



**Lyonia 9(1) 2006 - Biodiversity and Cultural Diversity in
the Andes and Amazon 1: Biodiversity**

Volume 9 (1)

February 2006

ISSN: 0888-9619

Introduction

In 2001, the 1. Congress of Conservation of Biological and Cultural Diversity in the Andes and the Amazon Basin in Cusco, Peru, attempted to provide a platform to bridge the existing gap between Scientists, Non Governmental Organizations, Indigenous Populations and Governmental Agencies. This was followed by a 2. Congress in 2003, held in Loja, Ecuador together with the IV Ecuadorian Botanical Congress. The most important results of these conferences were published in *Lyonia* 6 (1/2) and 7 (1/2) 2004.

Since then, the "Andes and Amazon" Biodiversity Congress has become a respected institution, and is being held every two years in Loja, Ecuador, where it has found a permanent home at the Universidad Tecnica Particular.

In 2005, the 3. Congress on Biological and Cultural Diversity of the Andes and Amazon Basin joined efforts with the 2. Dry Forest Congress and the 5. Ecuadorian Botanical Congress, to provide an even broader venue.

The Tropical Dry Forests of Latin America as well as the Andes and the Amazon Basin represent one of the most important Biodiversity-Hotspots on Earth. At the same time, both systems face imminent dangers due to unsustainable use.

Attempts of sustainable management and conservation must integrate local communities and their traditional knowledge. Management decisions need to include the high importance of natural resources in providing building materials, food and medicines for rural as well as urbanized communities. The traditional use of forest resources, particularly of non-timber products like medicinal plants, has deep roots not only in indigenous communities, but is practiced in a wide section of society. The use of medicinal herbs is often an economically inevitable alternative to expensive western medicine. The base knowledge of this traditional use is passed from one generation to the next. Especially the medical use represents a highly dynamic, always evolving process, where new knowledge is constantly being obtained, and linked to traditional practices.

An increased emphasis is being placed on possible economic benefits especially of the medicinal use of tropical forest products instead of pure timber harvesting, an approach particularly appealing to countries with difficult economic conditions. Most research efforts, due to lack of manpower, time and resources, focus only on either biodiversity assessments or ethnobotanical inventories, or try to implement management and use measures without having a sound scientific base to do so. Often the needs of the local populations, e.g. their dependency on plant resources for health care are entirely ignored.

Lyonia presents the most important papers of these three conferences in parts of its 2005 and 2006 issues.

Lyonia 8(2) 2005 - Dry Forest Biodiversity and Conservation 1: Biodiversity

Lyonia 9(1) 2006 - Biodiversity and Cultural Diversity in the Andes and Amazon 1: Biodiversity

Lyonia 9(2) 2006 - Dry Forest Biodiversity and Conservation 2: Propagation and Conservation Strategies

Lyonia 10 (1) 2006 - Biodiversity and Cultural Diversity in the Andes and Amazon 2: Forest Conservation Strategies

Lyonia 10 (2) March 2006 - Biodiversity and Cultural Diversity in the Andes and Amazon / Dry Forest Conservation: Ethnobotany and Forest Use

Editorial Board

Editor-in-Chief

Rainer Bussmann

Contact Information

Surface mail:

Lyonia

Harold L. Lyon Arboretum

3860 Manoa Rd. Honolulu, HI 98622 USA

Phone: +1 808 988 0456

e-mail: lyonia@lyonia.org

Editorial Board

Balslev, Henrik, University of Aarhus, Denmark

Brandt, Kirsten, Denmark

Bush, Marc, Florida Institute of Technology, USA

Cleef, Antoine, University of Amsterdam, Netherlands

Cotton, Elvira, University of Aarhus, Denmark

Goldarazena, Arturo, NEIKER, Spain

Geldenhuis, Coert, FORESTWOOD, South Africa

Goikoetxea, Pablo G., NEIKER, Spain

Gradstein, Rob, University of Goettingen, Germany

Gunderson, Lance, Emory University, USA

Hall, John B., University of Bangor, United Kingdom

Janovec, John, BRIT, USA

Joergensen, Peter, Missouri Botanical Garden, USA

Kilpatrick, Alan, San Diego State University, USA

Kueppers, Manfred, University of Hohenheim, Germany

Lovett, Jon C., University of York, United Kingdom

Lucero Mosquera, Hernan P., Universidad Tecnica Particular Loja, Ecuador

Matsinos, Yiannis G., University of the Aegean, Greece

Miller, Marc, Emory University, USA

Navarete Zambrano, Hugo G., Pontificia Universidad Catolica Quito, Ecuador

Onyango, John C., Maseno University, Kenya

Pritchard, Lowell, Emory University, USA

Pitman, Nigel, Duke University, USA

Pohle, Perdita, University of Giessen, Germany

Poteete, Amy R., University of New Orleans, USA

Sarmiento, Fausto, University of Georgia, USA

Sharon, Douglas, University of California at Berkeley, USA

Silman, Miles, Wake Forest University, USA

Thiemens, Mark H., University of California San Diego, USA

Ulloa, Carmen, Missouri Botanical Garden, USA

Wilcke, Wolfgang, Technical University Berlin, Germany

Yandle, Tracy, Emory University, USA

Zimmermann, Reiner, Max Planck Institute for Ecosystem Research, Jena, Germany

What is Lyonia?

What is Lyonia?

Lyonia is an electronic, peer-reviewed, interdisciplinary journal devoted to the fast dissemination of current ecological research and its application in conservation, management, sustainable development and environmental education. Manuscript submission, peer-review and publication are entirely handled electronically. As articles are accepted they are automatically published as "volume in progress" and immediately available on the web. Every six months a Volume-in-Progress is declared a Published Volume and subscribers receive the table of Contents via e-mail.

Lyonia seeks articles from a wide field of disciplines (ecology, biology, anthropology, economics, law etc.) concerned with ecology, conservation, management, sustainable development and education in mountain and island environments with particular emphasis on montane forest of tropical regions.

In its research section Lyonia published peer-reviewed scientific papers that report original research on ecology, conservation and management, and particularly invites contributions that show new methodologies employing interdisciplinary and transdisciplinary approaches. The sustainable development and environmental education section contains reports on these activities.

Table of Contents

Volume 9 (1)

Analysis of the presence of the fungus *Batrachochytrium dendrobatidis* Bd. in the Amphibian populations of 8 localities in the southern Ecuadorian Andes.

Análisis de hongo *Batrachochytrium dendrobatidis* Bd., en las poblaciones de anfibios de 8 localidades de los andes sur del Ecuador.

Freire, Diana¹; Fernández, Carla¹; Nogales, Fernando² [7-18]

Predicting distributions of Andean-centered taxa using ecological niche modeling methods

1. Francisco Cuesta-Camacho, 2. Andrea Ganzenmueller, 3. Francis Baquero [19-33]

Composition and structure of a montane forest in Tambo Palictahua, Chimborazo

Composición y estructura de un Bosque Montano en Tambo Palictahua, Chimborazo.

Jorge Caranqui Aldaz [35-41]

Variability of precipitation in the Reserva Biológica San Francisco / Southern Ecuador

Variabilidad de precipitación en la Reserva Biológica San Francisco / Sur del Ecuador

Rütger Rollenbeck [43-51]

Diurnal and nocturnal lepidoptera of Buenaventura (Piñas-Ecuador)

Lepidópteros diurnos y nocturnos de la Reserva Buenaventura (Piñas –Ecuador)

Sebastián Padrón [53-65]

Macrolichens of the Ecological Reserve Paramo El Angel and the Guandera Biological Station

Macrolíquenes de los Páramos de Frailejones de la Reserva Ecológica El Angel y La Estación Biológica Guandera

Telma Elizabeth Paredes Martínez [67-73]

Landslides as ecosystem disturbance - their implications and importance in Southern Ecuador

Importancia e Implicación de los Derrumbos Como Perturbadores de Ecosistemas al Sur de Ecuador.

Pablo Lozano^{1*}, Rainer W. Bussmann², Manfred Kueppers³

[75-81]

Preliminary study on the Taxonomic Significance of the Number of Spores per Sporangia of the filmy ferns family (Hymenophyllaceae)

Estudio Preliminar sobre la Significancia Taxonómica del Número de Esporas por Esporangio en las Hymenophyllaceae

Paola Pozo García¹ & Robbin C. Morán²

[83-89]

Rarity of an endemic species in Ecuador

Rareza de una especie endémica en el Ecuador

Tanya P. Montenegro Armijos

[91-101]

Analysis of the presence of the fungus *Batrachochytrium dendrobatidis* Bd. in the Amphibian populations of 8 localities in the southern Ecuadorian Andes.

Análisis de hongo *Batrachochytrium dendrobatidis* Bd., en las poblaciones de anfibios de 8 localidades de los andes sur del Ecuador.

Freire, Diana¹; Fernández, Carla¹; Nogales, Fernando²

¹ Tesis de Ingeniería Ambiental – U. T. P. L, dxfreire@utpl.edu.ec, cnfernandez@utpl.edu.ec

² Escuela de Ciencias Ambientales – U. T. P. L, anfibios@arcoiris.org.ec

February 2006

Download at: <http://www.lyonia.org/downloadPDF.php?pdfID=2.393.1>

Analysis of the presence of the fungus *Batrachochytrium dendrobatidis* Bd. in the Amphibian populations of 8 localities in the southern Ecuadorian Andes.

Resumen

En Ecuador existen 421 especies de anfibios, lo que lo convierte en el tercer país más diverso del mundo. En la última década esta diversidad se ha visto amenazada, en Ecuador algunos autores reportan la Chytridiomycosis, que es una enfermedad mortal que ataca la piel de los anuros, como una de las posibles causas. Sin embargo en la Región Sur, Loja y Zamora Chinchipe no existen estudios del *B. dendrobatidis* sobre la declinación de anfibios, es así que este estudio pretende identificar la presencia de agentes patógenos como el *B. dendrobatidis*. El análisis de la Chytridiomycosis se realizó en cortes de secciones de piel: parche pélvico y patas a través de rutinas histológicas de cortes transversales de tres micras, teñidas con hematoxilina y eosina; la identificación se realizó en microscopio óptico. Fueron analizados un total de 62 especímenes de 8 localidades diferentes, ubicadas en Loja y Zamora, los especímenes fueron clasificados en posibles positivos y negativos. Los 12 especímenes posibles positivos fueron llevados al Laboratorio de herpetología de la PUCE, resultando negativos. Es importante que los 12 especímenes que se sospecha portan la Chytridiomycosis, sean analizados por otros tipos de diagnóstico, como por ejemplo: por otros hongos, envenenamiento por químicos, parásitos, virus, para tratar de determinar otros agentes asociados a la declinación de los anfibios.

Palabras claves: Chytridiomycosis, piel, declinación, Andes

Abstract

There are 421 amphibian species in Ecuador, which makes the country the third most diverse country in the world. In the last decade, this diversity has been threatened, in Ecuador some authors report Chytridiomycosis, which is a lethal illness attacking amphibian skin, as a possible cause. However in the Southern Region, Loja and Zamora Chinchipe there aren't studies on *B. Dendrobatidis* about amphibian's declination, therefore this study is willing to identify the presence of pathogen agents as *B. Dendrobatidis*. Chytridiomycosis analysis was made by cutting skin sections: pelvic patch and paws by means of histological routines of 3 microns transversal cutting, stained with hematoxiline and eosine; optical microscope was used for identification. 62 specimens from 8 different localities placed in Loja and Zamora were analyzed. Specimens were classified in possible positive and negative ones. Twelve possible positive specimens were taken to PUCE'S Herpetology Laboratory and they resulted negative. It is remarkable that those 12 specimens suspected to host Chytridiomycosis should be analyzed with other diagnosis types, for example: other fungus, chemical poisoning, parasites, viruses, to try to determine other associated agents to amphibian declination.

Key words: Chytridiomycosis, skin, decline, Andes

Introducción

Ecuador tiene una densidad de 0.016 especies / Km², lo que lo hace tres veces más diverso que Colombia y 21 veces más que Brasil (Coloma & Quiguango 2000). La información de la última década sugiere que al menos 26 especies de anfibios del Ecuador han disminuido (Ron et al. 2000). Las razones para esta crisis de la biodiversidad no son claras. Las declinaciones han ocurrido donde no es evidente la destrucción del hábitat. (Pounds & Crump 1994).

En Ecuador el número de especies desaparecidos es alto, sin embargo por parte de la comunidad científica, la atención prestada es mínima y no existen publicaciones científicas específicas sobre el tema a pesar de que el número de especies es potencialmente elevado y es comparable al de países como Costa Rica o Panamá en donde han recibido bastante atención. (Pounds & Crump 1994).

Una de las especies con ejemplo más claro de declinación, es el jambato, *Atelopus ignescens* (Coloma et al. 2000, Ron et al. 2001), era uno de los sapos más comunes y ampliamente distribuidos en las zonas altas del Ecuador, abarcando las provincias, de Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Napo, Chimborazo y Bolívar. Para la Región Sur del Ecuador, Loja – Zamora Chinchipe, existe evidencia de declinación de anfibios en géneros como: *Telmatobius*, *Atelopus*,

Bufo; sin embargo no existen estudios para determinar las posibles causas de esta declinación; por esta razón se cree pertinente el estudio de esta enfermedad, para lo cual han sido seleccionadas las siguientes localidades: Bosque Aguirre, San Luis - Parque Nacional Podocarpus (PNP), Palanda, Utuana, Chorrillos, San Francisco, Zamora Huayco, Espíndola - Páramo de Amaluza.

Recientemente se ha identificado al Hongo Quitridio del género *Batrachochytrium* (Longcore et al. 1999) que infecta a los anfibios y puede haber sido el causante de su muerte en Australia, Sudamérica, América Central y los Estados Unidos (Berger et al. 1998, Pessier et al. 1999, Daszak et al. 1999, Lips 1999). La más común causa de muerte en los anfibios de Australia es el hongo quitridio (Berger et al. 1999) y también ha sido encontrado en menor proporción en anfibios saludables y en renacuajos (Berger et al. 1999).

Chytridiomycosis es considerada una enfermedad infecciosa emergente (Daszak et al. 2000). Los efectos de *B. dendrobatidis* en algunas poblaciones de anfibios ha sido devastadora, Esta declinación esta siendo investigada por herpetólogos, ecologistas y epidemiólogos.

Siendo así la presente investigación pretende contribuir, considerando la enfermedad mitótica Chytridiomycosis como posible agente causal (Berger et al. 1998, 1999a) Desde el año 1998 en el Museo de la PUCE se iniciaron investigaciones y se han detectado agentes patógenos, siendo así, una especie hace poco descrita de hongo quitridio, *Batrachochytrium dendrobatidis* (Bd), se cree es la responsable de la extinción de poblaciones y especies de anfibios en el mundo. Este hongo se encuentra en todos los medios de vida, y particularmente en áreas bien conservadas ya que son muy sensibles a la contaminación. Sin embargo, la especie que afecta a los anfibios es de reciente descripción, siendo el primer caso de hongo quitridio que afecta a un vertebrado. (Garner et al. 2005).

Las poblaciones de anfibios afectadas por esta especie de hongo, generalmente desaparecen en pocos meses, siguiendo el patrón de dispersión típico de las enfermedades infecciosas. Los adultos mueren rápidamente mientras que las larvas, que infectan sólo en la zona bucal, mueren más tarde cuando la queratina (y con ella los hongos) se extiende por todo su cuerpo al completar la metamorfosis. Una vez que el hongo ha aparecido en una zona permanece en el medio como saprófito, incluso cuando los anfibios ya han desaparecido. (Garner et al. 2005)

La causa última de la muerte de los animales infectados aún no se conoce con seguridad, pero sí el desarrollo de la enfermedad (conocida como quitridiomycosis), que afecta a la superficie de la piel, y nunca a los órganos internos. Cuando las zoosporas de estos hongos entran en contacto con la piel de los anfibios se fijan, y a los pocos días se desarrollan esporangios que generan nuevas zoosporas. (Garner et al. 2005).

La Chytridiomycosis se diagnosticó en secciones de piel teñidas con técnicas estándar de hematoxilina y eosina (Berger et al. 1999b)

Materiales y Métodos

Basada en dos fases, detalladas de la siguiente forma:

Fase de Revisión de Información Secundaria:

Se inició con la revisión del material a ser diagnosticado, es decir con las colecciones de anfibios, obtenidas entre los años 2003 y 2005 por el Bigo. Fernando Nogales, estas colecciones fueron de 8 localidades diferentes, ubicadas en Loja y Zamora Chinchipe. Esta información fue almacenada en una base de datos que contenía la siguiente información básica obtenida en el campo: Localidad, fecha, hora (inicio - final), tiempo de muestreo, Noche, Transecto, Investigadores. E información que describió a los especímenes colectados así: Numero, Familia, Nombre Científico, Altura, Sustrato (hoja, arroyo), Actividad, Observaciones.

Se continuó con la Catalogación y Etiquetación de las colecciones realizadas, así los datos fueron escritos con tinta permanente sobre papel resistente al alcohol, se usó hilo de algodón para atar la etiqueta, la cual fue colocada en la extremidad posterior del espécimen, la información detallada en las etiquetas contenía lo siguiente:

- Número de campo (Designación única de la muestra)
- Iniciales del Colector
- Iniciales del patógeno a ser analizado *Batrachochytrium dendrobatidis* (BD)

Fase de Laboratorio:

Rutina Histológica E Identificación del hongo

Para realizar el análisis de *Batrachochytrium dendrobatidis* las colecciones fueron conservadas en frascos con formol al 70%. Se realizó cortes con bisturí de secciones de piel: parche pélvico y

patas, las secciones fueron colocadas en cajas plásticas pequeñas utilizadas para procesos histológicos.

Inclusión en Parafina: las muestras de tejidos fueron colocadas en las cajas, se llenaron de parafina, formando un bloque macizo, con el uso del Microtomo a través de rutinas histológicas de cortes transversales de tres micras, se obtuvieron las placas con las muestras de tejido.

Tinción con Hematoxilina y Eosina

Procedimiento de Hematoxilina y Eosina de MAYER (Hall et al. 1993)

Procedimiento de Giemsa (Brown et al. 1993)

Identificación: Se realizó en microscopio óptico.

Resultados

Análisis para Chytridiomycosis

Fueron analizados un total de 62 especímenes. Correspondientes a las siguientes familias: Leptodactilidae con los géneros Eleutherodactylus, Prinophus, Phyllonastes; Hylidae con los géneros: Philomedusa e Hyla; Bufonidae con el género: Bufo; Centronelidae con el género Cocranella; y Dendrobatidae con el género: Colosthetus (Fig 1.), encontrados en las 8 localidades diferentes: Bosque Aguirre, San Luis - Parque Nacional Podocarpus (PNP), Palanda, Utuana, Chorrillos, San Francisco, Zamora Huayco, Espíndola - Páramo de Amaluza. ubicadas en Loja y Zamora, (Fig. 2.)

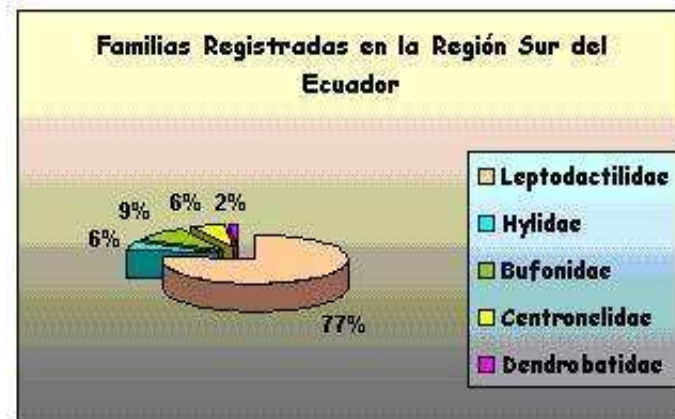


Figura 1. Familias registradas en el Sur de Ecuador.

