. E-mail: mariofgarces@gmail.com; ecologia@univalle.edu.co

² University of Louisiana at Monroe, Department of Biology and Museum of Natural History, Monroe, Louisiana 71209-0520 USA.

humana. No se encontraron diferencias significativas en la estructura de la población a nivel de proporción de sexos o clases de tamaños, lo cual puede estar reflejando que no existe una remoción de individuos para el consumo o tráfico de mascotas en la localidad continental. Por otra parte, se evidenció una disminución del tamaño corporal en la isla, lo cual puede ser explicado por una tendencia al enanismo en islas de especies no territoriales o a un efecto de aumento de competencia intraespecífica. Para esclarecer si los cambios en densidad poblacional y tamaño corporal son generados por efecto insular o diferencias en grado de perturbación humana, es necesario realizar muestreos en otras localidades continentales con diferentes grados de perturbación humana. Sin embargo, cabe recalcar la importancia de la localidad de Isla Palma a nivel regional para la conservación de *R. nasuta*.

Palabras clave: perturbación humana, aislamiento geográfico, densidad poblacional, degradación del hábitat, variación morfométrica, efecto isla.

INTRODUCTION

On a global basis, many turtle species show declines in their populations due to a variety of causes that affect population viability, including habitat loss and degradation, introduction of invasive species, environmental pollution, disease and human exploitation (MITTERMEIER *et al.*, 1992; ARESO & DOBIE, 2000; CONVERSE *et al.*, 2005). Factors inherent to their biology, such as the slow recovery of populations from disturbance and delayed sexual maturity, add to the problems faced by turtle populations (CONGDON *et al.*, 1994; HEPPELL, 1998). The greatest threats that befall particular groups such as freshwater turtles are considered to be human disturbances such as habitat loss and fragmentation (MITCHELL & KLEMENS, 2000; CONVERSE *et al.*, 2005).

Colombia is no exception to these conservation problems for turtle populations. Of the 33 taxa of turtles covered in the Colombian Red Data book (CASTAÑO, 2002; RUEDA-ALMONACID *et al.*, 2007), six species are classified critically endangered (CR), six more are classified endangered (EN), six are considered vulnerable (VU), five near threatened (NT), four others are considered data deficient (DD) and the species *Batrachemys raniceps* is possibly extinct in the country. Despite the high diversity of turtles recorded in Colombia, systematic investigation of these species has been minimal. This situation highlights the need for conservation assessments and strategies for this group of organisms, which must start with knowledge of the basic biology of the species (MITTERMEIER *et al.*, 1992).

Among regions within Colombia with the least information about the biology and conservation of turtles is the Chocoan biogeographic region. The only comprehensive studies on this group were published 50 years ago (MEDEM, 1962). Several threats to turtles in this region are present; increased human settlement in the Chocoan region has led to an increase in the conversion of natural habitats, as well as intensification in the use of turtles as an alternative source of protein (CORREDOR-LONDOÑO *et al.*, 2006; CORREDOR-LONDOÑO *et al.*, 2007; GIRALDO *et al.*, 2012). Additionally, illegal traffic in pet turtles is high in this area; according to seizure data from the regional authorities, turtles are the most traded wildlife (CORREDOR-LONDOÑO *et al.*, 2007).

Among the freshwater turtles recorded in this area is the Chocoan River Turtle, *Rhinoclemmys nasuta* (Geoemydidae), a species of great importance due to its

limited geographical distribution in Colombia and Ecuador (CARR & GIRALDO, 2009). Furthermore, the fact it has been categorized as a near-threatened species globally (NT) by IUCN (2010) and data deficient (DD) in Colombia (CASTAÑO, 2002) make it an important species to study. This turtle is a small to medium-sized species (maximum carapace length of 229 mm) found in freshwater habitats (RUEDA-ALMONACID *et al.*, 2007; CARR & GIRALDO, 2009). We began studying an island population of *R. nasuta* in 2005 on Isla Palma, Bahía Málaga, in the Pacific coastal region of the Department of Valle del Cauca in Colombia (CARR & GIRALDO, 2009; CARR *et al.*, 2010; GIRALDO *et al.*, 2012). However, the population status, population structure and morphometrics of continental populations are unknown.

Islands populations of species frequently exhibit distinctive biological characteristics when compared to mainland populations. For instance, islands often have greater population densities due to the reduction of competitors and predators (MACARTHUR *et al.*, 1972). Isla Palma is protected from human disturbance within a military use area (GIRALDO *et al.*, 2012), so it is quite possible that population parameters present in the island population are not typical of what may be found in continental locations. In addition, the two populations of *R. nasuta* are reproductively isolated because the species is unable to cross the saltwater barrier. We wanted to assess any difference in external morphology that might be due to this geographic isolation, such as a difference in body size, which is a phenomenon found in many island populations in response to the historical, physical and biological characteristics of the islands (CASE, 1978; BOBACK, 2003; LOMOLINO, 2005). This study aims to determine the population status in a continental site and see if there are differences from the insular site based on the arguments put forward above.

MATERIALS AND METHODS

Isla Palma and Playa Chucheros belong to the Chocó biogeographic region, specifically to the Pacific coastal subregion; the vegetation type is classified as lowland, very moist tropical forest. The sites have a high rainfall of 7200 to 8500 mm annually, relative humidity of 90%, and an average temperature of 23.5 to 25.7° C (RANGEL-CH. & ARELLANO-P., 2004). These two sites are located in Bahía Málaga, in the central Pacific region of Colombia in the Department of Valle del Cauca (Figure 1). Playa Chucheros is located at the southern entrance of Bahía Málaga and Isla Palma in the North Bay outlet. Isla Palma has an area of 138 ha and is surrounded by uniformly distributed hard-rock cliffs and sandy beaches exposed only at low tide, with an elevation that varies from 6-15 m. Due to high rainfall and a rugged topography, there are numerous freshwater streams draining to the sea (GIRALDO *et al.*, 2012). The island of Isla Palma is used for a lighthouse by the Maritime Directorate General of Colombia (DIMAR), which gives it protection because hunting and logging are not allowed, and no one lives there permanently. On the nearby coast of the continent, we identified a population of *R. nasuta* at the locality Playa Chucheros. This locality has a backdrop of cliffs up to 18 meters in all directions, which are separated from the sea by a wide beach (CANTERA *et al.*, 1998). There is a population of more than 50 people who live off the exploitation of natural resources and tourism. The species is occasionally captured for food and there is a growing problem of loss of natural habitat due to timber harvesting for the expansion of hotel infrastructure and houses for the inhabitants.

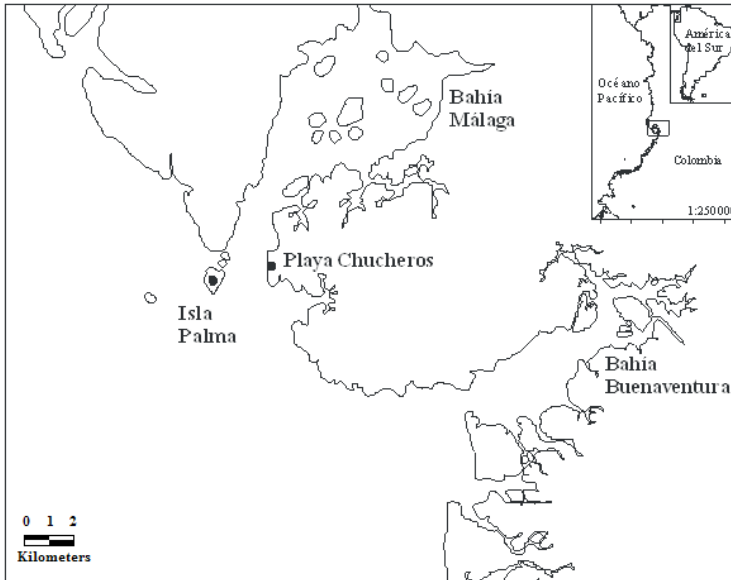


Figure 1. Geographic location of the two study sites.

For this study, we sampled each locality three times in 2007 at one month intervals: a capture event and two recapture events. Sampling was carried out in stream sections of variable length starting at the mouth. On Isla Palma we sampled five streams, with a total area studied of 0.40 ha. At Playa Chucheros, we sampled three streams with a total area of 0.18 ha. Specimens were collected between 2000 and 2400 hours by direct visual encounter; the animals collected were marked directly at the site of capture and transported to the camp in cloth bags, where we proceeded to take measurements and record data for each individual. We used the marking methodology proposed by CAGLE (1939) with some modifications (GIRALDO *et al.*, 2012).

We made 32 linear body measurements using a vernier caliper (0.01 mm), three curved measurements using a tape measure (1 mm), and weight (W) was recorded with a Pesola scale (10 g) for each individual (MEDEM, 1976; MERCHÁN, 2003; MERCHÁN *et al.*, 2005). The measurements included: straight median carapace length (LSMS); median curved carapace length (MCCL); maximum straight carapace length (MSCL); straight carapace width between the marginal 5-6 seams (SCW5-6); curved carapace width between the marginal 5-6 seams (CCW5-6); maximum straight carapace width (MSCW); length of vertebral scutes: (LV1), (LV2), (LV3), (LV4), (LV5); length of costal scutes: (LCo1), (LCo2), (LCo3), (LCo4); median straight plastron length (MSPL); curved plastron length (LCP); maximum straight plastron length (MaSPL); plastral seam lengths: gular (GSL), humeral (HSL), pectoral (PSL), abdominal (ASL), femoral (FSL), anal (AnSL); plastral seam widths: gular (GW),

humeral (HW), pectoral (PW), abdominal (AW), femoral (FW); bridge length (LB); shell height (SH); pre-cloacal tail length (TLPreCl); post-cloacal tail length (TLPosCl); and head width (HeW).

Population size was calculated using the program MARK, version 6.0 (WHITE & BURNHAM, 1999). We used a closed population model because the periods of capture were separated by only one month, and we used the AIC criterion to choose the best closed population model. Population density was calculated using the estimated number of turtles and the sampled area (WILLIAMS & PARKER, 1987; MILAM & MELVIN, 2001). We performed contingency table analyses to test whether there were differences in the proportional composition of demographic classes (males, females, juveniles) between localities (ZAR, 1999). Each individual's sex was determined based on the presence or absence of secondary sexual characteristics, i.e., pre-cloacal tail length, plastral concavity, body size (MEDEM, 1969; CARR & GIRALDO, 2009), or by primary sexual characteristics (palpation of eggs or eversion of the penis). Juveniles were those individuals that could not be assigned a gender on the basis of secondary sexual characteristics and were generally smaller than 140 mm LSMS. To further characterize population structure, turtles were assigned to four size demographic classes according to carapace length based on 20 mm intervals (LESCANO *et al.*, 2008), then we used contingency table analysis to evaluate differences between the proportional distribution of size classes in the two populations (ZAR, 1999). When preliminary comparisons via ANOVA yielded significant differences in all morphometric variables between males, females and juveniles, geographic variation was assessed with Mann-Whitney tests separately for males, females and juveniles. Similarly, we performed a principal components analysis to graphically detect the existence of groups. Principal components analysis was performed using the statistical module of the computer program STATISTICA 7.0 (STATSOFT, 2004). For morphometric analyses, we used additional data on four juveniles, eleven females and five males obtained during occasional visits to Playa Chucheros.

RESULTS

During the three visits to Isla Palma, we captured a total of 208 individuals of *R. nasuta*; 21 turtles were recaptured on one occasion and two were recaptured twice. We calculated an estimated population size of 624 ind (95% CI = 577.8–670.2; AIC = -1194.37; Model = p(t)c(.).N(.)) and a density of 1560 ind/ha. At Playa Chucheros, we captured 33 individuals for an estimated population size of 99 individuals (95% CI = 86.7–111.3; AIC = -91.25; Model = p(t)c(.).N(.)) and a density of 247.5 ind/ha. The estimated population density of the Isla Palma population is 6.3 times greater than that found at Playa Chucheros. The demographic classes we captured were 53 (26%) males, 71 (34%) females and 84 (40%) juveniles in the Isla Palma population and 9 (27%) males, 15 (46%) females and 9 (27%) juveniles at Playa Chucheros (Figure 2). The contingency table analysis indicated that the proportion of population classes is not significantly different between the two locations ($p = 0.326$). In terms of size-class composition for each of the demographic classes, there were no significant differences between the localities (males $p = 0.096$; females $p = 0.106$; juveniles $p = 0.962$) (Figure 3).

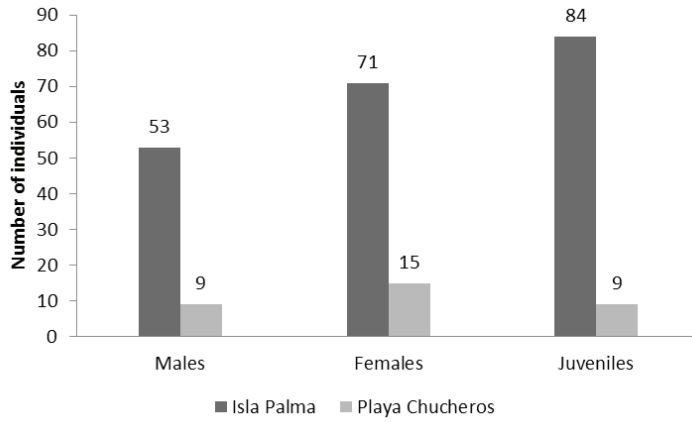


Figure 2. Frequency distribution for demographic classes of *Rhinoclemmys nasuta* (males, females and juveniles) at the two sites.

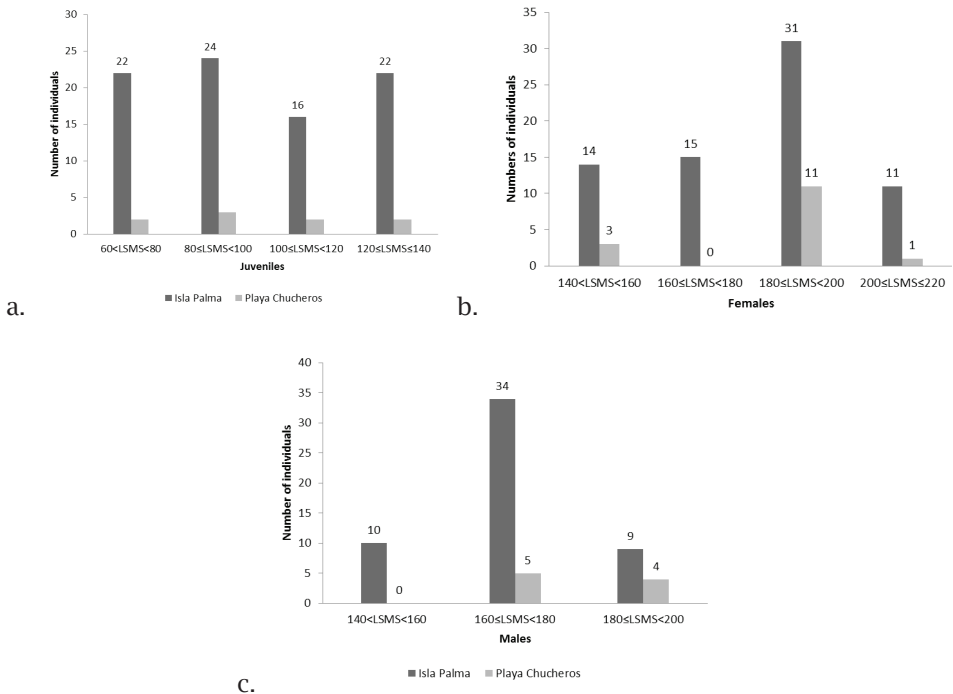


Figure 3. Size-class structure of the *Rhinoclemmys nasuta* populations at the two localities (a. juveniles; b. females; c. males).

In terms of morphometric variation, we found that juveniles in the two populations were not significantly different. Females at Playa Chucheros averaged larger than those in the Isla Palma population, however this difference was significant for only six variables (MCCL, LV1, LCo3, ASL, SH, HEW). This pattern of variation indicates that Playa Chucheros females have a greater volume (greater height and width) than Isla Palma females. Males showed the greatest difference between localities, with 21 of the 35 variables assessed having the highest averages for individuals at Playa Chucheros (Table 1). Graphically, the principal components analysis shows no distinguishable grouping by demographic classes related to the sites (Figure 4).

Table 1. Average values for the morphometric variables evaluated and compared by Mann-Whitney tests (U prob.) for males, females and juveniles (only variables with significant differences are shown, marked with bold, $p < 0.05$).

Morphometric variables	Females			Males			Juveniles		
	Isla Palma	Playa Chucheros	U Prob.	Isla Palma	Playa Chucheros	U Prob.	Isla Palma	Playa Chucheros	U Prob.
LSMS	180.54	186.83	0.1183	149.32	158.69	0.0064	99.08	98.29	0.9611
MSCL	185.72	190.23	0.2573	151.97	163.58	0.0039	100.80	99.26	0.9197
SCW5-6	130.62	132.25	0.5592	103.63	109.86	0.0148	75.87	76.41	0.8127
MSCW	132.64	139.50	0.266	107.58	112.79	0.0064	77.67	77.91	0.9778
MaSPL	173.61	177.03	0.3532	137.52	144.44	0.0233	89.32	87.49	0.8344
SH	62.73	69.51	0.0028	49.15	56.43	0.0001	32.78	34.99	0.4109
TLPreCl	19.11	21.39	0.0860	25.75	28.73	0.0350	9.41	7.93	0.7591
W	774.38	882.60	0.0514	392.15	511.11	0.0013	142.68	133.56	0.8837
MCCL	187.63	198.43	0.0162	154.81	169.69	0.0059	101.82	92.04	0.8123
CCW5-6	158.98	161.04	0.4214	129.00	138.99	0.0066	88.52	92.56	0.4531
LV1	30.44	33.15	0.0438	24.97	27.04	0.0475	17.38	17.98	0.4952
LV3	35.52	37.34	0.1225	28.05	31.38	0.0005	22.31	19.40	0.6224
LV4	34.54	36.41	0.2973	27.33	33.18	0.0002	19.21	19.94	0.5232
LV5	25.29	26.62	0.1995	22.89	24.99	0.0236	14.23	14.41	0.8018
LCo1	36.02	38.27	0.0905	27.35	30.69	0.0385	18.70	19.08	0.6944
LCo2	37.80	39.39	0.1564	30.29	33.13	0.0046	20.60	21.08	0.5751
LCo3	39.69	42.99	0.0211	32.82	34.98	0.0660	21.49	22.61	0.4605
LCP	166.11	171.07	0.1647	130.48	136.77	0.0350	85.88	86.00	0.9394
ASL	43.02	47.81	0.0087	33.18	39.64	0.0002	21.55	21.66	0.9776
GW	22.80	24.99	0.2799	18.18	20.39	0.0103	12.74	15.73	0.0700
AW	39.79	44.01	0.4873	30.22	32.50	0.0149	21.28	27.06	0.3648
HeW	28.02	29.76	0.0087	23.80	26.58	0.0006	16.75	17.90	0.3720

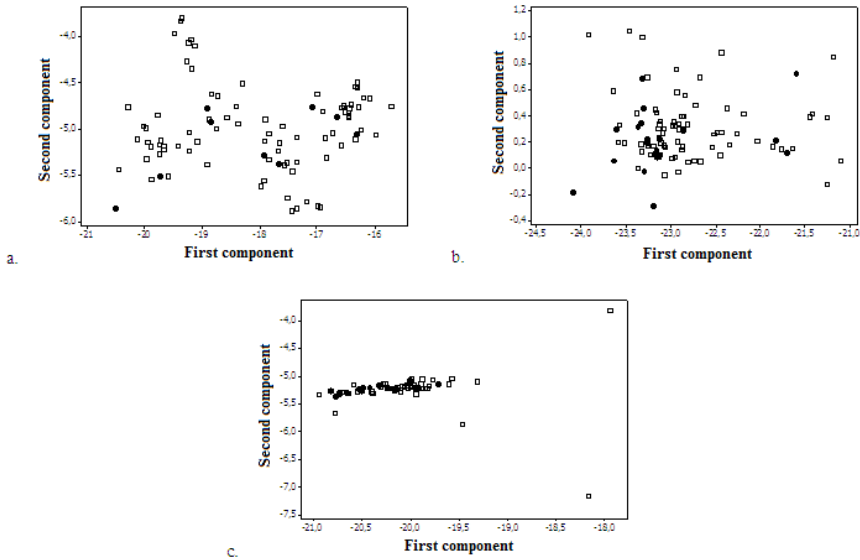


Figure 4. Two-dimensional plots of the first two principal components of 35 morphometric variables for juveniles (a), females (b) and males (c) from two localities. Black spots indicate individuals from Playa Chucheros and white squares individuals from Isla Palma.

DISCUSSION

We think that the difference in population densities in the two locations may be due to two factors, one is the island effect and the other is the difference in the degree of human disturbance. The theory of island biogeography predicts a decrease in species diversity depending on the size of the island and its distance from the mainland (MACARTHUR & WILSON, 1967); this decrease in diversity is often accompanied by high population densities of some species compared to those found in similar habitats on the mainland (MACARTHUR *et al.*, 1972; GEORGE, 1987; PERES & DOLMAN, 2000). This phenomenon has been explained by many hypotheses, including: the reduction in interspecific competition and predation (MACARTHUR & WILSON, 1967; NILSSON *et al.*, 1985; GEORGE, 1987); differences between island and mainland habitats (GEORGE, 1987), niche expansion (NILSSON, 1977); concentration of resources (CONNOR *et al.*, 2000); reduced dispersal (MACARTHUR *et al.*, 1972); and precise genetic adaptation to local conditions by reduced migration (EMLEN, 1979). In the specific case of *R. nasuta* its increase in population density on Isla Palma may be due to decreased predation since predators such as large mammals and crocodilians are absent; additionally there is less snake diversity than in continental locations (GIRALDO *et al.*, 2012). This same explanation has been the factor used to hypothesize population increases of some species of turtles on islands (LANGTIMM *et al.*, 1996; VOGT *et al.*, 2009).

It is well documented that continental turtles are affected by habitat degradation due to loss of required resources for the species and human overexploitation

(MITTERMEIER *et al.*, 1992; GIBBONS *et al.*, 2000). However, based on our observations, we consider the effect of overexploitation of this species to be insignificant for the Playa Chucheros locality because people in the community do not use traps and do not frequent the streams at night for fear of snake bite accidents; therefore the nocturnal habits of this species limit encounters with humans. This observation is supported by the lack of a difference in the proportion of each size class between the two populations for males and females, which represent the larger size classes that are most desirable for consumption (Figure 3) (Table 1). Therefore, habitat degradation is the most likely explanation for the difference in population density between these two study sites. The isolation of an environment such as Isla Palma, where habitat disturbance is minimal as compared to Playa Chucheros, which has increasing conversion of habitat that includes logging close to our sampled streams, may have generated the large difference in population size and density we observed.

The structure of chelonian populations responds to changes of intrinsic factors such as migration of individuals and differential predation (MARTINS & SOUZA, 2009); however, the factor involved to the greatest degree in changes of population structure is human exploitation, with individuals being extracted for consumption or used as pets (RAMO, 1982; FACHÍN-TERÁN & VOGT, 2004). Apparently, because there was relatively little removal of individuals from the impacted mainland locality, we found no significant differences in demographic and size classes between the two populations.

Body size is a life history characteristic of a species that may be associated with multiple factors (BLACKBURN & GASTON, 1997; BOBACK, 2003); considering that one of our localities is an insular site, the island effect should be taken into account. One of the most notable changes in the morphometry of populations on islands is body size as has been recorded in several groups of animals, e.g., large mammals (ROTH, 1993), rodents (PERGAMS & ASHLEY, 1999), snakes (BOBACK, 2003), turtles (GIBBONS *et al.*, 1979), birds (CLEGG *et al.*, 2002 and mammals (ADLER & LEVINS, 1994). Island populations may exhibit a trend toward increase or decrease in body size depending on the environmental characteristics of the island or the particular characteristics of life history of the species (CASE, 1978; ROTH, 1993; BOBACK, 2003; LOMOLINO, 2005). The effect of human exploitation on turtle populations is a decrease in average body size, as compared to communities without exploitation (CLOSE & SEIGEL, 1997; BERNAL *et al.*, 2004; GAMBLE & SIMONS, 2004).

In this study we recorded a smaller average body size for males and females in the island population, with a more pronounced trend in males. This is the opposite of what would be expected if human overexploitation was the cause of the differences between the populations. The larger males and females in the population at Playa Chucheros may be a consequence of the relative lack of recruitment of juveniles into the male and female categories over a number of years. The aging adult population should exhibit a larger average size where there is little exploitation of the population. On the other hand, the cause of a decrease in body size of a species on an island can occur in species that are not territorial (CASE, 1978), as is the case of *R. nasuta*. This phenomenon can be explained by increased intraspecific competition in the island environment where the turtle population density was high (LANDA & SKOGLAND, 1995; NAVARRETE & MENGE, 1997). Many organisms have large body sizes at low population densities because each individual has plentiful

resources available; however when population density increases resources are more scarce and the population may have a smaller body in order to reduce resource needs (SKOGLAND, 1983; ALUNNO-BRUSCIA *et al.*, 2000).

In turtles, body proportion variation among populations that differ in habitat (ROWE, 1997), or with long geographical isolation (YASUKAWA *et al.*, 1996) have been found. Morphometric differences between the two populations found in this study appear only in size, without a significant change in body proportions. The lack of such differences may be because there is no difference in the type of habitats between the sites. Another possibility is that the genetic drift caused by physical isolation over time has been insufficient to generate morphological differentiation (CLEGG *et al.*, 2002).

With the current data it is impossible to resolve whether the island effect, through a reduction in interspecific competition and predation, or a reduction of human disturbance, or the synergy of these two factors has led to the differences in population density and body size detected between our mainland and island populations of *R. nasuta*. Sampling from other mainland locations that vary in degree of human disturbance may help resolve the important factors affecting population dynamics in this region. Despite this, the results obtained in this study emphasize the importance of Isla Palma as a site for conservation and research of the densest known population of *R. nasuta*.

ACKNOWLEDGMENTS

We thank all those who contributed to our many sampling campaigns; especially biologists Bellineth Valencia, Andrés Quintero and Nataly Calvo. We thank the Dirección General Marítima (DIMAR) for permission to work on Isla Palma and the residents of Playa Chucheros, who kindly cooperated within their means and made the working conditions more pleasant. The Universidad del Valle, the Grupo de Investigación en Ecología Animal of Univalle and COLCIENCIAS, as well as the Turtle Research Fund from Turtle Survival Alliance (TSA) and the University of Louisiana at Monroe, partially financed this work. Mario Garcés is a student of the Master of Science program in Biology of the Universidad del Valle and he was supported by the graduate program through a teaching assistantship during this research.

BIBLIOGRAPHY

- ADLER, G.H. & LEVINS, R., 1994.- The island syndrome in rodent populations. *Quarterly Review of Biology*, 69 (4): 473-490.
- ALUNNO-BRUSCIA, M., PETRAITIS, P.S., BOURGET, E. & FRÉCHETTE, M., 2000.- Body size-density relationship for *Mytilus edulis* in an experimental food-regulated situation. *Oikos*, 90 (1): 28-42.
- ARESCO, M. & DOBIE, J., 2000.- Variation in shell arching and sexual size dimorphism of river cooters, *Pseudemys concinna* from two river systems in Alabama. *Journal of Herpetology*, 34: 313-317.
- BERNAL, M., DAZA, J.M. & PÁEZ, V.P., 2004.- Ecología reproductiva y cacería de la tortuga *Trachemys scripta* (Testudinata: Emydidae), en el área de la Depresión Momposina, norte de Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 52: 229-238.
- BLACKBURN, T.M. & GASTON, K.J., 1997.- A critical assessment of the form of the interspecific relationship between abundance and body size in animals. *Journal of Animal Ecology*, 66 (2): 233-249.
- BOBACK, S.M., 2003.- Body size evolution in snakes: evidence from island populations. *COPEIA*, : 81-94.
- CAGLE, F.R., 1939.- A system of marking turtles for future identification. *COPEIA*, 1939: 170-173.
- CANTERA-K., J.R., NEIRA-O., R. & RICAURTE, C., 1998.- *Bioerosión en la Costa Pacífica Colombiana: Un estudio*

- de la biodiversidad, la ecología y el impacto humano de los animales destructores de los acantilados rocosos. Fondo José Celestino Mutis, FEN, Bogotá.
- CARR, J.L. & GIRALDO, A., 2009.- *Rhinoclemmys nasuta* (Boulenger 1902), Large-Nosed Wood Turtle, Chococo River Turtle: 034.1-034.6 (in) RHODIN, A.G.J., PRITCHARD, P.C.H., VAN DYKE, P.P., SAUMURE, R.A., BUHLMANN, K.A., IVERSON, J.B. & MITTERMEIER, R.A. (eds.) *Conservation Biology of Freshwater Turtles and Tortoises: A Compilation Project of the IUCN/SSC Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Group*. Chelonian Research Monographs.
- CARR, J.L., GARCÉS, M.F., QUINTERO-ÁNGEL, A. & GIRALDO, A., 2010.- *Rhinoclemmys nasuta* (Chococo River Turtle). Diet and feeding behavior. *Herpetological Review*, 41(3): 347-348.
- CASE, T.J., 1978.- A general explanation for insular body size trends in terrestrial vertebrates. *Ecology*, 59: 1-18.
- CASTAÑO, O.V., 2002.- *Libro rojo de reptiles de Colombia*. Instituto de Ciencias Naturales - Ministerio del Medio Ambiente - Conservación Internacional, Bogotá, Colombia.
- CLEGG, S.M., DEGNAN, S.M., MORTZ, C., ESTOUP, A., KIKKAWA, J. & OWENS, I.P.F., 2002.- Microevolution in island forms: the roles of drift and directional selection in morphological divergence of a passerine bird. *Evolution*, 56: 2090-2099.
- CLOSE, L.M. & SEIGEL, R.A., 1997.- Differences in body size among populations of Red-eared sliders (*Trachemys scripta elegans*) subjected to different levels of harvesting. *Chelonian Conservation and Biology*, 2: 563-566.
- CONGDON, J.D., DUNHAM, A.E. & VAN LOBEN SELS, R.C., 1994.- Demographics of common snapping turtles (*Chelydra serpentina*): implications for conservation and management of long-lived organisms. *American Zoologist*, 34: 397-408.
- CONNOR, E.F., COURTNEY, A.C. & YODER, J.M., 2000.- Individuals-area relationships: the relationship between animal population density and area. *Ecology*, 81: 734-748.
- CONVERSE, S.J., IVERSON, J.B. & SAVIDGE, J.A., 2005.- Demographics of an ornate box turtle population experiencing minimal human-induced disturbances. *Ecological Applications*, 15: 2171-2179.
- CORREDOR-LONDOÑO, G., AMOROCHO, D. & GALVIS-RIZO, C.A., 2006.- *Plan de Acción para la Conservación de las Tortugas Continentales y Marinas del Departamento del Valle de Cauca*. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC), Santiago de Cali, Colombia.
- CORREDOR-LONDOÑO, G., KATTAN, G., GALVIZ, C.A. & MOROCHO, D., 2007.- *Tortugas del Valle del Cauca*. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC), Cali, Colombia. 74p.
- EMLEN, J.T., 1979.- Land bird densities on Baja California islands. *Auk*, 96: 152-167.
- FACHÍN-TERÁN, A. & VOGT, R.C., 2004.- Estrutura populacional, tamanho e razão sexual de *Podocnemis unifilis* (Testudines, Podocnemididae) no rio Guaporé (RO), norte do Brasil. *Phyllomedusa*, 3: 29-42.
- GAMBLE, T. & SIMONS, A.M., 2004.- Comparison of harvested and nonharvested painted turtle populations. *Wildlife Society Bulletin*, 32: 1269-1277.
- GEORGE, T.L., 1987.- Greater land bird densities on island vs. mainland: relation to nest predation level. *Ecology*, 68: 1393-1400.
- GIBBONS, J.W., KEATON, G.H., SCHUBAUER, J.P., GREENE, J.L., BENNETT, D., MCAULIFFE, J. & SHARITZ, R.R., 1979.- Unusual population size structure in freshwater turtles on barrier islands. *Georgia Journal of Science*, 37: 155-159.
- GIBBONS, J.W., SCOTT, D.E., RYAN, T.J., BUHLMANN, K.A., TUBERVILLE, T.D., METTS, B.S., GREENE, J.L., MILLS, T., LEIDEN, Y., POPPY, S. & WINNE, C.T., 2000.- The global decline of reptiles, déjà vu amphibians. *BioScience*, 50: 653-666.
- GIRALDO, A., GARCÉS-RESTREPO, M.F., CARR, J.L. & LOAIZA, J., 2012.- Tamaño y estructura poblacional de la tortuga sabaletera (*Rhinoclemmys nasuta*, Testudines: Geoemydidae) en un ambiente insular del Pacífico colombiano. *Caldasia*, 34 (1): 109-125.
- HEPPELL, S., 1998.- Application of life-history theory and population model analysis to turtle conservation. *COPEIA*, 1998: 367-375.
- IUCN, 2010.- IUCN Red List of Threatened Species. Version 2010.4. <http://www.iucnredlist.org/> (Downloaded on 05 February 2011).
- LANDA, A. & SKOGLAND, T., 1995.- The relationship between population density and body size of wolverines in Scandinavia. *Wildlife Biology*, 1: 165-175.
- LANGTIMM, C.A., DODD, C.K. & FRANZ, R., 1996.- Estimates of abundance of box turtles (*Terrapene carolina bauri*) on a Florida island. *Herpetologica*, 52: 496-504.
- LESCANO, J.N., BONINO, M.F. & LEYNAUD, G.C., 2008.- Density, population structure and activity pattern of *Hydromedusa tectifera* (Testudines-Chelidae) in a mountain stream of Córdoba province, Argentina. *Amphibia-Reptilia*, 29: 505-512.
- LOMOLINO, M.V., 2005.- Body size evolution in insular vertebrates: generality of the island rule. *Journal of Biogeography*, 32: 1683-1699.
- MACARTHUR, R.H., & WILSON, E.O., 1967.- *The Theory of Island Biogeography*. Princeton Univ. Press, Princeton, New Jersey.
- MACARTHUR, R.H., DIAMOND, J.M. & KARR, J.R., 1972.- Density compensation in island faunas. *Ecology*, 53: 330-342.
- MARTINS, F.I. & SOUZA F.L., 2009.- Demographic parameters of the Neotropical freshwater turtle *Hydromedusa maximiliani* (Chelidae). *Herpetologica*, 65:82-91.