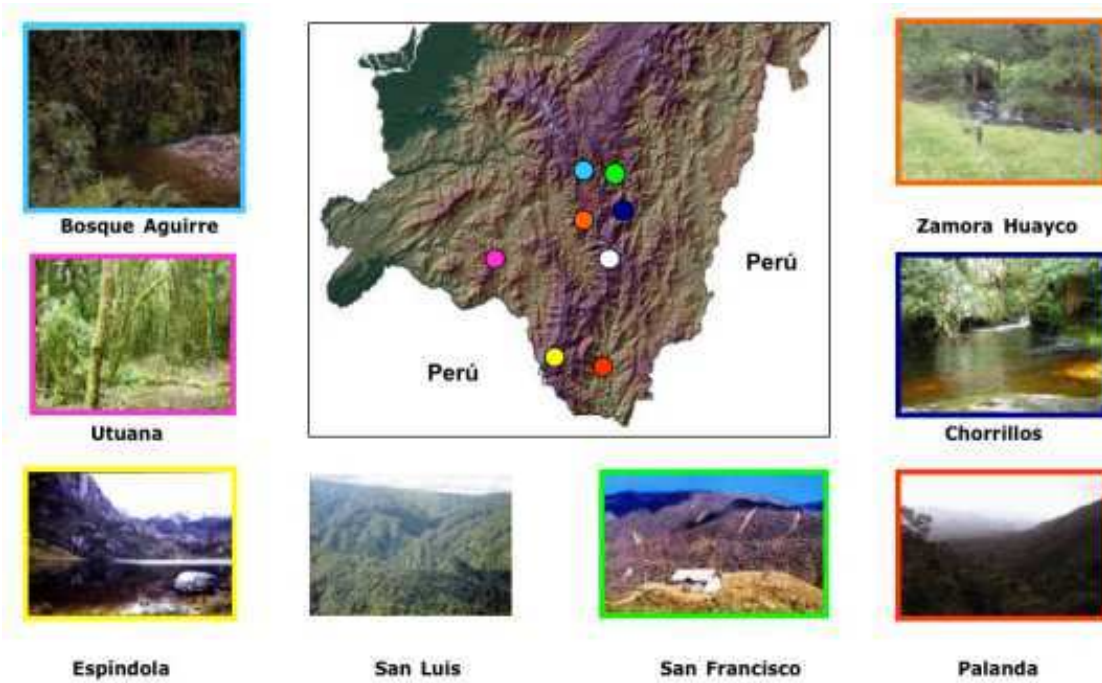


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio

Figura 2. Mapa de la zona de estudio.

Los resultados fueron clasificados en posibles positivos y negativos. Resultando como negativos 50 especímenes (Anexo 1.) y como posibles positivos 12 especímenes los cuales fueron llevados al Laboratorio de herpetología de la PUCE, resultando negativos para Chytridiomycosis. (Tabla 1.)

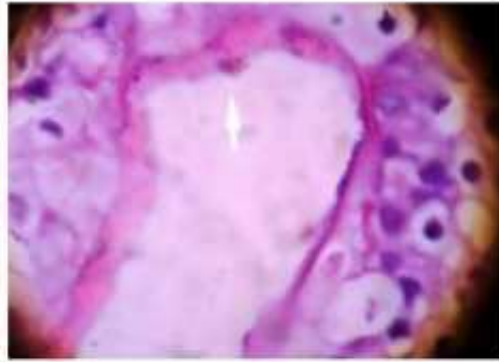
Discusión

Las declinaciones en las poblaciones de anfibios han involucrado también a varias especies de las zonas altas de los Andes del Ecuador (Coloma 1992, 1995, 1996; Vial & Sailor 1993, Stebbins & Cohen 1995, Lotters 1996, Coloma et al. 2000).

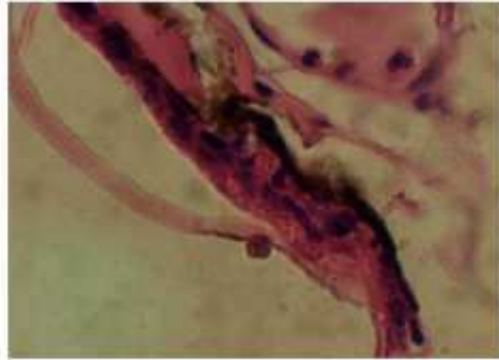
Cabe resaltar que según el estudio realizado sobre Chytridiomycosis para el Ecuador, la distribución de especímenes positivos en ese estudio, abarca desde el Páramo del Volcán Chiles en la Provincia de Carchi, al norte, hasta las lagunas del Parque Nacional Cajas, al Sur. (Ron & Merino-Viteri 2000) Es importante considerar que la colección mas antigua para Chytridiomycosis es de *Atelopus bomolochos* recolectado el 1 de diciembre de 1980, mientras que el mas reciente corresponde a *Gastrotheca pseustes* colectados como renacuajos el 8 de septiembre de 1999 y metamorfosearon en condiciones de laboratorio. (Merino- Viteri 2001).

Sin embargo es importante tomar en cuenta que según los resultados obtenidos, los 12 especímenes sospechosos para Chytridiomycosis (Tabla. 1), Presentan anomalías comparativas a una piel sana; como es el caso del Número BD 00021, *Eleutherodactylus*, No. BD 00066, *Bufo*, que presentan desprendimiento en la piel y formación de bulbos, así mismo en el resto de placas se presentan características anormales en la piel, las cuales fueron apreciadas en el microscopio (Fig. 3 A. B. C:) Por la tanto el diagnóstico de estos especímenes, debe ser considerado para otros tipos de diagnósticos, como por ejemplo por otros hongos, bacterias, envenenamiento por químicos, etc., para tratar de determinar otros agentes asociados a la declinación de los anfibios.

A.



B.



C.



Figura 3. A. Fotografía de la piel de un anfibio Número BD 00021, *Eleutherodactylus*, presenta estructuras diferentes observadas a la de una piel normal, B. Fotografía de la piel de un anfibio No. BD 00066, *Bufo*, presenta desprendimiento de la piel y formación de un bulbo. C. Fotografía B usando lente de mayor aumento. Fotos: Diana Freire

A pesar de que los especímenes que resultaron positivos para Chytridiomycosis fueron los obtenidos en museos de historia natural, o colecciones obtenidas entre los años 80 y 90, se consideró de suma importancia realizar un estudio de contribución en la Región Sur, en donde existe evidencias de declinación de Anfibios en las poblaciones de *Atelopus*, *Bufo* y *Telmatobius*, sin embargo no existe mayor atención y escasa información al respecto.

Probablemente ésta enfermedad exista en otras localidades, en tanto no se podría afirmar su ausencia, más bien se deberían realizar más investigaciones tomando en cuenta las enfermedades patógenas y diversos causas.

Cabe resaltar que entre otras, las causas asociadas a la declinación de anfibios son las siguientes: cambio climático, radiación ultravioleta, especies introducidas, uso de agroquímicos, y la citada en la presente investigación en lo que se refiere a enfermedades patógenas, posiblemente estas podrían dar como resultado un proceso de SINERGISMO, en donde la interacción de todos estos patrones podrían estar provocando un aumento drástico en la declinación de anfibios.

Conclusiones

Existe evidencia que el hongo *Batrachochytrium dendrobatidis*, esta presente en el Ecuador desde los años 80. Y que esta asociado en las declinaciones de Anfibios en Sudamérica y en todo el mundo.

Los 50 especímenes colectados para el análisis de *B. dendrobatidis*, en las 8 localidades estudiadas, fueron diagnosticados como negativos para la Chytridiomycosis.

Se encontraron estructuras anormales a las de la piel normal de un anfibio como: desprendimiento, formación de bulbos.

Posiblemente pueden existir la enfermedad en otras localidades, por lo que para confirmar se deben realizar mas investigaciones.

RECOMENDACIONES

Se recomienda la recolección de especímenes de museos para analizar el *B. dendrobatidis*, y su posible vinculo con las declinaciones en los géneros: *Atelopus*, *Telmatobius*, *Hyla*.

También se recomienda que según los resultados obtenidos, los especímenes sean analizados tomando en cuenta la posible infección por otros hongos, bacterias o diferentes agentes patógenos. Es importante revisar las tinciones específicas para investigaciones realizadas para hongos, esto facilitara el trabajo al momento de la identificación.

Se debería fomentar el interés por parte de la comunidad científica y la comunidad en general sobre la declinación de anfibios, que es un problema que va en aumento.

Además ya que se observo la venta libre de rana toro en la ciudad de Loja, se debería considerar para controlar a través de los organismos encargados la prohibición de estos.

Agradecimientos

Un Agradecimiento especial al Blgo. Fernando Nogales por los conocimientos impartidos, auspicio económico y facilitar los especímenes para el análisis del *B. dendrobatidis*.

A Don Church – Conservación Internacional

A P. Barrazueta por la valiosa colaboración en la etapa de Laboratorio

A Dr. R. Saa por la colaboración en la fase de diagnóstico

Blgo. Juan Pablo Suárez por la colaboración para el material fotográfico

A A. Merino-Viteri por compartir su experiencia en el estudio de *B. dendrobatidis*

Referencias

Berger, L., R. Speare, P. Daszak, D.E. Green, A.A. Cunningham, C.L. Goggin, R. Slocombe, M.A. Ragan, A.D. Hyatt, K.P., McDonald, H.B. Hines, K.R., Lips, G. Marantelli & H. Parkes 1998. Chytridiomycosis causes amphibian mortality associated with population declines in the rain forests of Australia and Central America. *Proceedings of the National Academy of Science, USA*. 95: 9031-9036.

Berger, L., R. Speare & A. Hyatt 1999a. Chytrid fungus and amphibian declines: overview. Implications and future directions. In: A. Campbell (ed.) *Declines and Disappearances of Australian Frogs*. Environment Australia. Canberra Australia, Pp. 21-31.

Berger, L., R. Speare & A. Kent. 1999b. *Diagnosis of Chytridiomycosis in amphibians by histologic examination*. (Online). Amphibian Diseases Home Page, Australia. <http://www.jcu.edu.au/school/phtm/PHTM/frogs/histo/chhisto.htm>

Brown, A.B. & L. Febiger .1993. *Hematology: Principles and Procedures*, Sixth Edition, Philadelphia p101.

Coloma, L. 1992. Reporte no publicado. *Anfibios del Ecuador: Estatus poblacional y de Conservación*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito, Ecuador

Coloma, L. 1995. *Ecuadorian frogs of the genus Colostethus (Anura: Dendrobatidae)* Miscellaneous Publication of the Natural History Museum University of Kansas No. 87

Coloma, L. 1996. *Systematics, morphology and relationships of Atelopus (Anura: Bufonidae)* Pp: 47 in Program notes and abstracts of the 39th Annual Meeting of the Society for the Study of Amphibians and Reptiles. The University of Kansas.U.S.A.

Coloma, L.A., S. Lotters & A.W. Salas. 2000. Taxonomy of the *Atelopus ignescens* complex (Anura: Bufonidae): designation of a neotype of *Atelopus ignescens* and recognition of *Atelopus exiguus*. *Herpetológica* 56(3): 303 - 324

Coloma, L.A. & A. Quiguango. 2000. *Anfibios de Ecuador: Lista de Especies y Distribución*

altitudinal. (en línea). Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito, Ecuador. <http://www.puce.edu.ec/Zoologia/anfecua.htm>

Daszak P., L. Berger, AA. Cunningham, A.D. Hyatt, D.E. Green & R. Speare. 1999. Emerging infectious diseases and amphibian population declines. *Emerging infectious diseases* 5 (5).

Daszak P., L. Berger, AA. Cunningham, A.D. Hyatt, D.E. Green & R. Speare. 2000. Emerging infectious diseases and amphibian population declines. *Emerging infectious diseases* 5: 1-25.

Garner T.W.J., S. Walker, J. Bosch, A.D. Hyatt, A.A. Cunningham & M.C. Fischer 2005. Chytrid fungus in Europe. *Emerging Infectious Diseases*, Vol. 11, No 10. (en línea) <http://www.sosanfibios.org/hongos/html>.

Hall, J.A. & T. Achstetter. *Métodos Histotecnológicos del AFIP*

Lips K. 1999. Mass mortality and population declines of anurans at an upland site in western Panamá. *Conserv Biol* 13: 117 - 125

Longcore, J.E., AP. Pessier & D.K. Nichols. 1999. *Batrachochytrium dendrobatidis* gen. Et sp. Nov., n a chytrid pathogenic to amphibians. *Mycologia*, 91: 219 – 227

Lotters, S. 1996. *The neotropical toad genus Atelopus, Checklist-Biology-Distribution*. M. Vences & F. Glaw Verlage, Koln, Alemania

Merini-Viteri, A. 2001. *Análisis de posibles causas de las disminuciones de poblaciones de anfibios en los Andes de Ecuador*. Licenciatura Thesis, Pontificia Universidad Católica Ecuador, Quito, Ecuador. 66Pgs.

Pessier, A.P.; D.K. Nichols.; J.E. Longcore & M.S. Fuller. 1999. Cutaneous chytridiomycosis in poison dart frogs (*Dendrobatides spp.*) and White's tree frogs (*Litoria caerulea*). *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation* 11: 194-199.

Pounds, J.A. & M.L. Crump. 1994. Amphibian declines and climate disturbance: the case of the golden toad and the harlequin frog. *Conservation Biology* 8: 72 - 85.

Puschendorf R. *Guía práctica para el diagnóstico de quitridiomycosis en anfibios utilizando diferentes técnicas histopatológicas*. Apoyado por el Pan – American Studies Institut, un programa confinado por la US National Science Foundation y el US Departament of Energy

Ron, S. R. & A. Merino. 2000. *Declinación de anfibios del Ecuador información general y primer reporte de Chytridiomycosis para Sudamerica*. Froglog 42: 2-3. Museo de Zoología, PUCE, Quito, Ecuador.

Ron, S.R., L.A. Coloma, A. Merino, J.M. Guayasamín & M. Bustamante. 2000 *Información sobre declinaciones de anfibios en el Ecuador*. <http://www.puce.edu.ec/Zoologia/infodeci.html>.

Stebbins, R.C. & N.W. Cohen 1995. *A Natural History of Amphibians*. Princeton University Press. Estados Unidos.

Vial, J.L. & L. Sailor 1993. *The status of amphibian populations*. Working document No. 1. Declining amphibian Population Task Force, World Conservation Union. Suiza

4

Anexo

Tabla 1. Especímenes diagnosticados como posible positivos para Chytridiomycosis, ordenados por Número de Análisis del *Batrachochytrium dendrobatides* (No. BD)

No BD	Colección	Familia	Genero	Provincia	Localidad	Altitud (msnm)	Tinción	Resultado	Observaciones
02	09/07/04	Leptodactylidae	Eleutherodactylus	Loja	Bosque Aguirre	2800	Hematoxilina	Negativo	características anormales
10	09/07/04	Leptodactylidae	Eleutherodactylus	Loja	Bosque Aguirre	2800	Hematoxilina	Negativo	bulbo
17	29/04/03	Leptodactylidae	Eleutherodactylus	Zamora Chinchipe	San Luis	1220	Hematoxilina	Negativo	piel desprendida
21	29/04/03	Leptodactylidae	Eleutherodactylus	Zamora Chinchipe	San Luis	1220	Hematoxilina	Negativo	piel desordenada
33	23/01/05	Hylidae	Philomedusa	Zamora Chinchipe	Palanda	1609	Hematoxilina	Negativo	bulbo
β									
43	28/01/05	Leptodactylidae	Eleutherodactylus	Zamora Chinchipe	Palanda	1609	Hematoxilina	Negativo	características anormales
49	25/01/05	Leptodactylidae	Eleutherodactylus	Zamora Chinchipe	Palanda	1609	Hematoxilina	Negativo	características anormales
66	28/01/05	Bufo	Bufo	Zamora Chinchipe	Palanda	1609	Hematoxilina	Negativo	características anormales
71		Leptodactylidae	Eleutherodactylus	Zamora Chinchipe	Utua	2340	Hematoxilina	Negativo	piel desprendida
83	12/12/04	Leptodactylidae	Eleutherodactylus	Zamora Chinchipe	Chorrillos	1840	Hematoxilina	Negativo	características anormales
93	29/04/03	Leptodactylidae	Eleutherodactylus	Zamora Chinchipe	San Luis PNP	1220	Hematoxilina	Negativo	piel desprendida
94	30/04/03	Leptodactylidae	Eleutherodactylus	Zamora Chinchipe	San Luis PNP	1220	Hematoxilina	Negativo	características anormales

ANEXOS:

Anexo 1. Total de especies colectados entre los años 2003 y 2005 para el análisis de *B. Dendrobatidis*

Observaciones: Para verificar y aprovechar el material colectado en el campo se tomó en cuenta especímenes obtenidos en el Bosque Colorado - Puyango y también obtenidos en tiendas de mascotas de la localidad de Loja.

No Individuo	No BD	Familia	Genero	Provincia	Localidad	Altitud	Tincion	Resultado
1	1	Leptodactylidae	Eleutherodactylus	Loja	Bosque Aguirre	2800 msnm	Hematoxilina & Eosina	Negativo
2	2	Leptodactylidae	Eleutherodactylus	Loja	Bosque Aguirre	2800 msnm	Hematoxilina & Eosina	Negativo
3	4	Leptodactylidae	Eleutherodactylus	Loja	Bosque Aguirre	2800msnm	Hematoxilina & Eosina	Negativo
4	5	Leptodactylidae	Eleutherodactylus	Loja	Bosque Aguirre	2800 msnm	Hematoxilina & Eosina	Negativo
5	6	Leptodactylidae	Eleutherodactylus	Loja	Bosque Aguirre	2800 msnm	Hematoxilina & Eosina	Negativo

6	8	Leptodactylidae	Eleutherodactylus	Loja	Bosque Aguirre	2800 msnm	Gram	Negativo
7	9	Leptodactylidae	Eleutherodactylus	Loja	Bosque Aguirre	2800 msnm	Hematoxilina & Eosina	Negativo
8	10	Leptodactylidae	Eleutherodactylus	Loja	Bosque Aguirre	2800 msnm	Hematoxilina & Eosina	Negativo
9	11	Leptodactylidae	Eleutherodactylus	Loja	Bosque Aguirre	2800 msnm	Hematoxilina & Eosina	Negativo
10	14	Leptodactylidae	Eleutherodactylus	Zamora Chinchipe	San Luis	1220 msnm	Hematoxilina & Eosina	Negativo
11	16	Leptodactylidae	Eleutherodactylus	Zamora Chinchipe	San Luis	1220 msnm	Hematoxilina & Eosina	Negativo
12	17	Leptodactylidae	Eleutherodactylus	Zamora Chinchipe	San Luis	1220 msnm	Hematoxilina & Eosina	Negativo
13	21	Leptodactylidae	Eleutherodactylus	Zamora Chinchipe	San Luis	1220 msnm	Hematoxilina & Eosina	Negativo
14	22	Leptodactylidae	Eleutherodactylus	Zamora Chinchipe	San Luis	1220 msnm	Hematoxilina & Eosina	Negativo
15	24	Leptodactylidae	Eleutherodactylus	Zamora Chinchipe	San Luis	1220 msnm	Hematoxilina & Eosina	Negativo
16	28	Leptodactylidae	Eleutherodactylus	Zamora Chinchipe	Palanda	1609 msnm	Hematoxilina & Eosina	Negativo
17	33	Hylidae	Philomedusa	Zamora Chinchipe	Palanda	1609 msnm	Hematoxilina & Eosina	Negativo
18	42	Leptodactylidae	Eleutherodactylus	Zamora Chinchipe	Palanda	1609 msnm	Hematoxilina & Eosina	Negativo
19	43	Leptodactylidae	Eleutherodactylus	Zamora Chinchipe	Palanda	1609 msnm	Hematoxilina & Eosina	Negativo
20	45	Bufo	Bufo	Zamora Chinchipe	Palanda	1609 msnm	Hematoxilina & Eosina	Negativo
21	49	Leptodactylidae	Eleutherodactylus	Zamora Chinchipe	Palanda	1609 msnm	Hematoxilina & Eosina	Negativo
22	54	Leptodactylidae	Eleutherodactylus	Zamora Chinchipe	Palanda	1609 msnm	Hematoxilina & Eosina	Negativo
23	55	Hylidae	Philomedusa	Zamora Chinchipe	Palanda	1609 msnm	Giemsa, Gram, Hematoxilina	Negativo
24	57	Leptodactylidae	Eleutherodactylus	Zamora Chinchipe	Palanda	1609 msnm	Hematoxilina & Eosina	Negativo
25	58	Centrolenidae	Cocranella	Zamora Chinchipe	Palanda	1609 msnm	Hematoxilina & Eosina	Negativo
26	62	Leptodactylidae	Eleutherodactylus	Zamora Chinchipe	Palanda	1609 msnm	Hematoxilina & Eosina	Negativo
27	65	Leptodactylidae	Eleutherodactylus	Zamora Chinchipe	Palanda	1609 msnm	Hematoxilina & Eosina	Negativo
28	66	Bufo	Bufo	Zamora Chinchipe	Palanda	1609 msnm	Hematoxilina & Eosina	Negativo

29	69	Leptodactylidae	Eleutherodactylus	Zamora Chinchipe	Utuaana	2340 msnm	Hematoxilina & Eosina	Negativo
30	70	Leptodactylidae	Phrinopus	Zamora Chinchipe	Utuaana	2340msnm	Hematoxilina & Eosina	Negativo
31	71	Leptodactylidae	Eleutherodactylus	Zamora Chinchipe	Utuaana	2340msnm	Hematoxilina & Eosina	Negativo
32	74	Leptodactylidae	Eleutherodactylus	Zamora Chinchipe	Utuaana	2340msnm	Hematoxilina & Eosina	Negativo
33	75	Leptodactylidae	Eleutherodactylus	Zamora Chinchipe	Utuaana	2340 msnm	Hematoxilina & Eosina	Negativo
34	76	Leptodactylidae	Eleutherodactylus	Zamora Chinchipe	Chorrillos	1840 msnm	Hematoxilina & Eosina	Negativo
35	77	Leptodactylidae	Eleutherodactylus	Zamora Chinchipe	Chorrillos	1840 msnm	Hematoxilina & Eosina	Negativo
36	78	Leptodactylidae	Eleutherodactylus	Zamora Chinchipe	Chorrillos	1840 msnm	Hematoxilina & Eosina	Negativo
37	81	Centrolenidae	Cocranella	Zamora Chinchipe	Chorrillos	1840 msnm	Hematoxilina & Eosina	Negativo
38	82	Leptodactylidae	Eleutherodactylus	Zamora Chinchipe	Chorrillos	1840 msnm	Hematoxilina & Eosina	Negativo
39	83	Leptodactylidae	Eleutherodactylus	Zamora Chinchipe	Chorrillos	1840 msnm	Hematoxilina & Eosina	Negativo
40	86	Leptodactylidae	Eleutherodactylus	Zamora Chinchipe	Chorrillos	1840 msnm	Hematoxilina & Eosina	Negativo
41	88	Leptodactylidae	Eleutherodactylus	Zamora Chinchipe	Chorrillos	1840 msnm	Hematoxilina & Eosina	Negativo
42	93	Leptodactylidae	Eleutherodactylus	Zamora Chinchipe	San Luis PNP	1220msnm	Hematoxilina & Eosina	Negativo
43	94	Leptodactylidae	Eleutherodactylus	Zamora Chinchipe	San Luis PNP	1220msnm	Hematoxilina & Eosina	Negativo
44	95	Leptodactylidae	Eleutherodactylus	Zamora Chinchipe	San Luis PNP	1220msnm	Hematoxilina & Eosina	Negativo
45	96	Leptodactylidae	Eleutherodactylus	Zamora Chinchipe	San Luis PNP	1220msnm	Hematoxilina & Eosina	Negativo
46	98	Leptodactylidae	Eleutherodactylus	Zamora Chinchipe	San Francisco	2160msnm	Hematoxilina & Eosina	Negativo
47	99	Leptodactylidae	Eleutherodactylus	Zamora Chinchipe	San Francisco	2160msnm	Hematoxilina & Eosina	Negativo
48	00100	Leptodactylidae	Eleutherodactylus	Zamora Chinchipe	San Francisco	2160msnm	Hematoxilina & Eosina	Negativo
49	00101	Bufo	Bufo	Loja	Zamora Huayco	3220 msnm	Hematoxilina & Eosina	Negativo
50	00103	Bufo	Bufo	Loja	Zamora Huayco	3220msnm	Hematoxilina & Eosina	Negativo
51	00104	Leptodactylidae	Eleutherodactylus	Loja	Zamora Huayco	3220msnm	Hematoxilina & Eosina	Negativo
52	00105	Dendrobatidae	Colosthetus	Puyango	Bosque El Colorado	1800 msnm	Hematoxilina & Eosina	Negativo

53	00106	Leptodactylidae	Eleutherodactylus	Puyango	Bosque El Colorado	1800 msnm	Hematoxilina & Eosina	Negativo
54	00107	Hylidae	Hyla	Puyango	Bosque El Colorado	1800 msnm	Hematoxilina & Eosina	Negativo
55	00108	Hylidae	Hyla	Puyango	Bosque El Colorado	1800 msnm	Hematoxilina & Eosina	Negativo
56	00109	Leptodactylidae	Eleutherodactylus	Loja	Páramo de Amaluza	3480 msnm	Hematoxilina & Eosina	Negativo
57	00110	Leptodactylidae	Eleutherodactylus	Loja	Páramo de Amaluza	3480 msnm	Hematoxilina & Eosina	Negativo
58	00111	Leptodactylidae	Eleutherodactylus	Loja	Páramo de Amaluza	3480 msnm	Hematoxilina & Eosina	Negativo
59	00112	Centrolenidae	Cocranella	Loja	Loja	2063 msnm	Hematoxilina & Eosina	Negativo
60	00113	Centrolenidae	Cocranella	Loja	Loja	2063 msnm	Hematoxilina & Eosina	Negativo
61	00114	Bufo	Bufo	Loja	Loja	2063 msnm	Hematoxilina & Eosina	Negativo
62	00115	Bufo	Bufo	Loja	Loja	2063 msnm	Hematoxilina & Eosina	Negativo

Predicting distributions of Andean-centered taxa using ecological niche modeling methods

1. Francisco Cuesta-Camacho, 2. Andrea Ganzenmueller, 3. Francis Baquero

1,2,3 EcoCiencia, Francisco Salazar E14-34, P.O. Box 12-17-257, Quito, Ecuador, (593-2) 2545 999, email: 1. andes@ecociencia.org, 2. andrea_ganzenmueller@yahoo.com, 3. vegetacion@ecociencia.org

February 2006

Download at: <http://www.lyonia.org/downloadPDF.php?pdfID=2.394.1>

Predicting distributions of Andean-centered taxa using ecological niche modeling methods

Abstract

Using museum records we tested the utility of the program GARP for modelling species distribution of nine Andean genera based on a set of environmental variables. GARP models accuracy was evaluated based on a sensitivity analysis using extrinsic and intrinsic measures. For models with 20 or more presence points, extrinsic performance measures generally showed significant deviations from random predictions. Overall model performance suggest a high stability of the genetic algorithm; a consistent trend was observed between intrinsic and extrinsic measures of overall model performances. For species with less than 20 points at least 30% of the model outputs had a great level of uncertainty; most of all these models with a high level of uncertainty present a restricted geographic extent (< 10,000 km²).

Key words: Eastern Cordillera, Northern Andes, genetic algorithms, Sensitivity analysis

Introduction

Species distributional patterns are neither stable nor random, and follow geographic patterns that reflect both recent ecological conditions and processes and phylo-geographic history (Avice 2000). At present time, species that originated in the past as small disjunct populations seem to have rearranged their current distributions showing a sympatric or parapatric assemblage in areas of high current capacity (Fjeldså 1995). Thus, present distribution of the Andean biota reflects today's biotic and abiotic interactions of the species and the ecosystems in which they occur. As a result, species distribution and accumulation in such areas seems to be related to a sharp replacement of different habitat types within short distances (Fjeldså *et al.* 1999; García-Moreno *et al.* 1999).

Because distribution patterns are not homogeneous, it is more likely to argue the presence of specific environmental conditions within the carrying capacity areas that favor species accumulation. According to Boone *et al.* (2000) the spatial heterogeneity observed at present in biotic communities is an expression of the biotic and abiotic factors that shape the n-dimensional space of the specie's niche (Hutchinson 1957). Subsequently, the spatial distribution of Andean centered taxa could be explained by the environmental gradients present on the Andean chain.

To understand patterns of species diversity, it is necessary to evaluate the temporal and spatial processes that have shaped their current distribution and the ones that sustain them at present time (Heindl & Schuchmann 1998; Huston 2002). Thus, generating detailed and accurate distributional information for such species becomes a critical step in such understanding process (Peterson *et al.* 2002).

Museum and herbarium specimens constitute the primary documentation of a species' true presence records. However, information of species' true absence is almost nonexistent. These drawbacks reflect on the production of species geographic ranges represented by simple collection point dots plotted over country base maps. In the best scenario species geographic ranges are presented as shaded outline maps that connects know collection localities (Anderson & Martínez-Meyer 2004).

A potential non-subjective approach to maximize the utility of available distribution data for such areas is to develop species-distribution models (SDMs). Recent advances employing geographic information systems (GIS) technology allow correlative modeling of species' potential macro-distributions (Anderson *et al.* 2002a). SDMs are based on the assumption the relationship between a given pattern of interest (e.g. species abundance or presence / absence) and a set of factors assumed to control it, exists and can be quantified (Guisan & Zimmermann 2000; Huston 2002). Correlative approaches are inspired by the Hutchinson's fundamental niche concept (1957) and are capable of predicting hypothetical distributions based on ecological and environmental requirements of species, extrapolating from known sample points into unknown areas (Anderson *et al.* 2003; Raxworthy *et al.* 2003; Anderson & Martínez-Meyer 2004).

Most correlative models are based on the assumption that the observed pattern of species occurrence is in equilibrium with the environment, and that this relationship is static in time (Guisan 2002). However, species distributions respond to time complex processes (i.e. exclusive competition) that prevent species from fully occupying their potential ranges (Williams *et al.*

2002). In spite of these limitations, correlative models are useful to model species distributions for large geographic areas, especially when detailed information about the natural history of species is lacking (Peralvo 2004).

The primary objective of this study was to predict the species geographic distribution of nine Andean-centered genera using genetic algorithms on the Eastern Mountain Range (Eastern Cordillera).

Materials and Methods

Study Area

The Northern Andes forms a complex system of 14 sub-regions defined by their characteristic set of natural communities that share a large majority of their species, dynamics, and environmental conditions (Dinerstein *et al.* 1995; WWF 2001). The Eastern Cordillera Real Montane Forest and the Northern Andean Paramo are two of such areas and both were chosen as our study area (Eastern Cordillera hereafter) due to its high level of neo-endemic species diversity.

The Eastern Cordillera has its southern limits in northern Peru, in an area where the chain is bisected by the Huancabamba depression near the area known as the Abra de Porculla at approximately 6°S. This area constitutes a strong barrier that divides biogeographically the Andes in two different regions (Duellman & Wild 1993; Myers 2000). From this point the Andes extent northeast through Ecuadorian territory until it reaches the eastern drainage of the Macizo Colombiano (Colombian massif) at 2°N of latitude covering an area of approximately 9,236 km².

The limit on the eastern versant of the Andes was set at 500 m of elevation to exclude the lowland Amazonian biota following previous studies of Andean plant's distribution (Jorgensen *et al.* 1999; Borchsenius 1997; Vargas *et al.* 2004). The western limit is rather arbitrary and tracks an irregular contour line at 3000 meters alt. following remnant distribution patterns of the upper montane forest of the western versant of the Eastern Cordillera (**Figure1**).

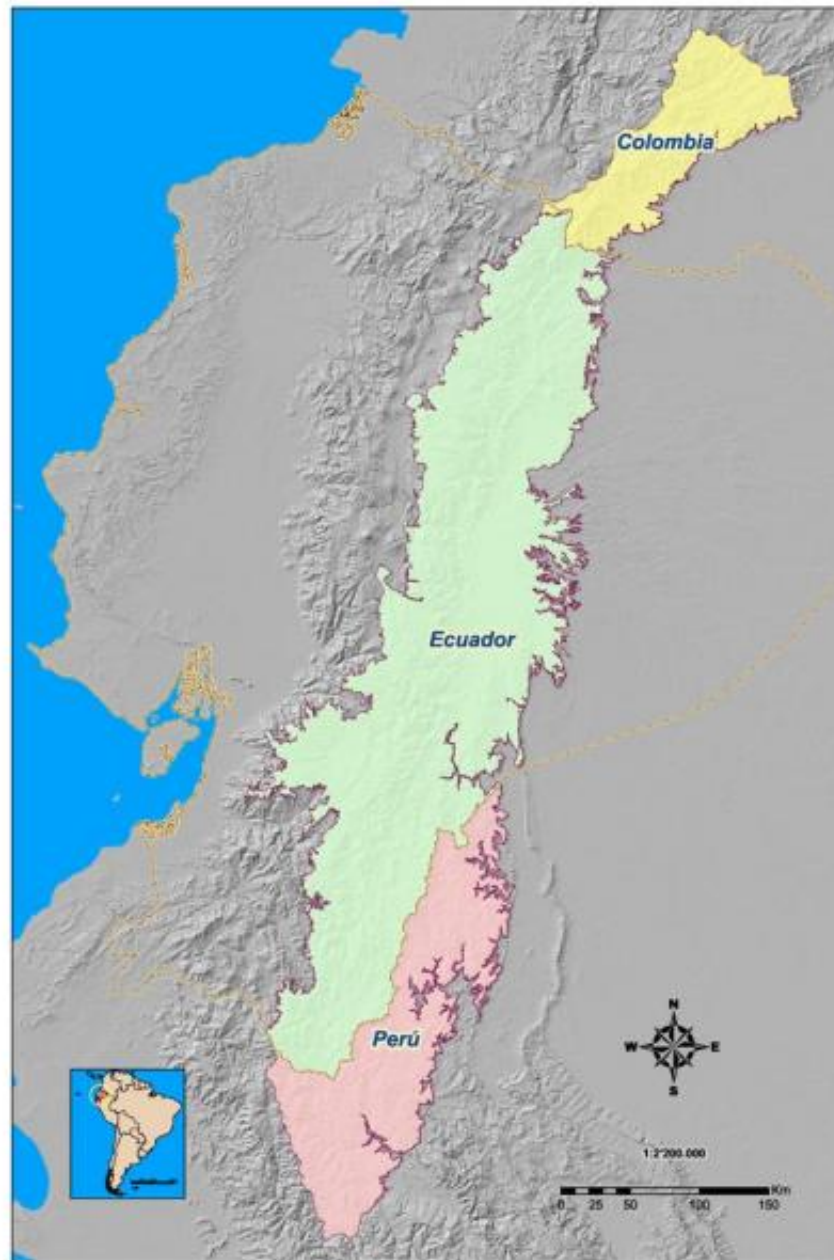


Figure 1. Location of the Eastern Cordillera in South America.

Distribution modeling

The process for distribution modeling relies on three main factors: (a) selection of species; (b) collection of presence points from museum specimens and herbaria records; and (c) generation of potential distribution maps for the selected species using GARP.

a. Selection of species

To understand the significance of a biodiversity index across geography, one needs context. Relationships between species and knowledge of lineages to which they belong provide that context (Erwing 1991).

We chose a suit of Andean-centered taxa (named Andean genera hereafter) that due to their intrinsic characteristics can be used as good descriptors of the diversity patterns of the Eastern Andean Ridge (Table 1). We selected nine Andean genera as biodiversity subrogates considering the following criteria: (1) their tempo and mode of radiation is related with the Andean uplift and the climatic shifts of the Pleistocene; (2) their overall distribution patterns present a high level of replacement within the environmental gradients; (3) several species of these genera present restricted distributions with a high level of endemism.

Among vascular plants we chose five genera that belong to the epiphytic or hemi-epiphytic life form. According to Jorgensen & León-Yanez (1999) more than a third of the plant species in the submontane and montane forest rainforest of Ecuador belong to these types of life form. Out of the total 2,110 native genera occurring in Ecuador the five selected are among the 20 most diverse genera with more than 20% of their listed species reported as endemics. This high level of diversity within these groups is related to the elevation of the Andes as well as to the climatic fluctuations during the Quaternary (Gentry 1982; Croat 1991; Luteyn 2002).

Among vertebrate groups we selected four Andean bird's genera (three hummingbird's genera, and one antpitta genus). We used bird species among others vertebrates because the available detailed distributional data, a well defined taxonomic classification and important literature dealing with their phylo-geographic patterns and ecology (Bleiweiss 1998a, b; Fjeldså & Krabbe 1990; Ridgely & Greenfield 2001; Rice 2005).

b. Collection of presence points

We collected species presence points from different datasets sources. Vascular plant specimen data were obtained from the Missouri Botanical Garden's VAST (Vascular Tropicos) nomenclatural database (MBG 2004), Herbarium specimens from the Herbarium of the Instituto Nacional de Ciencias (COL) in Colombia and the Catholic University Herbarium in Ecuador (QCA). Bird species data were obtained from the following databases: BirdLife International, Chicago Field Museum of Natural History (FMNH), Academy of Natural Sciences of Philadelphia (ANSP) and the Berkeley Museum of Natural History. Finally, additional data were obtained in private data bases (Juan Fernando Freile for Antpittas; Cal Dodson-Lorena Endara for orchid's records and James Luteyn's database stored at the New-York botanical Garden site (<http://www.nybg.org>) for Ericaceae).

Out of these databases, only those specimens whose collection localities were designated with geographic coordinates were selected (topographic maps 1:100.000 of the study area plus voucher level information were used to geo-reference all specimens) and from these, only the specimens identified at the species level by recognized experts of the group were considered for the next steps and further analysis.

After obtaining the presence records for each species of the selected Andean genera, the number of species for developing the models within GARP was further refined by choosing only those that had four or more geo-referenced specimens (named unique points of occurrence hereafter) in the biological databases.

The selection of a minimum sample size of four localities was based on conciliation between the data required to produce robust predictive models and the fact that most of the species had very few unique collection localities. However, other studies for not well explored areas have used as few as five and four records respectively (Anderson *et al.* 2002b; Anderson & Martínez-Meyer 2004).

c. Species Distribution Models (SDMs)

Generation of accurate and reliable distribution maps is based on the quality of the species occurrence points and on the selection and generation of a good set of predictive variables. According to previous studies (Leimbeck *et al.* 2004; Vargas *et al.* 2004; Luteyn 2002; Borchsenius 1997; Schuchmann *et al.* 2001; Heindl & Schuchmann 1998; Young *et al.* 2002; Jorgensen & León-Yanez 1999; Peralvo 2004; Boone & Krohn 2000) climatic and topographic variables (environmental variable hereafter) are the most important indirect predictors of present species assemblage within the Andes.

We selected a set of eleven environmental variables for plants and nine for birds considering the selected set as good indirect and direct descriptors of the patterns of abundance and distribution of the Andean biota (Table 2). The rationale of the selected set of environmental predictors is a balance between variables tested to influence species macro-distribution and the available information of environmental factors that can be translated into a continuous raster format within a regional geographic extent.

Each variable was created in raster format with 500 m resolution using the GIS software ArcGIS version 8.1 (Environmental Systems Research Institute, Redlands, California). The 500 m resolution was chosen as an intermediate point between the high resolution of the Digital Elevation Model (DEM) used to generate the elevation variable (90 m, see below) and the coarse resolution of the climatic variables. The elevation variable was generated using the DEM produced by the Radar Shuttle Topographic Mission (SRTM) at 90 m of resolution for the land areas of the world. The DEM for the study area was downloaded using the USGS Seamless Data Distribution System interface (<http://seamless.usgs.gov>), and then it was re-sampled to a 500 m resolution.

To refine the resolution of the crude climatic variables an interpolation method was applied to

smooth the original resolution of 1 km² to a resolution of 500 m using an Ordinary Kriging (Kolmogorov 1941) interpolator in the Geostatistical Analyst extension of ArcGIS. The interpolation was based on the original climate databases of the public domain Worldclime supported by the University of Berkley (<http://www.biogeo.berkeley.edu/>) for the period 1950-2000 (Hijmans *et al.* 2004) and the DEM.

Model building

Building ecological niche models to predict species ranges has been one of the main focuses over the last 10 years in landscape ecology and conservation biology (Peterson & Cohoon 1999). Special concern has been devoted to develop species ranges in poorly known regions where only presence points are available. Several analytical approaches have been applied to these challenges, varying from simple sets of rules based on overlays of environmental and species occurrences data creating a so-called "environmental envelop" (Krabbe *et al.* 1998) to sophisticated multivariate analyses such as mahalanobis distance (Cuesta *et al.* 2003) or logistic regression (Loiselle *et al.* 2003).

Among these methods, the Genetic Algorithm for Rule-Set Prediction (GARP, Stockwell & Noble 1992; Stockwell & Peters 1999) is being increasingly used in predictive models of species distributions. GARP is an artificial intelligence-based super-algorithm that works by combining sets of rules to build the most accurate prediction possible for the region being considered. GARP has been used, among other applications, to test different biogeographic theories (Anderson *et al.* 2002b), to evaluate colonization processes by invasive species and parasites (Peterson & Vieglais 2001; Peterson & Shaw 2003), and to assess the effects of climate change in the distribution of species (Peterson *et al.* 2001).

SDMs were developed using a PC desktop-implementation of the program GARP (<http://www.lifemapper.org/desktopgarp/>) following the optimization parameters suggested by Anderson *et al.* (2003), Loiselle *et al.* (2003), and Raxworthy *et al.* (2003). For species with more than 20 unique occurrence records, the records were randomly divided in two subsets: training points (75% of the species records) and testing points (25% of the points). For species with less than 20 occurrences, all the points were used as training points to develop the models.