- MEDEM, F., 1962.- La distribución geográfica y ecológica de los Crocodylia y Testudinata en el departamento del Chocó. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 11 (44): 279-342.
- MEDEM, F., 1976.- Recomendaciones respecto a contar el escamado y tomar las dimensiones de nidos, huevos y ejemplares de los Crocodylia y Testudines. *Lozanía*, 20: 1-17.
- MERCHÁN, M., 2003.- *Contribución al conocimiento de la biología de la Tortuga Negra (Rhinoclemmys funerea) y la Tortuga Roja (R. pulcherrima manni) en Costa Rica*. Tesis de Doctorado, Universidad Complutense de Madrid.
- MERCHÁN, M., COLL, M. & FOURNIER, R., 2005.- Macromorfometría de juveniles de *Geochelone sulcata* (Testudines: Testudinidae) en Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 53 (1-2): 213-225.
- MILAM, J.C. & MELVIN, S.M., 2001.- Density, habitat use, movements, and conservation of spotted turtles (*Clemmys guttata*) in Massachusetts. *Journal of Herpetology*, 35 (3): 418-427.
- MITCHELL, J.C. & KLEMENS, M.W., 2000.- Primary and secondary effects of habitat alteration: 5-32 (in) KLEMENS, M.W. (ed.) *Turtle Conservation*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C., USA.
- MITTERMEIER, R.A., CARR, J.L., SWINGLAND, I.R., WERNER, T.B. & MAST, R.B., 1992.- Conservation of amphibians and reptiles: 59-80. (in) ADLER, K. (ed.), *Herpetology; Current Research on the Biology of Amphibians and Reptiles*. Society for the Study of Amphibians and Reptiles.
- NAVARRETE, S.A. & MENGE, B.A., 1997.- The body size-population density relationship in tropical rocky intertidal communities. *Journal of Animal Ecology*, 66 (4): 557-566
- NILSSON, S.G., 1977.- Density compensation and competition among birds breeding on small islands in a South Swedish lake. *Oikos*, 28: 170-176.
- NILSSON, S.G., BJORKMAN, C., FORSLUND, P. & HOGLUND, J., 1985.- Egg predation in forest bird communities on islands and mainland. *Oecologia*, 66: 511-515.
- PERES, C.A. & DOLMAN, P.M., 2000.- Density compensation in neotropical primate communities: evidence from 56 hunted and nonhunted Amazonian forests of varying productivity. *Oecologia*, 122 (2): 175-189.
- PERGAMS, O.R.W. & ASHLEY, M.V., 1999.- Rapid morphological change in Channel Island deer mice. *Evolution*, 53: 1573-1581.
- RAMO, C., 1982.- Biología del galápagos (*Podocnemis vogli* Muller, 1935) en el hato "El Frio" Llanos de Apure (Venezuela). *Doñana, Acta Vertebrata*, 9: 1-161.
- RANGEL-CH., J.O. & ARELLANO-P., H., 2004.- El Chocó Biogeográfico: Ambiente Físico: 39-82. (in) RANGEL-CH., J. (ed.) *Colombia Diversidad Biótica IV El Choco Biogeográfico/Costa Pacífica*. Instituto de Ciencias Naturales, Bogotá D.C., Colombia.
- ROTH, V.L., 1993.- Dwarfism and variability in the Santa Rosa Island mammoth (*Mammuthus exilis*): An interspecific comparison of limb-bone sizes and shapes in elephants: 433-442 (in) HOCHBERG, F.G. (ed.) *Third California Islands Symposium*. Santa Barbara Museum of Natural History.
- ROWE, J., 1997.- Growth rate, body size, sexual dimorphism and morphometric variation in four populations of painted turtles (*Chrysemys picta bellii*) from Nebraska. *American Midland Naturalist*, 138 (1): 174-188.
- RUEDA-ALMONACID, J.V., CARR, J.L., MITTERMEIER, R.A., RODRÍGUEZ-MAHECHA, J.V., MAST, R.B., VOGT, R.C., RHODIN, A.G.J., DE LA OSSA-VELÁSQUEZ, J., RUEDA, J.N. & MITTERMEIER, C.G., 2007.- *Las tortugas y los cocodrilianos de los países andinos del trópico*. Conservación Internacional, Bogotá, Colombia.
- SKOGLAND, T., 1983.- The effect of density-dependent resource limitation on size of wild reindeer. *Oecologia*, 60: 156-168.
- STATSOFT., 2004.- *Statistica*, Version 7. Statsoft, Inc., Tulsa, OK.
- VOGT, R.C., PLATT, S.G. & RAINWATER, T.R., 2009.- *Rhinoclemmys areolata* (Duméril & Bibron 1851), Furrowed Wood Turtle, Black-bellied Turtle, Mojena: 022.1-022.7 (in) RHODIN, A.G.J., PRITCHARD, P.C.H., VAN DYKE, P.P., SAUMURE, R.A., BUHLMANN, K.A., IVERSON, J.B. & MITTERMEIER, R.A. (eds.) *Conservation Biology of Freshwater Turtles and Tortoises: A Compilation Project of the IUCN/SSC Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Group*. Chelonian Research Monographs.
- WHITE, G.C. & BURNHAM, K.P., 1999.- Program MARK: Survival estimation from populations of marked animals. *Bird Study*, 46: 120-138.
- WILLIAMS, E.C., Jr. & PARKER, W.S., 1987.- A long-term study of a box turtle (*Terrapene carolina*) population at Allee Memorial Woods, Indiana, with emphasis on survivorship. *Herpetologica*, 43: 328-335.
- YASUKAWA, Y., OTA, H. & IVERSON, J.B., 1996.- Geographic variation and sexual size dimorphism in *Mauremys mutica* (Cantor, 1842) (Reptilia: Bataguridae), with description of a new subspecies from the Southern Ryukus, Japan. *Zoological Science*, 13: 303-317.
- ZAR, J.H., 1999.- *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall, New Jersey. 663p.

ZOOLOGÍA INVERTEBRADOS

Invertebrate Zoology



FORÊT DE PALMIERS DU TOTCHESITO

(Dessiné par M. PARENT, d'après un croquis de M. le vicomte BLIN DE BOISSON.)

DIVERSIDAD DE ESCARABAJO CARABIDAE Y SCARABAEIDAE DE UN BOSQUE TROPICAL EN EL MAGDALENA MEDIO COLOMBIANO*

Miguel Uribe L.¹ y Luis Fernando Vallejo E.²

Resumen

La Reserva Natural Río Manso del municipio de Norcasia (Caldas), es un bosque seco tropical con transición a húmedo de excepcional valor ecológico. En este trabajo se resume su potencial para justificar su conservación y manejo, seleccionando dos grupos de insectos del orden Coleoptera de las familias Scarabaeidae (coprófagos de la subfamilia Scarabaeinae) y Carabidae como modelos para el diagnóstico de la calidad de este ecosistema. Los métodos empleados incluyeron trampas de caída (*pitfall*), trampas de luz negra, redes de intercepción, redes entomológicas y colecta manual. La recolección del material entomológico se inició en diciembre de 2010 y concluyó en diciembre de 2011. Los resultados permitieron comparar el bosque con un ecosistema intervenido antrópicamente (potrero) a través de índices de diversidad alfa y beta. En las muestras se encontraron doce especies de la subfamilia Scarabaeinae y cuatro morfoespecies; la tribu Dichotomiini representada por los géneros *Ateuchus*, *Canthidium*, *Dichotomius* y *Ontherus* fue la más diversa, mientras la tribu Eurysternini la contrastó con el género *Eurysternus* y una única especie: *E. foedus*. La familia Carabidae estuvo representada por diez géneros ubicados en ocho tribus, el género más abundante fue *Calosoma* a diferencia de *Agra* que presentó un único espécimen. La diversidad alfa (α) para el bosque fue de $\alpha = 16$, mientras que para el potrero presentó un valor de $\alpha = 6$. La diversidad beta para el potrero y para el bosque alcanzó un valor de 62,5%.

Palabras clave: Scarabaeinae, Carabidae, Reserva Río Manso.

DIVERSITY OF CARABIDAE AND SCARABAEIDAE BEETLES OF A TROPICAL FOREST IN THE MIDDLE MAGDALENA REGION IN COLOMBIA

Abstract

The Río Manso natural reserve in the municipality of Norcasia (Department of Caldas), is a tropical dry forest with transition to wet forest with exceptional ecological value. This paper summarizes the potential to justify their conservation and management selecting two groups of Coleoptera insects from the Scarabaeidae (dung beetles of the Scarabaeinae subfamily) and Carabidae families as models for the diagnosis of quality in this ecosystem. The methods used included pitfall traps,

* FR: 27-III-2013. FA: 23-IX-2013.

¹ Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Caldas. Manizales, Colombia. E-mail: migueluribe40@gmail.com

² Profesor Asociado, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Caldas. Manizales, Colombia. A. A. 275. E-mail: luis.vallejo_e@ucaldas.edu.co

black light traps, interception nets, entomological nets and hand collection. The entomological material collection took place from December 2010 to December 2011. The results allowed comparing the forest with anthropically treated system (pasture) through alpha and beta diversity indexes. In the samples there were twelve species of the Scarabaeinae subfamily and four morph species; the Dichotomiini tribe represented by the genus *Ateuchus*, *Canthidium*, *Dichotomius* and *Ontherus* was the most diverse, while the *Eurysternini* tribe contrasted with the *Eurysternus* genus and an only species: *E. foedus*. The Carabidae family was represented by ten genera located in eight tribes; the most abundant genus was *Calosoma* in contrast to Agra that presented an only specimen. Alpha diversity (α) for the forest was $\alpha = 16$, while for the pasture presented a value of $\alpha = 6$. Beta diversity for the pasture and forest was 62.5%

Key words: Scarabaeinae, Carabidae, Manso River reserve.

INTRODUCCIÓN

Una de las mayores amenazas para el futuro del planeta tierra es la deforestación de sus bosques que se encogen vertiginosamente. En el último siglo han desaparecido más de la mitad de estos como resultado del desarrollo de las tierras, la agricultura, la explotación de la madera, las quemas y los daños resultantes de las sequías (DE DUVE, 1999). El Bosque-Selva Tropical, el último refugio de la diversidad biológica, es a ciencia cierta el ecosistema más susceptible al daño originado por la actividad humana dada su compleja estructura y el fuerte endemismo de las especies vegetales y animales que lo habitan (MYERS, 1992; MENDOZA, 1999; MYERS *et al.*, 2000).

Solo dos bosques con las características seco tropical con transición a húmedo, subsisten en el departamento de Caldas como reservas naturales, la Reserva Natural Río Manso (RNRM) y el Bosque Selva de Florencia, ambos conectados por corredores ecológicos con una excepcional riqueza biológica y aparentemente poca intervención antrópica; hacen parte del patrimonio vivo y consecuentemente científico del país.

A pesar de que en la RNRM se adelantan importantes proyectos ambientales, tales como protección, recuperación, y conservación de nacimientos de agua, ríos y quebradas, protección de especies de flora y fauna y consolidación de su potencial como banco genético, pocos estudios que relacionen su entomofauna se han llevado a cabo. Salvo algunos muestreos locales con escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) (ARANGO & MONTES, 2009) no existen registros para este lugar.

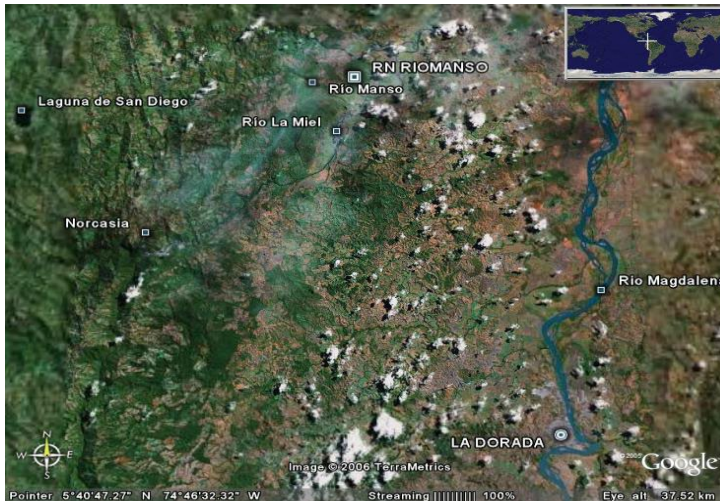
Las familias Carabidae (Coleoptera: Adepaga) y Scarabaeidae, dos de los grupos entomológicos seleccionados en este estudio por sus cualidades ecológicas, reúnen varios de los requisitos como modelos para interpretar fenómenos de intervención antrópica (STRAHS, 1969; MARTÍNEZ, 2005b). Comúnmente los Carabidae son solitarios y de naturaleza depredadora con diversas especializaciones, algunas especies son parasitoides de pupas de escarabajos acuáticos (Gyrinidae, Dytiscidae e Hydrophilidae) como los del género *Brachinus* (MARTÍNEZ, 2005b; SASKA &

HONEK, 2012), otras especies habitan en estructuras muy especializadas como cavernas o dentro de cortezas u oquedades formadas por raíces de árboles en el suelo (LIMA, 1952; PARDO-LOCARNO *et al.*, 1991; CAMERO-RUBIO, 2003; LAROCHELLE & LARIVIÈRE, 2003; ESTRADA & SALAZAR, 2004; MARTÍNEZ, 2005b); igualmente los escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae), son reconocidos por su asociación con excremento y/o carroña de mamíferos y otros vertebrados, estrategias de aprovechamiento del sustrato como su recurso alimenticio y reproductivo (MEDINA *et al.*, 2001; MURILLO *et al.*, 2009; SCHOLTZ *et al.*, 2009; CONCHA-LOZADA *et al.*, 2010).

MATERIALES Y MÉTODOS

Características de la zona de estudio

La RNRM está ubicada a una altitud de 180-220 msnm, en las coordenadas $5^{\circ}40'38,90''N - 70^{\circ}46'28,65''W$ en el municipio de Norcasia al nororiente del departamento de Caldas en la vertiente oriental de la Cordillera Central (Figura 1). Limita al norte con el departamento de Antioquia de donde recibe la influencia del valle del río Magdalena, y la vertiente occidental de la Cordillera Central. Está bordeada al noroccidente por el río Manso, al oriente por el río Samaná y al sur por el río La Miel; abarca 481 ha constituidas en gran medida por grandes potreros arbolados, pastizales para el pastoreo, humedales y un remanente de bosque de 108 ha rodeado de parches de rastrojo en proceso de sucesión. Ecológicamente se ubica en una zona de transición hacia bosques secos, siendo este sector el más al sur del sistema Biogeográfico del Magdalena Medio y zona de hibridación con elementos del alto Magdalena y el Chocó Biogeográfico (HOLDRIDGE, 1982; CORPOCALDAS, 2012).



Fuente: Google.

Figura 1. Fotografía satelital de la Reserva Natural Río Manso.

Captura de material entomológico

Para esta investigación se seleccionaron dos grandes grupos del Orden Coleoptera, la familia Scarabaeidae (Subfamilia Scarabaeinae) y la familia Carabidae. Se incluyeron arbitrariamente los sitios de muestreo, prefiriendo aquellos ambientes y zonas representativas de la Reserva (13 sitios), durante trece meses entre diciembre de 2010 hasta diciembre de 2011 cuando se realizó la recolección de las muestras entomológicas.

Se utilizaron varios métodos de captura: trampas de luz negra, trampas de caída (*pitfall*) trampas de intercepción y muestreo manual.

Las trampas de caída se instalaron en cada uno de los 13 sitios, en un cuadro constituido por cinco recipientes plásticos (como el número cinco del dado); cada sitio estuvo separado a 40 m de distancia de la siguiente manera: tres sitios se instalaron en el potrero, los restantes diez desde el perímetro del bosque hasta el centro de éste. Los recipientes se cebaron con excremento de porcino y humano, y pescado en descomposición dependiendo de la disponibilidad de cada uno.

Se instaló una trampa de intercepción dentro del bosque, esta se monitoreó cada mes durante la primera semana y a lo largo de los trece meses del trabajo de campo. Simultáneamente, se instalaron dos trampas de luz con dispositivo de encendido automático en la entrada del bosque, estas funcionaron desde las 18:00 h hasta las 06:00 h del día siguiente y se revisaron cada semana desde el comienzo hasta el final de la labor de campo.

ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Procesamiento e identificación del material entomológico

El material colectado se empacó en bolsas de polietileno (tipo *ziploc*), con su respectivo rótulo (fecha, sitio exacto, planta hospedante, altura sobre el nivel del mar, zona de vida, colector) y posteriormente se envió al Laboratorio de Entomología de la Universidad de Caldas (LEUC) donde los ejemplares se limpiaron, disecaron, rotularon y montaron en alfileres entomológicos. Finalmente se guardaron en gabinetes tipo *Cornell*, para conformar una colección de referencia.

Para la identificación de los ejemplares entomológicos se utilizaron los criterios de diferentes autores (MEDINA & LOPERA, 2000; MEDINA *et al.*, 2001; ERWIN, 2002, 2004; CAMERO-RUBIO, 2003; ERWIN & MEDINA, 2003; LAROCHELLE & LARIVIÈRE, 2003; MARTÍNEZ, 2005a; 2005b; PARDO-LOCARNO, 2007; MURILLO *et al.*, 2009; MEDINA & CULTID, 2010; VAZ-DE-MELLO *et al.*, 2011; CULTID *et al.*, 2012; NORIEGA, 2012; NORIEGA *et al.*, 2012).

Análisis de los datos

Con el fin de evaluar la representatividad de la labor de campo y estimar el total de especies presentes (S = riqueza específica) en la zona vs el total esperado (N), el material entomológico se separó por fechas, se contó y se identificó para construir

una matriz de datos (número total de especies, familia, subfamilia, tribu, género, especie, mes, año, cantidad total y cantidad para cada estación de muestreo, planta hospedante, método de colecta) en una hoja de cálculos Excel (®Microsoft):

Los datos acumulados se copiaron y se transcribieron en lenguaje de texto, luego con la ayuda del software EstimateS versión 7.5 (COLWELL, 1997) se aleatorizaron para construir curvas de acumulación de especies, basado en la proporción de unidades muestrales (en este caso cada uno de los 13 meses de muestreo) que contiene estimadores de riqueza observadas por especie (SOBS), estimadores de la riqueza esperada basado en la abundancia de cada especie en cada muestra (ACE, CHAO 1), además de los *singletons* (representantes únicos de las poblaciones) y los *doubletons* (representantes duplicados de las poblaciones) (JIMÉNEZ & HORTAL, 2000; VILLARREAL *et al.*, 2006).

Por otro lado, la diversidad Beta (β) se determinó según el método de complementariedad propuesto por COLWELL & CODDINGTON (1994), según la fórmula:

$$C = \frac{S_A + S_B - 2V_{AB}}{S_A + S_B - V_{AB}} \frac{S_A + S_B - 2V_{AB}}{S_A + S_B - V_{AB}}$$

Donde SA y SB representan la riqueza de especies del bosque y potrero respectivamente, y VAB el número de especies que comparten los dos ambientes. La complementariedad y la diversidad beta tienen un valor mínimo de cero cuando las dos comunidades poseen proporcionalmente poblaciones idénticas, y un valor máximo de 100 cuando las comunidades son completamente distintas.

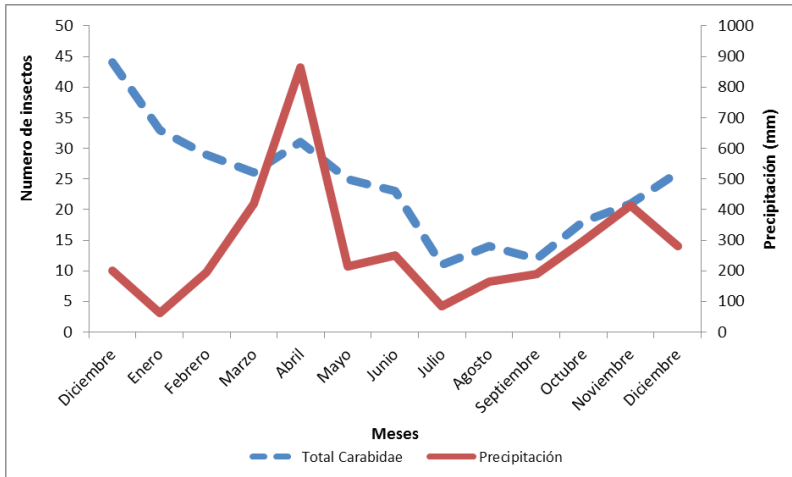


Figura 2. Abundancia de escarabajos Carabidae en la Reserva Natural Río Manso.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Desde que se concibió la idea de adelantar una investigación ecológica en la RNRM para estudiar la importancia de estos ecosistemas, se pensó en la selección de dos familias contrastantes cuyos integrantes comparten espacios semejantes pero no compiten por los mismos recursos. Sin competencias, las poblaciones de los dos grupos sumaron más eventos que se aprovecharon para enriquecer las fichas bioecológicas y la discusión que se presenta a continuación:

Representatividad del estudio

Las curvas de acumulación de especies de la familia Carabidae (Figura 3) y de la subfamilia Scarabaeinae (Figura 4) muestran que sus respectivas poblaciones están bien muestreadas en la RNRM, los diez géneros de Carabidae y los once de Scarabaeinae (riqueza específica) corresponden a más del 90% de los géneros esperados que predicen CHAO 1 y ACE Mean. Los valores de ambos estimadores indicaron un fuerte crecimiento en el inicio (asintótico) cuando las poblaciones comenzaron a aparecer y se comportaron de forma análoga en la medida del tiempo; las curvas de especies con un solo ejemplar (*singletons*) y con dos ejemplares (*doubletons*) se cruzaron desde el inicio (febrero-marzo de 2010) para estabilizarse rápidamente como una muestra de la dinámica de los ecosistemas señalados.

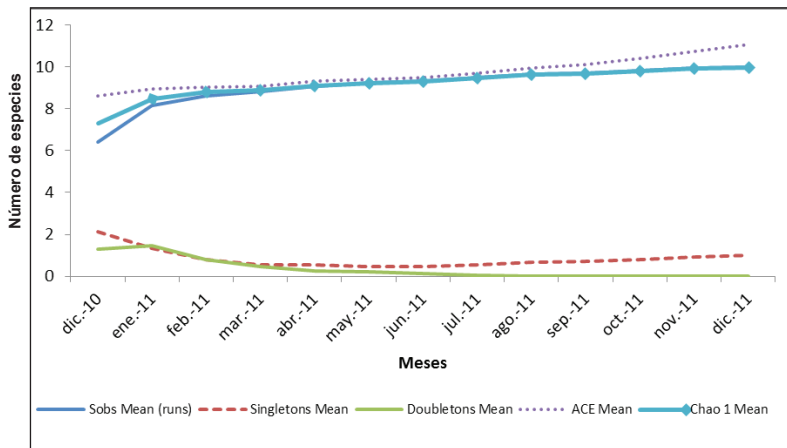


Figura 3. Curvas de acumulación de especies de Carabidae en la Reserva Natural Río Manso.

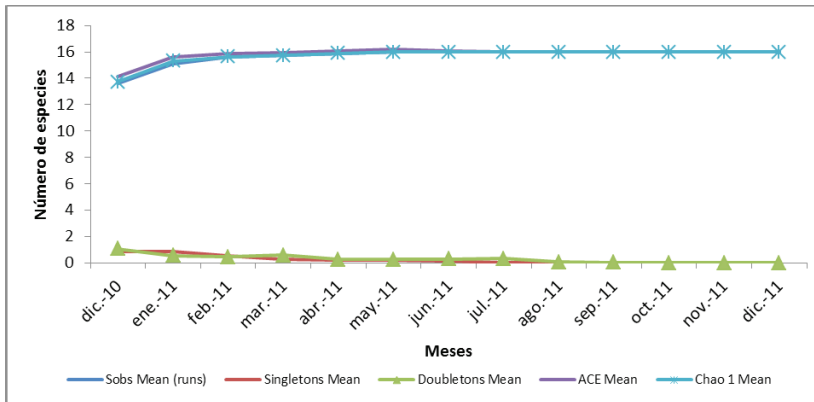


Figura 4. Curvas de acumulación de escarabajos coprófagos en la Reserva Natural Río Manso.

En ambos casos, se deduce una simetría entre el tiempo y la llegada de nuevas poblaciones; los estimadores de riqueza ACE Mean demuestran que las poblaciones crecen asintóticamente al comienzo del estudio, lo que significa que el esfuerzo de colecta y la posibilidad de encontrar registros nuevos es directamente proporcional, este evento refleja el significado de la diversidad alfa para la RNRM. En este caso, la diversidad de poblaciones de Carabidae y Scarabaeidae se puede explicar por la sumatoria de varios eventos relacionados con sus ciclos de vida, marcadamente afectados por la temperatura que optimiza la duración de las formas de desarrollo (embrión, estadios larvales, pupa) e incluso la actividad reproductiva de los adultos (WOLDA, 1988; CASTRO *et al.*, 2012).

Las muestras únicas o *singletons* están influenciadas por representantes únicos como el caso del género *Agra* (Figura 6A); sugerimos que los ejemplares únicos se comportan como visitantes que provienen de sitios cercanos, entran al bosque en busca de recursos y regresan a sus sitios de origen donde prosperan y se establecen.

La Figura 5 muestra el comportamiento de las diferentes poblaciones de escarabajos coprófagos en el tiempo, se deduce una relación directa y proporcional entre la abundancia de estas y las lluvias que se hace manifiesta desde el mes de febrero, cuando se afecta la curva con un pico alto y con la mayor abundancia de las poblaciones, asimismo, se nota la tendencia al descenso en septiembre cuando disminuye la precipitación.

Diversidad Alfa y Beta

La diversidad alfa (α) para el bosque fue de $\alpha = 16$, mientras que para el potrero presentó un valor de $\alpha = 6$. La diversidad beta para el potrero y el bosque alcanzó un valor de 62,5% (HALFFTER *et al.*, 2001; HALFFTER & MORENO, 2005).

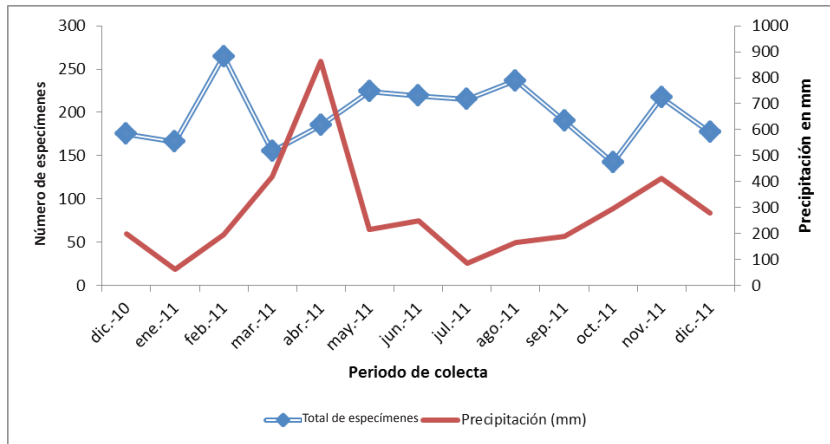


Figura 5. Abundancia de escarabajos coprófagos en la Reserva Natural Río Manso y su relación con la precipitación.

RIQUEZA, ABUNDANCIA Y COMPOSICIÓN DE CARABIDAE

Se colectaron 313 ejemplares de la familia Carabidae representados por cuatro subfamilias, ocho tribus y diez géneros (Tabla 1). La subfamilia Carabinae se destacó como la de mayor abundancia con el 43,5% del total de los individuos recolectados, le siguen en orden de abundancia la subfamilia Harpalinae (31,6%), Paussinae (20,9%) y Scaritinae (4,6%). La Tabla 1 muestra la distribución de la abundancia de los Carabidae durante la fase de campo. De los anteriores datos se desprenden los siguientes comentarios:

Tribu Carabini, género *Calosoma* Weber (Figura 6A)

Como único género de la tribu Carabini (Tabla 1), se encontraron 136 individuos que representan el grueso de la abundancia de la familia en la RNRM. Las 170 especies de este género están organizadas en 22 subgéneros, la mayoría de los cuales están ampliamente distribuidos en las Américas. Después de analizar la morfología de las estructuras clave y de comparar nuestros ejemplares con otros de diferentes colecciones, se considera que los especímenes colectados en la RNRM están más cercanos a la especie *Calosoma fulgens* Chaudoir, registrada desde Cali (Colombia) hasta el oriente de Panamá en la Península de Azuero (ERWIN, 1991), que las tres especies registradas para Colombia (MARTÍNEZ, 2005b).

Tabla 1. Fenología de las poblaciones de escarabajos Carabidae de la Reserva Natural Río Manso

Subfamilia/tribu/género	Hábito	2010	2011												Total	Porcentaje	
		Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic			
Carabinae Carabini																	
<i>Calosoma</i>	Arboreo	26	21	5	8	15	6	3	5	4	2	8	15	18	136	43,5%	
Harpalinae Catapieseini																	
<i>Catapiesis</i>	Corticola	3	0	0	2	0	0	1	0	1	0	2	0	1	10	3,2%	
Galeritini																	
<i>Galerita</i>	Bancos de arena	6	4	8	5	3	4	6	1	2	2	1	0	2	44	14,1%	
<i>Trichognathus</i>	Bancos de arena	3	2	4	2	1	0	0	0	0	1	2	1	0	16	5,1%	
Lebiini																	
<i>Agra</i>	Arboreo	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,3%	
Morionini																	
<i>Morion</i>	Corticola	1	1	1	0	2	0	1	1	3	1	1	2	1	15	4,8%	
Panageeini																	
<i>Coptia</i>	Tierras bajas y húmedas	0	0	1	0	2	0	3	2	1	0	3	0	1	13	4,2%	
Paussinae Brachinini																	
<i>Brachinus</i>	Ribereño	2	4	5	3	4	6	3	0	2	1	1	2	2	35	11,2%	
<i>Pheropsophus</i>	Ribereño	3	1	4	6	4	5	0	2	1	2	0	1	1	30	9,6%	
Scaritinae Clivinini																	
<i>Clivina</i>	Cavador (hojarasca)	0	0	0	0	0	4	6	0	0	3	0	0	0	13	4,2%	
Total / mes		44	33	29	26	31	25	23	11	14	12	18	21	26	313		
Total especies (riqueza)		7	6	8	6	7	5	7	5	7	7	7	5	7			

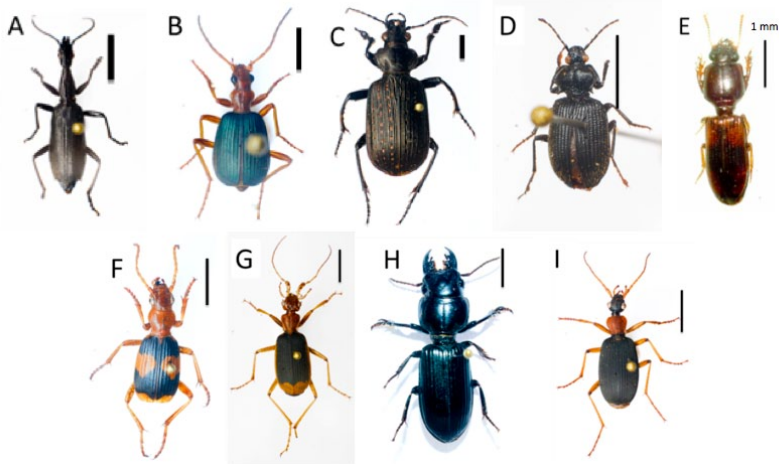


Figura 6. Géneros de la familia Carabidae recolectados en la Reserva Natural Río Manso. A: *Agra*, B: *Brachinus*, C: *Calosoma*, D: *Coptia*, E: *Clivina* (escala 1 mm), F: *Pheropsophus*, G: *Trichognathus*, H: *Morion*, I: *Galerita* (escala 0,5 cm).

Subfamilia Carabinae:

Las especies del género *Calosoma* se caracterizan por sus proporciones corporales y por sus hábitos depredadores, se alimentan especialmente de moluscos, larvas y pupas de lepidópteros, dípteros, coleópteros y otros insectos, contribuyendo a eliminar una cantidad considerable de defoliadores (ARNETT & THOMAS, 2000). La literatura los registra como habitantes naturales del material orgánico del suelo y del dosel del bosque donde acechan a sus presas (BORROR & WHITE, 1998; PAIK *et al.*, 2006). Los ejemplares encontrados fueron atraídos por la luz negra de las trampas instaladas en la entrada del bosque, especialmente en diciembre y enero. Para su recolección se han utilizado trampas de caída de manera tradicional (BAARS, 1979; HOLLAND & SMITH, 1999; RAWORTH & CHOI, 2001); en esta investigación comprobamos que trepan las ramas medias y altas de los árboles de porte medio, situación que se aprovechó para la instalación de trampas de luz negra, método de captura que arrojó muy buenos resultados.

Subfamilia Harpalinae:

Tribu Catapieseini, género *Catapiesis* Solier

Pertenciente a una de las subfamilias más diversas del grupo, algunos de los representantes de este género se caracterizan por sus llamativas formas, las cuales imitan el aspecto físico de hormigas con sus mandíbulas prominentes y sus élitros truncados y glabros. Viven en diversos hábitats, destacándose cuevas profundas, corteza de los árboles, el dosel y el piso del bosque donde se confunden dentro de la hojarasca. Emplean una considerable variedad de recursos para su alimentación y estilos de vida como la granivoría y la herbivoría (LINDROTH, 1968; FORSYTHE, 1982), mirmecofilia y termitofilia (ERWIN, 1981; BRANDMAYR *et al.*, 1994), ovo-viviparidad (LIEBHERR & KAVANAUGH, 1985), ectoparasitismo de otros insectos (LINDROTH, 1954; JOLIVET, 1967), y la depredación de pequeños vertebrados como ranas (ELRON *et al.*, 2007). Los diez ejemplares de este género (correspondiente al 3% del total recolectado) se encontraron sobre la corteza de los principales árboles de la RNRM (Bombacáceas, Cesalpináceas, Lecitidáceas), entre otros, situación que sugiere hábitos cortícolas. La Tabla 1 muestra el registro de las poblaciones de manera constante e intercalando los meses entre diciembre de 2010 y diciembre de 2011.

Tribu Galeritini, género *Galerita* Fabricius (Figura 6B)

Ampliamente distribuido, el género *Galerita* presenta 88 especies distribuidas en dos subgéneros, *Progaleritina* Jeannel 1949 y *Galerita* (*sensu stricto*) (ARNETT & THOMAS, 2000). Está distribuido en las principales regiones zoogeográficas excepto en la australiana. Más de la mitad de las especies se encuentran en el neotrópico y son fácilmente reconocibles por su cabeza estrecha en comparación con el pronoto que a su vez es más estrecho que el resto del cuerpo, exhibe mandíbulas contrastantes que emergen del rostrum, antenas filiformes de 11 segmentos, que se adelgazan a partir del quinto mientras que el escapo es amplio y largo. Su cuerpo es alargado y esbelto entre 15,5-23,5 mm de longitud, pubescente y de coloración oscura (ERWIN, 1991). Fue uno de los géneros más representativos en este estudio, y mostró una de las mayores abundancias registradas. Los 44 ejemplares

se recolectaron sobre el piso, en taludes y barrancos, entre el material de litera (hojarasca) del bosque, utilizando trampas de caída y ocasionalmente trampas de luz negra. De manera interesante, el grupo se recolectó constantemente desde diciembre de 2010 hasta diciembre de 2011.