In all cases, an algorithm convergence threshold of 0.01 was selected with 1,000 iterations as an upper limit for each run. Each model was set to perform 100 tasks in order to account for the elements of stochasticity inherent to genetic algorithms, which means GARP produces slightly different models in every run (Stockwell and Peterson 2002; Peralvo 2004).

Species distribution models were obtained based on the selection of the 10 best-fit models (the 10 runs best subset). The best subsets for each species were selected by means of Anderson *et al.* (2003) criteria for selecting optimal distribution models, which states that model performance follows an inverse relationship between omission and commission errors and that best models in general shows low omission errors and moderate commission indexes.

Thus, an omission threshold of 5% and a commission threshold of 50% of the distribution were set for each model. For species with less than 20 occurrence points, intrinsic measures of omission and commission were selected, whereas extrinsic measures were used for species with more than 20 occurrence points. Afterward, the 10 models included in the best subset were summed to create a composite map, and the final modeled range for each species was generated using the pixels that were predicted as part of the distribution in the 10 models. These models are referred to as the "potential distributions" of each species hereafter (Peralvo 2004).

SDMs evaluation

Model accuracy was evaluated based on a sensitivity analysis using extrinsic and intrinsic measures (Cumming 2000). Areas of predicted absence where the species has been recorded are regarded as omission errors (Type II error) or "false absence". Areas predicted as presence by the model but where the species has not been observed constitute commission errors (Type I error) or "false presence". False absence value is particularly useful because it measures the amount of unexplained variation in the data (number of residuals); the greater the values of false negatives, the more models are likely to be unrealistic.

Based on this criterion, the mean values of intrinsic omission error and extrinsic commission index were evaluated for the 10 models in the best subset together with the intrinsic overall accuracy and the percentage of non predicted area within the study area (Table 3). The intrinsic overall accuracy is a descriptive statistic derived from the confusion (error) matrix; where "a" and "d" represents the areas (number of pixels) correctly predicted as presence or absence. Conversely, "c" and "b" represents the omission and commission errors. This quantity ranges from 0 to 1.

Finally, for those target species for which a test dataset was available ($n \geq 20$) a one tailed chi-squared test was performed. The significance of each model in the best subset was tested using a null hypothesis that no relationship existed between the test dataset and the predicted distributions.

Results

Species distribution models (SDMs)

We developed 138 SDMs (112 plant and 26 bird species) based on 1933 unique occurrence records for plant species and 517 points for bird species. The minimum number of records for a plant species was four (median = 11) and five (median = 18) for birds; the maximum number reached 80 unique records for a plant species (*Cavendishia bracteata*) and 54 for a bird (*Grallaria rufula rufula*). 71% and 54% of the modeled plant and bird species had less than 20 independent records.

Measures of model performance

a. Composite measures of performance

For those models with 20 or more points extrinsic performance measures (χ^2) were almost always significant. All thirteen models for birds showed significant deviations from random predictions ($\chi^2 = 7.31 - 71.52$; $p < 0.05$). Thirty of 33 models for plants were highly significant ($\chi^2 = 2.79 - 64.71$; $p < 0.05$); the other 3 models had non-significant departure from the desired direction.

When comparing both plant and bird models with 20 or more points, a consistent trend was observed between intrinsic and extrinsic measures of overall model performance. The correlation analysis shows a highly significant relationship of both composite measures ($r = 0.83$; $p < 0.01$). The regression analysis explained the variation among both measures in 70% of the cases (Figure 2) showing a consistency on both indicators of model performance. Yet, variation in overall internal accuracy was minimal compared with a great variation in the extrinsic accuracy parameter. This may be related by the high susceptibility of the chi-square statistic towards the amount of test points and to the proportional extent of predicted presence. Thus, bird models in general had relative large number of test points which resulted in a high statistical power (Figure 3).

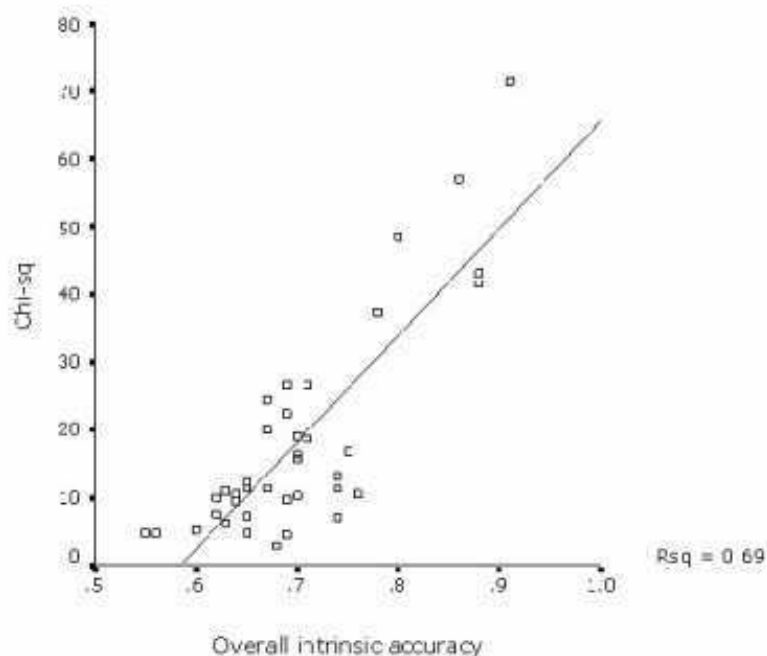


Figure 2. Regression analysis to test for a consistency between intrinsic and extrinsic measures of overall model performance

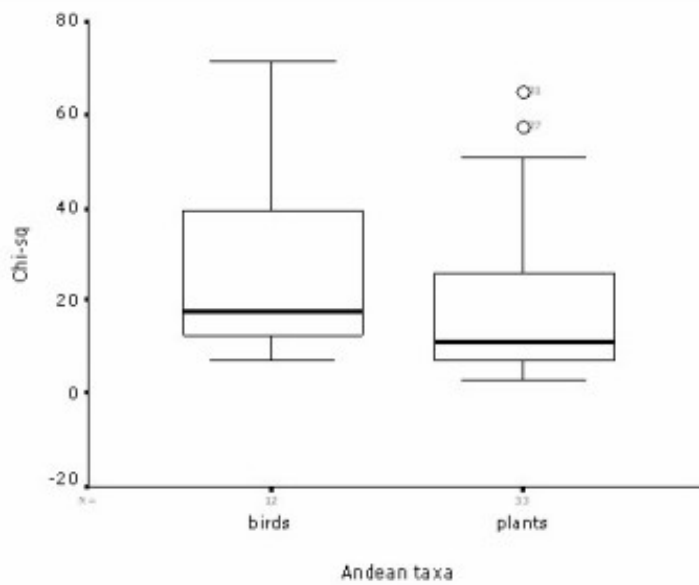


Figure 3. Boxplot comparing chi-square statistical power among birds and plant models.

b. Intrinsic omission and commission errors

Within intrinsic values for omission index of the plants models did not track their corresponding commission values. Still, a modest negative correlation exists among these two variables ($r = -0.58$; $p (0.01)$). The highest percent (93%) of the cases are clustered at omission values < 0.1 , while the dispersion of the values within the commission axis is substantial with a great concentration of cases on the range between 0.75 and 1.0 (median = 0.79). A peculiar relationship is observed at the lower right side of the scatterplot, where all the cases with a commission value of over 0.70 had no training localities falling outside the predict area (**Figure 4a**).

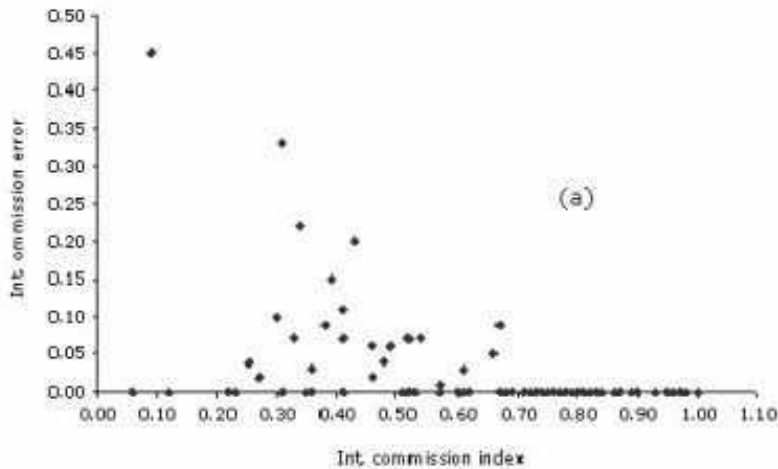


Figure 4a. Intrinsic plots of omission error vs. commission index, for each of the (a) plant and (b) bird species.

This pattern might be explained by the strong relationship of the non-predicted area of the models with the internal commission index. Correlations between the two measures for the plant models were high ($r = 0.89$; $p < 0.01$), with highly significant regression ($Rsq = 0.78$; $p < 0.001$). All the cases with a commission index > 0.7 and a omission error of 0.0 have less than 20 occurrence points and, in the majority of the cases, had small geographic ranges ($< 10,000 \text{ km}^2$) and a mean overall accuracy of 0.51.

0.75) and the lowest omission error values ((Figure 4b)).

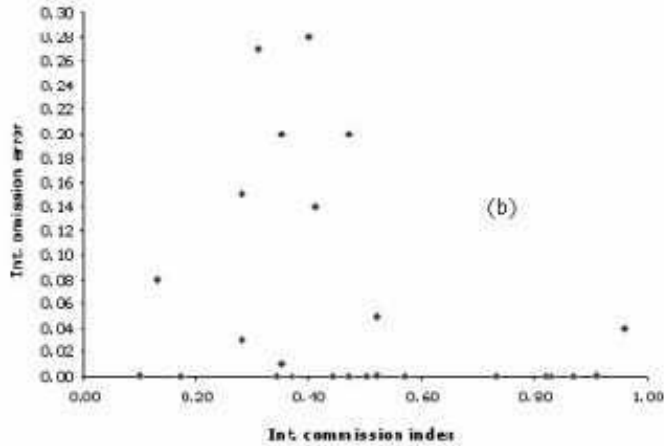


Figure 4b. Commission Index.

Correspondingly to the plant models, the latter pattern can be explained by contrasting the commission index with the percentage of area non-predicted of each model. A discrete positive correlation was observed among these two variables ($r = 0.64$; $p < 0.01$) suggesting that high commission values were partially related to a poor capacity of GARP on describing the realized niche of that particularly species. This analysis highlights the fact of 5 specific models that might have problems due to its high level of uncertainty. All these models have less than 20 training points and all but one (*Eriocnemis luciani*) present a restricted geographic extent ($< 10,000 \text{ km}^2$).

Discussion

Species ranges

Measures of model performance

Our results demonstrate the ability of GARP models to predict Andean species distributions over large geographic extents. GARP models are applicable to a variety of species with different ecological requirements and under different sample scenarios. Furthermore, predictions were tested in areas outside the spatial extent of the training data with high accuracy. Thus, ecological niche modelling is a promising tool for understanding species distributions in poorly known regions.

Our tests showed that internal overall accuracy measures help to evaluate the overall model performance. Yet, it fails as a measure of quality to discriminate among a suite of final GARP models. Although we demonstrated that GARP models can be used under different scenarios, the exploration of the model quality is rather complex, due to the high dispersion of the statistical measures between different scenarios. Models with more than 20 records showed a high dispersion of the chi-square statistic which makes it difficult to establish effective means for identifying the best models. According

to Peterson *et al.* (2001) extrinsic model significance (χ^2) probably varied among species in part due to the power afforded when varying sample sizes in the test data sets, and because of the relative extent of suitable habitat for each species. Conversely, in our study, the internal overall accuracy varied little among models. Stockwell & Peterson (2002b) and Anderson *et al.* (2003) also found that overall accuracy reached an apparent plateau with sample sizes of 20-50 localities. Thus, this measure helps to evaluate overall model performance but fails as a measure of quality to discriminate among a suite of final GARP models.

Likewise, the use of omission and commission errors may be useful for assessing overall model performance and to discriminate the best ones among several GARP outputs, because of the relative high sensitivity of the overall accuracy tests to sample sizes (Anderson *et al.* 2003). This quantities allowed us to evaluate models developed with no test points because patterns in intrinsic measures are repeated in the independent extrinsic ones; hence intrinsic measures hold potential for assessing model quality when all available data points are used for model construction.

The majority of the models for the widespread species combined low measures of omission with mid to fairly high levels of commission, and a fairly high overall intrinsic accuracy. These results concur with the findings of Peterson *et al.* (2002) and Anderson *et al.* (2003) who stated that in the best GARP models large areas are included as predicted presence (yielding high values in the commission index) in order to reduce omission to acceptable levels without overfitting the data.

The majority of the models for restricted range species showed extreme low omission values, extreme high commission values, and a relative mid overall intrinsic accuracy. The high commission values together with high number of cells where the algorithm could not define whether the species is present or absent, suggest a high degree of uncertainty in the produced models.

Consequently, the produced models overfitted the data by including most or all of the training points and small regions around them which mean GARP models included the core ecological distribution of that species, but excluded ecologically peripheral parts of possible distribution. According to Anderson *et al.* (2003) for these species (p.e., *Grallaria ridgleyi*; *Ceratostema oellgardii*), the best GARP models should minimize omission without increasing commission excessively (because pixels of predicted presence represent a small fraction of the study region) which was not the case for 35% of produced models.

Conclusions

a. Ecological modeling methods

Our results suggest that ecological niche modeling methods to predict the geographic distribution of Andean-centered taxa constitute a promising tool which allow evolutionary, biogeographic and conservation research based on data from specimens present in natural history collections. Predictive models of species distributions take advantage of the fact that museum and herbaria collections tend to be more biased in geographic space than in environmental space. Thus, predictive models allow estimating species' presence/absence patterns for large geographic areas, optimizing the use of existing presence-only datasets. The modeling system used in this study proved to be especially well suited for this application because in the majority of the cases its predictions were not affected by the spatial biases present in the biological databases.

Another advantage of using species distribution models as predictors of biodiversity patterns within the study area is the improvement in spatial resolution in relation to higher order surrogates such as vegetation types. Vegetation types assume a homogeneous distribution of an assemblage of species in each class, whereas species richness based on modeled distributions is likely to capture the heterogeneous nature of environmental variation more faithfully (Peralvo 2004). In this sense, predictive models work better than highly generalized and subjectively constructed estimations of species distributions, thus provide a systematic framework to evaluate distribution of species that can be quantitatively tested using independent data. Finally the selection of ecological meaningful taxa over a significant biogeographic unit allowed us to delineated, with a high accuracy level, areas of high endemism on the Eastern Cordillera.

The main limitations associated with predictive models are related to (1) the scarce quantity of independent species records, (2) the coarseness of the environmental predictors, and (3) the static nature of the modeling techniques derived from the necessary assumption of equilibrium. First, model accuracy tends to increase with sample size (e.g. Peterson *et al.* 2001; Stockwell & Peterson 2002a); however, the minimum sample size relays on the modeling method applied, the biology of the species, the environmental predictors used, and the environmental characteristics of the study area

(Peterson et al. 2002). Nevertheless, setting an objectively threshold sample size requires testing the increment in predictive accuracy achieved at different sample sizes until a plateau in accuracy is reached (Anderson et al. 2002b; Stockwell & Peterson 2002a). Yet, this procedure requires relatively large sample sizes to test and train the models which are not the case for most rare and endemic species of the Andes. Consequently most studies that use biological collections as primary data sources have followed a rather arbitrary approach to the definition of minimum sample size requirements as in our case.

Second, the climatic variables used in this study are rather coarse, thus they might obscure specific environmental gradients which in turn are function of the species' fundamental niche. Finally, correlative modeling approaches do not allow the inclusion of dynamic processes that have important consequence in the distribution of species. As a result, models present commission and omission errors that reflect the uncertainty introduced by factors such as environmental and demographic stochasticity. In spite of these limitations, correlative models are appropriate when a preliminary assessment of the distribution patterns of species is required over large geographic areas, since at these scales bioclimatic factors play a fundamental role as controls of species distributions.

Acknowledgements

The reviews of R. Hofstede, J. Duivenvoorden, and S. Benítez helped greatly to improve the manuscript and are appreciated. We thank Frank van Manen, Laura Thomson, and Angela Parrado for their comments and language editing on early version of the manuscript. Our special gratitude to Juan Fernando Freile, Lorena Endara, James Luteyn, Kerem Boyla, Catherine Graham, Julio Betancourt, and Isidoro Sánchez for providing information and sharing their knowledge on the distribution of the selected taxa within the Eastern Cordillera. We would like to acknowledge all the institutions that made possible this research: The Nature Conservancy-Ecuador, EcoCiencia, Fundación Natura, Conservation International-Ecuador, Instituto Alexander von Humboldt, World Wildlife Fund-Colombia, Instituto Nacional de Ciencias-Universidad Nacional de Colombia, Birdlife International, Universidad de Cajamarca, Herbario Nacional (QCN-E), Corporación Ornitológica Ecuatoriana (CECIA), Chicago Field Museum of Natural History (FMNH), Academy of Natural Sciences of Philadelphia (ANSP), the Berkeley Museum of Natural History, and all the institutions that continuously provide information to the Tropicos Database stored at the Missouri Botanical Garden (MOBOT) web-browser search engine. This research was supported by The Nature Conservancy-Ecuador and the MacArthur foundation.

References

- Anderson, R.P., M. Laverde & A.T. Peterson. 2002a. Geographical distributions of spiny pocket mice in South America: Insights from predictive models. *Global Ecology and Biogeography* 11: 131-141.
- Anderson, R.P., M. Laverde & A.T. Peterson. 2002b. Using niche-based GIS modeling to test geographic predictions of competitive exclusion and competitive release in South American pocket mice. *Oikos* 98: 3-16.
- Anderson, R.P., D. Lew & A.T. Peterson. 2003. Evaluating predictive models of species' distributions: Criteria for selecting optimal models. *Ecological Modeling* 162: 211-232.
- Anderson, R.P. & E. Martinez-Meyer. 2004. Modeling Species' distributions for preliminary conservation assessments: an implementation with the spiny pocket mice (*Heteromys*) of Ecuador. *Biological Conservation* 116: 167-179.
- Avise, J.C. 2000. *Phylogeography: the history and formation of species*. Harvard University Press, Cambridge, Mass. USA.
- Bleiweiss, R. 1998a. Tempo and mode of hummingbird evolution. *Biological Journal of the Linnean Society* 65: 63-76.
- Bleiweiss, R. 1998b. Origin of hummingbird faunas. *Biological Journal of the Linnean Society* 65: 77-97.
- Boone, R.B. & W.B. Krohn. 2000. Partitioning sources of variation in vertebrate species richness. *Journal of Biogeography* 27: 457-470.
- Borchsenius, F. 1997. Patterns of plant species endemism in Ecuador. *Biodiversity and Conservation* 6: 379-399.
- Croat T.B. 1991. A revision of *Anthurium* section *Pachyneurium* (Araceae). *Annals of the Missouri Botanical Garden* 78: 539-855.