Género *Trichognathus* Fabricius (Figura 6C)

La población de *Trichognathus*, el otro representante de la tribu Galeritini, con 16 ejemplares (correspondiente al 5% del total), se recolectó revisando los taludes, barrancos, material de hojarasca obtenida del piso del bosque, emplazando trampas de caída y ocasionalmente trampas de luz; los individuos se observaron de manera constante durante la completa temporada de la fase de campo.

En una reciente publicación DOS SANTOS (2012) cita: “*Trichognathus marginipennis* Latreille, 1829 es la única especie del género monobásico. Reichardt (1964) consideró a *T. cinctus* Chaudoir, 1848 y a *T. immarginipennis* Steinheil, 1875 como variantes de *T. marginipennis* y sinonimizó los tres nombres”. De distribución neotropical, se encuentra en localidades ubicadas en las tierras bajas de las estribaciones orientales de los Andes en los siguientes países: Venezuela, Brasil, Colombia, Perú, Bolivia, Paraguay y Argentina donde se le ve correr rápidamente persiguiendo a sus presas en las praderas de los bosques de galería (ARNDT & DRECHSEL, 1998), en la arena de los bordes de ríos y quebradas, y en galerías hechas en los taludes y barrancos.

Tribu Lebiini, género *Agra* Fabricius (Figura 6D)

Originalmente descrito por Fabricius en 1801, el género *Agra* incluye 602 especies, la mayoría de las cuales están ampliamente distribuidas en el neotrópico suramericano, su riqueza disminuye rápidamente hacia el norte, con no más de dos especies en el extremo norte neotropical (ERWIN, 2002). Se sabe muy poco sobre la forma de vida de las especies de *Agra*, excepto que los adultos son arborícolas, y que viven en alturas bajas y medias de los bosques tropicales, en tallos, hojas de palmas, bromelias (Bromeliaceae) y tallos de hierbas. Sus especies son depredadoras con actividad nocturna (LAROCELLE & LARIVIÈRE; 2003; MARTÍNEZ, 2005a), la forma plana y alargada de sus cuerpos les facilita esconderse en la corteza y en las nervaduras de las palmas, situación que puede explicar la presencia de las poblaciones dentro de las oquedades de la corteza de los árboles y en la parte media de los bosques; algunos individuos se sienten atraídos por las fuentes de luz. Los adultos son probablemente depredadores de otros insectos o se alimentan de exudados de hojas y tallos o de polen de las plantas de los bosques que habitan (ARNDT *et al.*, 2001). Excepcionalmente se encontró en nuestro estudio un único representante durante el período de muestreo en el mes de febrero de 2011 en una de las trampas de luz negra. Este ejemplar constituye el más bajo porcentaje de los Carabidae recolectados en la RNRM.

Tribu Morionini, género *Morion* Latreille (Figura 6E)

Este género contiene 41 especies distribuidas especialmente en las regiones templadas-cálidas del planeta. Se reconocen fácilmente por sus antenas filiformes de 10 segmentos, los cinco últimos más estrechos que los precedentes y porque la margen del pronoto exhibe siete pares de sedas largas; el cuerpo es subpedunculado y las patas son muy largas (ERWIN, 1991). Las larvas y adultos viven bajo la corteza

de diferentes especies de árboles y particularmente los adultos de *M. aridus* se han recolectado en los tallos de los cactus tipo saguaro (SCHWARZ, 1884). Este género representó el 5% del total de la población de Carabidae (Tabla 1) recolectándose 15 ejemplares a través de los trece meses de la fase de campo. Los individuos fueron atraídos por la luz negra de las trampas que estaban cerca de la corteza de los troncos de los árboles caídos donde ellos acechan a sus presas.

Tribu Panagaeini, género *Coptia* Brullé (Figura 6F)

Las 268 especies de esta tribu están divididas en 21 géneros presentes en la mayoría de las regiones zoogeográficas. El género *Coptia* está restringido de manera exclusiva al Neotrópico suramericano (ARNETT & THOMAS, 2000) donde sus individuos se encuentran asociados al piso del bosque (hojarasca) y la corteza de diferentes especies de árboles y superficies lodosas de bosques de palmas y sitios con suelos similares (MARTÍNEZ, 2005a) donde acechan a sus presas que generalmente son larvas y adultos de otros insectos. En Colombia el género *Coptia* se ha registrado en el Parque Nacional Natural Tayrona, departamento de Magdalena (MARTÍNEZ, 2005a) y presenta una única especie aún no identificada. En este trabajo se hallaron 13 ejemplares que constituyen el 4% del total de la población (Tabla 1), los individuos fueron atraídos por la luz negra de las trampas instaladas cerca de la corteza de los árboles que constituyen sus sitios preferidos para capturar a presas.

Subfamilia Brachininae:

Tribu Brachinini, Género *Brachinus* Weber (Figura 6G)

Las 649 especies y 20 géneros de la tribu Brachinini se encuentran distribuidas en casi todas las regiones del mundo, especialmente en el neotrópico (ARNETT & THOMAS, 2000). Las 304 especies del cosmopolita género *Brachinus*, son conocidas por su carácter de bombarderos, ya que arrojan sustancias corrosivas como parte de su comportamiento de ataque y de defensa (STRAHS, 1969); *Brachinus* posee especies hidrófilas y mesófilas que generalmente viven en los bordes de ríos y quebradas y en bosques bajos, algunos son parasitoides de escarabajos acuáticos de las familias Gyrinidae, Dytiscidae e Hydrophilidae (LAROCHELLE & LARIVIÈRE, 2003; MARTÍNEZ, 2005a; SASKA & HONEK, 2012), se diferencian fácilmente de otros Carabidae por la forma de sus mandíbulas, cabeza y pronoto estrechos, élitros amplios, truncados apicalmente, dorso pubescente, color marrón-oscuro a negro, por lo general con brillo azulado. Los 35 individuos recolectados ocupan el 11% del total de las poblaciones registradas (Tabla 1), particularmente fueron atraídos por las fuentes de luz negra y esporádicamente por la carne de pescado descompuesta colocada en trampas de caída. Se observaron durante casi todos los meses de colecta.

Género *Pheropsophus* Solier (Figura 6H)

Los individuos de este género son escarabajos bombarderos exclusivamente neotropicales, son siete especies descritas (ERWIN, 1970), aunque otros autores están de acuerdo en que faltan muchas especies por describir y numerosos sinónimos necesitan ser revisados (FRANK *et al.*, 2009). La especie más extendida y variable *P. aequinotialis* (L.), ha sido registrada en Argentina (Catamarca, Jujuy), Bolivia, Brasil, Costa Rica, Ecuador, México (Yucatán), Nicaragua, Panamá, Paraguay,

Perú, Uruguay y Venezuela (ERWIN, 2001). Los individuos son muy activos en la noche, cuando corren por senderos de arena o bordes de ríos y quebradas, se esconden durante el día debajo piedras y troncos donde se encuentran en grupos, son depredadores de otros insectos y también comen algunos materiales vegetales, como frutas maduras de palmas del género *Astrocaryum* (REICHARDT, 1971). En un estudio adelantado en la Universidad de Florida (FRANK *et al.*, 2009), se describen los estados inmaduros y el comportamiento en condiciones de laboratorio de *Pheropsophus aequinoctialis* (L.) y *Stenaptinus jessoensis*, sus resultados incluyen análisis interesantes y proponen que estas especies pueden ser utilizadas en programas de control biológico de especies invasivas como grillos topo del género *Scaptristicus*. En nuestro estudio se encontraron 30 ejemplares de este género (probablemente la especie *Pheropsophus aequinoctialis*) que corresponden al 11% del total del ejercicio de recolección (Tabla 1) al igual que los representantes del género anterior, se utilizaron trampas de luz negra y de caída aprovechando las preferencias tróficas de los individuos durante casi todos los meses de colecta.

Subfamilia Scaritinae:

Tribu Clivinini, género *Clivina* Latreille (Figura 6I)

Clivina es un género cosmopolita, ampliamente distribuido con 389 especies y más de 100 en el hemisferio occidental (ARNETT & THOMAS, 200). Los individuos que representan las diferentes especies se reconocen fácilmente por la forma alargada de su cuerpo, tamaño pequeño de menos de cuatro mm, coloración marrón-rojiza y la fuerte constricción que separa el tórax del abdomen; se adicionan los élitros que presentan estrías e ínter-estrías, antenas moniliformes de 11 segmentos, fémures engrosados, tibias anteriores provistas de tres dientes en posición distal y un espolón en la base. Prefieren los sitios con alta humedad como los bordes de ríos y quebradas y el material de hojarasca del piso del bosque. *Clivina* representó el único género de esta subfamilia del cual se colectaron 13 ejemplares distribuidos principalmente entre mayo y junio, y estos a su vez constituyen el 4% del total de las poblaciones de Carabidae encontradas en este trabajo.

RIQUEZA, ABUNDANCIA Y COMPOSICIÓN DE SCARABAEINAE

Se colectaron 2.567 individuos de la subfamilia Scarabaeinae. Se identificaron 12 especies y 4 morfoespecies, distribuidas en 6 tribus y 11 géneros (Tabla 2). La tribu que presentó el mayor número de géneros es Coprini, con *Canthidium*, *Dichotomius* y *Ontherus*; mientras que la tribu Oniticellini contrastó por ser la menos diversa con un único género, *Eurysternus* y una única especie: *E. foedus* (Tabla 2). De estos resultados se detallan a continuación los siguientes aspectos:

Tribu Canthonini, género *Canthon* Hoffmannsegg (Figuras 7A, 7B y 7C)

La tribu Canthonini posee cerca de 340 especies ampliamente distribuidas en el mundo. El género *Canthon* es el más diverso con 150 especies que se encuentran desde el sur de Canadá hasta Argentina (ARNETT & THOMAS, 2000). Posee individuos de longitud variable 2-25 mm (pequeños a grandes), de forma ovalada, cabeza y pronoto carentes de cuernos o carinas, antenas típicas lameladas de 9 segmentos, tibias media y posterior aplanadas, curvas, ligeramente ampliadas

en el ápice y dimorfismo sexual mínimo (HOWDEN & YOUNG, 1981). Este género fue uno de los más abundantes en este estudio con 386 individuos (15,03% del total) repartidos en tres especies: *C. quinque maculatus* (132 individuos, 5,14% del total) (Figura 7A), *C. aequinoctialis* (101 individuos, 3,4% del total) (Figura 7B) y *C. subhyalinus* (153 individuos, 5,96% del total) (Figura 7C, Tabla 2). Las diferentes poblaciones se encontraron principalmente restringidas al bosque y se recolectaron en trampas cebadas con excremento humano y porcino. Los datos anotados en la Tabla 2 permiten deducir que las tres especies aparecieron constantemente durante la etapa de campo.

Tabla 2. Fenología de las poblaciones de escarabajos coprófagos de la Reserva Natural Río Manso

Géneros	Hábito	2010	2011											
		Dic	Ene	feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Canthonini														
<i>Canthon aequinoctialis</i>	Rodador	12	2	10	6	12	4	2	14	12	4	4	11	8
<i>Canthon quinque maculatus</i>	Rodador	8	3	11	4	3	8	4	7	21	12	18	14	19
<i>Canthon subhyalinus</i>	Rodador	11	10	18	8	8	8	20	15	17	20	4	7	7
<i>Deltochilum lobipes</i>	Rodador	8	5	14	11	8	14	10	17	11	20	8	22	6
<i>Deltochilum orbigny</i>	Rodador	25	22	42	31	20	24	36	32	31	12	36	18	28
Dichotomiini														
<i>Canthidium cupreum</i>	Cavador	0	0	5	4	2	12	11	12	17	7	3	7	7
<i>Dichotomius mamillatus</i>	Cavador	0	3	0	2	4	1	4	8	1	3	4	2	1
<i>Dichotomius satanas</i>	Cavador	0	2	0	0	1	2	2	3	1	3	0	2	3
<i>Ateuchus</i> (Morfoespecie 1)	Cavador	3	1	2	2	4	2	0	14	10	0	4	6	6
<i>Uroxys</i> (Morfoespecie 2)	Cavador	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0
<i>Ontherus</i> (Morfoespecie 3)	Cavador	0	0	1	2	1	3	3	4	4	3	5	5	4
Eurysternini														
<i>Eurysternus foedus</i>	Residente	0	0	8	0	4	21	0	13	12	0	0	16	0
Onthophagini														
<i>Onthophagus clypeatus</i>	Cavador	35	39	56	40	17	52	35	22	41	34	9	29	24
<i>Onthophagus nemorivagus</i>	Cavador	12	18	33	6	37	24	36	6	17	22	11	22	12
Phanaeini														
<i>Coprophanæus corythus</i>	Cavador	54	56	59	32	60	40	51	39	32	40	28	45	47
<i>Phanaeus</i> (Morfoespecie 4)	Cavador	7	5	5	6	4	9	4	9	10	9	8	10	5
Total / mes (abundancia)		175	166	265	155	185	224	219	215	237	190	142	217	177
Total especies (riqueza)		10	12	14	14	15	15	14	14	15	14	14	16	14

Género *Deltochilum* Eschscholtz (Figura 7D)

Deltochilum es un género del Nuevo Mundo con 84 especies descritas, caracterizadas por su gran tamaño y porque son especialmente rodadores de estiércol y carroña (ARNETT & THOMAS, 2000; GÉNIER, 2012) y uno de los más abundantes registrados en este estudio (511 ejemplares, 19,9% del total) durante los trece meses de colecta. Se encontraron las especies *D. lobipes* (154 ejemplares, 6,0% del total colectado) y *D. orbigny* (357 individuos, 13,9% del total colectado) (Figura 7D). Las poblaciones de las dos especies se encontraron proporcionalmente en trampas cebadas con pescado descompuesto, así como en excremento de humano y de porcino. Por otro lado, el hallazgo incluye individuos que mostraron actividad en el potrero y en el bosque.

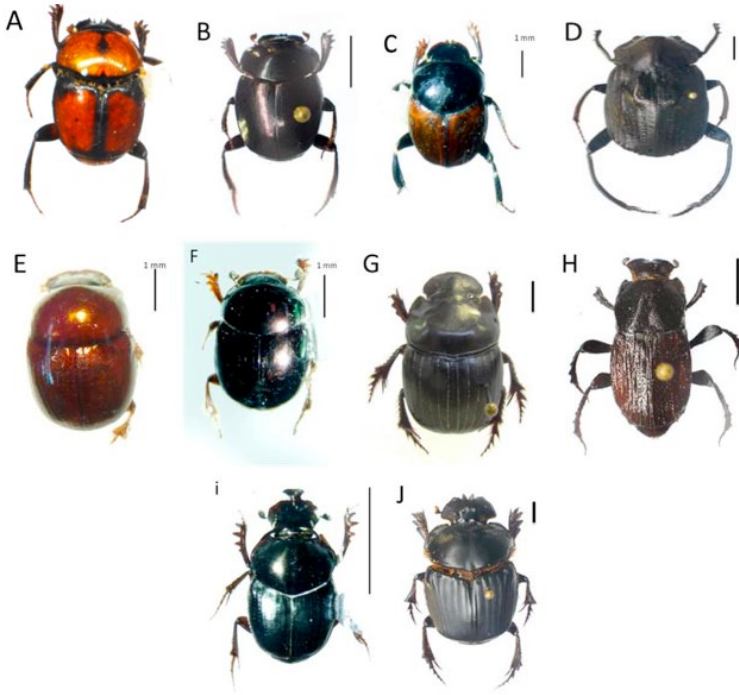


Figura 7. Especies representativas de Scarabaeinae encontradas en la Reserva Natural Río Manso. A: *Canthon quinquemaculatus*, B: *Canthon aequinoctialis*, C: *Canthon subhyalinus* (escala 1 mm), D: *Deltochilum orbigny*, E: *Ateuchus* sp. (escala 1 mm), F: *Canthidium cupreum* (escala 1 mm), G: *Dichotomius mamillatus*, H: *Eurysternus foedus*, I: *Onthophagus clypeatus*, J: *Coprophanaeus corythus*. (escala 0,5 cm).

Tribu Ateuchini, género *Ateuchus* Weber (Figura 7E)

El género *Ateuchus* está compuesto por 81 especies exclusivamente americanas, son valiosos recicladores de materia orgánica que se descompone en los bosques e igualmente sirven como controladores biológicos de moscas del estiércol y como indicadores biológicos de la calidad ambiental (KOHLMANN *et al.*, 2007). Se hallaron 54 ejemplares (correspondientes al 2,1% del total capturado) en trampas de caída cebadas con excremento de porcino en los trece meses del trabajo de campo. Entre julio y agosto se registraron 24 individuos (0,93% del total general y 44,2% de la población) evidenciando una tendencia cíclica univoltina (Tabla 2). Se considera que las especies de este género poseen un espectro trófico exclusivamente coprófago. El género *Ateuchus* está ampliamente distribuido, se sabe que es muy rico en especies, pero paradójicamente éstas son pobremente conocidas en América del Sur, donde el nivel infragenérico de las poblaciones naturales no se ha resuelto a satisfacción.

Tribu Coprini, género *Canthidium* Erichson (Figura 7F)

Se sabe que hay 150 especies descritas del género *Canthidium* y otra gran cantidad espera ser descubierta (ARNETT & THOMAS, 2000). Es un grupo de distribución neotropical muy abundante en bosques tropicales de tierras bajas y actividad principalmente diurna, se reconocen porque el primer tarso de la pata posterior es alargado, aproximadamente dos veces el segundo y el mesoesterno es muy corto (CULTID *et al.*, 2012). En este trabajo el género *Canthidium* estuvo representado por la especie *C. cupreum* (87 individuos que corresponden al 3,38% del total recolectado) que se encontró restringida al bosque, en trampas cebadas con pescado en descomposición, excremento de humano y excremento de porcino. Las poblaciones aparecieron especialmente entre junio y agosto cuando se registró su mayor abundancia. Infortunadamente falta mucho para resolver la caracterización taxonómica de las especies colombianas e incluir aspectos sobre su biología como ciclos de vida, patrones de nidificación y descripción de los estados inmaduros (CULTID *et al.*, 2012).

Género *Dichotomius* Hope (Figura 7G)

Muy emparentado con el género anterior, las 150 especies descritas del género *Dichotomius* son exclusivas del Nuevo Mundo, se caracterizan por su marcado dimorfismo sexual que se acentúa en forma de cuernos y tubérculos cefálicos y pronotales en los machos, igualmente por su forma ovalada, mesoesterno amplio, su coloración oscura y por las estriaciones que exhiben en los élitros (CULTID *et al.*, 2012). Se encontraron 52 ejemplares durante los trece meses de registro en campo. En este estudio, el género estuvo representado por las especies *D. mamillatus* (33 individuos, 1,28%) (Figura 7G) y *D. satanas* (19 individuos, 0,74%) recolectadas en trampas de caída cebadas con excremento de humano y de porcino instaladas dentro del bosque.

Género *Ontherus* Erichson

Es un género endémico de América Latina, especialmente distribuido en la Región Andina donde se han registrado 58 especies (GÉNIER, 1996). Se caracterizan por su cuerpo oscuro, de forma rectangular y por el clipeo rugoso en su porción dorsal y sin procesos dentiformes. Los machos presentan cuernos en la cabeza y protuberancias en el pronoto (CULTID *et al.*, 2012). Los 35 ejemplares de este género (correspondiente al 1,4% del total), se encontraron permanentemente durante el periodo de colecta restringidos al bosque (Tabla 2). El grupo se capturó utilizando trampas de caída cebadas con excremento de humano y de porcino.

Género *Uroxys* Westwood

A la fecha se han descrito 65 especies de este género, la gran mayoría provenientes de Sur América, estando ausente el género en las Antillas Mayores y siendo el Estado mexicano de Tamaulipas el aparente límite máximo de su distribución septentrional (SOLÍS & KOHLMANN, 2013). Las especies se caracterizan por su tamaño pequeño (3-11 mm), dorso aplanado, coloración oscura, generalmente negros, cuerpo liso y lustroso; clipeo con dos o cuatro denticulos; tibias medias y posteriores con tubérculos, patas anteriores alargadas en los machos y cortas en las hembras (CULTID *et al.*, 2012). Los cinco ejemplares de este género (correspondiente al

0,2% del total) se capturaron dentro del bosque en trampas de caída cebadas con excremento de humano y pescado en descomposición (Tabla 2). Particularmente los pocos representantes se recolectaron en épocas diferentes del trabajo de campo (febrero-marzo, junio, septiembre y noviembre).

Tribu Eurysternini, género *Eurysternus* Dalman (Figura 7H)

Eurysternus es el único género de la tribu Eurysternini y uno de los tres grupos de escarabajos estercoleros endémicos del neotrópico, junto a Eucraniini y Phanaeini (CAMBEFORT, 1991), se distribuye desde el centro de México hasta el sur de Brasil en diferentes tipos de bosques y consume una dieta variada de carroña, heces, e incluso hojas (CAMERO-RUBIO & LOBO, 2012). Las especies de este género se caracterizan por su tamaño pequeño a mediano (5-15 mm), forma rectangular y dorso aplanado. No presentan cuernos o protuberancias en la cabeza y el pronoto (CULTID *et al.*, 2012). Las especies de *Eurysternus* hacen bolas de excremento pero no son rodadas, en su lugar son enterradas en nidos cavados por debajo de la fuente de excremento (HALFFTER & EDMONDS, 1982). Se encontraron 74 ejemplares de *E. foedus* (lo cual representa el 2,9% del total) (Tabla 2), restringidos exclusivamente al bosque. Llama la atención en este estudio que la tribu estuvo representada por una sola especie que fue atraída por el excremento de humano y de porcino, situación que se aprovechó para su captura con las trampas de caída.

Tribu Onthophagini, género *Onthophagus* Latreille

Onthophagus es un género de distribución mundial que incluye cerca de 2.000 especies descritas. La diversidad de este género se acentúa en la región oriental del planeta donde es muy rica, comparable solo con la diversidad de la región de África tropical. A pesar del creciente número de especies descritas se considera un grupo poco estudiado especialmente en el Nuevo Mundo (TARASOV & KABAKOV, 2010). De longitud variable (4 a 8 mm), es común que los machos presenten cuernos en la cabeza y una proyección en el clipeo hacia adelante en forma de punta no aguda. Las hembras no tienen el clipeo proyectado y no tienen cuernos y tienen dos carinas transversales en la cabeza, dando una apariencia bilobulada. El género *Onthophagus* se caracterizó como el segundo de mayor abundancia en este estudio con 689 ejemplares (26,9% del total), repartidos en las especies *O. clypeatus* (433 ejemplares, 16,9% del total) (Figura 7I) y *O. nemorivagus* (256 ejemplares, 10% del total), presentes tanto en el potrero como en el bosque. Las dos especies se encontraron en trampas de caída cebadas con excremento de humano y de porcino y particularmente con pescado en descomposición, situación que manifiesta un espectro trófico más amplio.

Tribu Phanaeini, género *Coprophanaeus* Olsoufieff

El género *Coprophanaeus* contiene cerca de 40 especies distribuidas desde el sur de los Estados Unidos hasta el centro de Argentina, la mayoría sus representantes se encuentran en el centro de Suramérica, especialmente en la región amazónica (EDMONDS, 2008). Son escarabajos de tamaño mediano y cuerpo robusto (14-28 mm), generalmente de coloración oscura con reflejos muy llamativos verde o púrpura metálicos, presentan el clipeo con dos denticulos agudos muy marcados y ojos prominentes. Las hembras presentan carina en la frente, algunas con tubérculos y los machos exhiben cuernos y tubérculos pronunciados en el pronoto. Son muy

activos durante el crepúsculo y la noche y se encuentran especialmente en bosques de tierras bajas (CULTID *et al.*, 2012). La especie *C. corythus* (Figura 7J) la más abundante en los ambientes estudiados (Tabla 2), se registró en el bosque y en el potrero. Los 583 ejemplares encontrados se repartieron proporcionalmente a lo largo de los trece meses que duró el trabajo de campo (22,7% del total colectado) y para su captura se utilizaron trampas de caída cebadas con excremento de humano y de porcino, y pescado en descomposición.

Género *Phanaeus* Macleay

Las 51 especies del género *Phanaeus* se distribuyen desde el sur de Estados Unidos hasta el norte de Argentina, el grupo incluye una parte importante de la fauna neotropical de escarabajos del estiércol preferencialmente coprófagos que usan excrementos húmedos de grandes herbívoros y omnívoros (PRICE & MAY, 2009). Son escarabajos de tamaño mediano (13-20 mm), color variable, de aspecto lustroso e iridiscente. Presentan clipeo con dos denticulos y margen anterior del pronoto interrumpido detrás de los ojos (CULTID *et al.*, 2012). El comportamiento de nidificación de *Phanaeus* se caracteriza principalmente por la formación de galerías y más que rodaje, su comportamiento es de empujar. De este género exclusivamente neotropical se encontraron 91 ejemplares (3,5% del total recolectado) que aparecieron constantemente durante el periodo de colecta. La población se capturó dentro de trampas de caída cebadas con excremento de humano y de porcino, y pescado en descomposición, que se instalaron en el potrero y en el bosque. El género *Phanaeus* se ha destacado por su elaborado comportamiento, colores y cuernos que hacen que estos escarabajos sean objeto de numerosas publicaciones sobre la competencia entre machos, cooperación bisexual y nidificación (PRICE & MAY, 2009).

COMENTARIOS ADICIONALES

Familia Carabidae, nuevos registros

Se registran por primera vez los géneros *Agra*, *Catapiesis*, *Clivina*, *Coptia*, *Morion* y *Trichognathus* para el departamento de Caldas. Estos datos se suman a los registros de MARTÍNEZ (2005a) con el género *Galerita* en el municipio de Palestina (Caldas) para ampliar la lista original. Se considera que los eventos ecológicos encontrados en la RNRM favorecen la alta riqueza específica de poblaciones de Carabidae (diez géneros), esta situación está justificada por otros resultados obtenidos para tres departamentos de la zona cafetera de Colombia (Caldas, Quindío y Risaralda) (MARTÍNEZ, 2005b) y Sierra Nevada de Santa Marta (CAMERO-RUBIO, 2003) en cuyo caso la riqueza ecológica es comparable con la de los ecosistemas de transición de bosque seco a húmedo, propio de la región del Magdalena Medio colombiano. Igualmente, la diversidad de hábitos de los representantes de la familia Carabidae encontrados en la RNRM permite ubicarlos en diferentes estratos, desde el piso del bosque hasta aquellos que viven en la hojarasca o como cortícolas y arbóreos, parasitoides, carroñeros y depredadores, características de gran importancia en la estructura de los ecosistemas ya que son valiosos reguladores de poblaciones de otros organismos, especialmente especies plaga para cultivos o como modelos de interpretación del grado de perturbación (bioindicadores) de aguas (SASKA & HONEK, 2012), calidad del aire (AVGIN & LUFF, 2010), calidad del suelo (TYLER,

2008) y estructura de bosques (WERNER & RAFFA, 2000; ALLEGRO & SCIACKY, 2003). Nos parece adecuado mencionar el efecto positivo de la luz negra de las trampas instaladas como el método más efectivo de colecta de poblaciones de Carabidae, esto sugiere incluirlas dentro de los métodos tradicionales en investigaciones futuras.

Subfamilia Scarabaeinae

Al comparar la riqueza de esta subfamilia en la RNRM con la de un bosque seco tropical en el departamento de Tolima¹ (Colombia) (ESCOBAR, 1997), hay 10 géneros que se traslapan excepto el género *Malagoniella*. En el bosque tolimense no se presentaron los géneros *Ontherus* y *Coprophanaeus*. Para estos dos ambientes existen especies comunes como *C. aequinoctialis* y *C. subhyalinus*.

FUENTES & CAMERO-RUBIO (2006) en un bosque húmedo tropical en el mismo departamento, encontraron 13 géneros de la subfamilia Scarabaeinae, los géneros que se traslapan con los encontrados en la RNRM son: *Ateuchus*, *Canthidium*, *Canthon*, *Coprophanaeus*, *Deltochilum*, *Dichotomius*, *Eurysternus*, *Onthophagus*, *Phanaeus* y *Uroxys* compartiendo especies como *C. aequinoctialis*, *C. subhyalinus* y *E. foedus*.

Las especies como *C. aequinoctialis* y *C. subhyalinus* se presentan en los tres tipos de bosque (bosque húmedo tropical y bosque seco tropical del departamento del Tolima y bosque de la Reserva Natural Río Manso del departamento de Caldas); teniendo en cuenta que los tres bosques se encuentran en ambientes bañados por el río Magdalena, los dos primeros se encuentran en diferentes sitios del departamento del Tolima y la RNRM se encuentra al norte del departamento de Caldas, la distribución de estas especies es amplia.

Hábitos de relocalización

Las especies telecópridas (rodadores) del género *Deltochilum* encontradas en la RNRM forman bolas de excremento y las ruedan para enterrarlas a cierta distancia del depósito original, este hábito permite la distribución de la materia orgánica dentro del bosque, quedando disponible para otros organismos incluyendo los degradadores. Los paracópridos (cavadores) en los que se encuentran las especies del género *Onthophagus*, se caracterizan porque los individuos cavan túneles debajo de la pila de excremento, allí entierran fragmentos de este para depositar sus huevos y continuar con su ciclo de vida; finalmente, las especies de hábito endocóprido (residentes) representado por individuos del género *Eurysternus*, se destacan porque separan una porción del excremento y construyen su nido dentro o inmediatamente debajo de la deyección. Se destacaron por su exclusividad dada la actividad dentro del bosque en parches muy centrados. Estos hábitos permiten que los residuos orgánicos como estiércol y carroña sean repartidos homogéneamente dentro del bosque, facilitan la aireación y la fertilidad del suelo y de manera positiva contribuyen al desarrollo de sus ciclos biológicos. Por otro lado, cuando los excrementos son desplazados permiten la redistribución de semillas dentro del bosque, evento importante en el proceso biológico de la sucesión (HOWDEN & YOUNG, 1981; CAMBEFORT, 1991; EDMONDS, 2008; CAMERO-RUBIO & LOBO, 2012).

¹ El departamento del Tolima y el departamento de Caldas son limítrofes y comparten territorio en el valle del río Magdalena, zona donde están ubicados los bosques mencionados.

Al comparar los resultados de las diversidades alfa y beta entre el bosque y el potrero de la RNRM, estas muestran un valor puntual de $\alpha = 16$ para el bosque, en comparación con el potrero que presenta un valor de $\alpha = 6$; el bosque es esencialmente más complejo, se encontraron especies con espectros tróficos específicos como aquellos del género *Deltochilum* con hábitos coprófagos y necrófagos, los del género *Ontherus* hallados en remanentes de bosque asociadas con excrementos de animales y los de los géneros *Uroxys* y *Eurysternus* en los sitios más internos asociados con excremento de animales. La diferencia de las comunidades en los dos ambientes, puede ser aprovechada para justificar el valor de estos géneros como indicadores de perturbación ambiental en ecosistemas parecidos que estén siendo afectados por las actividades humanas.

Las poblaciones de insectos en la RNRM mostraron una simetría proporcional con la presencia de las lluvias (Figura 5), estas aumentaron bien cuando aumentaron los registros de lluvias coincidiendo con los dos picos del régimen bimodal propio de nuestro país; en contraste, la riqueza de especies no se vio afectada por este fenómeno. A pesar de que al traslapar las líneas que se muestran en la Figura 5 hay coincidencias, no poseemos evidencias estadísticas que nos permitan concluir la existencia directa de esta relación.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Vicerrectoría de Investigaciones y Postgrados de la Universidad de Caldas por el financiamiento de este proyecto; al Dr. Jorge Arí Noriega (Universidad de los Andes) por la revisión del manuscrito y la identificación de los escarabajos coprófagos; a la familia Jaramillo, especialmente a Ana María Jaramillo por facilitar el acceso a la RNRM; al señor Misael Salgado Morales por el apoyo logístico en el Laboratorio de Entomología de la Universidad de Caldas (LEUC), y al Ingeniero Agrónomo Lucas Esteban Hincapié Usma por su valiosa colaboración en labor de campo dentro de la RNRM.

BIBLIOGRAFÍA

- ALLEGRO, G. & SCIAKY, R., 2003.- Assessing the potential role of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) as bioindicators in poplar stands, with a newly proposed ecological index (FAI). *Forest Ecology and Management*, 175: 275-284.
- ARANGO, L. & MONTES, M., 2009.- Caracterización entomológica parcial de la cuenca del río La Miel en el departamento de Caldas (Colombia). *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 13 (2): 249-268.
- ARNDT, E. & DRECHSEL, U. 1998.- Description of the larva of *Trichognathus marginipennis* Latreille, 1829 (Coleoptera, Carabidae). *Mitteilungen der Münchner Entomologischen Gesellschaft*, 88: 19-24.
- ARNDT, E., KIMSE, S. & EWIN, T. L., 2001.- Arboreal beetles of neotropical forest: *Agra* Fabricius, larval descriptions with notes on natural history and behavior (Coleoptera, Carabidae, Lebiini, Agrina). *The Coleopterists bulletin*, 55 (3): 297-311.
- ARNETT, R.H.JR. & THOMAS, M.C (eds.), 2000.- *American Beetles*. Volume 1. Archostemata, Myxophaga, Adephaga, Polyphaga: Staphyliniformia. Boca Raton, FL: CRC Press.
- AGIN, S. S. & LUFF, M.L., 2010.- Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators of human impact. *Munis Entomology & Zoology*, 5: 209-215.
- BAARS, M., 1979.- Catches in pitfall traps in relation to mean densities of carabid beetles. *Oecologia*, 41 (1): 25-46.
- BRANDMAYR, T.Z., MARNO, I. & PAARMANN, W., 1994.- *Graphipterus serrator*: a myrmecophagous carabid beetles with mandibular suctorial tube in the larva (Coleoptera: Carabidae: Graphipterini): 8-91 (in: DESENDER, K. et al. (eds.) *Carabid Beetles: Ecology and Evolution*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

- CAMBEFORT, Y., 1991.- Biogeography and Evolution: 51-62 (in) HANSKI, I. & CAMBEFORT, Y. (Eds.) *Dung Beetle Ecology*. New Jersey: Princeton University Press.
- CAMERO-RUBIO, E., 2003.- Caracterización de la fauna de carábidos (Coleoptera: Carabidae) en un perfil altitudinal de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Revista Academia Colombiana de Ciencias*, XXVII (105): 491-516.
- CAMERO-RUBIO, E. LOBO, J. M., 2012.- The distribution of the species of *Eurysternus* Dalman, 1824 (Coleoptera: Scarabaeidae) in America: potential distributions and the locations of areas to be surveyed. *Tropical Conservation Science*, 5 (2): 225-244.
- CASTRO, A.V., PORRINI, D.P. & CICCHINO, A.C., 2012.- Ensamble peridomiciliario de carábidos (Coleoptera: Carabidae) en un talar del sudeste bonaerense, Argentina. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 71 (3-4): 231-247.
- COLWELL, R. K. 1997.- EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. 7.5 ed. Disponible en <http://purl.oclc.org/estimate>
- COLWELL, R.K. & CODINGTON, J. A., 1994.- Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 345: 101-118.
- CONCHA-LOZADA, C.M., GALLEGO, M.C., PARDO-LOCARNO, L.C., 2010.- Fragmentación de ecosistemas montañosos e impactos estructurales y poblacionales sobre la comunidad de escarabajos coprófagos (Col.: Scarabaeinae) en el alto río Cauca, Popayán, Colombia. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 14 (1): 43-55.
- CORPOCALDAS., 2012 www.corpocaldas.gov.co/publicaciones/772/revistacorpocaldas2.pdf.
- CULTID, C.A., MEDINA, C.A., MARTÍNEZ, B.G., ESCOBAR, A.F., CONSTANTINO, L.M. & BETANCUR, N.J., 2012.- *Escarabajos coprófagos (Scarabaeinae) del Eje Cafetero: guía para el estudio Ecológico*. Colombia: WCS Books.
- DE DUVE, C., 1999.- *Polvo Vital*. Primera edición en castellano. Santafé de Bogotá: Ed. Norma.
- DOS SANTOS, G.I.M., 2012.- On immature and adult forms of *Trichognathus marginipennis* Latreille, 1829 (Coleoptera, Carabidae, Galeritini). *ZooKeys*, 212: 45-62.
- EDMONDS, W.D., 2008.- A new species of *Coprophanaeus* Olsoufieff (Coleoptera: Scarabaeidae) from Bolivia. *Zootaxa*, 1723: 42-46.
- ELRON, E., SHLAGMAN, A. & GASITH, A., 2007.- First detailed report of predation on anuran metamorphs by terrestrial beetle larvae. *Herpetological Review*, 38: 30-33.
- ESCOBAR, F., 1997.- Estudio de la comunidad de coleopteros coprófagos (Scarabaeidae) en un remanente de bosque seco al norte del Tolima, Colombia. *Diversidad Biológica*, 19: 419-430.
- ESTRADA, E. & SALAZAR, J., 2004.- Coleoptera II: sobre algunas localidades colombianas para conocer y estudiar a *Enceladus gigas* Bonelli (Coleoptera: Carabidae, Siagoninae). *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 8, 224.
- ERWIN, T.L., (1970). A reclassification of bombardier beetles and a taxonomic revision of the North and Middle American species (Carabidae: Brachinida). *Quaestiones Entomologicae*, 6: 4-215.
- , 1981.- A synopsis of the immature stages of *Pseudomorphini* (Coleoptera: Carabidae) with notes on tribal affinities and behavior in relation to life with ants. *The Coleopterists' Bulletin*, 35 (1): 53-68.
- , 1991.- The ground-beetles of Central America (Carabidae), part II: Notiophilini, Loricerini, and Carabini. *Smithsonian Contributions to Zoology*, 501: 1-30.
- , 2001.- Checklist of the Western Hemisphere Caraboidea (Coleoptera). <http://entomology.si.edu/Entomology/WstrnCarabids> [URL no longer active due to Smithsonian Firewall requirements; updated database available upon request].
- , 2002.- The Beetle Family Carabidae of Costa Rica: Twenty-nine new species of *Agra* Fabricius 1801 (Coleoptera: Carabidae, Lebiini, Agrina). *Zootaxa*, 119: 1-68.
- , 2004.- The Beetle Family Carabidae of Costa Rica: The genera of the Cryptobatida group of subtribe Agrina, tribe Lebiini, with new species and notes on their way of life (Insecta: Coleoptera). *Zootaxa*, 662: 1-54.
- ERWIN, T.L. & MEDINA, R.F., 2003.- The neotropical species *Askalaphium depressum* (Bates): Larval description, first diagnosis and illustrations of immature Ctenodactylini, with natural history notes on the genus and tribe (Coleoptera: Carabidae). *Zootaxa*, 273: 1-15.
- FORSYTHE, T.G., 1982.- Feeding mechanisms of certain ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *The Coleopterists Bulletin*, 36: 26-73.
- FRANK, J.H., ERWIN, T.L. & HEMENWAY, R.C., 2009.- Economically Beneficial Ground Beetles. The specialized predators *Pheropsophus aequinoctialis* (L.) and *Stenaptinus jessoensis* (Morawitz): Their laboratory behavior and descriptions of immature stages (Coleoptera, Carabidae, Brachininae). *ZooKeys*, 14: 1-36.
- FUENTES, P.V. & CAMERO-RUBIO, E., 2006.- Estudio de la fauna de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) en un Bosque Húmedo Tropical de Colombia. *Entomotropica*, 26: 133-143.
- GÉNIER, F., 1996.- A revision of the Neotropical genus *Ontherus* Erichson (Coleoptera: Scarabaeidae, Scarabaeinae). *Memoirs of the Entomological Society of Canada*, 170: 1-169.
- , 2012.- A new species and notes on the subgenus *Deltochilum* (*Deltochilum*) Eschscholtz, 1822 (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae: Deltochilini). *Zootaxa*, 3357: 25-36.
- HALFFTER, G. & EDMONDS, W., 1982.- *The nesting behaviour of dung beetles (Scarabaeinae): An ecological and evolutive approach*. Instituto de Ecología, Xalaa, México, D. F.

- HALFFTER, G. & MORENO, C.E., 2005.- Significado biológico de las diversidades Alfa, Beta y Gamma (in) HALFFTER, SOBERÓN, KOLEFF & MELIC (eds.) *Sobre Diversidad Biológica: El significado de las diversidades alfa, beta y gamma*. Zaragoza, España: m3m, Monografías Tercer Milenio.
- HALFFTER, G., MORENO, C. E. & PINEDA, E.O., 2001.- *Manual para evaluación de la biodiversidad en reservas de la biosfera*. Zaragoza, España: GORFI, S.A
- HOLDRIDGE, L. R., 1982.- *Ecología basada en zonas de vida*. Instituto Interamericano de Cooperación de la Agricultura. San José de Costa Rica.
- HOLLAND, J. & SMITH, S., 1999.- Sampling epigeal arthropods: an evaluation of fenced pitfall traps using mark-recapture and comparisons to unfenced pitfall traps in arable crops. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 91 (2): 347-357.
- HOWDEN, H.F. & YOUNG, O.P., 1981.- Panamanian Scarabaeinae: Taxonomy, Distribution and Habits (Coleoptera, Scarabaeidae). *Contributions of the American Entomological Institute* 18 (1): 1-204.
- JIMÉNEZ, A. & HORTAL, J., 2000.- Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos". *Revista Ibérica de Aracnología*. [on line]. Recuperado de <http://entomologia.rediris.es/sea/publicaciones/ria/index.thm>
- JOLIVET, P., 1967.- Les Alticides vénéneux de l'Afrique du Sud. *L'Entomologiste*, 23: 100-111.
- KOHLMANN, B., SOLÍS, A., ORTWIN, E., SOTO, X. & RUSSO, R., 2007.- Biodiversity, conservation, and hotspot atlas of Costa Rica: a dung beetle perspective (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). *Zootaxa*, 1457: 1-34.
- LAROCHELLE, A. & LARIVIÈRE, M.-C., 2003.- *A natural history of the ground-beetles (Coleoptera: Carabidae) of America north of Mexico*, Auckland, New Zealand: PENSOFT Publishers.
- LIEBHERR, J.K. & KAVANAUGH, D.H., 1985.- Ovoviviparity in carabid beetles of the genus *Pseudomorpha* (Insecta: Coleoptera). *Journal of Natural History*, 19: 109-1086.
- LIMA, D. C., 1952.- Insetos do Brasil. *Escola Nacional Agronomia*, VII.
- LINDROTH, C.H., 1954.- Die larve von *Lebia chlorocephala* Hoffm. (Coleoptera: Carabidae). *Opuscula Entomologica*, 19: 29-33.
- , 1968.- The ground beetles (Carabidae excl. Cicindelinae) of Canada and Alaska. Part 5. *Opuscula Entomologica, Supplementum*, 33: 649-1192.
- MARTÍNEZ, C., 2005a.- *Informe de los Carabidos (Insecta: Coleoptera: Carabidae) en la cuenca media del cañon del río Barbas (Filandia, Quindío), cuenca media del río Chamnerly (Aranzazu, Caldas), SFF Otún Quimbaya (Pereira, Risaralda) y cuenca del río chinchina (Manizales, Caldas)*. Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- , 2005b.- *Introducción a los escarabajos Carabidae (Coleoptera) de Colombia*. Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- MEDINA, C.A. & CULTID, C., 2010.- Reconocimiento taxonómico de las especies de escarabajos coprófagos del Sistema Regional de Áreas Protegidas del Eje Cafetero (SIRAP-EC). Wildlife Conservation Society - Programa Colombia, Fundación para la Promoción de la Investigación y la Tecnología del Banco. Cali, Valle del Cauca, Colombia. (Informe técnico).
- MEDINA, C.A. & LOPERA, A., 2000.- Clave ilustrada para la identificación de géneros de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) de Colombia. *Caldasia*, 22 (2): 299-315.
- MEDINA, C.A., LOPERA, A., VÍTOLO, A. & GILL, B., 2001.- Escarabajos Coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de Colombia. *Bota Colombiana*, II, 31-144.
- MENDOZA, C. H., 1999.- Estructura y riqueza florística del bosque seco tropical en la región Caribe y el Valle del río Magdalena, Colombia. *Caldasia*, 21 (1): 89-97.
- MURILLO, D.A., QUIROS, K. & RODRÍGUEZ, A., 2009.- Estudio preliminar de la composición de escarabajos copronecrófilos (Scarabaeidae), en la estación ambiental Tutunendo Quibdó, Chocó, Colombia. *Zoología*, 29: 102-9.
- MYERS, N., 1992.- Tropical Deforestation and Climatic Change: The conceptual Background: 1-3 (in) MYERS, N. (ed.) *Tropical Forest and Climate*. Library of Congress Cataloging.
- MYERS, N., MITTERMEIER, R.A., MITTERMEIER, C.G.; DA FONSECA, G.A.B. & KENT, J., 2000.- Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403 (6772): 853-858.
- NORIEGA, J.A., 2012.- Dung Beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) Attracted to *Lagothrix lagotricha* (Humboldt) and *Alouatta seniculus* (Linnaeus) (Primates: Atelidae) Dung in a Colombian Amazon Forest. *Psyche: A Journal of Entomology*, 1.
- NORIEGA, J.A., MORENO, J., OTAVO, S. & CASTAÑO, E., 2012.- New departmental records for *Digitonthophagus gazella* (Coleoptera: Scarabaeidae) in Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 1, 201-204.
- AIK, J. K., TRAC, D. H. & WILL, K., 2006.- Carabidae from Vietnam (Coleoptera). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 9, 85-105.
- PARDO-LOCARNO, L.C. 2007.- Escarabajos coprófagos (Coleoptera-Scarabaeidae) de Lloró, departamento del Chocó, Colombia. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 11: 377-388.
- PARDO-LOCARNO, L.C., PUERTA-PAZ, M. & PULIDO, J.I., 1991.- Coleópteros de la zona plana del Valle de Cauca. *Agricultura Tropical*, 28 (3): 93-108.
- PRICE, L. & MAY, M.L., 2009.- Behavioral ecology of *Phanaeus* dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae): review and new observations. *Acta Zoológica Mexicana (nova series)*, 25 (1):211-238.

- RAWORTH, D. & CHOI, M.-Y., 2001.- Determining numbers of active carabid beetles per unit area from pitfall-trap data. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 98 (1): 95-108.
- REICHARDT, H., 1971.- Notes on the bombarding behavior of three carabid beetles (Coleoptera, Carabidae). *Revista Brasileira de Entomologia*, 15: 31-34.
- SASKA, P. & HONEK, A., 2012.- Efficiency of host utilisation by coleopteran parasitoid. *Journal of Insect Physiology*, 8:, 35-40.
- SCHOLTZ, C. H., DAVIS, A. & KRYGER, U., 2009.- *Evolutionary Biology and Conservation of Dung Beetles*. Bulgaria: Pensoft publishers.
- SCHWARZ, E. A. 1884.- Carabidae confined to single plants. *Bulletin of the Brooklyn Entomological Society*, 6: 13 5-136.
- SOLÍS, A. & KOHLMANN, B., 2013.- El género *Uroxys* (Coleoptera: Scarabaeidae) en Costa Rica. *Giornale italiano di Entomologia*, 13 (58): 289-340.
- STRAHS, G., 1969.- Biochemistry at 100C: Explosive Secretory Discharge of Bombardier Beetles (Brachius). *Science*, Vol. 65:, 60-63.
- TARASOV, I. S. & KABAKOV, O., 2010.- Two new species of *Onthophagus* (Coleoptera: Scarabaeidae) from Indochina, with a discussion of some problems with the classification of *Serrophorus* and similar subgenera. *Zootaxa*, 2344: 17-28.
- TYLER, G., 2008.- Differences in abundance, species richness, and body size of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) between beech (*Fagus sylvatica* L.) forests on Podzol and Cambisol. *Forest Ecology and Management*, 285: 1-73.
- VILLARREAL, H., ÁLVAREZ, M., ESCOBAR, F., FAGUA, G., GAST, F., MENDOZA, H., OSPINA, M. & UMAÑA, A. M., 2006.- Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Bogotá, Colombia, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- WERNER, S M. & RAFFA, K F., 2000.- Effects of forest management practices on the diversity of ground-occurring beetles in mixed northern hardwood forests of the Great Lakes Region. *Forest Ecology and Management*, 139: 135-155.
- WOLDA, H., 1988.- Insect seasonality: Why? 68. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 19: 1-18.

APORTE AL CONOCIMIENTO PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS MARIPOSAS (HESPERIOIDEA Y PAPILIONOIDEA) EN EL PÁRAMO DEL TABLAZO, CUNDINAMARCA (COLOMBIA)*

Fredy Montero-A.¹ y Maira Ortiz-P.²

Resumen

Buscando proporcionar información al conocimiento de la diversidad, ecología y biología de algunas de las mariposas diurnas (Hesperioidea y Papilionoidea) del Páramo del Tablazo, se realizaron colectas durante los meses de enero, febrero, marzo, agosto y septiembre de 2012, en un transecto dirigido altitudinalmente desde los 3000 hasta los 3500 msnm. Se reporta un total de 60 especies correspondientes a cuatro familias (Hesperiidae, Nymphalidae, Pieridae y Lycaenidae) y 32 géneros. La especie más abundante es *Colias dimera* (Pieridae: Coliadinae). Se reportan nuevos registros de distribución altitudinal para varias especies. Adicionalmente se aportan los ciclos de vida de seis especies de dos familias: Pieridae: (Pierini: Aporiina): *Catasticta semiramis*; Nymphalidae: pronophilina: *Pedaliodes phaea*, *P. phaeinea*, *P. pollusca*, *P. phoenissa*, *P. empusa*. Se estableció la asociación de estas con las plantas hospederas. Se comentan características morfológicas de cada uno de los instares preimaginales, al igual que aspectos etológicos. Todos los ciclos biológicos excepto *P. phoenissa* Hewitson son desconocidos hasta el momento de esta publicación.

Palabras clave: Colombia, Cundinamarca, páramo, diversidad, altitud, Satyrinae, Pronophilina, *Catasticta*, ciclos de vida, conservación.

CONTRIBUTION TO THE KNOWLEDGE FOR THE CONSERVATION OF BUTERFLIES (HESPERIOIDEA Y PAPILIONOIDEA) IN EL TABLAZO MOOR, CUNDINAMARCA (COLOMBIA)

Abstract

Searching to provide information and knowledge to the diversity, ecology and biology of some daytime butterflies (Hesperioidea and Papilionoidea) from El Tablazo moor, collections were carried out during the months of January, February, March, August and September 2012 within an area of 3,000 and 3,500 masl. A total of 60 species belonging to four families (Hesperiidae, Nymphalidae, Pieridae and Lycaenidae) and 32 genera were registered. The most abundant species was *Colias dimera* (Pieridae: Coliadinae). New altitudinal distribution records are reported for several species. Additionally, the life cycles of six species from two families were provided: Pieridae: (Pierini: Aporiina): *Catasticta semiramis*; Nymphalidae: pronophilina: *Pedaliodes phaea*, *P. phaeinea*, *P. pollusca*, *P. phoenissa*, *P. empusa*. The association of these species with the host plant was established. Morphologic characteristics of each one of the preimaginal stances and ethology aspects are discussed. All biological cycles except *P. phoenissa* Hewitson are unknown until the moment this publication is issued.

Key words: Colombia, Cundinamarca, moor, diversity, altitude, Satyrinae, Pronophilina, *Catasticta*, life cycles, conservation.

* FR: 3-XI-2012. FA: 8-VII-2013.

¹ Investigador adscrito a la Asociación Colombiana de Lepidopterología, ACOLEP, Bogotá, Colombia. E-mail: eurimontero@yahoo.es

² Bióloga. Universidad del Atlántico. Bogotá, Colombia. E-mail: biomayortiz@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

Las mariposas han sido frecuentemente utilizadas como buenos indicadores debido al amplio conocimiento de su taxonomía, facilidad de observación y colecta en el campo, amplitud de ocupación de hábitats y rangos geográficos, especialización en nichos ecológicos de algunas especies y patrones biológicos correlacionados con otros taxa, además de otras características propias (BROWN, 1981; CAMBERFORT, 1991; HALFFTER, 1991; HOLLOWAY & STORK, 1991; KREMEN *et al.*, 1993).

El reconocido papel de las mariposas como indicadores del estado de conservación, diversidad, endemismo y grado de intervención de una biota, se constituye en una herramienta importante en la conservación de hábitats (BROWN, 1981).

Algunas estrategias muy interesantes para favorecer el mantenimiento o aumento de la diversidad de los lepidópteros en zonas urbanas, podrían ser la utilización de plantas nutricias de especies autóctonas y la conservación o restauración del bosque en galería en las rondas de quebradas y ríos. El manejo racional y amable ecológicamente, de los suelos de uso agrícola y ganadero tradicionales, resultaría vital para evitar la desaparición de algunas especies, la recuperación de otras y el mantenimiento con poblaciones abundantes de las más resistentes (BAQUERO *et al.*, 2011).

Tras los últimos años, diversos procesos de perturbación natural y antrópica en Colombia están ocasionado progresivamente una disminución de los hábitats naturales, lo cual tiene un gran impacto sobre las poblaciones animales y vegetales en los diferentes ecosistemas del país. Estos procesos conllevan a la fragmentación de las comunidades vegetales nativas de los ecosistemas montañosos, resultando en un mosaico de remanentes de hábitats naturales y sinantrópicos a través de toda la región andina (CORTÉS & FAGUA, 2003).

Los individuos de diferentes especies, como los lepidópteros, no pueden cruzar de un fragmento a otro, debido a las diferentes características medioambientales hostiles que se generan en cada fragmento, como lo es la variabilidad en los microhábitats y la posible exposición a nuevos depredadores (LOVEJOY *et al.*, 1986; ANDRADE, 1998). Esto genera la pérdida de la capacidad de mantener estable a la biota presente en estas zonas fragmentadas y en consecuencia la disminución de la diversidad genética y posibles extinciones locales. Además, se producen desplazamientos o reemplazamientos de las diferentes especies naturales por otras más adaptadas al tipo de ambiente generadas por la fragmentación (MAHECHA *et al.*, 2011).

Este documento presenta una lista preliminar de las especies de Rhopalocera reportadas durante las pesquisas y los resultados obtenidos tras lograr criar algunas de las mismas en el área de estudio, convirtiéndose en información base relevante para la conservación de la lepidopterofauna en el Páramo del Tablazo y en general para la Sabana de Bogotá.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los muestreos y el trabajo de campo se realizaron durante los meses de enero, febrero, marzo, agosto y septiembre de 2012, correspondientes a la época de

verano, ya que en invierno no es posible la colecta de individuos por dificultades en el clima que presenta la zona. Se establecieron seis estaciones altitudinales cada 100 metros (Tabla 1), iniciando en 3000 hasta 3500 msnm, con caminatas lineales durante todo el transecto (Figura 1).

Se utilizaron redes entomológicas, con un esfuerzo de muestreo de ocho horas diarias ejecutadas por dos colectores, iniciando a las 8:00 horas y finalizando a las 16:00 horas, durante 63 días en total. El muestreo se complementó con 10 trampas Van Someren-Rydon (DEVRIES, 1987), cebadas con macerado de fruta fermentada (banano, mango) y excremento humano, ubicadas dos trampas equidistantes a cada estación altitudinal. Las trampas fueron revisadas 2 veces al día: a las 9:00 y a las 15:00.



Figura 1. Área de trabajo. En la parte posterior vista del Pantano de Arce, y anterior Cuchilla del Tablazo. Las flechas indican las estaciones donde se realizaron las colectas.

Los ejemplares se sacrificaron por medio de presión digital en el tórax y se colocaron en sobres de papel mantequilla rotulados con los datos básicos de colecta; posteriormente fueron guardados en recipientes herméticos con pastillas de alcanfor hasta su preparación e identificación. La identificación taxonómica se realizó con el apoyo del taxónomo Jean François Le Crom, autor de la serie de libros *Mariposas de Colombia*. Los especímenes, fotografiados e identificados, fueron depositados en la colección del Museo Entomológico Francisco Luis Gallego, Medellín.

La metodología aplicada al muestreo en campo para la obtención de inmaduros, se realizó de dos formas: 1) La búsqueda de huevos y larvas en las plantas que se encuentran a lo largo de caminos y ecotonos de las localidades ya definidas; esto para las especies de las que se tenía conocimiento de su planta hospedante. 2) La captura de hembras en campo, llevándolas al laboratorio y colocándolas en

bolsas ziplock para inducir las a la ovoposición. Para las especies que se desconocía su planta hospedante, se monitorearon, contando determinar el momento de su postura, para definir la planta a la que se asocian.

Los huevos o larvas obtenidos, fueron llevados al laboratorio, ubicado en la misma zona de vida de las especies (3250 msnm), donde se criaron hasta la obtención de los adultos. Los huevos, se dispusieron en cajas de Petri, con papel secante húmedo en el fondo, hasta la eclosión de las larvas. Las larvas se mantuvieron en contenedores plásticos donde se agregan ramas de la planta hospedero, para su alimentación. Los recipientes fueron limpiados periódicamente con el fin de retirar excrementos y humedad residual, para evitar patógenos que puedan ser negativos en el desarrollo de las larvas. Las pupas se suspendieron en un recipiente pupario.

A cada una de las larvas le fue llevado un registro escrito, con datos de tamaño, tiempo de desarrollo, comportamiento, y un registro fotográfico, para hacer visual los detalles de cada especie en cada una de sus diferentes etapas.

Análisis de datos

Para el análisis de datos se realizaron gráficas para la riqueza y abundancia de las especies con respecto a las familias de mariposas encontradas en la zona de estudio y por las estaciones altitudinales establecidas.

Se calculó el índice de riqueza de Margalef (D) y el porcentaje de abundancia relativa. La diversidad total y por estaciones (altitud) se analizó a través del índice de Shannon (H'); y el coeficiente de similitud de Bray-Curtis, para establecer similitud entre estaciones.

Para analizar la abundancia y riqueza de las mariposas en el área de estudio, se utilizó la metodología de FAGUA (1996) adaptada por HENAO (2006): se tomó la riqueza como el número de especies presentes en la zona de vida, y la abundancia se determinó como el número de registros de una especie dentro del muestreo.

La estimación de la abundancia fue descriptiva (Tabla 3), y se obtuvo según la frecuencia de las observaciones en todos los muestreos y se clasificaron así:

- Especies abundantes: más de 10 registros.
- Especies comunes: entre 6-10 registros.
- Especies escasas: de 2 a 5 registros.
- Especies raras: 1 solo registro.

Área de estudio

El municipio de Subachoque se encuentra ubicado en la vertiente occidental de la Cordillera Oriental de los Andes colombianos en el departamento de Cundinamarca (Colombia) y en su parte alta se localiza el Páramo del Tablazo. El clima de la región se caracteriza por sus fuertes lluvias la mayor parte del año con dos picos de precipitación en abril y octubre. Los bosques y ecosistemas del municipio han sido sometidos a una fuerte presión debido a la tala para cultivo o cría de ganado. Esto ha creado un diverso mosaico de vegetación que va desde potreros y cultivos hasta bosques secundarios en proceso de recuperación.

La Cuchilla (Páramo) del Tablazo está situada en la zona sur-occidental del Complejo Guerrero, sistema de páramos del noroeste de Cundinamarca que incluye localidades como cerros Socotá, Santuario y Colorado, páramos Napa, Alto, Guargua y laguna Verde, los altos de La Mina y El Muchacho (RANGEL, 2000). El complejo se ubica en las zonas altas de los municipios de Carmen de Carupa, Zipaquirá, Cogua, Pacho, San Cayetano, Supatá y Subachoque (Cuchilla del Tablazo). Ocupa unas 39.240 hectáreas (ha), entre los 3200 y los 3780 metros sobre el nivel del mar (Figura 2).

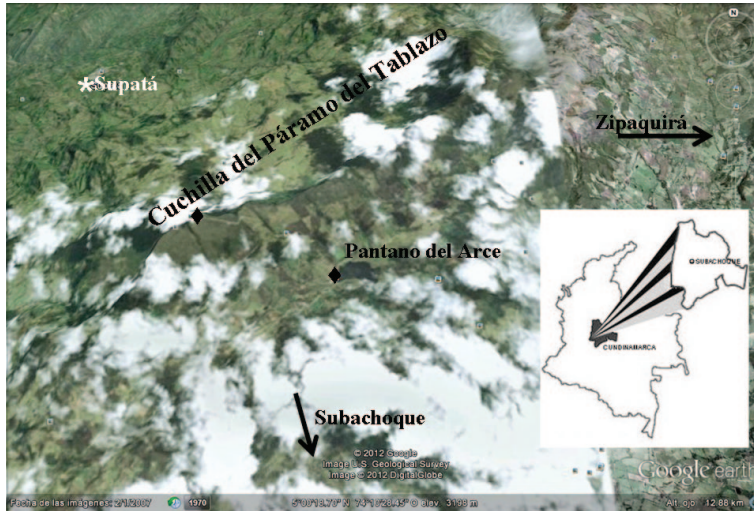
Las precipitaciones presentan un régimen bimodal, con dos periodos húmedos (abril-mayo; octubre-noviembre) y dos secos (diciembre-marzo; julio-septiembre). La temperatura promedio varía entre 7,2 y 11,1°C (MAHECHA, *et al*, 2004). Por encima de la cota 3200 msnm, la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) y Conservación Internacional (CI) en el año 2004, identificaron para el Complejo Guerrero tres unidades de vegetación: páramo, bosques altoandinos y asociación de matorrales, rastrojos y vegetación de subpáramo (MAHECHA, *et al*, 2004). El páramo está dominado por comunidades vegetales de frailejones y gramíneas en macolla, donde se entremezclan matorrales y prados que incrementan la diversidad de flora del complejo. Se registra en alto porcentaje las familias Poaceae, Asteraceae, Ericaceae, Melastomataceae, Rosaceae y Rubiaceae, especialmente los géneros *Espeletia*, *Calamagrostis*, *Puya*, *Hypericum*, *Valeriana* y *Miconia*. De las especies de frailejón reportadas se destacan *Espeletia chocontana*, *E. cayetana*, *E. barclayana* y *Espeletopsis corymbosa* por ser endémicas de la región (MAHECHA, *et al*, 2004).

Se identifican como especies arbóreas dominantes *Cavendishia nitida*, *Clusia multiflora*, *Drimys granadensis*, *Macleania rupestris* y *Weinmannia microphylla*, así como los conglomerados de *Chusquea aff. scandens* como la manifestación vegetal más importante en las zonas con cobertura dispersa (MAHECHA, *et al*, 2004).

Tabla 1. Estaciones de muestreo

Ubicación Estaciones de Muestreo		
Estaciones	msnm	Coordenadas
Estación 1	3000	N 4° 59' 14,15" – W 74° 12' 31,20"
Estación 2	3100	N 4° 59' 31,35" – W 74° 12' 91,44"
Estación 3	3200	N 5° 00' 10,81" – W 74° 10' 55,88"
Estación 4	3300	N 5° 00' 32,59" – W 74° 11' 17,04"
Estación 5	3400	N 5° 00' 40,17" – W 74° 11' 38,26"
Estación 6	3500	N 5° 00' 38,33" – W 74° 12' 20,20"

Este estudio se realizó en la vereda Pantano de Arce, zona correspondiente a las estribaciones de la Cuchilla del Tablazo (Subachoque, Cundinamarca), en altitudes que van desde los 3000 hasta los 3500 msnm (Figura 1). Se evidencia un total de 60 especies y se encuentra que esta publicación es la primera lista publicada de Hesperioidea y Papilionoidea de la zona del Páramo del Tablazo.



Fuente: GOOGLE EARTH (2012).

Figura 2. Área de estudio. El (♦) representa los lugares desde y hasta donde se definió el transecto para las colectas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La comunidad de lepidópteros del área de estudio, presentó una composición total de cuatro familias, 11 subfamilias, 32 géneros y 60 especies (Tabla 2). La familia con mayor número de especies fue Nymphalidae con el 62% (37 especies) del total de las especies reportadas; seguida de Hesperidae con 15% (9 especies), Lycaenidae con 13,3% (8 especies) y Pieridae con 10% (6 especies). (Figura 3).

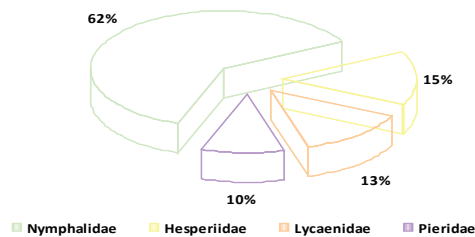


Figura 3. Composición porcentual de familias de Rhopalocera registradas en la zona de estudio.

Se registró un total de 201 individuos, siendo la familia más abundante Nymphalidae con 131 individuos del total registrado (Figura 4), equivalente al 65,17%; seguido por Pieridae con 29 individuos (14,43%), Hesperidae con 21 (10,45%), y Lycaenidae con 20 (9,95%). Las especies más abundantes fueron *Colias dimera* con 7,46%, *Pedaliodes polusca* con 4,98%, *Pedaliodes empusa* con 3,98%, *Eretris apuleja* y *Lasiophila circe* con 3,48%, *Manerebia apiculata* y *Pedaliodes polla* con 2,99%. Las restantes especies se ubicaron por debajo del 2,50% (Tabla 2).

La familia de mayor riqueza fue Nymphalidae con 37 especies y 18 géneros; seguida de Hesperidae con nueve especies, Lycaenidae con ocho especies y Pieridae con seis especies (Figura 4).

La colecta por trampas reportó un total de 36 individuos, lo que representó el 15,19% del total capturado, registrando a *Corades dymantis* como la más abundante con 25%; seguida de *Pedaliodes polusca* con 22,2%, *Pedaliodes phaeinea*, *Lasiophila circe* y *Pedaliodes polla* con 16,67%, y *Pedaliodes empusa* con 2,78%.

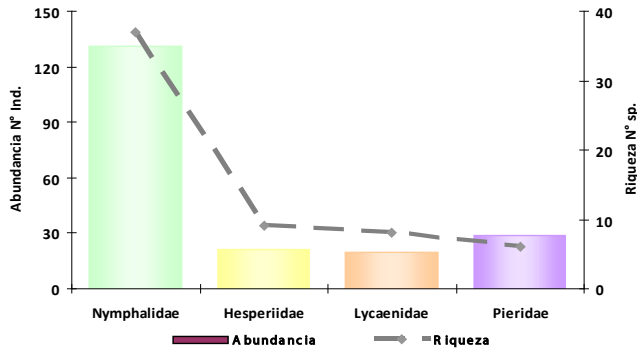


Figura 4. Riqueza y abundancia de familias de mariposas diurnas registradas en el Páramo del Tablazo.

Para las diferentes estaciones altitudinales se reporta que la Estación 4, a 3300 msnm, fue la de mayor abundancia con 64 individuos que representa el 31,84%; seguida de la Estación 3 (3200 msnm) con 23,38% y 47 individuos; la Estación 1 (3000 msnm) con 16,42% y 33 individuos; la Estación 2 (3100 msnm) con 10,45% y 21 individuos; y las estaciones 5 (3400 msnm) y 6 (3500 msnm) con 8,96% y 18 individuos, respectivamente (Figura 5).

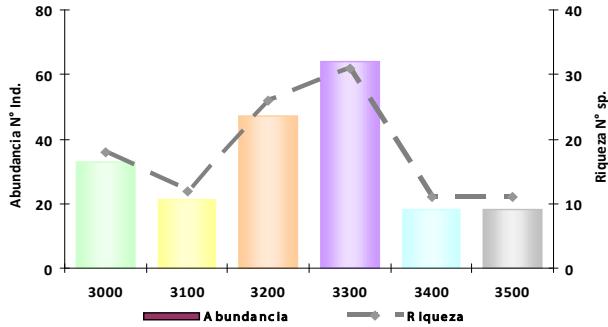


Figura 5. Abundancia y riqueza de lepidópteros para cada estación altitudinal.

La familia Nymphalidae fue la más abundante en todas las estaciones altitudinales con 69,70%, 85,71%, 51,06%, 84,38% y 50,00% en las estaciones 1 (3000 msnm), 2 (3100 msnm), 3 (3200 msnm), 4 (3300 msnm) y 5 (3400 msnm), respectivamente; sin embargo en la Estación 6 (3500 msnm), la familia Lycaenidae reportó un valor de 61,11%, siendo el género *Rhamma* el más abundante (81,8%) con nueve individuos del total reportado (11 individuos).

La subfamilia Satyrinae registra el mayor número de especies en la Estación 1, Estación 2 y Estación 4 (61,1%, 58,3% y 74,2% respectivamente); pero también se incluyen altos porcentajes para las estaciones 1 y 5 (46,2% y 45,5%).

En la familia Nymphalidae, la especie *Orophila campaspe* se presentó con distribución restringida a 3200 msnm, en los árboles de mayor porte (ocho metros promedio); y la especie *Greta ochretis* es escasa y limitada entre 3100 y 3200 msnm. En la subfamilia Satyrinae las especies *Pedaliodes phoenissa*, *P. phaea*, *P. boyacensis*, *Panyapedaliodes drymaea* y *Corades medeba* solo se registran a una altitud de 3000 msnm, siendo comunes a esta altitud. La especie *Pedaliodes pallantis*, estuvo presente durante el tiempo de muestreo, pero se encuentra restringida a un pequeño fragmento de bosque a 3300 msnm. Las restantes especies de la subfamilia Satyrinae, presentan un rango altitudinal amplio, desde los 3000 hasta los 3500 msnm, siendo más comunes en su mayoría entre los 3200 y 3300 msnm.