- Cuesta, F., M. Peralvo & F. van Manen. 2003. Andean bear habitat use in the Oyacachi River Basin, Ecuador. *Ursus*: 14: 198-209.
- Cumming, G.S. 2000. Using between-model comparisons to fine-tune linear models of species ranges. *Journal of Biogeography* 27: 441-455.
- Dinerstein, E., D.M. Olson, D.J. Graham, A.L. Webster, S.A. Primm, M.P. Bookbinder & G. Ledec. 1995. *A conservation assessment of the terrestrial ecosystems of Latin America and the Caribbean*. World Wildlife Fund and World Bank, Washington, DC.
- Duellman, W. & E. Wild. 1993. Anuran amphibians from the Cordillera Huancabamba, Northern Peru: Systematics, ecology, and biogeography. *Occasional papers of the Museum of Natural History*. The University of Kansas, Lawrence 57: 1-53.
- Erwing, T. 1991. An evolutionary basis for conservation strategies. *Science* 253: 750-752.
- Fjeldså, J. 1995. Geographical patterns of neoendemic and older relict species of Andean forest birds: the significance of ecologically stable areas. in Churchill S.P., H. Balslev, E. Forero & J. L. Luteyn (Eds). *Biodiversity and conservation of Neotropical Montane Forests - proceedings of the Neotropical Montane Forest Biodiversity and Conservation Symposium*, the NYB, 21-26 June.1993. The Ney York botanical Garden. NY. Pp: 1-667.
- Fjeldså, J. & N. Krabbe. 1990. *Birds of the high Andes - A manual to the birds of the temperate zone of the Andes and Patagonia, South America*. Zoological Museum - University of Copenhagen and Apollo Books. Svendborg.
- Fjeldså, J., E. Lambin & B. Mertens. 1999. Correlation between endemism and local ecoclimatic stability documented by comparing Andean bird distributions and remotely sensed land surface data. *I* 22: 63-78.
- García-Moreno, J., P. Arctander & J. Fjeldså. 1999. Strong Diversification at the treeline among *Metallura* hummingbirds. *The Auk* 116: 702-711.
- Gentry, A. 1982. Neotropical Floristic Diversity: Phytogeographical connections between central and south america, pleistocene climatic fluctuations, or and accident of the Andean orogeny. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 69: 557-593.
- Guisan, A. 2002. Semiquantitative response models for predicting the spatial distribution of plant species. in Scott, J.M., P.J. Heglund & M.L. Morrison (Eds). *Predicting species occurrences: issues of scale and accuracy*. Pages 315-326 Island Press, Washington, D.C.
- Guisan, A. & N.E. Zimmermann. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modeling* 135:147-186.
- Heindl, M. & K.L. Schuchmann. 1998. Biogeography, geographical variation and taxonomy of the Andean genus *Metallura*, Gould, 1847. *Journal für Ornithologie* 139: 425-473.
- Hijmans, R.J., S. Cameron & J. Parra. 2004. *WorldClim, version 1.2. A square kilometer resolution database of global terrestrial surface climate*. Available at <http://biogeo.berkeley.edu/>
<http://www.biogeo.berkeley.edu/>
<http://www.lifemapper.org/desktopgarp/>
<http://www.nybg.org/bsci/res/lut2/>
<http://seamless.usgs.gov/>
- Huston, M.A. 2002. Introductory Essay: Critical Issues for Improving Predictions. in Scott J.M., P.J. Heglund & M.L. Morrison (Eds). *Predicting species occurrences: issues of scale and accuracy*. Pages 7-21 Island Press, Washington, D.C.
- Hutchinson, G.E. 1957. Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symposium in Quantitative Biology* 22: 415-427.
- Jorgensen, P.M., D. Neill, & S. León-Yáñez. 1999. Introduction. in Jorgensen P.M. & S. León-Yáñez. (Eds). *Catalogue of the vascular plants of Ecuador*. Herbarium de la Universidad Católica del Ecuador, Herbarium of the Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales, and Department of Systematic Botany of Aarhus University. Pages 1-108 Missouri Botanical Garden Press, St. Louis.
- Jorgensen, P.M. & S. Leon Yanez. (Eds). 1999. *Catalogue of the vascular plants of Ecuador*. Missouri Botanical Garden Press, St. Louis.
- Jorgensen, P.M., C. Ulloa-Ulloa, J. Madsen & R. Valencia. 1995. A floristic analysis of the high Andes of Ecuador. in S.P. Churchill, H. Balslev, E. Forero & L. Luteyn (Eds). *I*. Pages 221-237 The New York Botanical Garden, New York, USA.
- Kolmogorov, A.N. 1941. Interpolation and extrapolation of stationary random sequences. *Isvestii Akademii Nauk SSSR, Serii Matematicheskii* 5: 3-14.
- Krabbe, N., F. Skov, J. Fjeldså & I.K. Petersen. 1998. *Avian diversity in the Ecuadorian Andes*. Centre for Research on Cultural and Biological Diversity of Andean Rainforest (DIVA), 143 pp. DIVA

Technical Report n°4. Denmark.

Leimbeck, R.M., R. Valencia & H. Balslev. 2004. Landscape diversity patterns and endemism of Araceae in Ecuador. *Biodiversity and Conservation* 13: 1755-1779.

Loiselle, B.A., C.A. Howell, C.H. Graham, J.M. Goerck, T. Brooks, K.G. Smith & P.H. Williams. 2003. Avoiding pitfalls of using species distribution models in conservation planning. *Conservation Biology* 17: 1591-1600.

Luteyn, J. 2002. Diversity, adaptation and endemism in neotropical Ericaceae: biogeographical patterns in the Vaccinieae. *The Botanical Review* 68: 55-87.

Missouri Botanical Garden (MBG). 2004. MOBOT - W3 TROPICOS.

Myers, N., R.A. Mittermeier, C.G. Mittermeier, G.A.B. da Fonseca & J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858.

Peralvo, M.F. 2004. *Identification of biodiversity conservation priorities using predictive modeling: An application for the tropical dry forests of western Ecuador and northern Peru*. M.Sc. Thesis. University of Texas. Austin.

Peterson, A.T., Ball, L.G. & K.P. Cohoon. 2002. Predicting distributions of Mexican birds using ecological niche modeling methods. *Ibis* 144: 27-32.

Peterson, A.T. & P. Cohoon. 1999. Sensitivity of distributional prediction algorithms to geographic data completeness - Short communication -. *Ecological Modelling* 117: 159-164.

Peterson, A.T., V. Sanchez-Cordero, J. Soberon, J. Bartley, R.H. Buddemeier & A.G. Navarro-Siguenza. 2001. Effects of global climate change on geographic distributions of Mexican Cracidae. *Ecological Modeling* 144: 21-30.

Peterson, A.T. & J. Shaw. 2003. *Lutzomyia* vectors for cutaneous leishmaniasis in Southern Brazil: ecological niche models, predicted geographic distributions, and climate change effects. *International Journal for Parasitology* 33: 919-931.

Peterson, A.T. & D.A. Vieglais. 2001. Predicting species invasions using ecological niche modeling. *BioScience* 51: 363-371.

Raxworthy, C.J., E. Martinez-Meyer, N. Horning, R.A. Nussbaum, G.E. Schneider, M.A. Ortega-Huerta & A. Townsend-Peterson. 2003. Predicting distributions of known and unknown reptile species in Madagascar. *Nature* 426: 837-841.

Rice, N. 2005. Phylogenetic relationships of Antpitta genera (Passeriformes: Formicariidae). *The Auk* 122:673-683.

Ridgley, R. & P. Greenfield. 2001. *The birds of Ecuador* with the collaboration of M. Robbins and P. Coopmans. Cornell University Press. Ithaca, NY.

Schuchmann, K., A. Weller & I. Heynen. 2001. Systematics and biogeography of the Andean genus *Eriocnemis* (Aves: Trochilidae). *Journal fuer Ornithologie* 142: 433-481.

Stockwell, D.R.B. & A. T. Peterson. 2002a. Effects of sample size on accuracy of species distribution models. *Ecological Modeling* 148: 1-13.

Stockwell, D.R.B. & A. T. Peterson. 2002b. Controlling bias in biodiversity data. in Scott, J. M., P.J. Heglund & M.L. Morrison *et al.* (Eds). *Predicting species occurrences: issues of scale and accuracy*. Pages 537-545 Island Press, Washington D.C.

Stockwell, D.R.B. & D.P. Peters. 1999. The GARP modeling system: Problems and solutions to automated spatial prediction. *International Journal of Geographic Information Systems* 13: 143-158.

Stockwell, D.R.B. & I.R. Noble. 1992. Induction of sets of rules from animal distribution data: A robust and informative method of analysis. *Mathematics and Computers in Simulation* 33: 385-390.

Vargas, J.H., T. Consiglio, P.M. Jorgensen & T.B. Croat. 2004. Modelling distribution patterns in a species-rich plant genus, *Anthurium* (Araceae), in Ecuador. *Diversity and Distribution* 10: 211-216.

Williams, P.H., C. R. Margules & D.W. Hilbert. 2002. Data requirements and data sources for biodiversity priority area selection. *Journal of Biosciences* 27: 327-338.

World Wildlife Fund (WWF). 2001. *Visión de la biodiversidad de los Andes del Norte*. Santiago de Cali, Colombia (In Spanish).

Young, K., C. Ulloa Ulloa, J. Luteyn & S. Knapp. 2002. Plant Evolution and Endemism in Andean South America: An Introduction. *The Botanical Review* 68: 4-21.

Appendices: Tables

Table 1. Andean-centered taxa used as descriptors of the alpha diversity patterns on the Eastern Andean ridge (Table (a) refers to vascular plants and, table (b) to bird taxa).

(a)

Andean genera	Species recorded in Ecuador	Species recorded in Eastern cordillera	Percentage (%)	Endemic species recorded in Eastern cordillera	Percentage (%)
<i>Anthurium</i>	227	55	24.2	11	20.00
<i>Lepanthes</i>	287	194	67.6	118	60.82
<i>Cavendishia</i>	21	13	61.9	2	15.38
<i>Ceratostema</i>	28	28	100.0	26	92.86
<i>Psammisia</i>	26	17	65.4	5	29.41

(b)

Andean genera	Species recorded in Ecuador	Species recorded in CRO	Porcentaje (%)	Endemic species recorded in CRO	Porcentaje (%)
<i>Grallaria</i>	15	12	80.00	2	16.67
<i>Eriocnemis</i>	7	5	71.43	2	40.00
<i>Metallura</i>	6	4	66.67	1	25.00
<i>Coeligena</i>	7	4	57.14	0	0.00

Table 2. Environmental variables used as predictors in the species distribution's models.

Variable*	Description	Units	Type	Birds	Plants
Bio1	Annual Mean Temperature	°C	Continuous	X	X
Bio2	Mean Diurnal Range (Mean of monthly (max temp - min temp))	°C	Continuous	N/A	X
Bio8	Mean Temperature of Wettest Quarter	°C	Continuous	X	X
Bio9	Mean Temperature of Driest Quarter	°C	Continuous	X	X
Bio10	Mean Temperature of Warmest Quarter	°C	Continuous	X	X
Bio11	Mean Temperature of Coldest Quarter	°C	Continuous	X	X
Bio12	Annual Mean Precipitation	mm	Continuous	X	N/A
DTM	Elevation	m	Continuous	X	X
Geo-forms	Landscape relief	unitless	Categorical	N/A	X
Geology	Geological periods	unitless	Categorical	X	N/A
OI	Ombrotermic index	unitless	Continuous	X	X
TCI	Terrain convergence index (water flow accumulation)	unitless	Continuous	N/A	X
Soil types	FAO categories	unitless	Categorical	N/A	X

*All variables are resampled a 500 m2 resolution

Table 2. Environmental variables used as predictors in the species distribution's models.

[IMAGE]

Table 3. Quantitative measures of model accuracy^a

Measure	Calculation
<i>Intrinsic</i>	
Overall accuracy	$(a+d)/(a+b+c+d)$
Omission index (false absence)	$c/(a+c)$
Commission index (false presence)	$b/(b+d)$
<i>Extrinsic</i>	
Overall performance	chi-square (one-tiled)
Non-predicted area (%)	$100 - (a+d)$
Intrinsic measures are based on training data used to make the model. Extrinsic equivalents are based on independent test data	
Source: adapted from Anderson et al. (2003)	

Table 3. Quantitative measures of model accuracy

a

[IMAGE]

-21-

Composition and structure of a montane forest in Tambo Palictahua, Chimborazo

Composición y estructura de un Bosque Montano en Tambo Palictahua, Chimborazo.

Jorge Caranqui Aldaz

Herbario Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Panam. Sur Km. 1.5, Riobamba – Ecuador, jcaranqui@yahoo.com.

February 2006

Download at: <http://www.lyonia.org/downloadPDF.php?pdfID=2.398.1>

Composition and structure of a montane forest in Tambo Palictahua, Chimborazo

Resumen

El bosque se encuentra ubicado en la cordillera oriental, estribación del Volcán Tungurahua. Es un bosque montano semi perturbado en el sector de Tambo Palictahua, Cantón Penipe, Provincia del Chimborazo a 2780 m.s.n.m. Para el siguiente trabajo se obtendrá datos como Densidad Relativa, Dominancia Relativa a nivel de especie en una parcela permanente de 0,2 Ha. Se encontraron 183 individuos $> / = 5$ cm de DAP que pertenecen a 30 especies con una área basal de 7,36 m². Las especies con mayor densidad relativa son: *Meliosma arenosa* Idrovo & Cuatrec., con el 24%; *Saurauia tomentosa* (Kunth) Spreng., con 10.4%, *Oreopanax ecuadorensis* Seem., con el 9.8%, y *Axinaea quitensis* Benoist con el 8.2%. Sabiaceae es la Familia más abundante ya que *Meliosma* tiene el 24% de las especies seguido de Melastomataceae con el 10.4% con *Axinaea quitensis* Benoist (8.2%) y *Miconia theaezans* (Bonpl.) Cogn. con 2.2%; con el mismo porcentaje Actinidaceae con el 10.4%. El bosque ha sido alterado para actividades agrícolas, cuando se produce un claro de bosque aprovecha *Chusquea scandens* Kunth., en desmedro de las especies menores de 2 m., de alto. Las especies con mayor altura y diametro fueron: *Axinaea quitensis* Benoist., *Hedyosmun luteynii* Todzia., y *Weinmannia pinata* L., todas con 20m de alto y un DAP promedio de 35cm. Además cabe indicar que se encontró plantas que no están en el Catálogo de plantas vasculares del Ecuador, para la Provincia de Chimborazo como es el caso de *Hedyosmun luteynii* Todzia.

Palabras Clave: Parcela Permanente, Estribación Volcán Tungurahua, Nuevos Registros Provincia, Bosque perturbado

Introducción

"El bosque montano es uno de los ecosistemas menos conocidos y mayormente amenazados en el Ecuador," (Vásconez, 1995). Desde hace 15.000 años, los seres humanos han producido impactos graves en el medio ambiente. James L. Luteyn, 1999 estima que hemos perdido 90-95% de los bosques norandinos por deforestación. Se puede ver fácilmente como se sigue utilizando la tierra para cultivos, pastoreos, y combustible. Solo se necesita mirar los extremos de una carretera recién construido para ver el impacto humano. Ecuador tiene muchos ecosistemas únicos entre las tres regiones del país que incluyen costa, sierra, y oriente.

El bosque montano alto, o bosque nublado, se sitúa entre 2.500 - 3.600msnm (Jorgensen, 1999). El bosque nublado es identificado por la presencia de lluvia horizontal. Típicamente la humedad permanece en la atmósfera y resulta que la evapotranspiración casi nunca excede la pluviosidad (Hamilton 1995, Webster 1995).

Grady L. Webster (1995), dice que se encuentra la mitad de todas las especies de flora del Ecuador en el bosque nublado. Científicos explican que este endemismo resulta de la especiación rápida que ha ocurrido reciente entre todos los nichos ecológicos del bosque.

Se caracterizan también por la presencia de epífitas y musgos que crecen en los árboles. La mayoría de especies de epífitas son Orchidaceae, pero las Araceae y Bromeliaceae son las más abundantes (Webster, 1995). Estos bosques montanos son clave para asegurar cuencas hidrográficas porque capturan de 5-20% sobre el volumen normal de la precipitación. Otra característica única de estos bosques es que cuando sube, también aumenta la diversidad de la flora (Hamilton, 1995). Este fenómeno es especialmente claro entre las cejas andinas, que son remanentes de bosque ubicados en la zona de transición entre el bosque montano alto y el páramo, comprende de árboles más bajos con troncos gruesos y menos diversidad alfa (Jorgensen, 1999).

Laurence S. Hamilton (1995), dice que después que de la gente empezaba a notar la pérdida del bosque montano en Centro y Sudamérica entre los 1970s se formaba un sistema de Parques Nacionales para protegerlos. Ahora el Ecuador tiene 26 áreas protegidas pero todavía faltan estudios científicos.

El presente estudio da a conocer la composición (especies y Familias importantes) y estructura de 0.2 hectárea de bosque montano perturbado en la provincia de Chimborazo, Cantón Penipe, Parroquia Puela, sector Tambo-Palictahua.

Métodos

Area de Estudio

El presente estudio se realizó en la Provincia de Chimborazo, Cantón Penipe, Parroquia Puela, Sector Tambo Palictahua (01.31´S, 78.29W). Según Rodrigo Sierra (1999) pertenece a la zona de vida de Bosque de neblina montano que se distribuye desde los 1800m hasta los 3000m de altitud. La parcela permanente se encuentra a 2780m, en la estribacion oriental de volcán Tungurahua, el bosque en esta zona está alterado rodeado de pastos y cultivo de mora (*Rubus glaucus*Benth.), la topografía presenta pendientes que van desde los 40 – 60%. Los suelos son limosos negros y ácidos se caracterizan por que en las pendientes fuertes de las vertientes de los Andes, se encuentran suelos derivados en parte de ceniza volcánica, de material sedimentario o arcilla montmorillonítica, de textura limosos y de color negro de 20 – 30cm., de profundidad. (Cañadas, 1983).

La vegetación es alterada, posee especies tanto de bosque primario como de secundario. El dosel llega a los 20 m. La mayoría de árboles están constituidos de fustes medianos y la mayoría están cubiertos por musgos y epífitas especialmente de Bromeliaceae, Gesneriaceae, Pteridophyta, las Orchidaceae en menor presencia. En el sotobosque lo que si es abundante es la presencia de *Chusquea scandens* Kunth que impide que se desarrollen especies menores de 1m, ya que compiten por la luz.

Toma de datos

El trabajo de campo se realizó desde el 8 de enero hasta el 13 de junio del 2005 en 4 salidas de campo con un total de 9 días. La parcela permanente se realizó de 100 x 20m (2000m²), en el cuál se dividieron en 20 subcuadrantes de 10 x 10m. Se tomó el DAP y la altura de las especies mayores de 5 cm. Se colectaron especímenes de la mayoría de los individuos marcados, 2 duplicados para muestras infértiles y 4 para muestras fértiles. Las muestras están montadas en el Herbario de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (CHEP), Herbario Nacional del Ecuador (QCNE) y para el especialista respectivo. Además se colectaron muestras de corteza de las especies más dominantes con el propósito de comparar con individuos que era imposible colectar muestra de herbario, también con la ayuda de binoculares.

Se realizaron los siguientes cálculos:

Area basal (AB)= (D)²/4, en m² (D= diámetro)

Densidad(A)= Número de árboles en la parcela

Densidad Relativa(DR)= (# de árboles de una especie/# de árboles en la parcela)*100

Dominancia Relativa(DMR)= (Area basal de una especie/Area basal total de todos los árboles en la parcela)*100

Indice de Valor de Importancia(IVI)= DR + DMR

Resultados y Discusión

Densidad

En la parcela permanente se encontraron 183 individuos de 5 o más de DAP. Haciendo proporción es similar a las registradas en otros bosques montanos.

Especies

La especie más abundante son: *Meliosma arenosa* Idrovo & Cuatrec., con 44 individuos, seguida de *Saurauia tomentosa* (Kunth) Spreng., con 19 individuos, *Oreopanax ecuadorensis* Seem., con 18 individuos, *Axinaea quitensis* Benoist con 15 individuos, *Piper bullosum* C.DC., y *Aegiphila alba* Moldenke con 11 individuos. El resto de especies no sobrepasan los 7 individuos en la parcela (Tabla I).

De acuerdo al Índice de valor de importancia(IVI), la especie más dominante es *Meliosma arenosa* (IVI= 44.1), *Axinaea quitensis* (IVI=30.3), *Saurauia tomentosa* (IVI= 25.5), *Oreopanax ecuadorensis* (IVI= 17) entre las especies más importantes, el resto tienen valores del IVI inferiores a 10. Hay especies que no existía registro para la zona como por ejemplo *Meliosma arenosa*, *Axinaea quitensis*, *Hedyosmum luteynii* Todzia, *Saurauia tomentosa*, *Piper bullosum*, *Sessea corymbiflora* Goudot, *Geissanthus pichinchae* Mez., *Siparuna muricata* (Ruíz & Pav.)A.DC., *Solanum venosum* Dunal.

Además se colectaron especies infértiles igualmente sin ningún registro previo para la Provincia como: *Aegiphila alba* Moldenke, *Ocotea floribunda* (Sw.)Mez, *Ardisia foetida* Willd., *Notopleura bryophila* Taylor, *Verbesina nudipes* S.F.Blake, *Cornus peruviana* J.F.Mcbr., *Palicourea stipularis*

Benth.

Géneros

En lo que se refiere a Géneros se mantienen los mismos valores en relación al de especies, ya que los más abundantes especies pertenecen a un solo Género, igualmente lo que respecta al IVI.

Familias

Según el número de individuos, las familias más importantes fueron: Sabiaceae (44), Actinidaceae (19), Araliaceae(18), Melastomataceae (16) , Verbenaceae y Piperaceae (11), el resto de Familias tiene menor de 10 individuos (Tabla). En lo que se refiere al Índice de valor de importancia las familias más importantes fueron Sabiaceae (44.1), Melastomataceae (33.6), Actinidaceae (25.5), Araliaceae (17).

Diversidad

Los 183 individuos corresponden a 30 especies, 27 Géneros y 21 Familias, cae dentro de los rangos reportados para este tipo de bosques montanos.

Es destacable que cerca del 50 % de las especies de la parcela, 12 especies (40%) están representados por un individuo, mientras que 4 especies (13.3%) están representados por dos individuos, en conjunto 16 especies o sea más de la mitad de las especies encontradas tuvieron uno y dos individuos.

Area basal

El área basal total fue de 7.36m² en 0.2m²., relacionando con los estudios que se han realizado en 1 Ha de bosques montanos se mantiene dentro de los datos establecidos.

Especies de dosel

A pesar que pocas fueron las especies con diámetro considerables, varias especies llegaron a 20 m, tal es el caso de *Axinaea quitensis* , *Hedyosmun luteynii* , *Weinmania pinnata* L.

El árbol más grande tanto en diámetro como en altura fue el que se encontró en la subparcela 17 que pertenece a la especie *Weinmania pinnata* de 20 m., de alto y un diámetro de 76.7 cm.

Conclusiones

El número de especies que se encontraron en la parcela y tomando en cuenta que es un bosque perturbado es un valor aceptable.

Las especies encontradas son diferentes comparando con bosques montanos del norte (Pichincha) y del Sur (Azuay).

Las especies del bosque de Tambo Palictahua tienen densidad media por cuanto el 53.3% de las especies está representada por uno y dos individuos.

Se debería delinear Planes de manejo para garantizar la sucesión de dicho bosque por cuanto *Chusque scandens* impide que se desarrollen plántulas de dosel por cuanto compiten por la luz; y además porque la mayoría de plantas pequeñas pertenecen a especies de bosque secundario como es el caso de varias Asteraceae y Solanaceae.

Implementar en la zona trabajos de Fenología de especies de Dosel para saber exactamente épocas de floración y fructificación para posteriormente la propagación respectiva; igualmente sus índices de regeneración natural.

Realizar estudios en otras altitudes dentro del bosque en mención ya que dicho habitat se desarrolla desde los 2700 hasta los 3500m., y se presume que en mayores altitudes el bosque está en mejores condiciones, y de esa manera podríamos comparar y sacar más conclusiones.

Agradecimientos

La Investigación fué hecha como parte de los trabajos que se realiza en el Herbario CHEP conjuntamente con estudiantes de Ingeniería Forestal del tercer semestre de los periodos Octubre 2004-Marzo 2005 y Abril- Agosto 2005, a quie dejo constancia de mis sinceros agradecimientos.

Además agradezco a los estudiantes Yolanda Guamán ,Marcelo Pino y Jorge Ilvay por el apoyo incondicional durante el trabajo de campo. Esta investigación es parcialmente financiada por el Missouri Botanical Garden por lo que agradezco a la Msc. Mercedes Asanza y al Doctor David Neill. A las Autoridades Centrales y de la Facultad de Recursos Naturales de la ESPOCH por las facilidades y la comprensión al presente trabajo.Finalmente este trabajo no hubiera sido posible a la apertura de la Familia Merino, especialmente al Sr. Hernán Merino propietarios del bosque donde se realiza el estudio.

Referencias

- Cañadas, M. 1983. *El mapa bioclimático del Ecuador*. Banco Central del Ecuador. Quito-Ecuador. 1ra ed.
- Cerón, C.E. 2003. *Manual de Botánica ecuatoriana: Sistemática y Métodos de estudio*. Facultad de Filosofía, letras y Educación. Universidad Central del Ecuador. Quito - Ecuador.
- Hamilton, L.S. 1995. *Una Campaña por Bosques Nublados: Ecosistemas Únicos y Valiosos en Peligro*. Cambridge: The Burlington Press.
- Luteyn, J. 1999. Introduction to the Páramo Ecosystem. In Luteyn, J. (ed.). *Páramos: a checklist of plant diversity, geographical distribution, and botanical literature*. New York: The New York Botanical Garden Press pp 1-39.
- Jorgensen, P.M & León-Yáñez. 1999. *Catálogo de Plantas Vasculares del Ecuador*. Missouri Botanical Garden. St Louis, USA.
- Sierra, R. (Ed.). 1999. *Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental*. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia. Quito, Ecuador.
- Tipaz, G & V. Cuamacas. 1996. *Los bosques interandinos del norte del Ecuador*. Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales - Herbario Nacional del Ecuador. Quito - Ecuador.
- Ulloa, C. & P. Jorgensen. 1995. *Árboles y Arbustos de los Andes Ecuatorianos*. 2 da ED. Ediciones Abya-Yala. Quito- Ecuador.
- Vásconez & Mena. 1995. Las Áreas Protegidas con Bosque Montano en el Ecuador. *Biodiversity and Conservation of Montane Forests* 627-635.
- Webster, G.L. 1995. The Panorama of Neotropical Cloud Forests. *Biodiversity and Conservation of Neotropical Montane Forests* 53-77.
- Weigle S., J. Caranqui & J. Lara. 2004 *Evaluación Ecológica de dos remanentes de Bosque Montano en la Provincia de Chimborazo, Ecuador*. School for International Training, Herbario Politécnica del Chimborazo (CHEP).

Anexo

Tabla I. Número de individuos, área basal e Índice de Valor de importancia de 30 especies agrupadas en sus respectivas Familias en la Parcela de 2000m²

ESPECIES	N° ARBOLES	A.B.TOTAL (Cm ²)	DR	DMR	IV
SABIACEAE					
Meliosma arenosa	44	14742.1	24.0	20.0	44.1
ARALIACEAE					
Oreopanax ecuadorensis	18	5269.5	9.8	7.2	17.0
ACTINIDACEAE					
Saurauia tomentosa	19	11108.6	10.4	15.1	25.5
MELASTOMATACEAE					
Axinae quitensis	15	16271.6	8.2	22.1	30.3
Miconia theazeans	4	808.5	2.2	1.1	3.3
CHLORANTHACEAE					
Hedyosmun luteynii	5	3773.3	2.7	5.1	7.9
PIPERACEAE					
Piper bullosum	11	1230.6	6.0	1.7	7.7

SOLANACEAE					
<i>Sessea corymbiflora</i>	8	1007.9	3.8	1.4	5.2
<i>Solanum venosum</i>	7	710.0	3.8	1.0	4.8
<i>lochroma fuchsioides</i>	2	325.7	1.1	0.4	1.5
<i>Cestrum peruvianum</i>	1	35.1	0.5	0.0	0.6
VERBENACEAE					
<i>Aegiphila alba</i>	11	1863.5	6.0	2.5	8.5
LAURACEAE					
<i>Ocotea floribunda</i>	4	2971.3	2.2	4.0	6.2
ASTERACEAE					
<i>Verbesina nudipes</i>	1	20.4	0.5	0.0	0.6
<i>Verbesina latisquama</i>	2	356.8	1.1	0.5	1.6
CYATHEACEAE					
<i>Cyathea caracasana</i>	3	1279.1	1.6	1.7	3.4
CUNNONIACEAE					
<i>Weinmania pinnata</i>	2	5941.6	1.1	8.1	9.2
MYRSINACEAE					
<i>Geissanthus pichincha</i>	3	411.0	1.6	0.6	2.2
<i>Ardisia foetida</i>	1	1034.7	0.5	1.4	2.0
URTICACEAE					
<i>Boehmeria ramiflora</i>	8	464.7	4.4	0.6	5.0
MONIMIACEAE					
<i>Siparuna muricata</i>	2	1561.8	1.1	2.1	3.2
MELIACEAE					
<i>Cedrela montana</i>	1	436.0	0.5	0.6	1.1
RUBIACEAE					
<i>Notopleura bryophila</i>	1	103.2	0.5	0.1	0.7
<i>Palicourea amethystina</i>	1	183.4	0.5	0.2	0.8
<i>Palicourea stipularis</i>	1	86.5	0.5	0.1	0.7
BUXACEAE					
<i>Styloceras laurifolia</i>	1	316	0.5	0.4	1.0

CORNACEAE					
Cornus peruviana	1	11.4	0.5	0.0	0.6
BORAGINACEAE					
Tournefortia fuliginosa	1	38.5	0.5	0.1	0.6
MYRTACEAE					
Myrcianthes rhopaloides	1	38.5	0.5	0.1	0.6
?	4	1154.5	2.2	1.6	3.8
TOTAL	183	73583.1	100.0	100.0	

AB: Area basal,DR:Densidad relativa,DMR:Dominancia relativa, IVI: Indice de valor de importancia

Variability of precipitation in the Reserva Biológica San Francisco / Southern Ecuador

Variabilidad de precipitación en la Reserva Biológica San Francisco / Sur del Ecuador

Rütger Rollenbeck

Universität Marburg, FB Geographie, Laboratory for climatology and remote sensing, Deutschhausstr. 10, D-35032 Marburg, Germany
rollenbe@staff.uni-marburg.de

February 2006

Download at: <http://www.lyonia.org/downloadPDF.php?pdfID=2.407.1>

Variability of precipitation in the Reserva Biológica San Francisco / Southern Ecuador

Abstract

Precipitation is one of the most important variables affecting biodiversity in all ecosystems. This holds especially true for tropical mountain forests of the andes, where additional water input is provided by scavenging of fog and cloudwater. Unfortunately, knowledge of the precise amount of precipitation in this regions is very scarce and temporal and spatial distribution is almost unknown, due to the low density of climate stations. The Project PREDICT employs modern techniques like remote sensing (Radar, satellite imagery) and meteorological data, to overcome this limitations. of Fog collectors and rain water samplers, installed in an altitudinal gradient, provide information about vertical variations of rain and fog input. The data are collected with high temporal resolution and on a long-term basis. Rainfall for this area is much higher than known and a significant amount is contributed to the hydrological cycle by fog-scavenging. Rainfall distribution in the study area is highly dependent on orographic situation and exposition to the prevailing easterly tradewinds. Fog input is controlled by windspeed, cloudiness and topographic situations. Rainfall maximums of 5500 mm/year are exceeded in some parts and fog may contribute further 400 to 500 mm annually.

Keywords: climatology, precipitation, fog, weatherradar, water input

Resumen

La precipitación es uno de los variables mas importantes, que afecta la biodiversidad en todos los ecosistemas. Este hecho se aplica especialmente a los bosques tropicales de montaña de los Andes, en donde la neblina y la nubosidad contribuyen una cantidad significativa. Desafortunadamente, la cifra precisa de precipitación y la distribución temporal y espacial en dicha región queda desconocida por la falta de estaciones climaticas. El proyecto PREDICT emplea métodos modernos de sondeo remoto (Radar, imagenes satelitales) y datos meteorológicos, para superar estas limitaciones. de Dispositivos de captación de niebla y de lluvia instalados en un gradiente altitudinal sirven para coleccionar información acerca de las variaciones verticales y espaciales de la entrada de precipitación. Los datos se recolecta con alta frecuencia y a base de una serie temporal estrecha. La cantidad de lluvia en esta región es mas alta como se habia conocido y una cantidad significativa esta contribuida al balance hídrico por captación de neblina y agua de las nubes. La distribución de la precipitación depende altamente de la situación orográfica y la exposición a los vientos alisios, que dominan aqui. La captación de neblina esta controlada por la interaccion de la velocidad de viento, nubosidad y la situación topográfica. Las maximas de precipitacion superan valores de 5500 mm por año en ciertas partes y la captación de neblina adicionalmente contribuye appr. 400-500 mm anuales.

Introduction

Precipitation is one of the most important meteorological elements which determines vegetation zonation of the tropical Andes (Lauer, 1981; Richter, 2003). Spatio-temporal information on rainfall amount and dynamics in these areas is rather poor for several reasons (e.g. Barry, 1992). Rain gauge data are only sparsely distributed and frequently located in drier valleys and are hence less representative for the whole mountainous area. Furthermore, measurements with rain gauges reveal specific errors especially in windy environments such as the tropical high mountains (Sevruk 1986). Numerical models are currently not yet reliable enough for representing rainfall dynamics in a high spatio-temporal resolution as is required for climate ecological studies in tropical high mountains due to several restrictions (Golding, 2000; Mecklenburg et al., 2000). Major progress in the retrieval of precipitation from satellite data (optical and microwave sensors) has been achieved over the last few years (e.g. Bendix, 2000; Reudenbach et al., 2001; Bendix et al., 2003; Levizzani, 2003). However, the spatial/temporal resolution of rainfall data as provided from the geostationary/polar orbits does not match the requirements of limited-area ecological research.

In some countries, operational ground based weather radar networks mostly operating in the C-band offer great opportunities to observe precipitation dynamics at a high spatio-temporal

resolution. A spatial resolution which is more appropriate for climate-ecological studies can be provided by X-band radar technology. Unfortunately, neither operational radar networks nor local radar sites are available in most countries such as Ecuador. Experimental cost-effective weather radar systems which are based on ship radar technology have recently become available and seem to be an appropriate tool for climate-ecological studies (Jensen 2002, Rollenbeck & Bendix 2005b). Another important factor contributing to the hydrological balance is scavenging of fog and cloudwater. Many efforts have been made to detect this form of water input (Walmsley&Schemenauer 1996, Bruijnzeel 2000), but no general methodology was developed and results of different locations and studies are hardly comparable. It seems probable that only combined methods of landscape modeling and in-situ measurement are capable to quantify this atmospheric contribution to the water balance.

Study area and data

The study area is located in southern Ecuador covering an altitudinal range between 800 and 3,600 m asl (Fig. 1). The region covered by the radar comprises the humid eastern Andean slopes, which are characterised by tropical rain forests up to ~1,800 m asl, and tropical evergreen cloud forests at altitudes >1,800 m asl, as well as the relatively dry basins and valleys west of the main Cordillera Oriental de los Andes, which are partly covered by xerotropical vegetation (Richter 2003). Spatio-temporal rainfall dynamics are analysed by using weather radar images of an X-band local area weather radar (LAWR) setup as part of the project. The radar site is located within the Reserva Biósfera de San Francisco, the central investigation area of the joint research group. At the research station Estacion Científica San Francisco (ECSF, 3°58' S / 79°04'W) data are compiled and archived (Fig. 1, right, refer also to Beck & Müller-Hohenstein, 2001).

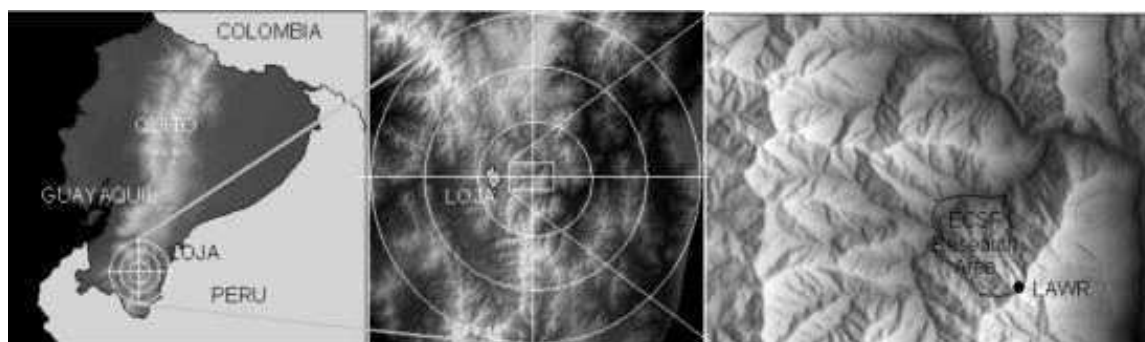


Fig. 1: Study area and location of the Reserva Biológica San Francisco

The LAWR is a low-cost alternative to professional weather radar systems. It provides the typical range of X-band systems (60 km radius) but lacks some of the more sophisticated capabilities of operational systems, as e.g. vertical scans or Doppler technology (Rollenbeck et al. 2005b). As far as we know, it is the first weather radar installed in the Andes and the first to be used in eco-climatological studies. The system is installed on the highest peak of the study area, the Cerro de Consuelo at 3200 m asl. This site guarantees the least obstructed view in the highly mountainous region. The range extends far over the central study area, which provides insight into larger scale rain formation processes and thus helps to understand the climatological and orographic influence of mountains on rainfall distribution in general. Images are generated every 5 minutes and have a resolution of 500x500 m. Hence, the central study area is covered by about 50 radar pixels, which is a great advantage as compared to the three point observations from the existing climatic stations (Fig. 2). However, calibration of the LAWR data strongly relies on the existing station network that was supplemented by 6 additional totalling raingauges along the altitudinal gradient.

Fog water input is determined by six quadratic polypropylene mesh collectors which are installed along the altitudinal gradient as well. The mesh collectors were chosen due to their simple setup and are exposed to the prevailing easterly wind direction (frequency of winds from the easterly sector ~90 %) (Rollenbeck et al. 2005a). To evaluate the characteristics of these manual collectors, a central location (1960 m asl) in the study area, close to the main research station, was chosen to install a set of more sophisticated automatic instruments, providing data on clouds and precipitation with a temporal resolution of five minutes: (a) A BIRAL VPF-730 scatterometer measures atmospheric extinction and horizontal visibility, rain rate, particle number, droplet spectra and rain type. (b) Fog water is sampled by an automatic impact collector (Eigenbrodt NES210 coupled to fog detector

ONED 250). An automatic rain water sampler collects samples of wet deposition, determines rain rate and measures the values of pH and electric conductivity online. Sample bottles are automatically changed every day. Operation time is recorded on a standard PC in order to calculate average liquid water content for the sample intervals. (c) An automatic climate station provides hourly data of temperature, relative humidity, windspeed and –direction and global radiation (Fig. 2).

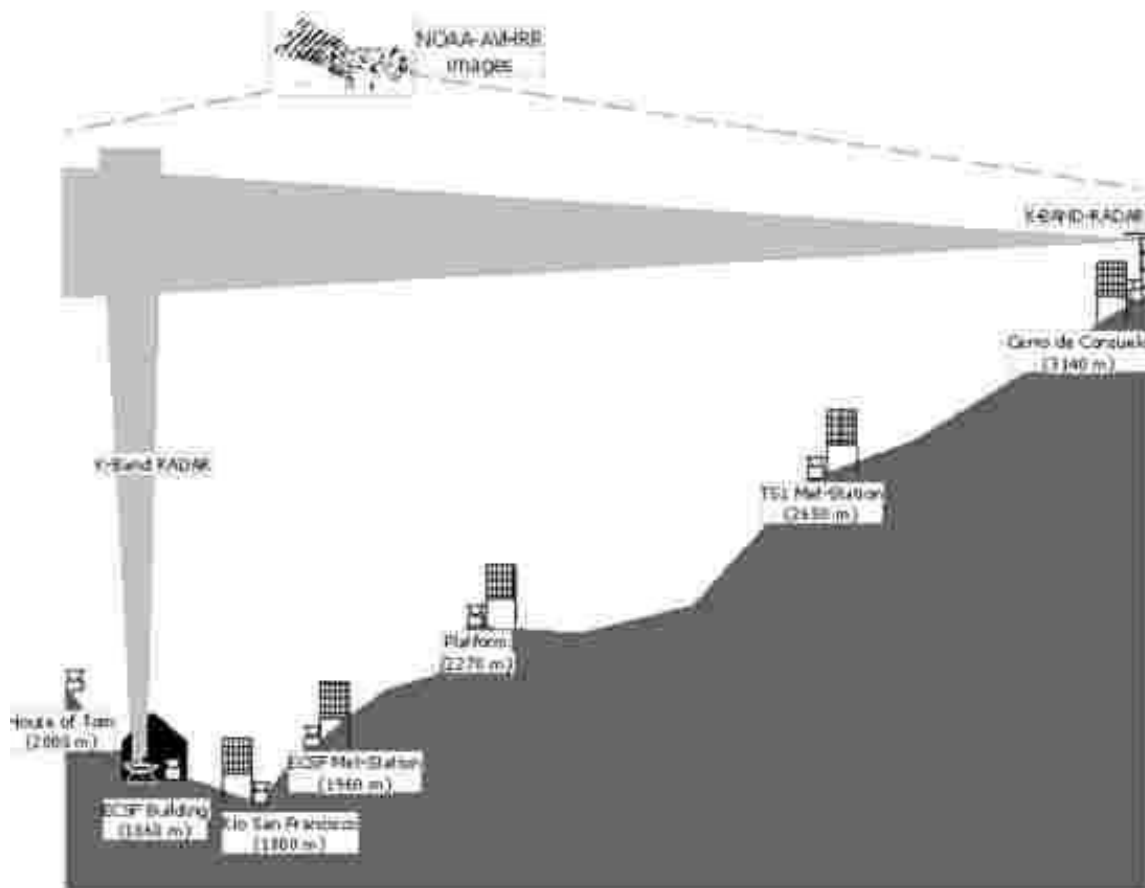


Fig. 2: Experimental setup along the altitudinal gradient

The measurements inside the central research area are extended by additional stations in a wider environment: 10 km to the west, the site "El Tiro" is equipped with another fog collector, a rain gauge and an automatic climate station. Five automatic weather stations and five official principal stations of the Ecuadorian weather service (INAMHI) operate in the range of the weather radar LAWR. Data are used for calibration of the measured reflectivities (conversion to rain rate).