La abundancia de la familias Pieridae, Hesperidae y Lycaenidae, está representada por especies como *Colias dimera*, *Tatochila xanthodice*, especies del género *Dalla* y del género *Rhamma* respectivamente.

La diversidad total de Shannon registrada para el Páramo del Tablazo, en el transecto seleccionado fue de 3,879, señalando entonces que la diversidad es alta. Para cada estación, la diversidad de Shannon registró el valor más alto para la Estación 4 (3300 msnm) con 3,268; seguido de la Estación 3 (3200 msnm) con 3,073; y las restantes estaciones reportaron valores desde 2,245 hasta 2,701 (Tabla 4); estos valores señalan buena diversidad, lo que se corrobora con los bajos valores de dominancia registrados para cada estación.

La riqueza total según Margalef, reportó un valor de 11,13, señalando nuevamente alta riqueza. La Estación 4 (3300 msnm) con 7,213 fue la más alta, seguida de la Estación 3 (3200 msnm) con 6,493 (Tabla 4). Las restantes estaciones registraron valores entre 3,46 y 4,862.

Tabla 4. Diversidad de Shannon H' y Riqueza de Margalef

	3000	3100	3200	3300	3400	3500
Número de especies	18	12	26	31	11	11
Número de individuos	33	21	47	64	18	18
Dominance_D	0,079	0,106	0,055	0,045	0,111	0,123
Shannon_H	2,701	2,359	3,073	3,268	2,293	2,245
Margalef	4,862	3,613	6,493	7,213	3,46	3,46

De acuerdo al índice de Bray-Curtis (método de Paired Group), se observa que las estaciones 1 (3000 msnm) y 2 (3100 msnm), son muy similares, y estas dos a la Estación 3 (3200 msnm); y estas a la Estación 4 (3300 msnm), conformando el primer grupo similar con las primeras cuatro estaciones. Las estaciones 5 (3400 msnm) y 6 (3500 msnm), conforman un segundo grupo similar entre ellos, pero distante a las restantes estaciones (Figura 6).

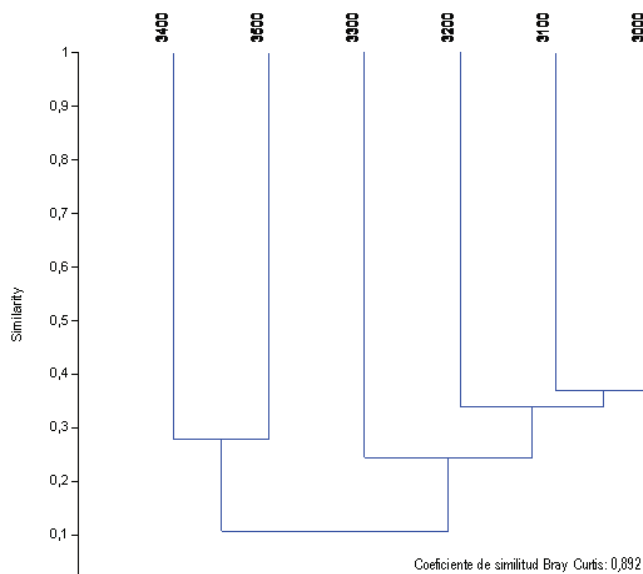


Figura 6. Coeficiente de similitud de Bray-Curtis para las estaciones altitudinales.

Se registran nuevos rangos de distribución altitudinal para las especies:

Catasticta uricoecheae hasta 3500 msnm.

Vanessa braziliensis hasta 3200 msnm.

Altinote chea hasta 3400 msnm.

Altopedaliodes cocytia hasta 3400 msnm.

DISCUSIÓN

La familia Pieridae registró la especie más abundante, *Colias dimera*, ya que estuvo presente en todas las estaciones de muestreo con elevada cantidad de representantes, su abundancia y frecuencia puede obedecer a la alta oferta de su planta hospedera, Trébol blanco (*Trifolium repens*: Fabaceae), debido a las condiciones que ofertan las grandes áreas intervenidas utilizadas como potreros para ganado en espacios abiertos, adicionalmente estas áreas facilitan el crecimiento de vegetación con flores [*Taraxacum officinalis* (Asteraceae), diente de león, fuente de su alimentación en estado imaginal]. Estas especies ruderales y arvenses son de las más frecuentes y comunes en zonas abiertas o de potreros (ANDRADE, 1998; ORELLANA, 2004) y se encuentran ampliamente distribuidas en zonas montanas de Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú, entre otros países.

La subfamilia Satyrinae, con la tribu Pronophilini fue la más abundante y con mayor número de especies durante el muestreo, coincidiendo con ADAMS (1986) quien afirma que miembros de la tribu Pronophilini dominan en términos de número absoluto de rhopaloceros en bosques montanos (entre 2000 y 3000 msnm) y en zonas superiores a 2500 msnm donde hay bosque de niebla y páramo, estas son el grupo de mariposas más comunes. PYRCZ & RODRÍGUEZ (2007), mencionan que el 95% de las especies de Pronophilini se encuentran en los Andes, siendo este grupo de Satyrinae altamente diversificado en zonas montanas y de páramo.

En cuanto a la abundancia relativa, seis de las siete especies más abundantes pertenecen a la subfamilia Satyrinae, y tres al género *Pedaliodes*, que ha sido descrito como el más diverso de esta subfamilia (GARCÍA *et al.*, 2002). Este género es propio de tierras altas o montanas (DEVRIES, 1987), donde se encuentran sus principales plantas hospederas, Poaceae y Cyperaceae (GARCÍA *et al.*, 2002).

La familia Lycaenidae, fue la más abundante en la Estación 6, a 3500 msnm, reportando mayor número de especies del género *Rhamma*. Esta estación se caracterizó por ser la zona más alta donde se realizaron las colectas, correspondiendo al filo de la montaña. De acuerdo a esta cualidad se encontraron representantes de esta familia donde se reconoce el típico comportamiento de "hilltopping", además de que en su totalidad los especímenes colectados fueron machos. GARCÍA *et al.* (2002) afirman que en el caso de los Theclinae, algunos géneros son endémicos y propios de grandes alturas, encontrándose especies a más de 4000 msnm, en los páramos de las tres cordilleras del país.

Las familias Nymphalidae, Pieridae y Hesperidae, registraron la mayor representatividad en rangos de distribución altitudinal (3000-3500 msnm) y la familia Lycaenidae la de mayor restricción (3400-3500 msnm).

El bajo número de individuos reportados de la familia Lycaenidae, puede ser debido a que las colectas que se realizaron no se enfocaron a lugares con bordes o filos de montañas o inflorescencias típicas, donde es común encontrarlos, ya que solamente un área presentó esta cualidad.

Los registros exhibidos por la subfamilia Satyrinae (Nymphalidae) que presentaron la mayor representatividad en rangos altitudinales, se podría explicar por estrategias biológicas propias del grupo, como melanismo alar (coloración oscura) y tallas corporales pequeñas junto con mecanismos complejos de termorregulación (CLENCH, 1966). Estas alternativas permiten una mayor flexibilidad y respuesta adaptativa frente a restricciones ambientales que aparecen a medida que incrementa la altitud como el aumento de precipitación, humedad, vientos y descenso de la temperatura (DENNIS, 1993). SINGER (1971), argumenta que la estrategia de adaptación ecológica en las mariposas, está moldeada por la distribución espacial y abundancia numérica de sus plantas hospederas, lo que entonces favorece la presencia de especies de esta subfamilia, ya que su planta huésped se encuentra de manera abundante en la zona.

VARGAS *et al.* (1994) citados por OSPINA *et al.*, (2010), proponen que la distribución altitudinal que presenta la familia Pieridae, puede ser debida a que muchas especies son euricas, es decir, que pueden ser encontradas desde zonas muy perturbadas hasta más o menos conservadas, y que además poseen mecanismos de termorregulación que les permite adaptarse a las restricciones ambientales de zonas de altura (CLENCH, 1966; DENNIS, 1993), en donde la posible alteración de los hábitats, estimula la aparición de especies del género *Colias*, consideradas como colonizadoras (ANDRADE & AMAT, 1996).

Estados inmaduros

Las mariposas son insectos holometábolos y fitófagos, es decir que la fase adulta y la fase larvaria ocupan nichos completamente distintos en el ecosistema, y que tanto su forma de alimentarse como el sustrato sobre el que lo hacen, son diferentes (FERNÁNDEZ & BAZ, 2006).

La estructura externa de las larvas de lepidoptera es muy diversa, dependiendo de la familia a la que pertenecen. De manera general, las larvas poseen una cabeza distinta, aparato bucal, un par de antenas cortas, seis stemmata (ojos simples), áreas adfrontales, una hilera de labios protuberantes, tres pares de patas torácicas, 10 segmentos abdominales con crochet formando patas falsas en A3, A4, A5, A6 y A10, y espiráculos en protórax (STHER, 1987; POWELL, 2009).

Las larvas son los insectos inmaduros, siendo presa fácil a otros insectos y expuestos a ser parasitados; como resultado a esto, desarrollaron muchas adaptaciones inusuales y hábitos evolucionados que van desde coloraciones crípticas que coinciden con el fondo, mimetismo de ramas, el color como señal de advertencia y diversos puntos, espinas, cuernos, y pelos o espinas urticantes; otras se dejan caer al suelo o giran hacia abajo en hilos de seda. En general la estructura y adaptaciones de comportamiento de las larvas son conocidas superficialmente, y aun relativamente conspicuos, abundantes e importantes grupos, quedan por descubrir (STHER, 1987; POWELL, 2009).

Los huevos de lepidoptera son diversos en forma y estructura (esféricos, aplanados, alargados, etc.), abundancia, y la forma en que son puestos (individuales y gregarios); considerablemente se sabe menos de los huevos de lepidoptera que de las larvas y aunque algunos huevos de grupos seleccionados son conocidos, el conocimiento general aún es simple (STHER, 1987; POWELL, 2009).

Catantixia semiramis semiramis (Lucas, 1852)

Planta hospedante

Gaiadendron punctatum (Ruiz & Pavón) Loranthaceae: Arbusto o árbol pequeño hemiparásito que puede crecer hasta los 8 m de altura. Las hojas son simples, opuestas y elípticas de 5 a 10 cm, con el haz lustroso de color verde oscuro, levemente rojizo o púrpura; el envés verde claro con puntos oscuros densos (Figura 7). La especie fructifica con un pico alrededor de marzo a julio (ALARCÓN & PARADA, 2010). Los frutos de *G. punctatum* son drupas que maduran de verde a crema, son dehiscentes, carnosas, con una semilla café rugosa. La especie es empleada en los programas de restauración de bosque altoandino AGUILAR & VANEGAS, (2009). Los frutos y semillas son consumidos y dispersados por aves frugívoras del área de estudio (ORTIZ & UMBA, 2010).



Figura 7. Loranthaceae: *Gaiadendron punctatum*. Planta hospedante de *Catantixia semiramis* Lucas.

Ciclo de vida

Instar 1: Cápsula cefálica color negro, con abundantes y cortos pelos blancos en frontoclípeo y otros más largos en parte anterior y lateral. Cuerpo amarillo después de la eclosión, luego toman un tono amarillo más oscuro después de consumir

alimentos; tiene numerosas, largas y finas setas primarias de color blanco en segmentos torácicos y abdominales; zona torácica negra con setas largas curvadas hacia delante, y el último segmento abdominal de color café. **Instar 2:** Cabeza color negro, conservando la posición de los pelos. El cuerpo es ahora amarillo oscuro y café; en dorso presenta una línea central café y dos laterales del mismo color; mantiene la zona torácica y el último segmento abdominal de color negro. Conserva la posición de las setas primarias blancas en todos los segmentos torácicos y abdominales. **Instar 3:** Cápsula cefálica negra con pequeñas protuberancias amarillas de las que salen las setas primarias muy largas y blancas. Cuerpo café con línea dorsal y lateral color café; cada segmento de la larva posee un par de largas setas primarias dorsales y laterales color blanco que salen de protuberancias amarillas (chalazas), y abundantes setas secundarias más cortas del mismo color; zona torácica negra con largas setas blancas curvadas hacia delante, que salen de las protuberancias amarillas.



Figura 8. Inmaduros de *Catasticta semiramis*. a) Planta hospedante. b) Huevos. c-d) Instar 1. e) Instar 2. f) Instar 3. g-h) Instar 4. i-j) Instar 5. k-l-m) Pupa, vistas dorsal y lateral. n) Imago, vista ventral lateral.

Instar 4: La cabeza y cuerpo similar a instar 3, pero la tonalidad del cuerpo se oscurece; se mantiene y oscurece la línea dorsal central y las setas blancas largas sobre las protuberancias (chalazas) amarillas; la superficie se observa densamente cubierta de otras pequeñas protuberancias amarillas de donde salen las setas secundarias más cortas. Se hacen notorias las áreas intersegmentales de color café más claro que el resto del cuerpo formando una serie de bandas transversales.

Instar 5: Cápsula cefálica y cuerpo similar a instar 4; el tono del cuerpo se oscurece aún más; se observa menos densa la superficie de setas secundarias, se mantienen las chalazas amarillas con las largas setas blancas (Figura 8). **Pupa:** De color blanco con muchas manchas negras y naranjas, simulando excremento de aves. Predominantemente de color marrón rojizo, pero con manchas de negro en el tórax y blanco en las zonas laterales de los segmentos abdominales 4-8, la cabeza con una proyección anterior de color amarillo crema apical, y una protuberancia redondeada subdorsal; protórax con una pronunciada cresta longitudinal dorsal; mesotórax con una cresta crema pronunciada longitudinal dorsal (que termina de color negro posteriormente), una protuberancia lateral doble redondeada en la base del ala anterior, y una cresta lateral crema y negro en la protuberancia lateral; segmento A2 con una protuberancia redondeada café oscuro dorsolateral; segmento A3 con una doble protuberancia redondeada dorsolateral negra; segmentos abdominales 3 a 7 cada uno con una cresta media dorsal, más pronunciada anteriormente, crestas laterales anterior y posteriormente blancas. Hasta el momento de la entrega del informe, aún se encontraban en fase de pupa.

Comportamiento: La postura y las larvas son gregarias, se alimentan en grupo, y producen cantidades considerables de seda, sobre todo en los últimos instares. Las larvas en instar 1 y 2, se alimentan en el día y se ubican en el envés de las hojas, a partir de instar 3, se alimentan en la noche, y durante el día se congregan en la base de los árboles, para protegerse; en la noche ascienden por el tronco de los árboles hasta las ramas donde se alimentan. Hacen su crisálida en la parte baja de los árboles; se sujetan al tronco o ramas de los árboles por el abdomen y por la región media pasa una fibra de seda alrededor de su cuerpo.

Género *Pedaliodes sensu lato*

Planta hospedante

Las especies del género *Pedaliodes* Butler (*Pedaliodes phaea* Hewitson, *P. phaeinea* Staudinger, *P. polusca* Hewitson, *P. phoenissa* Hewitson y *P. empusa* Felder & Felder) registradas en este estudio, se alimentan de *Chusquea* (Figura 9) en su estado larval. BECCALONI, *et al.* (2008) propone esta planta para diversas especies del Complejo *Pedaliodes*. Conocida popularmente como “chusque”, *Chusquea aff. scandens* Kunth (Poaceae, Bambusoidea) se encuentra principalmente en Cundinamarca en el flanco occidental de la Cordillera Oriental, y en los cerros y páramos de la Sabana de Bogotá, entre otros lugares. Se registra entre los 1900 y los 3900 msnm, en el bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB), en el bosque húmedo montano bajo (bh-MB), en el bosque seco montano bajo (bs-MB), en el bosque muy húmedo montano (bmh-M) (MAHECHA *et al.*, 2004) y generalmente asociado a corrientes de agua.

Es una planta de cañas amarillentas, delgadas, altas y arqueadas, ramificadas y enmarañantes o trepadoras (si hay árboles o peñas cerca). Presenta hojas simples alternas en ramilletes a intervalos sobre los nudos de las cañas. Trepadora facultativa y estrictamente heliófila, su floración es sincrónica a intervalos multianuales, frecuentemente acompañada de mortandad masiva (DAMA, 2011).

Huevos del género *Pedaliodes*: Debido a la similitud existente entre los huevos del género *Pedaliodes* Butler, se describen de manera general: Forma esférica no perfecta, color blanco luego de la postura, pero al transcurrir los días se torna amarillo claro; con variables estrías o hendiduras irregulares orientadas verticalmente. Antes de la emergencia de las larvas, el corion se hace transparente siendo visible la cápsula y epicráneo de color negro y pelos dorsales. Son depositados de forma individual.



Figura 9. *Chusquea aff. scandens*. Macolla. Planta hospedante de larvas de Pronophilini.

***Pedaliodes phaea* (W.C. Hewitson, 1862)**

Instar 1: La larva presenta cápsula cefálica esférica, con dos pequeñas protuberancias en la parte superior, de color negro brillante y cubierta de cortas setas blancas. El cuerpo es tubular de color crema claro, con una línea ancha dorsal café y tres franjas longitudinales del mismo color. Presenta un par de pelos negros en dorso en cada segmento abdominal y torácico, y pelos en zona espiracular. El cuerpo termina en su último segmento con un par colas de escaso desarrollo, con mayor cantidad de pelos blancos más largos que el resto del cuerpo. **Instar 2:** La cabeza es color crema con manchas café oscuro en la parte superior y lateral, finamente reticulada con densos y cortos pelos pálidos; presenta dos cuernos pequeños y redondeados. El cuerpo es color crema oscuro con línea dorsal y varias líneas laterales e irregulares color café. Aparece una banda café dorsolateral en zona torácica y una leve mancha lateral en segmento abdominal A6 y A7. La característica principal de esta especie es

la presencia de dos pares de puntos café en A1 y A2, y otros más pequeños en A6 y A7. Toda la larva tiene ahora pequeños puntos y granulaciones dispersas, cortas setas pálidas, y cola caudal más larga y más separada. **Instar 3:** La larva mantiene las condiciones y patrones de manchas, líneas y puntos de cabeza y cuerpo, pero se hacen más oscuras y notorias, especialmente las manchas laterales de A6 y A7. **Instar 4:** La cápsula cefálica tiene ahora las manchas café más amplias en la parte posterior de la cabeza, se oscurecen. El cuerpo ahora tiene una tonalidad base color café, se mantienen los cuatro puntos en A1 y A2, pero desaparecen en A6 y A7; la línea dorsal desaparece en zona torácica y se oscurece a partir de A1; las líneas laterales irregulares son menos notorias. Terminación caudal prominente. **Instar 5:** Cápsula cefálica similar a instar 4, pero menos manchas laterales, cuernos cortos y redondos. El color del cuerpo es ahora café oscuro; la línea central dorsal es incompleta; desaparecen líneas laterales y ahora son pequeñas manchas irregulares café; los cuatro puntos se mantienen pero no son tan notorios (Figura 10).



Figura 10. Inmaduros de *Pedaliodes phaea* Hewitson. a-b) Instar 1. c) Instar 2. d) Instar 3. e) Instar 3, vista posterior de la cabeza. f) Instar 4. g) Instar 5. h-i) Pupa, vistas ventral y lateral. j-k) Imagos, vistas dorsal y lateral.

***Pedaliodes phaeinea* Staudinger, 1897**

Instar 1: Las larvas en instar 1 de los *Pedaliodes* descritos hasta el momento, presentan una morfología y coloración muy parecida, siendo una forma de definir sus diferencias a través de mapas quetotáxicos; por tal motivo, la larva en instar 1 es muy similar a *P. phaea*, cápsula cefálica redonda, color negro, cubierta con pelos blancos y con dos pequeñas protuberancias en su parte superior. De igual forma, el cuerpo es de color crema claro, con una línea ancha dorsal café y tres líneas longitudinales del mismo color; dos series de pelos negros en dorso. **Instar 2:** Cabeza color crema con manchas café oscuro en la parte superior y lateral, y con dos pequeños cuernos redondos. El cuerpo es color crema, con una línea dorsal y varias líneas laterales curvadas de color café y blanco; banda café oscuro detrás de la cápsula cefálica en zona torácica y junto una línea ancha blanca que se angosta progresivamente en los siguientes segmentos. Presenta cuatro puntos café oscuro en A1 y A2. **Instar 3:** Cabeza igual que instar 2. El cuerpo color café claro; línea dorsal café clara; mantiene los cuatro puntos café oscuro en A1 y A2, aparecen ahora cuatro manchas en dorso en A7 y A8, y se hacen más oscuras las líneas laterales curvadas. Cola más desarrollada y separada. **Instar 4:** La cápsula cefálica conserva las manchas de instares anteriores, pero detrás de los cuernos redondos cambian a color blanco. El cuerpo ahora tiene una tonalidad base color café y amarillo; en dorso se mantienen los puntos en A1 y A2, pero aparecen pares de pequeños puntos negros y pequeñas manchas blancas; la línea dorsal no es notoria; el primer segmento torácico es color blanco. Las líneas laterales irregulares forman una mancha o franja ancha color café en dorsolateral, observándose de esta forma a la larva de un tono más claro en dorso y más oscuro en zona lateral. **Instar 5:** Cápsula cefálica color café oscuro manteniendo las manchas particulares. El color del cuerpo es ahora café oscuro, pero más claro en último segmento abdominal; en dorso desaparece la línea central; el primer segmento torácico aún es blanco; ahora se observan una serie de puntos y manchas más oscuras, pero se mantienen los puntos en A1 y A2. (Figura 11).



Figura 11. Inmaduros de *Pedaliodes phaeinea* Staudinger. a-b) Instar 1. c) Instar 2. d) Instar 3. e) Instar 4. f) Instar 5. g-h) Pupa, vistas lateral y ventral. i-j) Imagos, vistas lateral ventral y dorsal.

Pedaliodes polusca (W.C. Hewitson, 1862)

Instar 1: Cápsula cefálica redonda y de color negro, con cortas setas negras y otras largas laterales y superiores dirigidas hacia delante; dos protuberancias en epicráneo. El cuerpo es color verde claro, y presenta dorsalmente una gruesa línea central color café que inicia muy clara en A4 y A5 y se oscurece hasta A10, y paralelamente tres líneas longitudinales color blanco. Tiene cortas setas negras en dorso y otras blancas en zona subespiracular. **Instar 2:** La cabeza es color café claro y la sutura epicraneal es café oscuro y algunas manchas en la cara; está finamente reticulada y con muchos cortos pelos blancos; desarrolla dos pequeños cuernos redondos bien definidos. El cuerpo es ahora color crema oscuro, con una gruesa línea central café oscuro en dorso y aparecen algunos pares de manchas café, y delgadas líneas laterales irregulares; el cuerpo también se observa totalmente reticulado y con cortos pelos blancos. **Instar 3:** La cápsula cefálica conserva las manchas en la cara y el color café oscuro en la sutura epicraneal, se observa más reticulada y con más pelos. El cuerpo es ahora café claro, y el tono es más uniforme; en dorso se

mantiene la línea central (siendo más oscura desde A5), y aparecen dos manchas en A4 y A6 sobre esa línea dorsal; las líneas laterales irregulares desaparecen formando pequeñas manchas y puntos.



Figura 12. Inmaduros de *Pedaliodes polusca* Hewitson. a-b) Instar 1. c) Instar 2. d) Instar 3. e) Instar 4. f-g) Instar 5, vistas lateral y dorsal. h-i) Pupa, vistas lateral y ventral. j) Imago, vista lateral.

Instar 4: Se oscurecen las manchas del frontoclípeo de la cápsula cefálica; el color café oscuro de la sutura epicraneal no es completo. El cuerpo mantiene la línea dorsal pero ahora es café clara; se oscurecen las manchas en A4 y A6. La larva presenta ahora más manchas y puntos pequeños de color oscuro por todo el cuerpo. **Instar 5:** La cápsula cefálica no tiene el color café oscuro en la sutura epicraneal, y ahora toda la cara es color café oscuro; se mantiene reticulada y con muchos y cortos pelos blancos. El cuerpo es color café; línea dorsal como en instar 4; se amplían

y oscurecen las manchas en A4 y A6; desaparecen algunas manchas y puntos del instar 4. Ahora los pares de manchas en dorso, se unen formando figuras romboides en todo el dorso (Figura 12).

Pedaliodes phoenissa (W.C. Hewitson, 1862)

Instar 1: Cápsula cefálica redonda y de color negro, con cortos pelos blancos y otros un poco más largos en parte lateral y superior dirigidos hacia delante. El cuerpo es color verde claro con cortos pelos blancos, siendo más notorios en zona espiracular; dorsalmente presenta una línea central de color verde más oscura que el resto del cuerpo y que se torna color café desde el segmento A5 finalizando en A10 entre dos pequeñas y cortas colas; en zona dorsolateral y espiracular una delgada línea blanca y paralelamente presenta otras dos líneas irregulares del mismo color.

Instar 2: La cabeza es color café claro, siendo la zona frontal media y superior un poco más oscura; la sutura epicraneal y parte lateral posterior tiene una mancha café oscuro; ahora desarrolla dos pequeños cuernos redondos bien definidos; finamente reticulada y con muchos cortos pelos blancos. El cuerpo es de color crema con una tonalidad verde; dorsalmente presenta dos delgadas líneas café que se oscurecen a partir de A5 y dos pequeñas manchas oscuras a cada lado de las líneas dorsales desde segmento A1 hasta A4; en la zona torácica, lateralmente, aparece una banda café oscura y desaparece entre los segmentos A1 y A2; en la parte de arriba y abajo de esta banda y en zona espiracular, presenta unas líneas irregulares color blanco y café que terminan en segmento A10. La larva presenta ahora pequeños puntos y granulaciones dispersas. **Instar 3:** La cápsula cefálica mantiene las manchas y coloración como instar 2. El cuerpo es ahora color café claro; en la zona dorsal se conservan las dos delgadas líneas café, pero ahora presenta manchas café desde segmento A4 hasta A10, tornándose las delgadas líneas centrales más oscuras en los últimos segmentos, y al finalizar los segmentos A1, A2 y A6, aparecen un par de puntos; en zona torácica y segmentos A1 y A2, lateralmente, se mantienen las bandas café oscura y ahora es muy notoria la línea blanca en zona espiracular. **Instar 4:** La cápsula cefálica es color crema, las manchas se mantienen pero son ahora más claras y es notorio un pequeño punto oscuro en la parte posterior de la cabeza; los cuernos redondos se mantienen. El cuerpo es color crema; dorsalmente se mantienen las líneas delgadas color café; desaparecen las manchas de los segmentos A4 hasta A10; se oscurecen los dos pares de puntos de A1 y A2, y aparecen cuatro pares de puntos desde el segmento A3 hasta A6; se mantiene la banda café en la zona lateral torácica, aunque ahora es más clara. Se conserva la línea blanca espiracular. **Instar 5:** La cápsula cefálica es color café claro, las manchas laterales se aclaran y ahora la zona frontal de la cabeza se torna de color café oscuro. El cuerpo es color crema; en dorso las líneas centrales se mantienen en zona torácica y últimos segmentos abdominales, y en los restantes segmentos desaparecen (A3 hasta A8), donde ahora se forman figuras romboides a partir de los pares de puntos. Se mantiene la banda café lateral en tórax; desaparece línea blanca espiracular (Figura 13).



Figura 13. Inmaduros de *Pedaliodes phoenissa* Hewitson. a-b) Instar 1. c) Instar 2. d) Instar 3. e) Instar 4. f) Instar 5. g-h) Pupa, vistas lateral y ventral. i) Imago, vista lateral.

Pedaliodes empusa empusa (Felder & Felder, 1867)

Instar 1: Cápsula cefálica esférica, color negro brillante, dos protuberancias craneales, y con pelos claros cortos, siendo más largos en zona lateral y anterior, donde se encuentran curvados hacia delante. Al emerger la larva es completamente de color verde, al avanzar el instar, presenta en dorso una gruesa línea color café que se oscurece progresivamente hasta A10, una línea blanca dorsolateral y una línea café lateralmente. Al igual que los otros *Pedaliodes* estudiados, presenta cortos pelos negros en todo el cuerpo. **Instar 2:** La cápsula cefálica es color crema, con algunas manchas café en frontoclípeo y zona lateral; pequeños cuernos redondos; se encuentra totalmente reticulada y con cortos pelos blancos. El cuerpo es color café con una gruesa línea dorsal café que se oscurece a partir de A5; en zona torácica, dorsolateralmente aparece una franja café oscuro seguida de una blanca. Toda la larva tiene ahora pequeñas granulaciones y muchos pelos cortos de color blanco.

Instar 3: Cápsula cefálica similar a instar 2. El cuerpo es color café; la línea dorsal es menos notoria, se mantiene la franja dorsolateral en zona torácica; aparecen muchos puntos y pequeñas manchas color café oscuro dispersos en todo el cuerpo, siendo más notorios un par de puntos en dorso en A1 y A8 y una mancha central en A7. **Instar 4:** La cabeza es color crema y la mancha de frontoclípeo es ahora más oscura. El cuerpo es color café y mantiene la línea dorsal clara y las manchas y puntos dispuestos por todo el cuerpo. Aparecen siete puntos negros lateralmente a cada lado, desde A2 hasta A9, y se logra ver muy levemente figuras romboides en el dorso. **Instar 5:** Cápsula cefálica similar a instar 4. El cuerpo mantiene todos los patrones de figuras y manchas que instar 4, pero desaparece la franja dorsolateral café que se encontraba en zona torácica (Figura 14).



Figura 14. Inmaduros de *Pedaliodes empusa empusa* Felder & Felder. a-b) Instar 1. c) Instar 2. d) Instar 3. e) Instar 4. f) Instar 5. g-h) Pupa, vistas lateral y ventral. i) Imago, vista lateral.

Pupa género *Pedaliodes*

Las pupas del género, son muy similares, pero presentan sus diferencias en la posición de las manchas. De forma alargada, más o menos cónica hacia el cremáster y los últimos segmentos abdominales (A6-A10), cilíndrico el resto del cuerpo, forjándose una curvatura dorsal hacia la cabeza, terminando en dos ligeras protuberancias unidas entre sí, en vista frontal; generalmente de color café o crema oscuro; en vista lateral son notorios unos puntos negros que corresponden a los espiráculos. Para *Pedaliodes phaea*, ventralmente, la región alar con manchas de color café y en la zona del primer par de patas; región costal un poco oscura, con puntos oscuros dispersos en el margen externo del ala. *Pedaliodes phaeinea*, es de color café claro y no presenta manchas en zona ventral, pero sí, algunas en zona alar. *Pedaliodes polusca*, es color crema oscuro, ventralmente con manchas claras por el borde de la región alar y en zona del primer par de patas al igual que un par de puntos; lateralmente una mancha oscura en parte costal del ala y a los lados del cremáster; en zona dorsal muchos puntos café dispersos y un par de pequeñas protuberancias en zona abdominal. *Pedaliodes empusa*, en zona ventral, presenta un par de manchas y puntos en el primer par de patas; región alar y costal de ala con muchas manchas y algunas otras en zona dorsal abdominal.

Comportamiento del género *Pedaliodes*: Las larvas consumen el corion del huevo tras emerger, pero en el caso de *P. empusa*, no es consumido en su totalidad; posteriormente a su emergencia buscan ubicarse en el envés de las hojas, generalmente por los bordes. Presentan hábitos de alimentación diurnos en los primeros instares (instar 1 y 2), y consumen los bordes de las láminas donde reposan; luego, en instares posteriores (instar 3-5) su actividad pasa a ser nocturna, saliendo a alimentarse a partir de las 6:00 p.m. Las larvas en general no consumen la exhubia después de la muda. En el caso de *P. phaea*, como medida de protección cuando perciben movimientos fuertes o bruscos en la planta, se dejan caer súbitamente al suelo y se enroscan, protegiendo la cabeza con el resto del cuerpo. Cuando se están preparando para pasar a la fase de pupa, se suspenden por los “crochets” el segmento abdominal 10, recogiendo en forma de “J”.

De acuerdo a esta información obtenida en campo, en laboratorio y bibliográfico, se asume que las larvas a partir de instar 3, permanecen en la parte baja de los chuscales buscando refugio, dentro de la hojarasca que se produce en la vegetación, y en horas de la noche salen a alimentarse, evitando así los predadores. Las larvas de *Pedaliodes empusa*, al percibir o sentirse perturbadas, realizaron movimientos laterales con la cabeza hacia atrás, de forma defensiva (GREENEY *et al.*, 2012).

En las Tablas 5 y 6, se encuentran los datos comparativos del tiempo de desarrollo del ciclo biológico y las longitudes en cada instar de las especies estudiadas. La figura 15 muestra las diferencias fenotípicas de las cápsulas cefálicas de cada especie en cada instar.

Tabla 5. Ciclo biológico. Duración de cada instar y total de días.

Especie	Huevo	Instar 1	Instar 2	Instar 3	Instar 4	Instar 5	Pupa	Total
<i>P. phaea</i>	33	13	13	15	16	24	59	173
<i>P. phaeinea</i>	25	19	12	12	14	28	56	166
<i>P. polusca</i>	20	16	10	15	12	22	46	141
<i>P. empusa</i>	24	21	12	16	14	31	55	173
<i>P. phoenissa</i>	22	15	17	11,5	18	28	57,5	169
<i>C. semiramis</i>	44	25	25	26	23	33	53	229

Tabla 6. Longitud promedio en milímetros (mm) de las larvas en cada instar

Especie	Instar 1	Instar 2	Instar 3	Instar 4	Instar 5	Pupa	
						Alto	Ancho
<i>P. phaea</i>	5,19	6,84	9,25	13,8	18	11,3	5,1
<i>P. phaeinea</i>	3,74	7,92	9,59	15,7	19,5	13	5,5
<i>P. polusca</i>	4,41	6,97	9,59	14	19,8	13,6	5,5
<i>P. empusa</i>	4,12	7	9,47	11,88	18,5	13,5	5,7
<i>P. phoenissa</i>	5,54	8,59	9,7	14	20,2	13,4	6,1
<i>C. semiramis</i>	2,68	4,50	6,02	11,3	18,9	18	5

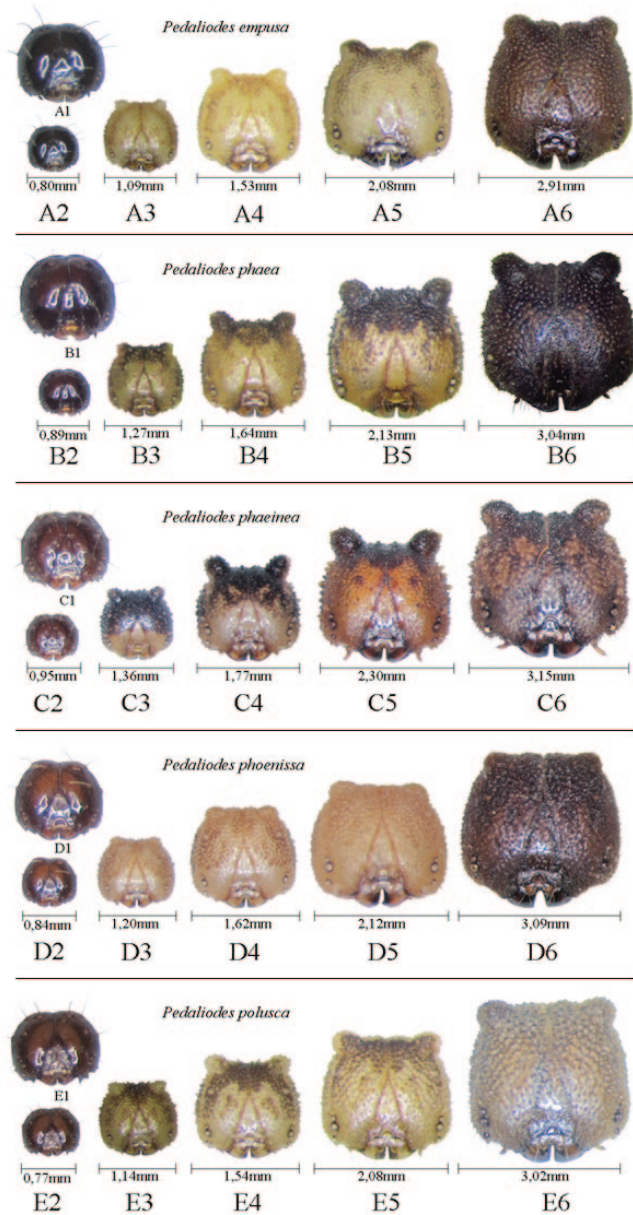


Figura 15. Cápsulas cefálicas: A: *Pedaliodes empusa*. A1) Instar 1 Aumentado. A2) Instar 1. A3) Instar 2. A4) Instar 3. A5) Instar 4. A6) Instar 5. B: *Pedaliodes phaea*. B1) Instar 1 Aumentado. B2) Instar 1. B3) Instar 2. B4) Instar 3. B5) Instar 4. B6) Instar 5. C: *Pedaliodes phaeinea*. C1) Instar 1 Aumentado. C2) Instar 1. C3) Instar 2. C4) Instar 3. C5) Instar 4. C6) Instar 5. D: *Pedaliodes phoenissa*. D1) Instar 1 Aumentado. D2) Instar 1. D3) Instar 2. D4) Instar 3. D5) Instar 4. D6) Instar 5. E: *Pedaliodes Polusca*. E1) Instar 1 Aumentado. E2) Instar 1. E3) Instar 2. E4) Instar 3. E5) Instar 4. E6) Instar 5.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresamos nuestros agradecimientos y admiración a personas e instituciones que aportaron en todas las diferentes etapas del desarrollo de este escrito: A la Marroquinera Mario Hernández, por su afortunado compromiso en la conservación de las mariposas colombianas al financiar la investigación a largo plazo. A Jean François Le Crom, presidente de ACOLEP, gestor y coordinador del proyecto “Conservación de las Mariposas del Tablazo”. Al “Proyecto Mariposa”, que donaron un par de minibecas, como apoyo a la investigación. A Claudia Patricia Sañudo, Sandra Uribe Soto, Roger Vila, Diego Carrero y en general a todo el equipo de trabajo de este proyecto. A Luis Eduardo Mota por su oportuna contribución a la difusión de los resultados. A nuestros buenos amigos y colaboradores para esta causa: Jorge Llorente Busquets, Gregory Nielsen, Walter Winhard, Luis Carlos Gutiérrez, Julián Adolfo Salazar, Hannier Pulido, Mateo Hernández Schmidt, María Dolores Heredia, Oscar Rojas Zamora, Periódico “Puertas 2000” al señor Héctor Cañón, Mauricio González, Samuel Rojas Pulido, David Reyes, Juan González y familia.



BIBLIOGRAFÍA

- ADAMS, M.J., 1986.- Pronophilina butterflies (Satyridae) of the three Andean Cordilleras of Colombia. *Zool. Journ. Linn. So.*, 87: 235-320.
- AGUILAR, M. & VANEGAS, S., 2009.- *Viveros. Una experiencia comunitaria en el Páramo de Rabanal*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- ALARCÓN, I.D. & PARADA, M., 2010.- Fenología reproductiva de especie ornitófilas y ornitócoras de los estratos bajos del Parque: 57-98 (en) ROSERO LASPRILLA, L. (ed.) *Estudios ecológicos en el Parque Natural Municipal Ranchería, un aporte para su conservación*. Tunja: Uptc.
- ANDRADE, M.G., 1998.- Utilización de las mariposas como bioindicadoras del tipo de hábitat y su biodiversidad en Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 22 (84): 407-421.
- ANDRADE, M.G. & AMAT, G.D., 1996.- Estudio regional de las mariposas altoandinas en la cordillera oriental de Colombia. Capítulo VII: 149-180 (en) G. ANDRADE, M. & FERNÁNDEZ, F. (eds.) *Insectos de Colombia, Estudios escogidos*. Colección Jorge Álvarez Lleras No. 10. Bogotá: Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.
- BAQUERO, E., MORAZA, M.L., ARIÑO, A.H. & JORDANA, R., 2011.- *Mariposas diurnas de Pamplona*. Ayuntamiento de Pamplona: Gráficas Iratxe. 137p.
- BECCALONI, G.W., VILORIA, A.L., HALL, S.K. & ROBINSON, G. S., 2008.- *Catalogue of the hostplants of the Neotropical butterflies. (Catálogo de las plantas huésped de las mariposas neotropicales)*. Zaragoza: Sociedad Entomológica Aragonesa. (Monografías del Tercer Milenio, Vol. 8). 536p.
- BROWN, K.S., 1981.- Contribución del conocimiento de los lepidópteros neotropicales a la Biogeografía. *Simposia y Conferencias, IV Congreso latinoamericano de Entomología (Maracay)*. p. D70-D93.
- CAMBERFORT, Y., 1991.- Biogeography and evolution: 51-68 (in) HANSKI I. & CAMBERFORT, Y. (eds.). *Dung Beetle Ecology*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press.
- CLENCH, H.K., 1966.- Behavioral thermoregulation in butterflies. *Ecology*, 47 (6): 1021-1034.
- CORTÉS, C. & FAGUA, G., 2003.- Diversidad de arañas de estrato rasante en transectos borde-interior de un bosque del piedemonte cordillerano (Medina, Cundinamarca). *Rev. Col. Ent.*, 29 (2): 113-120.
- DAMA.GOV.CO., 2011.- Especial: Fichas técnicas por especie. <http://www.dama.gov.co/dama/libreria/php/decide.php?patron=03.1305020113&num=19>. *Chusquea scandens*.
- DENNIS, R., 1993.- *Butterflies and climate change*. Manchester University press. 276p.
- DEVRIES, P.J., 1987.- *The butterflies of Costa Rica and their natural history Papilionidae, Pieridae,*

- Nymphalidae. Princeton University Press. 327p.
- FAGUA, G., 1996.- Comunidad de mariposas y arthropofauna asociada con el suelo de tres tipos de vegetación de la Serranía de Taraira (Vaupés, Colombia). Una prueba del uso de mariposas como Bioindicadores. *Rev. Col. Ent.*, 22 (3): 143-151.
- FERNÁNDEZ, M.J. & BAZ, A., 2006.- *Mariposas del Campus*. Naturaleza y Medio Ambiente N 3. EcoCampus Alcalá. Vicerrectorado de Campus y Calidad Ambiental. 56p.
- GARCÍA, C.A., CONSTANTINO, L.M., HEREDIA, M.D. & KATTAN, G.H., 2002.- *Mariposas comunes de la Cordillera Central de Colombia*. Cali: Wildlife Conservation Society Programa de Colombia. 130p.
- GOOGLE EARTH., 2012.- *Área de estudio: Cuchilla del Tablazo - Cundinamarca - Colombia*. kh.google.com
- GREENEY, H.F., PYRCZ, T.W., DEVRIES, P.J. & DYER, L.A., 2009.- The early stages of *Pedaliodes poesia* (Hewitson, 1862) in eastern Ecuador (Lepidoptera: Satyrinae: Pronophilini). *Journal of Insect Science*, 9 (38): 1-8.
- GREENEY, H.F., DYER, L.A. & SMILANICH, A.M., 2012.- Feeding by lepidopteran larvae is dangerous: A review of caterpillars' chemical, physiological, morphological, and behavioral defenses against natural enemies. *Invertebrate Survival Journal*, 9: 7-34.
- HALFFTER, G., 1991.- Historical and ecological factors determining the geographical distribution of beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). *Fol. Entomol. Mex.*, 82: 195:238.
- HENAO, E.B., 2006.- Aproximación a la distribución de mariposas del departamento de Antioquia (Papilionidae, Pieridae y Nymphalidae: Lepidoptera, con base en zonas de vida. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 10: 279-312.
- HEREDIA, M.D. & VILORIA, A.L., 2004.- Description and life history of *Pedaliodes zingara*, a new satyrine species from Colombia (Nymphalidae). *Journal of the Lepidopterists' Society*, 58 (2): 80-87.
- HOLLOWAY, J.D. & STORK, N.E., 1991.- The dimensions of biodiversity: The use of the invertebrates as indicators of human impact: 3-62 (in) HAWKSWORTH, D.L. (ed.) *The biodiversity of microorganisms and invertebrates; its role in sustainable agriculture*. Washington: D. S. International.
- KREMEN, C., COWELL, R.K., ERWIN, T.L., MURPHY, D.D., NOSS, R.F. & SANJKAYAN, M.A., 1993.- Terrestrial arthropod assemblages: Their use in Conservation planning. *Conservation Biology*, 7: 796-808.
- LOVEJOY, T., BRERREGAARD, A., RYLANDS, J., MALCOM, C., QUINTELA, L., HARPER, K., BROWN Jr., A., POWELL, G., POWELL, R., SCHUBART, & HAYS, M., 1986.- Edge and other effects of isolation on Amazon forest fragments (in) SODLE, M.E. (ed.) *Conservation Biology. The Science of scarcity and diversity*. Sunderland, Massachusetts: Sinauer. 285p.
- MAHECHA, G.E., OVALLE, E.A., CAMELO, S.D., ROZO, F.A., BARRERO, B.D. - CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA., 2004.- *Vegetación del territorio CAR: 450 especies de sus llanuras y montañas*. Bogotá. D.C.: CAR. 861p.
- MAHECHA, O.J., DUMAR, J.C. & PYRCZ, T.W., 2011.- Efecto de la fragmentación del hábitat sobre las comunidades de Lepidoptera de la tribu Pronophilini a lo largo de un gradiente altitudinal en un bosque andino en Bogotá (Colombia) (Lepidoptera: Nymphalidae, Satyrinae). *Shilap*, 39 (153): 117-126.
- ORELLANA, A.M., 2004.- Mariposas de los páramos de la Sierra Nevada y Sierra de La Culata (Cordillera de Mérida, Venezuela): pp. 5/575/71 (in) ANDRESSEN, R. & MONASTERIO, M. (eds.) *Los páramos andinos: Los desafíos en el siglo XXI*. Memorias del IV Simposio Internacional de Desarrollo Sustentable en los Andes. Mérida, Universidad de los Andes.
- ORTIZ, L. & UMBA, C., 2010.- Dinámica anual de un ensamble de aves frugívoras y su relación con la dispersión de semillas: 171-192 (en) ROSERO LASPRILLA, L. (ed.) *Estudios ecológicos en el Parque Natural Municipal Ranchería, un aporte para su conservación*. Tunja: Uptc.
- OSPINA, L.A., GARCÍA, J.F., VILLA, F.A. & REINOSO, G., 2010.- Mariposas Pieridae (Lepidoptera: Papilionoidea) de la cuenca del Río Coello (Tolima), Colombia. *Act. Biol.*, 32 (93): 173-188.
- PELZ, V., 1997.- Life history of *Pedaliodes parepa* from Ecuador (Lepidoptera: Nymphalidae: Satyrinae). *Tropical Lepidoptera*, 8: 41-45.
- POWELL, J.A., 2009.- Lepidoptera (Moths, Butterflies): 559-586 (in) RESH, V.H. & CARDÉ, R.T. (eds.). *Encyclopedia of Insects*. Second edition 2009. Elsevier's Science, Macmillan Publishing Solutions. 1093p.
- PYRCZ, T. & RODRÍGUEZ, A., 2007.- Mariposas de la tribu Pronophilini en la Cordillera Occidental de los Andes de Colombia (Lepidoptera: Nymphalidae, Satyrinae). *Shilap*, 35 (140): 455-489.
- RANGEL, C., 2000.- *La región paramuna y franja aledaña en Colombia*. Colombia Diversidad Biótica III. La región de vida paramuna. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia - Instituto de Ciencias Naturales, Instituto de Investigación Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 902p.
- SINGER, M.C., 1971.- Evolution of food - plant preferences in the butterfly *Euphydryas editha*. *Evolution*, 25: 383-389 (in) The ecology and ethology of the tropical butterfly *Victoriana epaphus*. I. Life cycle and natural history. *J. Lepid. Soc.*, 26 (1972): 155-170.
- STHER, F.W., 1987.- Order Lepidoptera: 288-305 (in) STEHR, F.W. (ed.) *Immature Insects*. Vol. 1. Dubuque, Kendall/ Hunt Publishing Company. 975p.
- VARGAS, I., LLORENTE-BOUSQUETS, J. & LUIS, M.A., 1994.- Listado lepidopterofaunístico de la Sierra de Atoyac de Álvarez en el Estado de Guerrero: Notas acerca de su distribución local y estacional (Rhopalocera: Papilionoidea). *Folia Entomol. Mex.*, 86: 41-178.

Tabla 2. Distribución altitudinal y abundancia relativa para cada especie

Familia	Subfamilia	Género	Especie	3000	3100	3200	3300	3400	3500	% Ab. Total
Hesperiidae	Hesperiinae	Ancyloxypha	<i>A. melanoneura</i>			X				0,50
		Calpodés	<i>C. ethlius</i>	X						0,50
		Serdis	<i>S. viridicans kirschi</i>				X	X		1,99
		Thespius	<i>T. othna</i>			X			X	1,00
		Zalomes	<i>Z. cordillera</i>				X			0,50
	Heteropterinae	Dalla	<i>D. agathocles</i>			X	X	X	X	2,49
			<i>D. caenides</i>	X		X				1,49
			<i>D. connexa</i>			X	X			1,49
			<i>D. perioides</i>				X			0,50
								X		
Pieridae	Coliadinae	Colias	<i>C. dimera</i>	X	X	X	X	X	X	7,46
			<i>C. c. chrysolopha</i>	X						0,50
	Pierinae	Catasticta	<i>C. s. semiramis</i>			X				1,00
			<i>C. u. uricocheae</i>					X	X	1,49
		Leptophobia	<i>L. eleone eleone</i>	X	X	X				1,49
			<i>T. x. xanthodice</i>		X	X				2,49
Nymphalidae	Bibliidinae	Orophila	<i>O. c. campaspe</i>			X				1,49
	Ithomiinae	Greta	<i>G. ochretis</i>		X					1,49
	Heliconinae	Altinote	<i>A. chea</i>	X	X	X	X	X		1,49
			<i>D. moneta butleri</i>	X	X	X	X		X	2,49
	Nymphalinae	Vanessa	<i>V. brasiliensis</i>			X				0,50
			<i>A. cocytia</i>				X			1,00
		Altopedaliodes	<i>A. nebris</i>			X		X	X	1,49
			<i>C. chelonis chelonis</i>	X	X		X			1,49
			<i>C. medeba columbina</i>	X						0,50
		Corades	<i>C. d. dymantis</i>		X	X	X			1,49
			<i>D. drusilla</i>				X			1,00
			<i>E. apuleja</i>	X	X	X				3,48
			<i>E. centralis</i>				X			0,50
			<i>I. erebioides</i>				X	X		1,99
	<i>J. doraete doraete</i>					X			1,00	
	Lasiophila		<i>Lasiophila circe circe</i>	X	X	X	X			3,48
			<i>L. excisa excisa</i>		X	X	X			2,49
		<i>L. samius</i>		X	X	X			1,00	
		<i>L. schmidtii</i>			X	X	X		2,49	
	Lymanopoda	<i>L. lebbaea</i>		X	X				1,49	
<i>M. apiculata</i>				X	X			2,99		
<i>M. levana</i>				X	X			1,00		
<i>N. zipa</i>				X	X			1,99		
Panyapedaliodes	<i>P. drymaea</i>	X						1,00		

Familia	Subfamilia	Género	Especie	3000	3100	3200	3300	3400	3500	% Ab. Total	
			<i>P. boyacensis</i>	X						0,50	
			<i>P. pallantis</i>				X			1,00	
			<i>P. empusa</i>			X	X	X	X	3,98	
			<i>P. hardyi</i>		X		X	X		1,49	
			<i>P. phaea</i>	X						1,49	
		Pedaliodes	<i>P. phainea</i>			X	X			1,99	
			<i>P. phoenissa</i>	X						1,99	
			<i>P. polusca</i>	X	X	X	X			4,98	
			<i>P. polla</i>				X			2,99	
			<i>P. nr. pollonia</i>	X			X			2,49	
			<i>Pedaliodes</i> sp6			X				0,50	
			<i>P. porcia bogotana</i>				X			1,00	
			Sterernia	<i>S. p. pronophila</i>	X			X			1,49
Lycaenidae	Polyommatainae		Hemiargus	<i>H. hanno bogotana</i>			X	X			1,99
		<i>P. atymna quindiensis</i>						X	X	1,99	
		Penaincisalia	<i>P. loxurina</i>				X			0,50	
	<i>P. swarthea</i>						X		0,50		
		Theclinae	Podanotum	<i>P. vaneurighti</i>						X	0,50
	<i>R. anosma</i>								X	1,49	
	Rhamma		<i>R. c. commodus</i>							X	1,00
			<i>R. comstocki</i>							X	1,99

Tabla 3. Abundancia descriptiva: más de 10 registros, abundante; entre 6-10 registros, común; entre 2-5 registros, escasa; y un registro, rara

Familia	Género	Especie	Abundante	Común	Escasa	Rara
Hesperiidae	Ancyloxypha	<i>A. melanoneura</i>				X
	Calpodes	<i>C. etblius</i>			X	
	Serdis	<i>S. viridicans kirschi</i>	X			
	Thespicius	<i>T. othna</i>			X	
	Zalomes	<i>Z. cordillera</i>				X
		<i>D. agathocles</i>	X			
	Dalla	<i>D. caenides</i>			X	
		<i>D. connexa</i>			X	
		<i>D. perioides</i>				X
	Pieridae	Colias	<i>C. dimera</i>	X		
<i>C. chrysolopha chrysolopha</i>					X	
Catasticta		<i>C. semiramis semiramis</i>			X	
		<i>C. uricoecheae uricoecheae</i>			X	
Leptophobia		<i>L. eleone eleone</i>	X			
Tatochila		<i>T. xanthodice xanthodice</i>	X			

Familia	Género	Especie	Abundante	Común	Escasa	Rara	
Nymphalidae	Orophila	<i>O. campaspe campaspe</i>			X		
	Greta	<i>G. ochretis</i>			X		
	Altinote	<i>A. chea</i>			X		
	Dione	<i>D. moneta butleri</i>			X		
	Vanessa	<i>V. brasiliensis</i>			X		
	Altopedaliodes		<i>A. cocytia</i>		X		
			<i>A. nebris</i>		X		
			<i>C. chelonis chelonis</i>		X		
	Corades		<i>C. medeba columbina</i>				X
			<i>C. dymantis dymantis</i>	X			
	Daedalma		<i>D. drusilla</i>			X	
	Eretris		<i>E. apuleja</i>	X			
			<i>E. centralis</i>				X
	Idioneurula		<i>I. erebioides</i>			X	
	Junea		<i>J. doraete doraete</i>		X		
	Lasiophila		<i>L. circe circe</i>	X			
			<i>L. excisa excisa</i>		X		
	Lymanopoda		<i>L. samius</i>		X		
			<i>L. schmidti</i>	X			
	Manerebia		<i>L. lebbaea</i>			X	
			<i>M. apiculata</i>		X		
			<i>M. levana</i>		X		
	Neopedaliodes		<i>N. zipa</i>			X	
	Panyapedaliodes		<i>P. drymaea</i>			X	
			<i>P. boyacensis</i>			X	
			<i>P. pallantis</i>			X	
			<i>P. empusa</i>	X			
			<i>P. hardyi</i>			X	
			<i>P. phaea</i>	X			
			<i>P. phaeinea</i>	X			
			<i>P. phoenissa</i>			X	
	Pedaliodes		<i>P. polusca</i>	X			
		<i>P. polla</i>	X				
		<i>P. nr. pollonia</i>			X		
		<i>Pedaliodes sp6</i>				X	
		<i>P. porcia bogotana</i>			X		
Steremnia		<i>S. pronophila pronophila</i>	X				
Lycaenidae	Hemiargus		<i>H. hanno bogotana</i>		X		
			<i>P. atymna quindiensis</i>			X	
	Penaincisalia		<i>P. loxurina</i>			X	
			<i>P. swarthea</i>			X	
	Podanotum		<i>P. vanewrighti</i>			X	
			<i>R. anosma</i>			X	
	Rhamma		<i>R. commodus commodus</i>			X	
			<i>R. comstocki</i>			X	

COLOMBIAN BUTTERFLIES (LEPIDOPTERA: PAPILIONOIDEA) ATTRACTED TO TREE EXUDATES*

Julián A. Salazar-E.¹

Resumen

A preliminary checklist is presented of fruit-feeding butterflies that visit the exudation of seven species of trees observed in several zones of Colombia. Additional data on secretion types, composition, butterfly behavior and the other insects sharing the same phenomena are included.

Palabras clave: feeding, Colombia, exudations, Coleoptera, Hymenoptera, food guild, proboscis.

MARIPOSAS COLOMBIANAS ATRAÍDAS POR EXUDACIONES DE CORTEZAS DE ÁRBOLES (LEPIDOPTERA: PAPILIONOIDEA)

Abstract

En este trabajo se publica una lista preliminar de especies de mariposas frugívoras, que se alimentan de exudados segregados por las cortezas de siete especies de árboles existentes en varias regiones de Colombia. Adicionalmente, se suministran datos de los tipos de secreciones, composición, hábitos de las mariposas y de otros insectos que comparten dicho fenómeno.

Key words: alimentación, Colombia, exudación, Coleoptera, Himenoptera, gremios alimenticios, proboscis.

* FR: 26-IV-2013. FA: 4-X-2013.

¹ Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Programa de Biología, Universidad de Caldas, julianadolfoster@gmail.com

INTRODUCTION

The Lepidoptera with their variety of colors and hyper diverse wing patterns are the most conspicuous species within the class Insecta. Almost all species have specialized eating habits using a proboscis, the tubular mouth parts evolved for the absorption of liquids or diluted foods (Fig. 1) (SCOBLE, 1995). The singular morphology of the proboscis is related to the feeding habits of adult Lepidoptera and the substrates on which they feed and is evident in both Rhopalocera (Glossata) and Heterocera (MOLLEMAN *et al.*, 2005, 2010; KRENN, 2010; ZENKER *et al.*, 2010). The last author details the proboscis of several butterfly species with electron microscopy images, illustrating the differences of those that feed on the nectar of flowers, pollen feeders and those that feed on rotting fruit, finding significant differences in the structures of the different groups studied. Likewise there are studies of sections of the functional mechanism and related muscles that act during the feeding process.

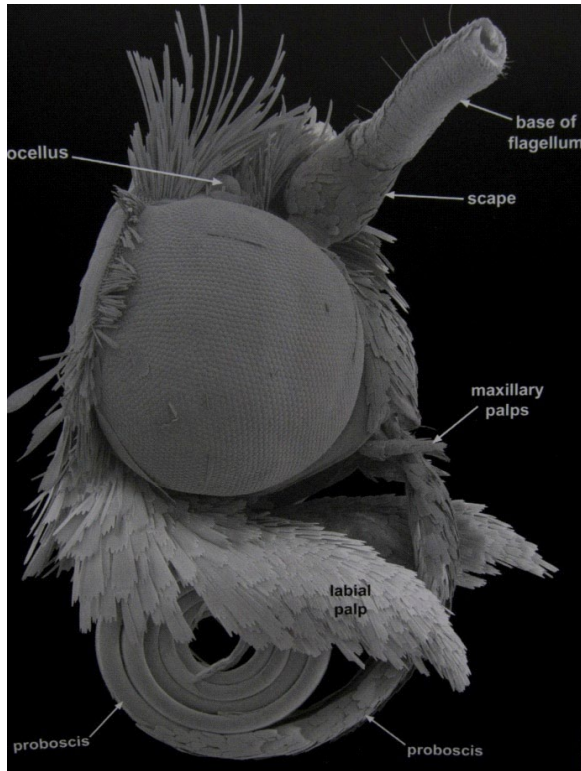


Figure 1. Butterfly head showing mouthparts and the coiled proboscis (after SCOBLE, 1995).

Other related works have treated, in addition to the morphological characters, such aspects as habits the communities of Lepidoptera have adapted and the use of certain food resources for adult diet benefits (NORRIS, 1935; HALL & WILLMOTT, 2000; BOGGS & DAU, 2004; MOLLEMAN *et al.*, 2005; RIBEIRO *et al.*, 2010). However what is not well known are those Neotropical species that have the predilection, in addition to feeding on fermented fruits, of imbibing the exudates or secretions from tree bark. These exudates are a resource of additional energy, rich in nutrients and are highly appreciated by insects, and include representative species of Lepidoptera. The objective of this work is to identify some of these butterflies in Colombia that specialize in this type of substrate and also the trees that have the property of secreting surface bark exudates.

PRELIMINARY DATA

Studies on the attraction of butterflies and other insects to tree exudates are scarce, and appear sporadically cited or illustrated in informative works about butterflies (HOLLAND, 1922; KLOTS, 1960; OWEN, 1971; SCOBLE, 1995; FRANCINI, 2010). For example, NORRIS (1935) mentions that sap exudates from wounded tree bark attracts several species of Nymphalid butterflies, and by feeding on those liquids become completely intoxicated and unable to fly. In this same context is the pioneer work of FOX-WILSON & HORT (1926) which is a detailed study of the insects that visit sap exudates from trees in Europe. They note that the most common species with this habit is *Vanessa atalanta* (L.), besides other records for *Vanessa antiopa* (L.) and *Vanessa polychloros* (L.) (BENSON, 1877; PEACHELL, 1900). Other species with the same known behavior are *Vanessa c-album* (L.), *Limenitis camilla* (Scudder), *Argynnis pandora* Schiff., *Apatura iris* (L.), *Satyrus* sp. and also the Lycaenidae *Zepyrus quercus* (L.) (FOX-WILSON & HORT, 1926; NORRIS, 1935).

In tropical environments of Africa the butterflies of the genus *Charaxes* are strongly attracted to these exudates, as documented in KNOLL (1921), TRIMEN (1862-1866), SCHULTZE (1916) and more recently VANE-WRIGHT (2003) *et al.* KRENN (2008) found in an area of Costa Rica and Panamá a wide variety of butterfly feeding habits and discriminated them into categories of species that feed on the nectar of flowers, pollen, blood, sweat, rotten fruit, carrion, excrement and tree sap exudates. The author states that there are representatives of the Nymphalidae family which never consume nectar in the course of their life, but only fruit juices, fungi and plant exudates. This specialized group constitutes about 40 to 55% of all tropical forest Nymphalidae butterflies DE VRIES (1987), those which have a proboscis morphology particularly adapted for this purpose. Most of them can uptake liquids by rubbing the proboscis on wet surfaces (Fig. 2), while the Charaxinae butterflies can drill through the skin of decomposed fruits (KRENN *et al.*, 2001; MOLLEMAN *et al.*, 2005). This guild in tropical areas is mainly comprised of the Charaxinae, Morphinae, Brassolinae, Satyrinae, Biblidinae and Limenitidinae, all subfamilies of nymphalids butterflies (DE VRIES, 1988; SHAHABUDDIN & TERBORGH, 1999; DE VRIES & WALLA, 2001; FREITAS & BROWN, 2004; RIBEIRO *et al.*, 2010; DE VRIES *et al.*, 2012).



Figure 2. *Caligo oileus scamander* (Bsd.) feeding on the exudate of an Aguacate tree (J.A. Salazar photo).

BACKGROUND IN COLOMBIA

The author's first experience of this phenomena was in March of 1987 during a visit to the biological station of the Organization for Tropical Studies (OTS) in Costa Rica. A *Panacea prola lysimache* (G. & S.) female, males of *Prepona laertes octavia* (Hbn) and *Opsiphanes* spp., were seen feeding on exudates of a unknown tree. Specific observations in Colombia are rare; VÉLEZ & SALAZAR (1991) and ANDRADE (1998) refer to the feeding habits of butterflies according to substrate or food guild groups but do not mention those that feed on tree sap. URIBE & SALAZAR (1998) note some species sighted at Caño Limón, Arauca, such as *Archaeoprepona demophon* (L.), *Colobura dirce* (L.), and *Opsiphanes cassina* ssp. feeding on exudates of small trees. SALAZAR *et al.* (2003) mentioned that certain species of trees secrete a sweet fluid from the bark that may be more effective than traps to capture butterflies, as it happened in a region of the Eastern Cordillera. Also detailed in this paper was the observation of *Agrias amydon amaryllis* Mich., *A. amydon athenais* Fruhst., and *Prepona pylene jordani* Fruhst., attracted to exudates in the Western Cordillera. OROZCO *et al.* (2009) found 9 species of fruit feeding butterflies in the southwest of Antioquia, one of them (*Colobura dirce* L.) was cited feeding on decomposed fruit, bark exudates and the droppings of mammals.

GARCÍA *et al.* (2002) states that adults in the subfamily Charaxinae inhabit the forest canopy and feed on fermented fruits, decomposing organic material, mammal excreta and tree exudates that produce acetyl ferments from the wounds caused by boring insect. Finally VALENCIA *et al.* (2005) cited the following species that feed on exudates of unidentified trees: *Archaeoprepona amphimachus* (L.), *Fountainea*

glycerium (Dbl), *Memphis philumena indigotica* (Salv.), *Colobura dirce* (L.), *Historis orion dious* (Lam.), *Panacea prola* (Dbl.), *Consul fabius cecrops* (Dbl.) and *Opsiphanes quiteria cauca* (Rob). The authors also assert that *Prepona philipponi* (LM.) feeds on exudates, visits bee (Meliponini) honeycombs and imbibes the honey spilled on the crevices of logs, and that *Siderone galanthis* (Cr.) adults feed on exudates from wounds of the bark of "Yarumo" (*Cecropia* spp.), Cecropiaceae trees.

MATERIALS AND METHODS

Observations were carried out in the Municipality of Riosucio, Caldas (Vereda Aguacatal, La Iberia and Loma Las Brujas) located between 1510 and 1750 masl. Additionally in other locations the phenomena was observed in places such as Bajo Tablazo-Manizales, El Arroyo-Villamaría, and in the Eastern Cordillera at Chirajara located in the Municipality of Guayabetal at 1200 masl. Dates include: April 2, 21-30, May 1, 7 and 15, July 5, November 6, 7, 13, 14, and 15 of 2011, March 26 and April 20, 2013. Butterflies feeding on trees exudates were photographed with a Canon Power-Shot 480A of 10.0 megapixels and a Canon Eos 3000 N. Observed species were identified visually but were not captured. The reference material is deposited at the Museum of Natural History, University of Caldas (MHN-UCa).

Secretions were collected in 2 cm plastic vials and preserved on ice. The samples were analyzed at the biochemistry laboratory at the University of Caldas by thin layer chromatography. The samples were diluted in 1.5 ml of ethanol and then placed in a silica chromatographic plate (2.5 cm wide x 5 cm. high) and wet with a mixture of hexane and ethyl acetate for 4 minutes. A UV lamp was also used to reveal any additional composition. Butterfly taxonomy follows the classification of LAMAS (2004) except for some recently described species (SALAZAR & CONSTANTINO, 2001; ORTIZ-ACEVEDO & WILLMOTT, 2013; MAIA-SILVA, 2013). SARMIENTO (1994), MARTÍNEZ (2000) and SUÁREZ & AMAT (2007) papers were consulted for the other groups of arthropods. The trees were identified with the help of PÉREZ-ARBELÁEZ (1996), MURILLO (2000), CAMPOS *et al.* (2008), CENICAFÉ (2010) and the Herbarium at the University of Caldas.

RESULTS

1) Trees that secrete exudates

Exudates found on certain tree bark are produced as a response to mechanical wounds caused by animal and human actions or pathological processes (BAXTER, 1952). In the first case an example is the well-known extraction process of latex from the bark of the rubber trees *Hevea brasiliensis* M.R. (Euphorbiaceae) (DOLIWA, 2008). Pathogens or diseases are recognized by various symptoms that show on the bark and cause fluids to leak from the tissues, according to MARSHALL-WARD (1901) this reveals the abnormal state of the tree, often due to bacteria present in the wound caused by mechanical damage, insects and fungi (*Phytophthora* spp.). The author includes in this treatise on the diseases of plants a special chapter on exudation and rot, including the phenomena of tumescence, decomposition, humidity, acidification, dew, gomosis and the emergence of diverse workflows that

facilitate a profuse or permanent exudation in the barks. In Colombia eight species of trees have been registered as producers of bark secretions whose fermentation was attractive to butterflies and other orders of insects (Figs. 3-4).



Figure 3. An Aguate tree showing the trunk affected by exudations (dark areas) (J.A. Salazar photo).



Figure 4. An Escobo tree with exudates (dark areas) and a female of *Rydonia pasibula* (Dbl.) feeding on the sap (J.A. Salazar photo).

However this phenomena is common also in many species of trees that secrete fluids and do not attract any type of arthropod feeding (see Tabs. 1 and 2).

Table 1. Tree species detected with butterflies feeding on the exudates.

Tree	Family	Spanish Common Name
<i>Eucaliptus globulus</i> Labill.	Myrtaceae	Eucalipto
<i>Salix humboldtiana</i> Mol. Willd	Salicaceae	Sauce
<i>Sapindus saponaria</i> L.	Sapindaceae	Chumbimbo
<i>Alchornea bogotensis</i> Pax-K.	Euphorbiaceae	Escobo
<i>Persea</i> sp.	Lauraceae	Aguacatillo
<i>Persea gratissima</i> Gaerth.	Lauraceae	Aguacate
<i>Quercus</i> sp.	Fagaceae	Castaño-Gavilán
<i>Citrus</i> spp.	Rutaceae	Naranjo

Table 2. Other species of trees which produce exudates, but are not attractive to butterflies.