Weather satellite data for the entire area of Ecuador are obtained by the project-owned HRPT (High resolution picture transmission format) receiving station which is operated in cooperation with INAMHI at the headquarters in Quito (Bendix *et al.* 2003). On average two daily passes of the NOAA satellite series (AVHRR imagery) are captured and transferred via internet to Marburg (Germany) for further analysis.

In a field campaign from December 2001 to April 2003, additional measurements of vertical rainfall profiles were performed by using a vertical K-Band Doppler rain radar (METEK MRR-2, Klugmann *et al.* 1996). These measurements were generally made at the ECSF station building

in the Rio San Francisco valley at 1850 m asl., with supplementing mobile measurements being made in the range of the LAWR radar (up to 45 km distance).

To ensure continuous observation of the synoptical situation in the San Francisco valley, a simple digital weather cam was installed at the ECSF station building. An image is taken automatically every five minutes. These data allow monitoring and detection of the cloud base altitude (local condensation level) in the neighborhood of the ECSF research area.

Results

Precipitation distribution in time and space

The region of the study area, the so called "Nudo de Loja" (knot of Loja, s. Fig. 1) is characterised by an extreme spatial variability of climate. Whereas the town of Zamora 20 km to the east of the study area receives >2000 mm of rain per year in 12 humid months, the valley of Catamayo 70 km further west is fully arid (12 arid months) and receives only 300 mm rainfall on average (Richter 2003). The huge climatic contrast is caused by the configuration of the main cordillera which is not characterised by two well separated chains as in the rest of Ecuador and major parts of Peru and Colombia, but is grouped into several mountain chains that form a cascade of barriers and valley intersections. This causes an intensive mixture of ecoclimatic conditions and the lowest traverse for air masses crossing the Andes.

The extreme climatological variability is well reflected in the radar measurements and the satellite imagery. The total of all calibrated radar images (Fig. 3) shows values of up to 6000 mm

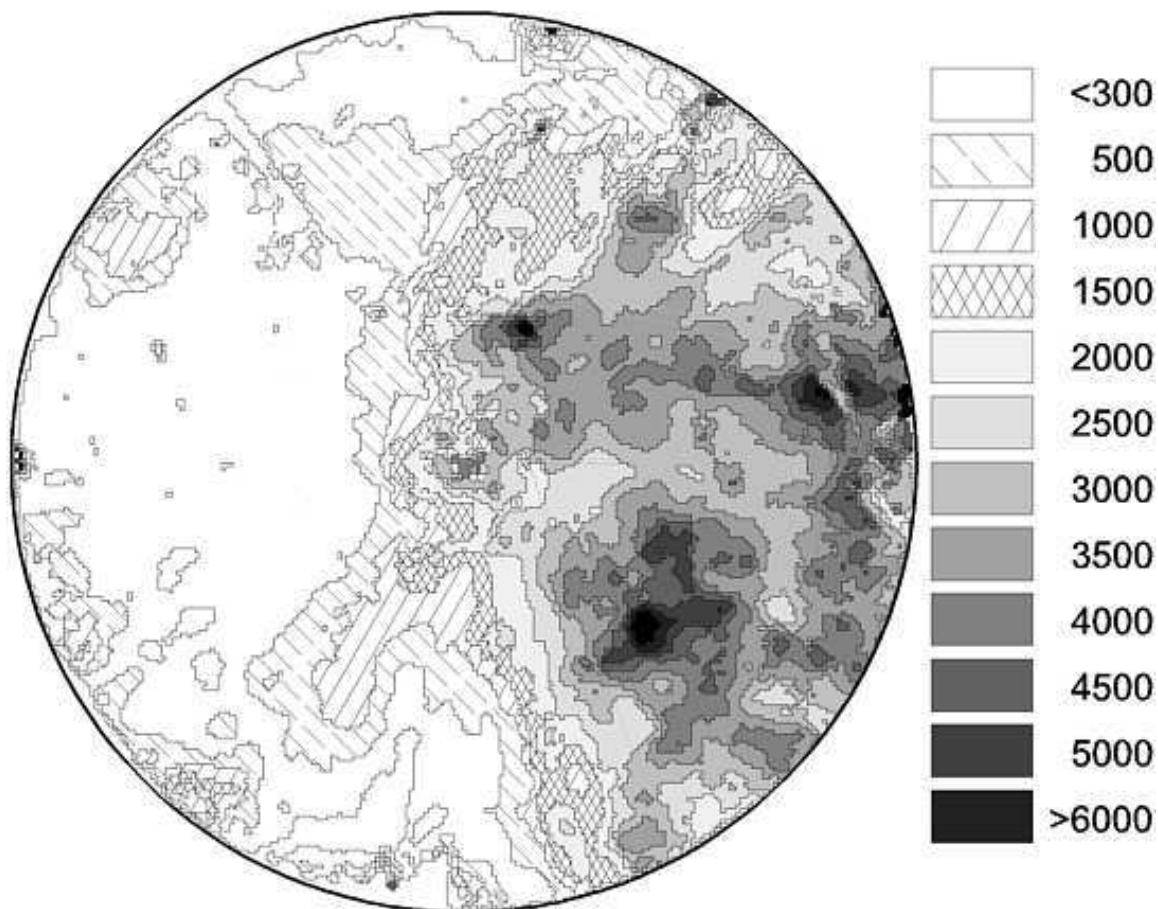


Fig. 3: Annual average total of precipitation as measured by the LAWR radar (2002-2004)

mm per year for some exposed parts of the eastern slopes of the Andes, meanwhile the whole western half of the image hardly exceeds 600 mm, even at the mountain tops. Distribution of cloud frequency (not shown here; s. Bendix et al. 2003) shows similar results. The eastern slopes have higher cloud frequencies than the lowlands of the amazon basin. West of the Loja region a low cloud frequency reveals arid conditions. The central study area is characterised by a "tongue" of high cloud frequency, entering from the east and continuing to north-west. The annual variability of rain distribution cannot only be attributed to the prevailing easterly flow. The season between September and April shows a more varying distribution of rainfall. These are times when the less frequent westerly flow causes heavy convective rainfall at the western slopes of the Cordillera which are normally under "Föhn"-influence induced by the tradewinds. In contrast to that, the season from May to September shows an almost unique pattern of rainfall formation. Very frequent but less heavy precipitation is responsible for the high totals at the eastern slopes. The data from the vertical pointing MRR-radar show an altitudinal increase in rain intensity measured at the station building and hence representative of the San Francisco valley. Rain intensity in the free atmosphere is increasing by 35 % to the altitude of 3200 m asl or 1400 m above the measurement point. This value is also supported by the registering rain gauges and fog collectors (s. below). The average annual total for the research area was calculated to be 2050 mm (period 1998-2004) at an altitude of 1960 m, increasing to ~4400 mm at the Cerro de Consuelo (3200 m). This corresponds to a vertical gradient in atmospheric water input of ~150 mm/100 m. Actually this gradient is not linear: up to 2600 m rain fall increases by 250 mm/100m, then the gradient decreases to 100 mm/100m. For fog input this gradient is 40 mm/100m up to 2600 m, then increases sharply to 180 mm/100m (s. Fig. 4).

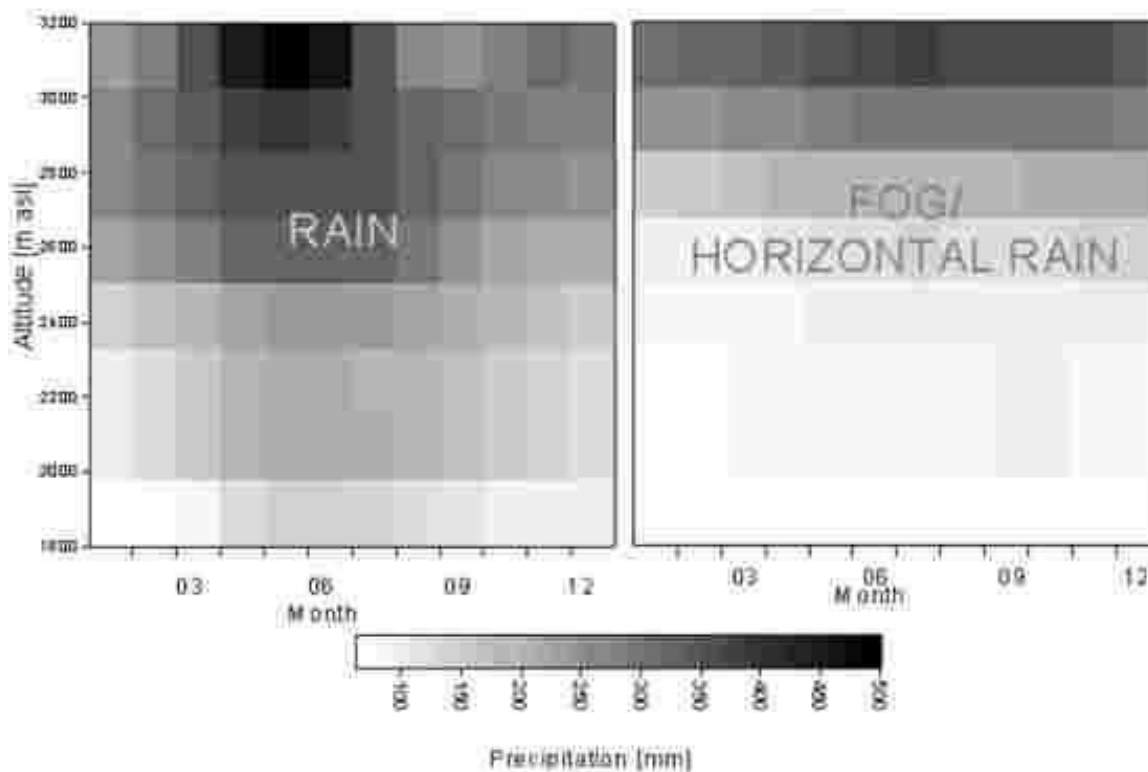


Fig. 4: Height/time section of monthly totals of rain and fog/horizontal rain in the central research area.

The nonlinearity of the gradient coincides well with results of personal observations and synoptical data from the weather cam images. Generally, condensation level and highest cloud frequency is observed between 2500 m and 3400 m. Fog frequency for these altitudes is about 80 % (3200m).

The relative numbers show, that with increasing altitude fog water (and horizontal rain) plays a more important role for the total of atmospheric water input. An areal sum of the total precipitation for

the study area is in the range of 3600 mm per year, which is 80 % higher than the conventional measurements of the primary climate station at 1960 m indicate.

Dynamic processes

The data of the LAWR radar, the vertical K-Band radar and satellite imagery were combined to interpret the temporal and spatial distribution of rain generating processes. Besides the well known phenomena of exposition, which controls the formation of orographic clouds and rain, diurnal oscillations were detected that indicate an interaction between the andean mountain chain and the amazon basin east of the cordillera. Untypical for tropical environments, the daily precipitation maximum at the ECSF station occurs in the early morning hours, between 4:00 and 6:00 local time (LT).

By analysing several case examples, the formation of mesoscale cloud systems (MCS) could be observed in the satellite images (NOAA-AVHRR), that showed low cloud top temperatures which may indicate deep convection cells. These MCS typically develop around midnight south-east of the study region (s. Fig. 5) and start to travel slowly with the trade winds in westerly directions. In the morning hours these cloud complexes are exposed to orographic uplifting at the eastern escarpment of the andean chain and produce stratiform rain fall, which can be seen in the radar images as extended rain fields covering the whole center of the observed range (Fig. 6).

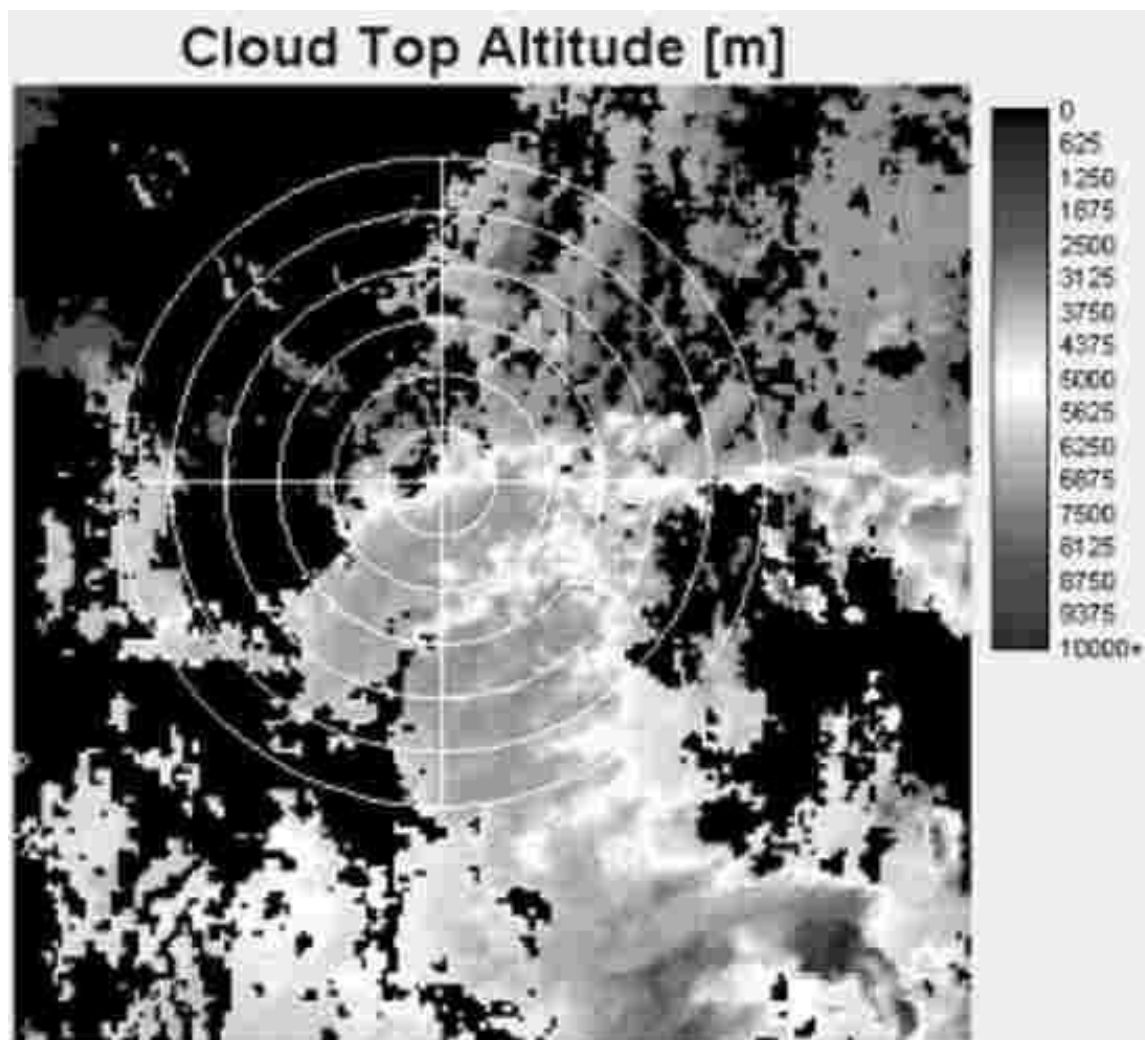


Fig. 5: Fully developed mesoscale cloud system at 8:00 LT reaching from about 150 km distance on to the study region (22.07.2002)

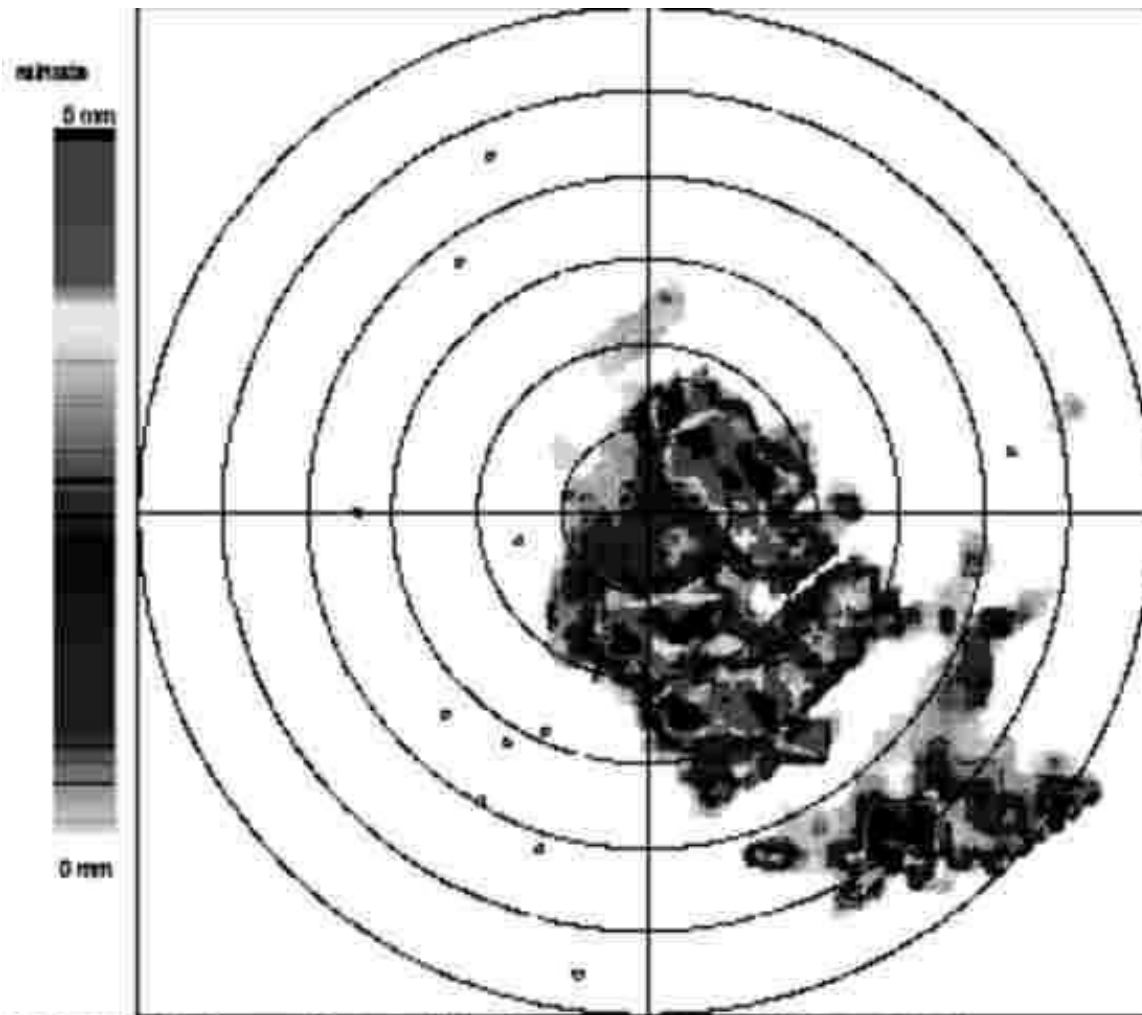


Fig. 6: Radar image of rain distribution 22.07.2002, 6:30 LT showing the northwestern margin of the developing MCS shown in Fig.5

A possible interpretation of this process is based upon the fact, that local/regional katabatic winds occur every night and transport masses of cold air into the amazon basin. These airflows are channelized by the larger valleys of Rio Marañón and Rio Zamora to the foreland, where they meet with the warm and moist air of the easterly tradewinds. Convergence and the temperature difference are able to cause the formation of local cold fronts with the associated deep convection, which consequently produces rain fall. These systems decay during the course of the night, but the remaining clouds often reach the higher chains of the Andes and the study region, where they cause significant amounts of rain in the morning hours.