Tree	Family	Spanish Common Name
<i>Eucalyptus pulverulenta</i> Sins.	Mirtaceae	Eucalipto
<i>Eriobotrya japonica</i> Ldl.	Rosaceae	Níspero del Japón
<i>Pinus patula</i> Shiede	Pinaceae	Pino
<i>Araucaria excelsa</i> Rob-Br.	Araucariaceae	Araucaria
<i>Acacias</i> sp.	Mimosaceae	Acacia
<i>Juglans</i> sp.	Juglandaceae	Cedro Negro
<i>Bombacopsis</i> sp.	Bombacaceae	Ceibo
Species unknown 1		
Species unknown 2		

TYPES OF EXUDATES

O'GILVIE (1924) observed several types of exudates on the bark of Elm trees, Chestnuts and Apples in Europe. He found mud red flows and another of a whitish color appearing in elms and willows. Bacteria and other organisms were detected in both types including *Fusarium*, *Isaria*, *Torula*, *Alternaria* etc. and yeasts (*Oospora*, *Verticillium*, *Chlorella*). In this work exudate types are categorized by their consistency: melosa (pines), resinous (eucalyptus, cedro, acacia), gummy (araucaria), gelatinous (unknown tree), viscose (aguacate, níspero, ceibo) and frothy (aguacate, escobo) (Figs. 5-10). The last, like some resins such as Eucalyptus and Willow, were attractive assets to butterflies.

**Fig. 5.** Exudation on a Pine tree.**Fig. 6.** Exudation on a Eucaliptus tree.

Composition

According to FOX-WILSON & HORT (1926) the tree sap mostly contains variable amounts of sugar, which is easily fermented and produces in the company of several yeasts, alcoholic products. Sparkling exudates have been detected from reduced sugar and from that not reduced as fructose, glucose, dextrose and levulose (maltose) (OMURA *et al.*, 2011) in an acidic reaction (pH 4-5), especially in the viscous exudate of Oak and also contained insoluble components composed of cellulose. A preliminary chromatographic analysis of the foamy secretion from the bark of the "Escobo" tree revealed polyphenol compounds.



Fig. 7. An Acacia tree exudation.



Fig. 8. Exudation of an Araucaria tree.



Fig. 9. Exudation of an Aguacate tree.



Fig. 10. Exudation of an Escobo tree.

2) Communities of butterflies that attend the exudates. Some observations.

This work reports on the communities of butterflies that imbibe the exudates of seven species of trees. They belong to the guild of the fruit feeding species and are composed of representatives of the family Nymphalidae; subfamilies Charaxinae, Brassolinae, Satyrinae, Limenitidinae; Biblidinae and Nymphalinae. A total of 61 species in 35 genera of butterflies were registered. In addition other insects belonging to the orders Coleoptera and Hymenoptera that in some way interact with species of butterflies on the exudates and as regular visitors also were identified. Several butterflies that frequented the exudates of Aguacate, Aguacatillo, Gavilán and Escobo were seen especially between the hours of 8 a.m., to 3 p.m. It should be noted that certain species such as *Pycina zamba* (Dbl.), *Opsiphanes* spp. and *Caligo* spp. were observed only very early, surely because their crepuscular activity, after which they disappear from the exudates. Noted also is that the fermented product of the exudates can intoxicate the butterflies while feeding, to such an extent that they can be taken manually or be photographed with ease, even with species of the elusive genus *Agrias* (Figs. 11 and 12).



Figures 11 & 12. A Male of *Agrias amydon* (Hew.) on the trunk of an unidentified tree. This rare butterfly is normally very wary but in an intoxicated state from the fermented exudate allowed the close approximation of the observer. (Photo courtesy of J. Cristóbal Ríos-Málaver, Altos del Pipe, Venezuela).

This irresistible attraction to butterflies is due to the release of odors by the breakdown and fermentation of the components of the exudates. In fact OMURA *et al.* (2000) in his studies on the secretions of oaks in Japan, found 14 volatile compounds such as ethanol and acetic acid which produced strong reactions in two species of Nymphalidae, *Kaniska canace* (L.) and *Vanessa indica* (Herbst), and attracted them to feed. This is probably the case with exudates observed in Colombia which exercised a strong attraction to different organisms, and more when the secretory activity in the bark is constant. An Aguacate tree observed produced a flow for 5 months (April-September, 2011) and in the case of an Escobo, for more than two years (November 2011 to June 2013). Long time exudation was observed from a single oak tree in a garden in Surrey, England which maintained this activity for up to five years FOX-WILSON & HORT (1926). This suggests that in old trees the exudation may be constant, as was found in trees of Aguacate on the Atlantic coast (F. Montero, pers. com.). From the analysis of the list of butterflies in Annex I, it is clear that most of the observed individuals arriving at exudates, are male (Figs. 13-17). However the females of some species like *Epiphile epimenes* (Hew.), *Cymatogramma xenocles fissilis* (Hall), *C. perenna austrina* (Comstock) and *Manataria hercyna maculata* (Hopffer) were quite common.



Fig. 13. *Smyrna blomfieldia* (F.).



Fig. 14. *Caligo prometheus* (Koll.).



Fig. 15. *Prepona laertes caucensis* (LM).



Fig. 16. *Pycina zamba* (Dbl.).

In terms of effectiveness, we can say that this natural method for the attraction of diurnal species may be more effective than those obtained with the use of artificially baited traps (Figs. 18-20), type Van Someren-Rydon, using fruit, fish or shrimp in decomposition. This phenomena can be utilized, in rainforest areas where colorful butterflies of the fruit feeding guild inhabit, as another alternative for the capture of rarities.

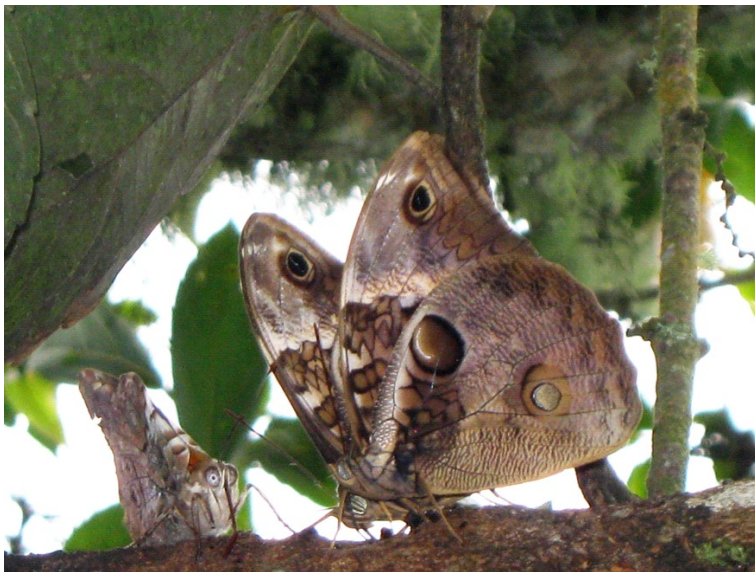


Figure 17. Males of *Opsiphanes tamarindi* (Fldr) and *Pycina zamba* (Dbl.) on the bark of Escobo tree (J.A. Salazar photo).



Fig. 18. Four species on an Escobo tree.



Fig. 19. *Colobura* and *Memphis* on an Aguacate tree.



Figure 20. *Manataria maculata* (Hpfr.) (top) and *Catonepebe mumilia esite* (Fldr) female.

OTHER ASSOCIATED INSECTS

During the course of the observations made on tree exudate in this study, other arthropods were also present on the flows. FOX-WILSON & HORT (1926) made a count of insects visiting an Oak tree, listing several species of Diptera, Hymenoptera and Coleoptera, many of them attracted by chemotropism, stimulated by the smell of the exudate.



Figure 20. *Trachyderes succinctus* (Coleoptera) and the wasp *Polistes erythrocephalus* (Hymenoptera) at the exudation of an Escobo tree. A butterfly, *Fountainea glycerium comstocki* Witt is in the background (J.A. Salazar photo).



Figure 21. Male specimens of *Fountainea glycerium comstocki* Witt (left) and *Rydonia pasibula* (Dbl.) (right) together with some Coleoptera and Hymenoptera insects sucking the exudations of Escobo tree (J.A. Salazar photo).

In this study they found an commensal association similar to the one found by HEDSTROM & ELMQUIST (1984) in Costa Rica with the beetle *Gymnetis liturata* Olivier (Cetoniinae) and the charaxine butterfly *Prepona laertes* (Hbn). Here at least 4 species of Coleoptera: *Gymnetis pantherina* Blanchard, *Amithao decemguttatum* Watherhouse, *Euphoria precaria* Janson (Cetoniinae) and *Trachyderes succinctus* (Cerambycidae) and the wasp *Polistes erythrocephalus* L. (Hymenoptera) chew certain parts of the bark cortex which produces an exudation that is exploited by several species butterflies (eg. *Epiphile epimenes* Hewitson, *Catonephele numilia esite* Felder, *Fountainea glycerium comstocki* Witt, *Cymatogramma xenocles fissilis* Hall, *Diaethria clymena marchallii* Guer-Ménéville, and *Rydonia pasibula* Doubleday, among others) (Figs. 21-22).

ACKNOWLEDGEMENTS

Special thanks to José I. Vargas, Cristóbal Ríos-Málaver, Gabriel Rodríguez, Luis M. Constantino, Michel Dottax and Fredy Montero whom provided valuable information on the butterflies and trees studied in this work. Also to Frank Wieland (Dpt. Entomology, University of Göttingen, Germany), Dr. Keiichi Honda (College of Arts and Sciences, Hiroshima University, Japan), Dr. Harald Krenn (Dpt. Evolutionary Biology, University of Vienna), Dr. Olaf Mielke (Dpt. Entomology, University of Paraná, Brazil), Dr. Arthur H.B. Rydon (r.i.p.), Michael Dottax and Professor Fernando Vallejo (Dpt. Entomology, University of Caldas) for providing old works and additional identification, the staff of the laboratory of biochemistry at the University of Caldas and particularly to Mónica Obando for their support and Greg Nielsen for his kindly assistance in the revision of the English text.

BIBLIOGRAPHY

- ANDRADE, M.G., 1998.- Uso de las mariposas como bioindicadores del tipo de hábitat y su biodiversidad en Colombia. *Rev. Ac. Col. Cienc. Ex. Fis. & Nat.*, 23 (4): 497-421 + figs.
- BAXTER, D.W., 1952.- *Pathology in Forest Practice*: 601 pp. + figs. John Wiley & Sons, N.Y.
- BENSON, F., 1877.- Entomologic notes, captures. *The Entomologist*, 10: 252.
- BOGGS, C. & DAU, B., 2004.- Resource specialization in puddling Lepidoptera. *Environm. Ent.*, 33 (4): 1020-1024.
- CAMPOS, E., ESPÍNDOLA, M. & MIJARES OVIEDO, P., 2008.- *Diversidad del género Persea y sus usos*: 58 pp. + figs. ICAMEX-CONACYT, México.
- CENICAFÉ, 2010.- *Árboles encontrados en zonas cafetaleras*: 149 pp. inf. Cenicafé, Chinchiná, Colombia.
- DE VRIES, P.J., 1987.- *The Butterflies of Costa Rica and Their Natural History*, I: 327 pp. + figs. Princeton University Press, Princeton.
- , 1988.- Stratification of fruit feeding nymphalid butterflies in a Costa Rican rainforest. *J. Res. Lepid.*, 26 (1-4): 98-108.
- DE VRIES, P.J., & WALLA, TH., 2001.- Species diversity and community structure in Neotropical fruit-feeding butterflies. *Biol. J. Linnean Soc.*, 74: 1-15 + figs.
- DE VRIES, P.J., ALEXANDER, L., CHACÓN, I. & FORDYLE, J., 2012.- Similarity and differences among rainforest fruit-feeding butterflies communities in Central and Southamerica. *J. Animal Ecology*, 81: 472-482 + figs.
- DOLIWA, P., 2008.- Látex, historia, proceso de elaboración de la leche del árbol llorón. *Matrona Prof.*, 9 (1): 30-32.
- FRANCINI, R.B., 2010.- *Historia Natural das Borboletas do Vale do Quilombo*. Santos, SP. (autor ed.): 550 pp. + figs. Sp., Brasil.
- FREITAS, A.V. & BROWN, K.S., 2004.- Phylogeny of the Nymphalidae (Lepidoptera). *Systematic Biol.*, 53(13): 363-383 + figs.
- FOX-WILSON, G. & HORT, N.D., 1926.- Insect visitors to sap-exudations of trees. *Trans. Ent. Soc. London*, 74: 243-254 + figs.
- GARCÍA, C., CONSTANTINO, L., HEREDIA, M.D. & KATTAN, G., 2002.- *Mariposas Comunes de la Cordillera Central de Colombia*: 130 pp. + figs. Wildlife Conserv. Soc., Colombia.

- HALL, J.P. & WILLMOTT, K., 2000.- Patterns of feeding behavior in adult male riodinid butterflies and their relationship to morphology and ecology. *Biol. J. Linnean Soc.*, 69: 1-23 + figs.
- HEDSTROM, I. & ELMQVIST, TH., 1984.- Prepona butterflies (Nymphalidae) and Hoplopyga beetles (Cetoniinae) on the same food source during the Neotropical dry season - a case of commensalism? *Rev. Biol. Trop.*, 32 (2): 313-315 + fig.
- HOLLAND, W.J., 1922.- *The Butterfly Book*: 382 pp. + figs. Doubleday Page & Comp., N.Y.
- KNOLL, F., 1921.- Insekten und Blumen. *Verlag der Zool.-Bot. Gesellf.*, 12: 375 pp. + tafs.
- KRENN, W.H., 2010.- Feeding mechanism of adult Lepidoptera: structure, function and evolution of the mouthparts. *Ann. Rev. Ent.*, 55: 307-327 + figs.
- , 2008.- Feeding behaviours of Neotropical butterflies (Lep. Papilionoidea). *Stapfia*, 80 (NS): 295-304 + figs.
- KRENN, W.H., ZULKA, K. & GATSCHNEGG, T., 2001.- Proboscis morphology and food preferences in nymphalid butterflies (Lep. Nymphalidae). *J. Zool. London*, 254: 17-26.
- KLOTS, A.B., 1960.- Vida y Costumbres de la Mariposas: 204 pp. + figs. Ed. Juventud, Barcelona.
- LAMAS, G. (editor), 2004.- *Atlas of Neotropical Lepidoptera*. Checklist, part 4A Hesperioidea-Papilionoidea. ATL + Scient. Publ. Gainesville, USA.
- MAIA-SILVA, F., 2013.- *Taxonomic e análise filogenética de Memphis (Hübner,1819) e géneros afins (Lep. Nymph. Charaxinae). Baseadaem caracteres morfológicos e moleculares*: 284 pp. + figs. Teses. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil.
- MARSHALL-WARD, H., 1901.- *Disease in Plants*: 309 pp. Macmillan & Co. Ltd., London.
- MARTÍNEZ, C., 2000.- Escarabajos longicornios (Col. Cerambycidae) de Colombia. *Biota Col.*, 1(1): 76-105.
- MOLLEMAN, F., WHITKER, M. & CAREY, J., 2010.- Rating palability of butterflies by measuring feeding behavior. *Entomol. Berichten*, 70(2): 52-62 + figs.
- MOLLEMAN, F., KRENN, W.H., ALPHEN, M., BRAKEFIELD, P., DE VRIES, P. & ZWAAN, B., 2005.- Food intake of fruit-feeding butterflies: evidence for adaptative variation in proboscis morphology. *Biol. J. Linnean Soc.*, 31 (90): 31-41+ figs.
- MURILLO, J., 2000.- Las Euphorbiaceae de Colombia. *Biota Col.*, 5 (2): 183-200.
- NORRIS, M.J., 1935.- The feeding-habits of the adult Lepidoptera Heteroneura. *Trans R. Ent. Soc. London*, 85 (2): 61-89.
- O'GILVIE, L., 1924.- Observations on the "Slime Flux" of trees. *Trans British Mycol. Soc.*, 9 (3): 167-182 + fig.
- OMURA, H., HONDA, K. & HAYASHI, N., 2000.- Identification of feeding attractants in Oak sap for adults of two nymphalid Butterflies, *Kaniska canace* and *Vanessa indica*. *Physiol. Ent.*, 25: 281-287 + figs.
- OMURA, H., HONDA, K., ASAOKA, K. & INOUE, J., 2011.- Divergent behavioral and electrophysiological taste response in the mid-legs of adult butterflies *Vanessa indica* and *Argyreus hyperbius*. *J. Insect. Physiol.*, 57: 118-126.
- OROZCO, S., MURIEL, S. & PALACIO, J., 2009.- Diversidad de Lepidópteros diurnos en un área de bosque seco tropical del occidente antioqueño. *Actual. Biol.*, 31 (90): 31-41 + figs.
- ORTIZ-ACEVEDO, E. & WILLMOTT, K., 2013.- Molecular systematics of the butterfly tribe Preponini (Nymph. Charaxinae). *Systematic Ent.*, 38 (2): 440-44.
- OWEN, D.F., 1971.- *Tropical Butterflies*: 214 pp. + figs. Clarendon Press, Oxford.
- PARRA, M.L., VARGAS, J.I. & TABARES, M., 2000.- *Mariposas de Manizales*: 117 pp. + figs. IPC-Tizán Ltd., Manizales.
- PEACHELL, G., 1900.- Captures and field reports. *The Entomologist*, 33: 304.
- PÉREZ-ARBELÁEZ, E., 1996.- *Plantas útiles de Colombia*: 831 pp. + figs. Fondo FEN, Bogotá, Colombia.
- RIBEIRO, D., PRADO, P., BROWN, K.S. & FREITAS, A.V., 2010.- Temporal diversity patterns and phenology in fruit feeding Butterflies in the Atlantic forest. *Biotropica*, 42 (6): 710-716 + figs.
- SALAZAR, J.A. CONSTANTINO, L.M., 2001.- Synthesis of the colombian Charaxidae and description of new genera for Southamerica: Rydonia, Annagrapha, Pseudocharaxes, Muyschondtia, Zikania. (Lep. Nymphaloidea). *Lambillionea*, 101 suppl. 2: 344-369 + figs.
- SALAZAR, J.A., GIRALDO, M. & VARGAS, J.I., 2003.- Más observaciones sobre la concentración de mariposas territoriales en cumbres de cerros colombianos y especies residentes en el bosque de Bavaria (Villavicencio, Meta), su distribución y trofismo. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 7: 255-317 + figs.
- SARMIENTO, C., 1994.- Lista de las avispas sociales (Hym. Vespidae) de Colombia. *Rev. Biol. Trop.*, 42 (1/2): 357-363.
- SCHULTZE, A., 1916.- Die Charaxiden und Apaturiden der kolonie Kamerun. *Arch. für Biont.*, 4 (1): 129 pp. + tafs.
- SCOBLE, M., 1995.- *The Lepidoptera: form, function and diversity*: 404 pp. + figs. The Natural History Museum, Oxford University Press, Oxford.
- SHAHABUDDIN, G. & TERBORGH, J., 1999.- Frugivorous butterflies in Venezuela forest fragments: abundance, diversity and the effects of isolation. *J. Trop. Ecology*, 15: 703-722 + figs.
- SUÁREZ, M. & AMAT, G., 2007.- Lista de especies de los escarabajos fruteros de Colombia (Col. Cetoniinae). *Biota Col.*, 8 (1): 69-76.
- TRIMEN, R., 1862-1866.- *Rhopalocera Africae Australis*: 353 pp. + taf. Trubner & Co., Patternoster row, London.
- URIBE, C. & SALAZAR, J.A., 1998.- *Naturaleza de la Orinoquia, Mariposas del Llano*: 99 pp. + figs. C. Uribe editores, Bogotá.

- VALENCIA, C.A; GIL, Z. & CONSTANTINO, L.M., 2005.- *Mariposas diurnas de la zona cafetera colombiana*: 244 pp + fihs. Cenicafe, Chinchiná, Colombia.
- VANE-WRIGHT, D., 2003.- *Butterflies*: 112 pp + figs. Life Series. The natural History Museum, London
- pubIVELEZ, J. & SALAZAR, J., 1991.- *Mariposas de Colombia*: 26-27. Villegas eds, Bogotá.
- ZENKER, M., PENZ, C., PARIS, M. & SPECHT, A., 2010.- Proboscis morphology and its relationship to feeding habits in noctuid moths. *J. Insect Science*, 11 (42): 1-10 + figs.

Appendix 1

Checklist of the butterflies that feed on sap-exudations of some trees in Colombia

Family

Genus and Species	Sex	No ind.	Aguacate	Aguacatillo	Escobo	Sauce	Eucalipto	Gavilan	Chumbimbo
Nymphalidae									
Brassolinae									
<i>Caligo oileus scamander</i> (Bsd.)	♂ ♀	4	X		X	X		X	
<i>C. prometheus</i> (Koll.)	♂ ♀	2	X		X				
<i>C. illioneus oberon</i> (Btlr.)	♀	1	X						
<i>Eryphanis lycomedon</i> (Fldr.)	♀		X						
<i>E. opimus</i> (Sigr.)	♂♂	2					X	X	
<i>Opsiphanes bogotanus</i> (Dist.)	♂		X						
<i>O. tamarindi</i> (Fldr.)	♂♂	5	X	X	X			X	
<i>O. quiteria cauca</i> (Rob.)	♂	2	X					X	
<i>O. cassina numatius</i> (Fruhst.)	♂♂	4	X		X	X			

Family

Genus and Species	Sex	No ind.	Aguacate	Aguacatillo	Escobo	Sauce	Eucalipto	Gavilan	Chumbimbo
Nymphalidae									
Brassolinae									
<i>Narope cauca</i> (Cass.)	♂	1						X	
<i>Dynastor macrosiris hanibal</i> Ob.	♂	1					X		
Satyrinae									
<i>Mygona irmina</i> (Dbl.)	♂	1					X		
<i>Lasiophila zapatosa sombra</i> Th.	♂	1					X		
<i>Pedaliodes phrasicla</i> ssp.	♂	1					X		
<i>Pronophila unifasciata brenus</i> Th	♂	1					X		
<i>P. unifasciata antioquiiana</i> Pyrcz	♂	4	X		X				
<i>Praepronophila perperna</i> (Hew.)	♂	1	X						
<i>Forsterinaria neonympha</i> (Fldr.)	♂	1	X						
<i>Manataria hercyna maculata</i> Hpf	♂♂	8	X		X				
<i>Taygetis thamyra</i> (Cr.)	♂	1	X						

Family

Genus and Species	Sex	No ind.	Aguacate	Aguacatillo	Escobo	Sauce	Eucalipto	Gavilan	Chumbimbo
-------------------	-----	---------	----------	-------------	--------	-------	-----------	---------	-----------

Nymphalidae**Satyriinae**

<i>Taygetis lineata</i> (G. & S.)	♂♂	6	X		X				
<i>Taygetomorpha celia</i> (Cr.)	♂	1	X						
<i>Pareuptychia ocirrhoe</i> (F.)	♂	1	X						
<i>P. metaleuca</i> (Bsd.)	♂	2	X						
<i>Magneuptychia libye</i> (L.)	♂	3			X				
<i>M. nebulosa</i> (Bltr.)	♂	3			X				

Charaxinae

<i>Fountainea nessus</i> (Latr.)	♂	4	X	X		X		X	
<i>F. glycerium comstocki</i> Witt	♂♂	8	X	X	X	X		X	
<i>F. nobilis titan</i> (Fldr.)	♂	2		X					
<i>F. centaurus</i> (Fldr.)	♂	2						X	
<i>Memphis lyceus</i> Druce	♂	2	X					X	

Family

Genus and Species	Sex	No ind.	Aguacate	Aguacatillo	Escobo	Sauce	Eucalipto	Gavilan	Chumbimbo
-------------------	-----	---------	----------	-------------	--------	-------	-----------	---------	-----------

Nymphalidae**Charaxinae**

<i>Memphis pseudiphis</i> (Sigr.)	♂	2	X					X	
<i>M. moruus</i> (F.)	♂	1				X			
<i>Rydonia pasibula</i> (Dbl.)	♂♀	3	X		X				
<i>Cymatogramma austrina</i> (Coms)	♂♀	6	X		X				
<i>C. arginussa onophis</i> (Fldr.)	♂	1		X					
<i>C. xenocles fissilis</i> Hall	♂♀	4	X		X				
<i>Consul fabius bogotanus</i> (Dbl.)	♂	1	X						
<i>Siderone galanthis thebais</i> (Fldr.)	♂	1							X
<i>Archaeoprepona priene</i> (Hew.)	♂	2		X					
<i>A. chromus</i> (Guerin-Men.)	♂	2	X			X			
<i>A. amphimachus</i> (F.)	♂	2	X	X					
<i>A. demophoon gulina</i> (Fruhst.)	♂	3	X		X				X
<i>A. demophoon muson</i> (Fruhst.)	♂	3	X			X		X	

Family

Genus and Species	Sex	No ind.	Aguacate	Aguacatillo	Escobo	Sauce	Eucalipto	Gavilan	Chumbimbo
Nymphalidae									
Charaxinae									
<i>Prepona praeneste</i> (Hew.)	♂	1		X					
<i>P. laertes caucaensis</i> (LM.)	♂♀	3	X		X				X
Biblidinae									
<i>Biblis hyperia</i> (Cr.)	♂	1	X						
<i>Catonephele chromis</i> (Dbl.)	♂	2				X		X	
<i>C. numilia esite</i> (Fldr.)	♂♀	3	X		X			X	
<i>Cybdelis mnasyllus</i> (Dbl.)	♂	1						X	
<i>Epiphile epimenes</i> (Hew.)	♂♀	8	X		X			X	
<i>Diaethria clymena marchalli</i> (Guer)	♂	6			X				
<i>D. gabaza</i> (Hew.)	♂	1		X					
Nymphalinae									
<i>Colobura dirce</i> (L.)	♂	6	X			X			X

Family

Genus and Species	Sex	No ind.	Aguacate	Aguacatillo	Escobo	Sauce	Eucalipto	Gavilan	Chumbimbo
Nymphalinae									
<i>Historis acheronta</i> (F.)	♂	1	X						
<i>H. orion dious</i> Lamas	♂	3	X			X			
<i>Smyrna blomfieldia</i> (F.)	♂♀	9	X		X				X
<i>Pycina zamba</i> (Dbl.)	♂♂	7	X		X				
<i>Hamadryas feronia</i> (L.)	♂	2							X
<i>H. fornax fornacalia</i> (Fruhst.)	♂	1	X						
Limnithidinae									
<i>Adelpha serpa celerio</i> (Btlr.)	♂	1						X	

a.- Setenta años de la Universidad de Caldas e Historia Natural

Con motivo de las efemérides de los 70 años (1943-2013) que cumplió la Universidad de Caldas, se ha venido celebrando una serie de eventos culturales consistentes en películas, disertaciones, entrevistas y conciertos para promocionar tan importante acontecimiento. En dicha divulgación, una serie de *posters* se exhibieron en el hall central de la Universidad destacando la labor de cada una de las vicerrectorías, facultades y programas. Dentro de ellos, un logo del Centro de Museos detalla su misión primordial acompañado de algunas fotografías de sus colecciones con un soberbio ejemplar de la mariposa asiática *Trogonoptera trojana* Wall. Detalles: ucaldas@ucaldas.edu.co



b.- Mariposas y exudados, fotografías adicionales

Como un complemento a nuestro trabajo sobre mariposas que se nutren de secreciones o exudados brotados de las cortezas de algunos árboles, se tienen fotografías de las siguientes especies: *Caligo illioneus oberon* (Butler), *Opsiphanes quiteria cauca* (Röber), *O. cassina numatius* (Fruhstorfer), *Diaethria chymena marchallii* (Guérin-Ménéville), *Archaeoprepona amphimachus* (Fabricius), *Prepona laertes subdives* (Le Mout), *Epiphile epimenes* (Hewitson), *Cymatogramma xenocles fissilis* Hall, *Hamadryas laodamia saurites* (Fruhstorfer), *Caligo eurilochus livius* (Staudinger), *Taygetis lineata* (Godman & Salvin), *Taygetomorpha celia* (Cramer), *Pareuptychia metaleuca* (Boisduval), *Pareuptychia ocirrhoe* (Fabricius), *Cymatogramma perenna austrina* Comstock, *Taygetis thamyra* (Cramer) y *Archaeoprepona demophoon guilina* (Fruhstorfer), de las cuales hemos escogido las cuatro últimas para una mayor ilustración. Detalles: julianadolfooster@gmail.com, eurimontero@yahoo.es. Todo el material son fotografías del autor.



Cymatogramma perenna austrina (Comstock)



Pareuptychia ocirrhoe (Fabricius)



Taygetis thamyra (Cramer)



Archaeopreona demopoon gulina (Fruhstorfer)

c.- 17 años del *Boletín Científico Museo de Historia Natural Universidad de Caldas*

El primer número de la Revista fue lanzado en septiembre de 1996 a raíz de una propuesta de Ricardo Walker para su creación en 1995. Desde entonces se han publicado 16 volúmenes que contienen 324 artículos, escritos por más de 150 autores. Los trabajos se encuentran encasillados básicamente en Botánica, Conservación, Biodiversidad en Agroecosistemas y Zoología (vertebrados e invertebrados). El *Boletín* estuvo clasificado en las categorías Publindex de Colciencias C y B a partir del volumen 12 de 2008 y ahora en A2 desde el volumen 13 de 2009, hasta el presente. Presentamos aquí las carátulas de los primeros ejemplares poco conocidos y no disponibles en pdf según la página web de Revistas Indexadas de la Universidad, y la portada de la *Revista de Theclinae Colombianos* que inicialmente se pensaba

usar como suplemento del *Boletín* en 1997. Detalles: Julián A. Salazar-E. (ed.), julian.salazar_e@ucaldas.edu.co



Vol. 1 1996



Vol. 2 1998



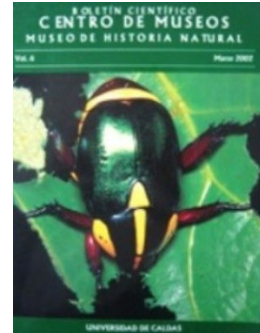
Vol. 3 1999



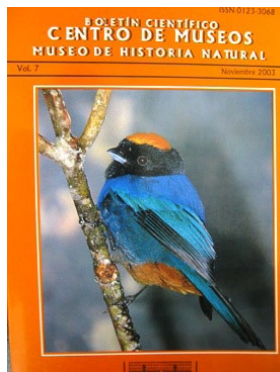
Vol. 4 2000



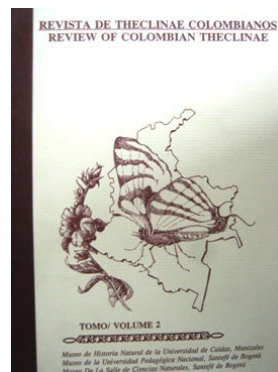
Vol. 5 2001



Vol. 6 2002



Vol. 7 2003



Revista de Theclinae Colombianos 1997

d.- Fe de errata

Un amable lector nos hizo caer en cuenta de algunos errores que hay en la Tabla 1 de la página 78 del artículo “**Identificación de poblaciones microbianas en compost de residuos orgánicos de fincas cafeteras de Cundinamarca**” escrito por Natalia Escobar en coautoría con Néstor Romero y Jairo Mora Delgado, publicado en el Vol. 16 (1): 75-88. Básicamente el error está en la unidad de medida de la Materia seca y que las cantidades de la mezcla 3 no están estandarizadas a 85 kg. Además las relaciones C/N de las materias primas no deben aparecer en esta Tabla, ya que dichos números eran parte de la hoja de cálculo que se hizo para ver proporcionalidad, pero no es la relación C/N. Se incluye la Tabla corregida en cuestión. Detalles: Jairo Mora Delgado, jrmora@ut.edu.co

Figure 20. Proporción de materiales orgánicos y relación C/N en tres mezclas composteadas

Sustrato	Mezcla 1			Mezcla 2			Mezcla 3		
	Peso fresco	MS	C/N	Peso fresco	MS	C/N	Peso fresco	MS	C/N
	kg	kg		kg	kg		kg	kg	
Pulpa	15,0	6,0		15,0	6,0		8,5	4,0	
Bovinaza				15,0	12,8		17,0	15,0	
Gallinaza	15,0	12,8	27,0			27,0	17,0	15,0	27,0
Banano	5,0	1,0		5,0	1,0				
Hojarasca	50,0	40,0		50,0	40,0		42,5	34,0	

e.- Evento

El Semillero de Investigación en Mastozoología (SIMas) de la Universidad de Caldas, que ha venido trabajando en el Laboratorio de Historia Natural, organizó un curso sobre **Generalidades de Anatomía y Taxidermia de Mamíferos** a cargo de los especialistas Juan F. Vélez y Jesús H. Vélez-E., del 31 de mayo al primero de junio de 2013 en las instalaciones del ICA (Instituto Colombiano Agropecuario). Detalles: Christian Felipe Guzmán, semilleromastozoologia@gmail.com

f.- *Boletín Científico* dentro de las 32 revistas más influyentes en estudios de Biodiversidad colombiana

Una noticia realmente gratificante, que tiene que ver con el impacto de nuestra Revista en el ámbito científico nacional e internacional, fue publicada recientemente por el colega Enrique Arbeláez Cortés en la prestigiosa revista **Biodiversity & Conservation** publicada on line el 8 de septiembre del presente año. En la edición de noviembre, dicho autor hace un pormenorizado estudio comparativo de algunas de las revistas nacionales e internacionales que han publicado sobre la diversidad de los organismos vivientes que habitan Colombia y discriminados en plantas y animales.

En la Tabla 3, referida a las principales publicaciones dedicadas a publicar sobre biodiversidad colombiana, el **Boletín Científico de Historia Natural** fue registrado dentro de los 32 *journals* más activos que publicaron trabajos en la década de 1990 al 2011. Aparece en el sexto lugar antecedido de las revistas: *Caldasia* que ocupó el primer lugar, *Zootaxa*, *Revista Colombiana de Entomología*, *Revista de Biología Tropical* y la *Revista de la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. Según el estudio, nuestro *Boletín* publicó 147 trabajos específicos en biodiversidad con 71 listados de taxones, 26 nuevos taxa, y 21 nuevos registros de organismos. Además, hace un listado de un *top* 100 o principales autores que han estudiado la biodiversidad del país en esa misma década, destacando a J.A. Salazar como el segundo más prolífico al lado de C.B. García. Lo anterior, es un reflejo palpable de lo que el *Boletín Científico* ha hecho desde su lanzamiento en 1996 en pro de divulgar la enorme riqueza de nuestra biota tropical, sin duda una de las más exuberantes y ricas del planeta. Detalles: E. Arbeláez-Cortés, enriquearbelaez@gmail.com

LEPIDOPTERA - BORBOLETAS E MARIPOSAS DO BRASIL
Cândido de Almeida, Almir & Freitas, André Víctor Lucci
Exclusiva Publicações Ltda.
Grupo Direcional, primera edición
208 p. + Figs. (2012)
ISBN: 978-85-61931-05-6
São Paulo-Brasil

La revisión de este libro fue posible gracias a un gentil envío realizado por uno de sus autores (André Víctor Freitas) con la finalidad de ayudarlo a divulgar. La fauna de mariposas y polillas del Brasil es, sin lugar a dudas, la más rica en especies de todo el continente americano, debido a su enorme extensión y a la presencia de innumerables ecosistemas que van desde los bosques tropicales de la costa Atlántica al oriente, la Amazonia en el occidente, el Cerrado en la región central y la Caatinga al nordeste, entre otros. Es por ello que esta obra nos ofrece una mirada incomparable al orden Lepidoptera presente en ese país, mediante fotografías excepcionales de algunas de las especies al vivo que habitan dichos ecosistemas, labor debida a Cândido de Almeida. En tanto André, uno de los autores más prolíficos en estudios de especies brasileñas, nos introduce con textos amenos y sencillos en el fascinante mundo de estos bellos insectos, tratando diversos temas relacionados con morfología, ciclos de vida, alimentación, enemigos naturales, defensas en Lepidoptera y conservación, no sin antes presentar un mapa del Brasil con todos los Estados y principales biomas existentes. Luego procedemos a contemplar el álbum, que es la parte principal del libro, donde aparece una mezcla de fotos de polillas, mariposas y estados inmaduros. Se destacan los formidables acercamientos de las especies *Cissia* sp., *Splendeptychia libitina*, *Rothschildia hesperus*, *Opistoxia* sp., *Evenus satyroides*, *Marpesia orsilochus*, *Nessaea obrinus*, *Hamadryas arete*, *Baeotus aeilius*, *Mimoniades versicolor*, *Zaretis strigosus*, *Cithaerias andromeda bandusia* y *Arcas ducalis*, entre muchas otras.

Igualmente se incluyen especies nocturnas, así como detallados macros de alas y estados inmaduros consistentes en huevos, crisálidas y orugas que en conjunto, le dan al libro una majestuosidad sorprendente. Ambos autores también hacen dedicatorias, en especial a los doctores Keith S. Brown, Ronaldo Francini y Olaf H. Mielke, quienes por muchos años, se han ocupado del estudio de las mariposas del Brasil, realizando incesantes descubrimientos de especies y Biogeografía. Nos queda oportuno felicitar a los autores por esta magnífica producción introductoria al mundo de los Lepidopteros del Brasil que se puede solicitar escribiendo a:

Exclusiva Publicações Ltda.
Rua Vergueiro 2556 cj-73 Vila Mariana
CEP 04102-000
www.grupodirecional.com.br
São Paulo, Brasil.

INSTRUCCIONES A LOS AUTORES

EL BOLETÍN CIENTÍFICO DEL CENTRO DE MUSEOS de la Universidad de Caldas es una revista especializada para la divulgación de trabajos resultantes de la investigación en **HISTORIA NATURAL** relacionada en ciencias biológicas afines. La revista se publica dos veces al año con las siguientes temáticas: Artículos principales (hasta 30 páginas manuscritas) relacionados con Mastozoología, Ornitología, Herpetología, Entomología, Botánica y Conservación.

Artículos enfocados a la conservación de colecciones biológicas o a diversos aspectos de Museología en Historia Natural.

Comunicaciones cortas como revisiones de libros, reconocimientos de trayectoria profesional, anuncios de cursos y eventos que tengan que ver con Historia Natural.

Sin excepción todo artículo presentado en este boletín debe ser original y no publicado en ninguna otra revista o medio electrónico existente.

PAUTAS GENERALES

Los artículos pueden ser escritos en español o inglés y serán publicados en el idioma en que sean enviados, pero no se aceptarán aquellos que estén publicados o sometidos a otra revista.

Los manuscritos serán revisados por, al menos uno o dos especialistas en el tema y podrán consultar con el director para su aceptación o no en la revista. Aquellos artículos ceñidos fielmente a las instrucciones indicadas aquí serán más favorecidos para su publicación.

Se debe enviar un original y dos copias de los trabajos, con letra de tamaño grande (12 o 14 puntos), alineados a la izquierda, en papel tamaño carta, con márgenes de 3 cm en todos los lados y a doble espacio (incluyendo título, palabras clave, resúmenes, textos, tablas y bibliografía).

Además se debe enviar el material en medio magnético (Disquete, Disco Compacto) y grabado en archivo MS-Word. En lo posible, todos los manuscritos deben llevar un título, un resumen y un índice de palabras clave en español (ideal si se incluye una versión en inglés), excepto en los de reconocimiento. No es indispensable que las páginas vayan numeradas.

Cuando los trabajos sean resultado de investigaciones sobre especies en particular que necesiten ejemplares testigo de colecciones, es importante indicar el lugar (museo, herbario o institución ojalá registrada ante el Instituto Alexander Von Humboldt) donde se encuentren depositados los especímenes. Así mismo, se debe indicar el colector o colectores, las fechas de captura y los sitios de recolección estrictamente. Igualmente, al referir material conservado o depositado en el Museo de Historia de Natural, Universidad Caldas debe citarse esta institución abreviadamente (MHN-UC) que lo diferencia del material contenido en el Museo de Historia Natural, Universidad del Cauca, puesto que tiene siglas abreviadas parecidas (MHN-UCC) y que han sido empleadas de modo confuso en otros números del boletín.

De los artículos principales

El manuscrito de los artículos principales o el relacionado con la conservación de colecciones biológicas se debe dividir del siguiente modo secuencial: el título, el resumen y las palabras clave debajo de cada resumen, los nombres y apellidos de los autores omitiendo el segundo apellido o mencionándolo con la letra inicial, la dirección institucional de cada autor y el correo electrónico para correspondencia, la introducción, la metodología y los materiales empleados, los resultados, su discusión, los agradecimientos, la bibliografía citada en el texto, las tablas y la figuras respectivas usadas.

De las abreviaciones y estilo Los nombres científicos de especies se escriben en *itálica*. Es recomendable escribir el nombre completo por primera vez en el texto, pero en adelante se abrevian en lo posible. Por ninguna razón se deben dividir las palabras en el margen derecho en ningún lugar del manuscrito.

Se debe usar el sistema métrico y sus abreviaciones para todas las medidas y utilizar cifras decimales que en los artículos en español van separadas con comas y en los de inglés con puntos (ej: 0,010 y 0.010).

De la Bibliografía

Los nombres de los autores consultados en la bibliografía y que son mencionados en el texto deben citarse con letras mayúsculas y bajo las siguientes indicaciones o ejemplos:

“MARTÍNEZ (2000)” si el nombre del autor es parte de la oración, y “(MARTÍNEZ, 2000)” si no lo es

“(MUÑOZ, 1999, 2000)” para dos artículos de un autor citados a la vez.

“(MUÑOZ, 1999a, 1999b)” para dos artículos por el mismo autor en el mismo año

“(ALBERICO *et al.*, 2000; BERTH *et al.*, 2001; CALLEJAS *et al.*, 2002; JORDAN *et al.*, 2003; SALAZAR *et al.*, 2003)”, para dos o más publicaciones de autores diferentes.

Deberán citarse en orden alfabético y luego cronológico o cuando aparezca un grupo de citas bibliográficas del mismo autor en años distintos. Los diversos autores se separan por punto y coma. Cuando la referencia corresponda a una cita de dos autores, los apellidos se conectan por el símbolo “&” y si la publicación es de más autores, debe mencionarse únicamente el primer autor en mayúsculas seguidos por “*et al.*”: “(MUÑOZ *et al.*, 2001)”.

Se pueden mencionar datos no publicados, comunicaciones personales o por vía electrónica y artículos recientemente aceptados, en este caso deben enviar copia de la carta de aceptación al director de la revista para su verificación.

La lista bibliográfica mencionada al final del artículo debe ser en orden alfabético, con base en el primer apellido de los autores siempre en mayúsculas y luego el cronológico, siguiendo los siguientes ejemplos:

Artículo publicado en revista

PECK, S.B. & FORSYTH, A., 1982.- Composition, structure and competitive behavior in a guild of Ecuadorian rain forest dung beetles (*Coleoptera: Scarabaeidae*). *Canadian J. Zool.*, 60 (7): 1624-1634.

Capítulo en volumen editado

LÓPEZ, H. & MONTENEGRO, O., 1993.- Mamíferos no voladores de Carpanta: 165-187 (en) ANDRADE, G.I (ed.) *Carpanta: Selva Nublada y Páramo*. Fundación Natura, Bogotá.

Citación de Libro

HILTY, S.L. & BROWN, W.L., 1986.- *A Guide to the Birds of Colombia*. Princeton Un. Press.

Citación de Tesis

ÁLVAREZ, J.A., 1993.- Inventario de las mariposas (*Lepidoptera, Rhopalocera*), con anotaciones ecológicas para dos zonas del departamento de Risaralda, Colombia: Tesis, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Bogotá.

En lo posible se deben abreviar los nombres de las revistas citadas y escribirlos en itálica, así mismo el título de los libros pero estos se escriben completamente sin abreviar. Para efectos de esta revista en la bibliografía o cuando se cite el Boletín Científico Museo de Historia Natural, Universidad de Caldas debe abreviarse como “*Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*”.

De las comunicaciones cortas

En ellas se incluye las Novedades en Historia Natural, las Revisiones Bibliográficas, los homenajes biográficos etc. que pueden escribirse sin el uso de subtítulos en la introducción, materiales o métodos, resultados o discusión.

Tablas

Deben citarse en el texto, identificadas y enumeradas consecutivamente con números arábigos. El encabezamiento debe ser conciso y descriptivo e ir sobre éstas. Las abreviaturas o símbolos se deben explicar al pie de la tabla. Las tablas deben salvarse como parte del texto y estar separadas en páginas diferentes después de las referencias bibliográficas. Deben explicarse por sí solas y no duplicar lo planteado en el texto. Es imprescindible digitarlas todas de acuerdo con el menú del Word “Insertar Tabla”, en celdas distintas (no se aceptarán cuadros con valores separados por la herramienta ENTER o colocadas como figura).

Figuras

Incluyen gráficos y fotografías, los cuales deben citarse apropiadamente en el texto y estar identificados y enumerados consecutivamente, usando números arábigos. El título de la figura debe ser conciso y descriptivo y se debe colocar debajo de la figura. Es importante cerciorarse de que cada gráfico o figura estén citados en el texto. Si se utilizaron figuras, datos publicados o inéditos provenientes de otra fuente, deben contener la fuente de donde fueron extraídos y referenciarla.

Las unidades, letras, números y símbolos deben ser claros y uniformes en todas las ilustraciones y de tamaño suficiente para que sigan siendo legibles, incluso después de la reducción necesaria para su publicación. Los títulos y explicaciones detalladas se deben incluir en los pies o epígrafes y no sobre las propias ilustraciones.

Los puntos de las curvas en los gráficos estadísticos se deben representar con marcadores contrastantes como círculos, cuadrados, triángulos o rombos (reellenos o vacíos). Así mismo, las curvas se deben identificar, de forma tal que el exceso de información no comprometa la comprensión del gráfico.

En el caso de gráficos de barras, se deben usar diferentes efectos de relleno (puntillados, líneas horizontales, verticales, diagonales, etc.). Se deben evitar los colores grises ya que dificultan la visualización en la impresión y no se debe usar fuente de letra en negrilla en las figuras.

Para enviar las figuras en medio digital se deben escanear a una resolución de mínimo 300 dpi, o se pueden digitalizar por medio de una cámara fotográfica.

De la Correspondencia

Todo material para publicar debe enviarse a:
 Comité Editorial
 Boletín Científico Museo de Historia Natural
 Centro de Museos, Universidad de Caldas
 Apartado aéreo 275, Manizales- Colombia
 Carrera 23 No 58-65 Sede Palogrande
 Telefax 8851374
 E-mail: ucaldas@cumanday.ucaldas.edu.co, julianadolfo@hotmail.com

Los manuscritos que no se ciñan a las normas indicadas arriba se devolverán a sus autores con recomendaciones pertinentes para una adecuada publicación. A cada autor a quien se le publique se le enviarán copias del Boletín Científico del Museo de Historia Natural correspondientes al número donde aparece su trabajo publicado.

El Boletín Científico se encuentra indexado en los siguientes *abstracts* internacionales:

Biosis: Biological Abstract y Zoological Record Bibliography of Neotropical Butterflies (Association For Tropical Lepidoptera)- Abstracts
 Icom: Conseil International des Musées- Abstract

AUTHOR GUIDELINES

The **BOLETÍN CIENTÍFICO del CENTRO DE MUSEOS** of the Universidad de Caldas is a specialized journal, whose purpose is to disclose research results in **NATURAL HISTORY** related to similar biological sciences. The journal is published twice a year with the following topics: Main articles (up to 30 printed pages) related to Mammalogy, Ornithology, Herpetology, Entomology, Botany, and Conservation.

Articles aimed at the conservation of biological collections or at diverse aspects of Museology in Natural History.

Short communications such as book revisions, acknowledgements of professional trajectory, course and event announcements related to Natural History.

Without exceptions, all articles presented to this journal should be original. They must not be published in another journal or electronic means.

GENERAL GUIDELINES

The articles can be written in Spanish or English and will be published in their original language. However, articles that have been published in other journals will not be included.

The texts will be revised by at least one or two specialists and their concept will influence the director's decision regarding publication. The articles that strictly follow these indications will be favored.

The original, two copies, a CD copy of the text with letter size 12 or 14, letter size pages, with 3 cm margins on all sides and doubled spaced (including title, key words, abstract, texts, tables and bibliography) in MSWord format should be sent.

Whenever possible, all of the texts should have a title, abstract and key words in both Spanish and English, except in the acknowledgments texts. When the texts are research results on particular species that require witness samples of collections, it is important to indicate the place (museum, herbarium or institution, preferably one that is registered in the Alexander Von Humboldt Institute) where the specimens are deposited. The collectors, the capturing dates and the recollection sites should also be indicated.

In addition, when referring to conserved or deposited material from the Museum of Natural History of the Universidad de Caldas, the institution should be cited using the abbreviation (MHN-UC), which differentiates it from the material found at the Museum of Natural History, Universidad del Cauca (MHN-UCC), to clear up the confusion, since they have been used interchangeably in previous volumes of the journal.

Main articles Main articles and those related to the conservation of biological collections should have the following order: title, abstract and key words, authors' full names,

institutional address and electronic mail address, introduction, methodology and materials, results, discussion, acknowledgments, bibliography, tables and graphs.

Abbreviations and style

The scientific names of the species should be written in italics. It is advisable to write the complete name the first time it appears in the text, but from then on it should be abbreviated.

Words should not be divided anywhere in the text. The metric system and its abbreviations must be used for all measurements, separating the decimal numbers with periods.

Bibliography

The name of the authors consulted in the bibliography and that are mentioned in the text, should be cited in capital letters and under the following specifications:

MARTINEZ (2000), if the author's name is part of the sentence, and (MARTINEZ, 2000) if not.

(MUÑOZ, 1999, 2000) for two articles of the same author cited simultaneously.

(MUÑOZ, 1999a, 1999b) for two articles of the same author from the same year.

(ALBERICO *et al.*, 2000; BERTH *et al.*, 2001; CALLEJAS *et al.*, 2002; JORDAN *et al.*, 2003; SALAZAR *et al.*, 2003), for two or more publications of different authors. They should be cited in alphabetical order, first, and then in chronological order. The diverse authors should be separated by semicolons.

When the reference corresponds to a citation of two authors, the last names should be connect by the "&" symbol, and if the publications belong to more than two authors, the last name of the first author goes in capital letters followed by "*et al.*": (MUÑOZ, *et al.*, 2001).

Unpublished information, personal communications, electronic mails, and recently accepted articles can be mentioned. In the last case, the acceptance letter should be sent to the director for its verification.

The bibliographical list mentioned a the end of the article should be in alphabetical order according to the last name of the authors, always in capital letters and then in chronological order, as in the following examples:

Journal article

PECK, S.B. & FORSYTH, A., 1982.-Composition, structure and competitive behavior in a guild of Ecuadorian rain forest dung beetles (*Coleoptera: Scarabaeidae*). *Canadian J. Zool.*, 60 (7):1624-1634.

Book chapter

LÓPEZ, H. & MONTENEGRO, O., 1993-Non—flying mammals of Carpanta: 165-187 (in) ANDRADE, G.I. (ed.) *Carpanta: Selva Nublada y Páramo*. Fundación Natura, Bogotá.

Book

HILTY, S.L. & BROWN, W.L., 1986-*A Guide to the Bird of Colombia*. Princeton Un. Press.

Thesis

ÁLVAREZ, J.A., 1993-Butterfly (*Lepidoptera, Rhopalocera*) inventory, with ecological notes for two zones of the department of Risaralda, Colombia: Thesis, Universidad Nacional de Colombia, Science Faculty, Bogotá.

Whenever possible the name of the cited journals should be abbreviated and written in italics, additionally, the book titles should be written completely, without any abbreviations. When citing the Boletín Científico Museo de Historia Natural, Universidad de Caldas should be abbreviated as follows: “*Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U de Caldas*”.

Short communications

These include novelties in Natural History, Bibliographical Revisions, Bibliographical Tributes, which can be written without subtitles (introduction, materials and methods, results, discussion).

Charts

They must be mentioned in the text, identified and enumerated consecutively with Arabic numbers. The heading must be concise and descriptive and must be placed above the charts. The abbreviations or symbols must be explained below the chart. The charts must be saved as part of the text and be separated on different pages after the bibliographical references. They must explain themselves, and not repeat what was mentioned in the text. It is essential that they are created with the Word menu “Insert Chart”, with different cells (charts with values separated by the ENTER key or as figures will not be accepted).

Figures

They include graphs and photographs, which must be mentioned appropriately in the text. They must be identified and enumerated consecutively, using Arabic numbers. The title of the figure must be concise and descriptive and it should be placed underneath the figure.

It is important to make sure that each graph or figure is mentioned in the text. If figures, published or unpublished data originating from another source were used, they must contain the original source, and it must be referenced.

The units, letters, numbers and symbols must be clear and uniform in all the illustrations and of a size big enough for their legibility, even after the necessary reduction made for their publication. The titles and detailed explanations must be included underneath, and not in the illustrations themselves.

The points of the curves in statistical graphs should be represented with contrasting markers such as circles, squares, triangles or rhombuses (filled or empty). Additionally, the curves should be clearly identified, so that the excess of information does not jeopardize the understanding of the graph.

In the case of bar graphs, different filling effects must be used (dotted or horizontal, vertical, diagonal lines, etc.). The gray colors should be avoided since they hinder the visualization of the printed form, and bold letters should not be used in the figures.

In order to send the figures in digital form, they should be scanned in a resolution of minimum 300 dpi, or whenever possible, digitized by means of a camera.

Correspondence

Materials can be sent to:

Comité Editorial

Boletín Científico Museo de Historia Natural

Centro de Museos, Universidad de Caldas

A. A. 275, Manizales, Caldas, Colombia

Carrera 23 # 58-65 Sede Palogrande

Telefax: 8851374

E-mail: ucaldas@cumanday.ucaldas.edu.co, julianadolfo@hotmail.com

The texts that do not follow the indicated norms will be returned to their authors with the appropriate comments for its publication.

Each author whose article is published will receive a copy of the Boletín Científico del Museo de Historia Natural Journal, corresponding to the number in which it is included.

The Boletín Científico Journal is indexed in the following international abstracts:

Biosis: Biological Abstract and Zoological Record.

Bibliography of Neotropical Butterflies (Association for Tropical Lepidoptera)-Abstracts.

Icom: Conseil International des Musées- Publication Abstract.

**LISTADO DE EVALUADORES PARA LOS TRABAJOS PUBLICADOS EN
EL BOLETÍN CIENTÍFICO MUSEO DE HISTORIA NATURAL VOL. 17 (2)
DE 2013**

La calidad científica de la Revista de debe al valioso interés y colaboración de los revisores que han mejorado sustancialmente los trabajos publicados en el presente número del *Boletín*.

BOGOTÁ, Juan-D. M.Sc. Coordinador Proyecto Acuícola-Tolima, Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. E-mail: juandbogota@gmail.com

BOLAÑOS, Getshy Johana. M.Sc. Universidad del Valle. E-mail: getsy26@gmail.com

CASTAÑO, John Harold. M.Sc. Director Investigaciones UNISARC. Santa Rosa de Cabal, Risaralda.

CONSTANTINO, Luis Miguel. M.Sc. Entomología, CENICAFÉ, Chinchiná, Caldas. E-mail: luismiguel.constantino@gmail.com

GIBERNAU, Marc. Ph.D. Agroparistech-CIRAD. Guyana Francesa. E-mail: marc.gibernau@ecofog.gf

GIRALDO, Marisol. M.Sc. Entomología, CENICAFÉ, Chinchiná, Caldas. E-mail: mari-solgiraldo@cafedecolombia.com

GONZÁLEZ, Jorge M. Ph.D. Texas A&M University, Departamento de Entomología. E-mail: gonzalez.jorgem@gmail.com

LECROM, Jean Francois. Dr. Investigador privado Mariposas, CARLEC Ltda. Bogotá.

MACÍAS, Diego Jesús. M.Sc. Departamento de Biología. Universidad del Cauca. E-mail: diegomaciaspinto@gmail.com

MARTIN, Stiewe. Privates Museum für Tierkunde, PMTB, Berlin, Alemania. E-mail: martinsti@gmx.de

NIELSEN, Greg. B.S. en Biología, Univ. Illinois-Chicago, USA.

PACL, Vaclav. Universidad del Cauca, Departamento de Música. Popayán, Cauca. E-mail: improba@gmail.com

PARDO-LOCARNO, Luis Carlos. Doctorado en Ciencias. Catedrático, Universidad Nacional, Palmira, Valle. E-mail: neca@outlook.com

RIVAS, Eimy. Ph.D. Duke University, The Field Museum, USA.

RYDON, Arthur. 3 Roeheath, N. Chailey, Lewes, BN8 4HR, Inglaterra.

THAPORN, Donald. Centro de la Biodiversidad Tropical **BioCentro**, Guanare, Portuguesa, Venezuela. E-mail: dthaporn@gmail.com

VARGAS, José I. Asesoría Grypocera de Colombia, Villamaría, Caldas. E-mail: tilacho30@hotmail.com

WILSON, Kent. P.O. Box 1097, Edmond, Oklahoma, USA.

AUTORES

AGUDELO-ZAMORA, Henry D. Grupo de Investigación en Peces Neotropicales, Fundación para la Investigación y el Desarrollo Sostenible (FUNINDES). E-mail: hdagudelo@gmail.com

ARCILA-CARDONA, Luisa Fernanda. Departamento de Biología, Universidad del Valle, A.A. 25369, Cali, Colombia.

ARMBRECHT, Inge. Ph.D. Departamento de Biología, Universidad del Valle, A.A. 25369, Cali, Colombia.

BACCA, Tito. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Torobajo. Pasto, Colombia. E-mail: titobacca@gmail.com

BAUTISTA, Luis Gabriel. Ingeniero Agrónomo. Asistente técnico. E-mail: luisnacht07@hotmail.com

BOLÍVAR-GARCÍA, Wilmar. Universidad del Valle, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología, Programa de Postgrado en Ciencias - Biología.

CARDONA, Javier Antonio. Ingeniero Agrónomo. Asistente técnico. E-mail: javiac80@gmail.com

CARR, John L. University of Louisiana at Monroe, Department of Biology and Museum of Natural History. Monroe, Louisiana, 71209-0520. USA. E-mail: carr@ulm.edu

CASTILLO F., Jesús Antonio. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Torobajo. Pasto, Colombia. E-mail: jacf1995@gmail.com

ESCOBAR-LASSO, Sergio. Associate researcher of the División de Historia Natural, Centro de Museos, Universidad de Caldas. Manizales, Caldas, Colombia. Fundación R.A.N.A. (Restauración de Ambientes Neotropicales Alterados), Manizales, Caldas, Colombia. E-mail: biosergiobike@gmail.com

GARCÉS-RESTREPO, Mario F. Universidad del Valle, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología, Programa de Postgrado en Ciencias - Biología. E-mail: mariofgarces@gmail.com

GENOY, Gina Mabel. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Pasto, Colombia. E-mail: yinamabelg@gmail.com

GIRALDO, Alan. Grupo de Investigación en Ecología Animal, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad del Valle, Cali, Colombia. Colección de Mamíferos, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad del Valle. Cali, Colombia. E-mail: ecologia@univalle.edu.co

JIMÉNEZ-CARMONA, Elizabeth. Departamento de Biología, Universidad del Valle, A.A. 25369, Cali, Colombia.

LEMOS, Felipe. M.Sc. Universidade Federal de Viçosa. E-mail: felipe.lemos@ufv.br

MONTERO-A., Fredy. Investigador adscrito a la Asociación Colombiana de Lepidopterología, ACOLEP. Bogotá, Colombia. E-mail: eurimontero@yahoo.es

MONTOYA-LÓPEZ, Andrés Felipe. Autor independiente. E-mail: loki.asgard@gmail.com

NARVÁEZ, Ginna. Departamento de Biología, Universidad de Nariño. San Juan de Pasto, Colombia. E-mail: ginnanar@gmail.com

ORTIZ-P., Maira. Bióloga. Universidad del Atlántico. Bogotá, Colombia. E-mail: biomayortiz@hotmail.com

OSORIO, José Henry. Laboratorio de Bioquímica Clínica y Patología Molecular, Departamento de Ciencias Básicas de la Salud, Universidad de Caldas. Manizales, Colombia. E-mail: jose.osorio_o@ucaldas.edu.co

OSPINA-PABÓN, Juan Guillermo. Autor independiente. E-mail: juanguio@gmail.com

PALLINI, Angelo. Ph.D. Universidade Federal de Viçosa. E-mail: pallini@ufv.br

PÉREZ, Jorge Enrique. Laboratorio de Microbiología, Departamento de Ciencias Básicas de la Salud, Universidad de Caldas. Manizales, Colombia. E-mail: labmicro@ucaldas.edu.co

POSADA-H., Juan Mauricio. Herbario Universidad de Caldas (FAUC). Manizales, Colombia. E-mail: juan.posada87@gmail.com

RAMÍREZ, Felipe. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Caldas. Manizales, Colombia. E-mail: feraec@hotmail.com

RAMÍREZ, Ginés Fernando. Departamento de Salud Animal, Universidad de Caldas. Manizales, Colombia.

RAMÍREZ PADILLA, Bernardo Ramiro. Departamento de Biología, Herbario Universidad del Cauca (CAUP). E-mail: branly@unicauca.edu.co

ROJAS-MORALES, Julián Andrés. Associate researcher of the División de Historia Natural, Centro de Museos, Universidad de Caldas. Manizales, Caldas, Colombia. E-mail: julian.herpetologia@gmail.com

RUBIANO CARDONA, Kelly Johana. Departamento de Biología, Universidad del Valle, A.A. 25369, Cali, Colombia.

RUEDA, Martha Cristina. Departamento de Salud Animal, Universidad de Caldas. Manizales, Colombia.

SALAZAR-E. Julián. MHN, Centro de Museos, Universidad de Caldas. Manizales, Colombia. E-mail: julianadolfoster@gmail.com

SÁNCHEZ, Francisco. Grupo Integrado de Investigaciones en Química y Biología (InQuiBio). Programa de Biología Aplicada, Universidad Militar Nueva Granada. Cajicá, km 3 vía Cajicá-Zipaquirá, Cajicá, Colombia. E-mail: fasbos@gmail.com

SÁNCHEZ-MARTÍNEZ, Manuel Andrés. Grupo de Investigación en Ecología Animal, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad del Valle. Cali, Colombia. E-mail: manusama79@yahoo.es

SOTO G., Alberto. M.Sc. Ph.D. Departamento de Producción Agropecuaria, Universidad de Caldas. Manizales, Colombia. E-mail: alberto.soto@ucaldas.edu.co

URIBE L., Miguel. Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Caldas. Manizales, Colombia. E-mail: migueluribe40@gmail.com

VALLEJO E., Luis Fernando. Profesor Asociado, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Caldas. Manizales, Colombia. A.A. 275. E-mail: luis.vallejo_e@ucaldas.edu.co

VELANDIA-PERILLA, Jorge Horacio. Wildlife Conservation Society, Programa Colombia. Calle 2 No. 42-23, Cali, Colombia. E-mail: jorgehvelandia@gmail.com

YUSTI MUÑOZ, Ana Paola. Wildlife Conservation Society, Programa Colombia. Calle 2 No. 42-23, Cali, Colombia. E-mail: yusti.ap@gmail.com



Servicios

El Centro de Museos tiene abiertas para el público en la actualidad tres salas de exposición, con acceso gratuito, las cuales pueden ser visitadas entre 8:00 a.m. a 12:00 m. y 2:00 a 6:00 p.m. de lunes a viernes, ubicadas en las siguientes direcciones:

1. Exposición “Pobladores del Cauca Medio, un entorno por descubrir”: a través de la puesta en escena de cerámicas, metalurgia y líticos arqueológicos, se muestra la vida de nuestros antepasados indígenas. SEDE PALOGRANDE.
2. Exposición de arte David Manzur: El Martirio de San Sebastián en homenaje a Andrés Escobar.
3. Exposición de Historia Natural “Fauna Andina de Colombia”: Aves, mamíferos, anuros e insectos de la región andina. SEDE PALOGRANDE UNIVERSIDAD DE CALDAS.

Colección de Historia Natural



Sede Palogrande
Cra. 23 No. 58 - 65
Dirección electrónica:
museo@ucaldas.edu.co
Manizales-Colombia

Universidad de Caldas
Cra. 23 No. 58-65
Conmutador (6)8862720 ext. 24133
Dirección electrónica: ucaldas@ucaldas.edu.co



**BOLETÍN CIENTÍFICO
CENTRO DE MUSEOS
MUSEO DE HISTORIA NATURAL
Vol. 17 No. 1**

FORMATO DE SUSCRIPCIÓN

Vicerrectoría de Investigaciones y Postgrados
Universidad de Caldas. Calle 65 N° 26 - 10
A.A. 275 Manizales - Colombia
Tel: 8781500 ext 11222
emails: revistascientificas@ucaldas.edu.co
museo@ucaldas.edu.co

Nombre / Name	<input type="text"/>	
Cédula / Identificación number	<input type="text"/>	
Dirección / Address	<input type="text"/>	
Ciudad / City	<input type="text"/>	
Departamento / State	<input type="text"/>	Código Postal / Zip Code <input type="text"/>
País / Country	<input type="text"/>	
Teléfono / Phone Number	<input type="text"/>	
Profesión / Profession	<input type="text"/>	
Institución / Employer	<input type="text"/>	
Email	<input type="text"/>	
Dirección de envío / Mailing Address	<input type="text"/>	

Suscriptores Nacionales por un año. (2) Ejemplares

Se debe consignar en Bancafé, cuenta de ahorros No. 255050114 código 00HD005
Promoción e indexación de publicaciones científicas.

Último ejemplar recibido / Last issue mailed:

Año/Year Volumen/Volume Número/Number Fecha / Date



Ventas, suscripciones y canjes
Vicerrectoría de Investigaciones y
Postgrados
Universidad de Caldas
Sede Central
Calle 65 No. 26 - 10
A.A. 275
Teléfonos: (+6) 8781500
ext. 11222
e-mail:
revistascientificas@ucaldas.edu.co
Manizales - Colombia



Revista
Agronomía



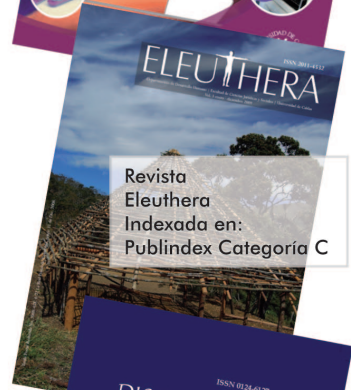
Revista
Cultura y Droga



Revista
Luna Azul (On Line)
<http://lunazul.ucaldas.edu.co>
Indexada en:
Publindex Categoría B
Index Copernicus, DOAJ



Revista
Biosalud
Indexada en:
Publindex Categoría B
Lilacs



Revista
Eleuthera
Indexada en:
Publindex Categoría C



Revista
Discusiones Filosóficas
Indexada en:
Publindex Categoría A2
Philosopher's Index
SciELO
Ulrich's Periodicals Directory

Revistas





Revista
Boletín Científico
Museo de Historia Natural
Indexada en:
Publindex Categoría A2
SciELO



Revista Colombiana de
las Artes Escénicas



Revista
Veterinaria y Zootecnia
Indexada en:
Publindex Categoría C



Revista
Hacia la promoción
de la Salud
Indexada en:
Publindex Categoría A2
Lilacs
SciELO



Revista
Jurídicas
Indexada en:
Publindex Categoría C
DialNet



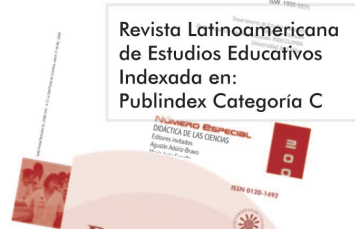
Revista Latinoamericana
de Estudios Educativos
Indexada en:
Publindex Categoría C



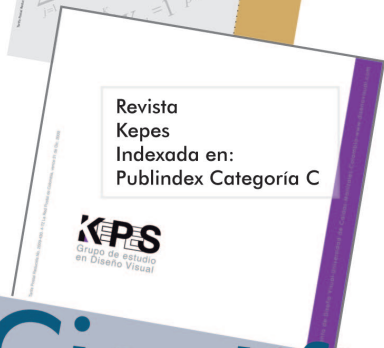
Revista
Vector
Indexada en:
Publindex Categoría C



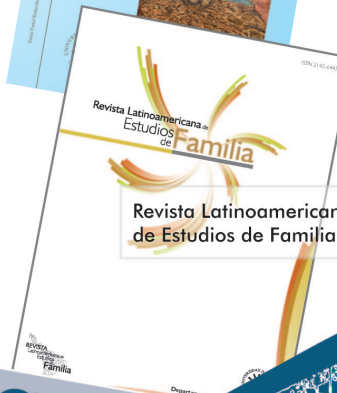
Revista de Antropología
y Sociología (Virajes)
Indexada en:
Publindex Categoría C



Revista
Universidad de Caldas



Revista
Kepes
Indexada en:
Publindex Categoría C



Revista Latinoamericana
de Estudios de Familia

Científicas





Entregando lo mejor de los **colombianos**

Línea de atención al Cliente Nacional: 01 8000 111 210

Línea de atención al Cliente Bogotá: (57-1) 4199299

► www.472.com.co



Esta revista se terminó de imprimir
en el mes de diciembre de 2013
Universidad de Caldas
Manizales - Colombia