Further local and regional dynamic processes are involved with the development of westwind situations, which sometimes produce convective showers, but sometimes also cause total rain free situations. Further work has to be done to analyse the underlying processes, but certainly analysis of wind fields, derived from tracking radar-observed rain storms will help to understand the dynamics of the rain formation in the region of the Nudo de Loja and in the andean mountain chain in general.

Conclusions

Interaction between topographic configuration and rainfall distribution is clearly visible in the radar and satellite images. The extraordinary situation of the "Nudo de Loja" shows extreme variability of rainfall that is impossible to assess with a conventional rain gauge network. Hence remote sensing is the only method to approach this problem in an adequate way. Interannual variability and seasonal differences will be further investigated by continuing measurements for two more years. Very interesting data may arise if it is possible to observe an El Niño episode.

The expected altitudinal gradient of precipitation input for tropical montane regions can be

confirmed by results of this study. The additional fog input shows that significant amounts of the water balance have been neglected in the past. Further investigations will focus on structural parameters of the vegetation cover, thereby enabling the setup of a fog scavenging model to convert atmospheric fog water content to actual fog water input. Intensive cooperation with other groups will be necessary. Climatological variables like condensation levels, fog and cloud frequency and microphysical precipitation characteristics are used to further analyse rain generating processes. Advective and convective cloud processes directly affect precipitation intensity and frequency.

To unify the research effort in the Reserva Biologica San Francisco, a nested multi-scale model will be developed that can enable the simulation of the most important interactions between atmosphere, landcover and soil in a quantitative and impacts of potential land use changes and climate variability.

Acknowledgements

The Project PREDICT is kindly funded (FOR 402/1, BE 1780/5-1 /5-2) by the German Research Society (DFG). We also acknowledge the invaluable support of NCI Ecuador, E. Palacios (INAMHI) for the operation of the NOAA-AVHRR receiving station and M. Richter for supplying rain-gauge data.

References

- Barry R.G. 1992. Mountain climatology and past and potential future climatic changes in mountain regions: a review. *Mountain Research and Development* 12: 71-86.
- Beck, E. & K. Müller-Hohenstein. 2001. Analysis of undisturbed and disturbed tropical mountain forest ecosystems in Southern Ecuador. *Die Erde* 132: 1-8.
- Bendix, J., 2000. Precipitation dynamics in Ecuador and Northern Peru during the 1991/92 El Niño - A Remote Sensing perspective. *Int. J. Remote Sensing* 21: 533-548.
- Bendix, J., C. Reudenbach, C. & R. Rollenbeck. 2003. The Marburg Satellite Station (MSS). *Proc. The 2002 EUMETSAT Meteorol. Sat. Data Users' Conf., Dublin, Ireland, 2-6 September 2002*, EUMETSAT, Darmstadt: 139-146.
- Bruijnzeel, L.A. 2000. Hydrology of tropical montane cloud forests: A Reassessment. *Land Use and Water Resources Research* 1: 1.1-1.18
- Golding B.W. 2000. Quantitative precipitation forecasting in the UK. *J. Hydrol.* 239: 286-305.
- Jensen N.E. 2002. X-Band local area weather radar - preliminary calibration results. *Water Science & Technology* 45: 135-138
- Klugmann D. K. Heinsohn & H.-J. Kirtzel. 1996. A low cost 24 GHz FM-CW Doppler radar rain profiler. *Beitr. Phys. Atmosph.* 69, No.1: 247-253
- Lauer W. 1981. Ecoclimatological conditions of the Páramo belt in the tropical high mountains. *Mountain Research and Development* 1: 209-221.
- Levizzani, V. 2003. Satellite rainfall estimations: new perspectives for meteorology and climate from the EURAINSAT project. *Annals of Geophysics* 46: 363-372.
- Mecklenburg S. J. Joss J. & W. Schmid. 2000. Improving nowcasting of precipitation in an Alpine region with an enhanced radar echo tracking algorithm. *J. Hydrol.* 239: 46-68.
- Reudenbach, C., G. Heinemann, E. Heuel, J. Bendix & M. Winiger. 2001. Investigation of summertime convective rainfall in Western Europe based on a synergy of remote sensing data and numerical models. *Meteorol. Atmosph. Phys.* 76: 23-41.
- Richter M. 2003. Using plant functional types and soil temperatures for eco-climatic interpretation in southern Ecuador. *Erdkunde* 57: 161-181.
- Rollenbeck R., P. Fabian & J. Bendix. 2005a. Precipitation dynamics and chemical properties in tropical mountain forests of Ecuador. *Advances in Geosciences* 6: 1-4
- Rollenbeck R. & J. Bendix. 2005b. Experimental calibration of a cost-effective X-band weather radar for climate-ecological studies in southern Ecuador. *Atmospheric Research* (in press.)
- Sevruk B. (Ed.). (1986): Correction of precipitation measurements. ETH/IAHS/WMO Workshop on the correction of precipitation measurements. *Zürcher Geographische Schriften* 23. Zürich.
- Walmsley, J.L. & R.S. Schemenauer. 1996. A method for estimating the hydrologic input from fog in mountainous terrain. *Journal of Applied Meteorology* 35: 2237-2249

Volume 9 (1)

Diurnal and nocturnal lepidoptera of Buenaventura (Piñas-Ecuador)

Lepidópteros diurnos y nocturnos de la Reserva Buenaventura (Piñas –Ecuador)

Sebastián Padrón

Universidad del Azuay Escuela de Biología del Medio Ambiente
sebastianpadronm@yahoo.com

February 2006

Download at: <http://www.lyonia.org/downloadPDF.php?pdfID=2.408.1>

Diurnal and nocturnal lepidoptera of Buenaventura (Piñas-Ecuador)

Resumen

En un bosque húmedo tropical en el sur de Ecuador, dentro de un gradiente altitudinal de 600-1000m sobre el nivel del mar, se realizó un inventario de mariposas diurnas y nocturnas elaborando así una lista preliminar de especies. La región de investigación (La Reserva Buenaventura) está ubicada en la parte alta de la provincia del Oro cerca de la ciudad de Piñas, esta reserva presenta una gran diversidad de aves, especies vegetales e insectos. Las comunidades de mariposas diurnas y nocturnas fueron muestreadas durante los meses de Agosto y Septiembre del 2004, para lo cual se utilizó trampas aéreas, de cebo, e intercepción con red y de luz Vapor de Mercurio 250 watt. Las trampas aéreas, de cebo y de intercepción fueron efectuadas a lo largo de transectos definidos dentro de la reserva, estos fueron monitoreados cada dos días dentro de los 24 días de la investigación. La trampa de luz fue ubicada en la estación científica y esta se usó, por tres horas desde 18:30 hasta 21:30, durante 15 noches. Se pudo capturar 550 especímenes los cuales fueron conservados, montados e identificación. Se pudo clasificar 255 especies de lepidópteros de las cuales 60 pertenecen a mariposas diurnas y 195 a nocturnas. Con estos datos se determinó la Familia y Género dominante Arctidae (69 especies) y Euceron (9 especies) respectivamente. Además se realizó una colección entomológica y los datos fueron enviados para que formen parte del proyecto The butterflies of Ecuador el cual se viene realizando durante los últimos 10 años en el país.

Palabras clave: Inventario, mariposas, bosque húmedo tropical, Ecuador

Abstract

In a tropical humid forest in the south of Ecuador, within a altitudinal gradient of 600-1000asl, we made an inventory of diurnal butterflies and nocturnal elaborating therefore one preliminary list of species. The investigation region (the Reserve Buenaventura) is located in the high part of the province El Oro near Piñas city, this reserve presents a great diversity of birds, vegetal specie, mammals and insects. The communities of diurnal and nocturnal butterflies were sampled during the months of August and September of the 2004, for which we used aerial traps, handing net and light trap 250 Mercury Steam watt. The aerial traps and handing net were carried out throughout transects defined within the reserve, these were made every two days within the 24 days of the investigation. The light trap was located in the scientific station and this used for three hours from 18:30 to 21:30, during 15 nights. With this methods we could collect 550 individuals, which were conserved, mounted and identify. It was possible to be classified 255 species of lepidópteros of which 60 belong to diurnal butterflies and 195 to nocturnal. With these data we determine the family and genus dominant. Arctidae (69 species) and Euceron (9 species). In addition we made a entomological collection and the data were sent to be part of The project butterflies of Ecuador which comes making during last the 10 years in the country

Key words: Inventory, butterflies, Tropical humid forest, Ecuador

Introducción

La región del Neotrópico se extiende en Sur América desde México hasta Tierra de Fuego. Esta cubre un amplio rango de habitats y climas lo cual ha hecho que posea una gran diversidad de organismos (David Carter. 2002). De esta gran diversidad de organismos los insectos son uno de los más abundantes, y dentro de estos el orden Lepidóptera presenta una extraordinaria variedad de especies, para los Neotrópicos se estiman un aproximado de 43.000 especies de macro lepidópteros y un número desconocido de micro lepidópteros (Charles L Hogue. 1993). El Ecuador ocupa el séptimo lugar en el mundo en cuanto a número de especies de lepidópteros 2200 especies (Josse, Carmen. 2001) Esta mega diversidad de mariposas debe ser estudiada y protegida ya que además son excelentes bioindicadoras del estado de salud de los ecosistemas naturales, las mariposas, más que ningún otro animal, reflejan las condiciones de conservación o de alteración de un ecosistema debido a la estrecha relación planta-animal. Dos de los cuatro estados de desarrollo por los que atraviesa una mariposa dependen exclusivamente de las plantas: las orugas son netamente herbívoras, mientras que los imagos (la mariposa adulta) se alimentan sobre todo de néctar y de polen. Por ejemplo investigaciones sobre la evolución y

distribución eco geográfica de mariposas sudamericanas ha permitido novedosas políticas de diseño y localización de reservas naturales, destinadas a conservar el patrimonio faunístico y florístico de la Amazonía. Aparte de la importancia como elementos de un ecosistema, las mariposas representan un potencial como recurso ecoturístico (*Los Bosques Tropicales. sf*). La Reserva Buenaventura perteneciente a la Fundación Jocotoco esta ubicada en la Provincia del Oro, cerca de la ciudad de Piñas en el límite meridional del Bosque Húmedo Tropical en las estribaciones occidentales de la cordillera de los Andes con un rango altitudinal de 600- 1000msnm. La reserva de Buenaventura es el hogar de más de 320 especies de aves. Doce de las estas se encuentran en peligro global y treinta son especies endémicas. Además de la gran variedad de aves algunos observadores han visto al ocelote, varios grupos de mono chilón (*Fundación Jocotoco, Reserva Buenaventura 2002*).Ademas en este lugar se puede encontrar una gran variedad de plantas en las que sobresalen las orquideas, en este lugar se conocen dos de las trece especies las cuales solo pueden ser encontradas en esta region (La Reserva De Buenaventura .sf.).Debido biodiversidad de la zona y a que no se conocía las especies de lepidópteros de este lugar se vio importante realizar un inventario preliminar de las mariposas diurnas y nocturnas presentes en la Reserva Buenaventura Además se elaboro una base de datos de las mariposas nocturnas, se realizo una colección entomológica con los especimenes capturados y se ayudo a incrementar el conocimiento científico de la reserva.

Métodos

El área de estudio

Se encuentra ubicada al sur del Ecuador en las estribaciones de la cordillera occidental en la parte alta de la provincia del Oro, cerca de la ciudad de Piñas, se encuentra ubicada en un rango altitudinal de entre 600 a 1000 m. snm.

Este lugar posee algunos remanentes de Bosque Húmedo Tropical, pero existen grandes extensiones de bosque secundario y de pastisales.

Muestreo

Las comunidades de mariposas diurnas y nocturnas fueron muestreadas durante los meses de Agosto y Septiembre el 2004, durante la estación de Verano.

Los métodos de trapeo fueron divididos en dos grupos: para lepidópteros diurnos, y Nocturnos.

Para lepidópteros diurnos: se realizo a través de transectos los cuales estuvieron definidos tratando de cubrir la mayor área posible, en estos se capturo los especimenes con redes entomológicas, y también se coloco trampas con cebos y trampas aéreas, los cebos usados fueron frutas en descomposición con un poco de esencia de vainilla, y pescado en descomposición estas dos técnicas son las mas recomendadas(Vargas, A. 2000.), estos transectos fueron recorridos cada dos días y los lugares donde se colocaron las trampas se los cambio cada semana.

Para lepidópteros nocturnos se utilizo una trampa de luz Vapor de Mercurio 250Watt esta fue ubicada en la estación científica y se utilizo por tres horas desde las 18:30 hasta 21:30 horas , durante 15 noches además se efectuaron capturas en la gruta que existe en la parte alta de la reserva la cual presenta una gran abundancia de mariposas nocturnas debido a las luces que existen en este lugar.

Las mariposas capturadas fueron conservadas en sobres entomológicos debidamente identificados con el lugar de colección , altura, fecha, colector , la clasificación y montaje de los especimenes se la realizo en la ciudad de Cuenca siguiendo protocolos definidos.

El proceso de identificación se baso en comparación grafica de los individuos utilizando la información existente en libros, también se analizaron características morfológicas de los especimenes y se logro la colaboración del Dr. Keith Willmott para la clasificación de ciertos especimenes.

Materiales

1Trampa de Luz de Vapor de Mercurio 250 watt.

1 Red entomológica

5 Trampas aéreas

Sobres entomológicos.

Alfileres entomológicos.

Cámara Fotográfica.

Altímetro.

Estéreo microscopio

Los libros utilizados en el proceso de clasificación fueron:

Mariposas del Ecuador Arctiidae: Arctiinae y Pericopinae. Volumen 20. Piñas, Rab-Green, Onore, Manzano P.

Mariposas del Ecuador Arctiidae. Ctenuchidae Volumen 21b. 2003. Piñas F, Manzano I.

Mariposas del Ecuador Saturnidae. Volumen 16^a. 2003. Piñas F., Manzano I.

Mariposas del Ecuador Sphingidae. Guevara, Dorio, Piñas, Onore.

Mariposas del Ecuador Volumen 1 Géneros Piñas R., F. & Manzano-Pesantez.

Mariposas del Ecuador Familia Papilionidae .Volumen 10. Bollinio, M. & Onore G.

Mariposas del Ecuador. 2003. CD Room.

Latin American insect and entomology .1993. Charles L Hogue

Mariposas Argentinas. Guía practica e ilustrada para la identificación de las principales mariposas diurnas y nocturnas de la Provincia de Buenos Aires. 2002. Andrés Vargas.

Butterflies and Months.2003. David Carter.

The butterflies of Costa Rica and their natural history. 1987. Philip J. De Vries

Además se contó con la ayuda del Dr. Keith Willmott especialista en mariposas diurnas del Ecuador.

Resultados

Durante esta investigación se logro coleccionar 550 individuos de mariposas diurnas y nocturnas , una vez realizado su montaje y clasificación se logro identificar 255 especies de mariposas (Anexo 1), de las cuales 60 son diurnas pertenecientes a las familias de mariposas: Nymphalidae(36), Lycaenidae (3), Papilionidae (2), Riodinidae (4), Pieridae(6), Hesperidae (9) , en cuanto a las mariposas nocturnas identificaron 195 especies pertenecientes a las familias: Apatelodidae (1), Arctidae (69), Castiniidae (1), Cossidae (2), Diopitidae (3), Geometridae (60), Hedylidae (1), Hepialidae (1), Lasiocampidae (1), Megalopygidae (1), Noctuidae (13), Notodontidae (2), Psychidae (3), Pyralidae(6) , Saturniidae (9), Sphingidae (22).

La familia con mayor número de especies fue Arctidae con 69 especies y el género dominante fue *Euceron* con 9 especies

Realizar una comparación con datos obtenidos de otras investigaciones no fue posible debido a que no se encontró estudios similares para la parte sur del país y los estudios que se han hecho en otras partes del país son sobre áreas muy grandes o si no sobre especies muy puntuales.

Lo que si se pudo hacer es que los resultados obtenidos ingresen a la base de datos que forma parte del proyecto Butterflies of Ecuador , y los científicos que trabajan en este proyecto indicaron que algunas especies son nuevos registros de distribución para esta parte del país.

Conclusiones

En la reserva Buenaventura se pudo identificar 255 especies de mariposas , 60 pertenecientes a mariposas diurnas y 195 a mariposas nocturnas dentro de estas se pudo determinar que la familia que mas especies presenta es la familia Arctidae, y uno de sus géneros *Euceron* es el que mas especies posee. Además se realizo una colección con los especimenes capturados la cual esta en la casa del autor. Los datos obtenidos en esta investigación ingresaron en la base de datos del proyecto "The Butterflies of Ecuador " el cual se lo lleva realizando durante 10 años en el Ecuador. También se logro obtener nuevos registros de distribución de algunas mariposas que antes solo se las conocía en el noroccidente esto esta sujeto a futura confirmación.

Del total de los 550 especimenes coleccionados 500 fueron identificados el resto (50) no ha podido ser identificado aun, se intentara clasificarlos en el futuro con la ayuda de algún experto. Considero que este tipo de estudios deben ser realizados en otras partes del sur del Ecuador ya que a través de estos se puede conocer la entomofauna que se posee y de este modo incluirlas en los planes de manejo a ser realizados, también estos estudios sirven para incrementar el conocimiento sobre estos extraordinarios seres tan poco estudiados .

En el futuro se pretende realizar otro muestreo, esta vez dentro de la estación lluviosa, de este modo se podrá ver si es que existe alguna diferencia estacional entre la diversidad de lepidópteros y se podrá incrementar esta lista de especies.

Agradecimientos

A la Fundación Jocotoco la cual permitió la realización de este estudio dando la estadía y el permiso al investigador, un especial agradecimiento a: Francisco Sornosa y Xavier Robayo, directivos de la Fundación Jocotoco quienes apoyaron decididamente la investigación.

A mi familia quienes me apoyaron en esta investigación.

Al Dr. Keith Willmott quien colaboro en la identificación de especímenes y a mis amigos los guarda parques de la Reserva Buenaventura Leonidas Cabrera, Rodrigo Becerra, Valdomiro Becerra, que gracias a su ayuda se logro realizar esta investigación.

Referencias

Hogue, C.L. 1993. *Latin American insect and entomology*. Universidad de California 9 Edición. 480 PG.

Carter, D. 2002. *Butterflies and Months*. Smithsonian Institute. Dorling Kindersley, Inc. USA_-New York. 304 PG

Fundación Jocotoco, Reserva Buenaventura. 2002.

<http://www.fjocotoco.org/joco-home.html&prev=/search%3Fq%3DFundacion%2BJocotoco%26hl%3Des%26lr%3D%26ie%3DUTF-8%26sa%3DG>

Carmen, J. 2001. *La biodiversidad del Ecuador*, Informe 2000. Ministerio del ambiente. Ecociencia . UICN. Quito Ecuador. Pg 64.

La Reserva De Buenaventura

<http://www.fjocotoco.org/&prev=/search%3Fq%3DJocotoco%2Bfoundation%26hl%3Des%26lr%3D%26ie%3DUTF-8>
Los Bosques Tropicales. sf.

http://www.virtualmuseum.ca/Exhibitions/Butterflies/espanol/conservation/peru_text.html

Vargas, A. 2000. *Mariposas Argentinas*. Guía practica e ilustrada para la identificación de las principales mariposas diurnas y nocturnas de la Provincia de Buenos Aires. Argentina- Buenos Aires. 148 PG

Anexo

Anexo 1: Listado preliminar de las Especies de Mariposas de la Reserva Buenaventura

FAMILIA	SUBFAMILIA	GENERO	ESPECIE
Apateleodidae		<i>Apateleodes</i>	<i>ardeola</i>
Arctiidae	Lithosiinae	<i>Agylla</i>	<i>argentifera</i>
Arctiidae	Lithosiinae	<i>Agylla</i>	<i>sp.</i>
Arctiidae	Arctiinae	<i>Amastus</i>	<i>aconia</i>
Arctiidae	Arctiinae	<i>Amaxia</i>	<i>carimosa</i>
Arctiidae	Ctenuchinae	<i>Autochloris</i>	<i>sp.</i>
Arctiidae	Arctiinae	<i>Bernathonomus</i>	<i>sp.</i>
Arctiidae	Arctiinae	<i>Bertholdia</i>	<i>coronifera</i>
Arctiidae	Arctiinae	<i>Bertholdia</i>	<i>sp.</i>
Arctiidae	Ctenuchinae	<i>Correbia</i>	<i>sp.</i>
Arctiidae	Ctenuchinae	<i>Correbia</i>	<i>negrana</i>
Arctiidae	Ctenuchinae	<i>Correbia</i>	<i>striata</i>
Arctiidae	Ctenuchinae	<i>Cosmosoma</i>	<i>sp</i>

Arctiidae	Ctenuchinae	<i>Cosmosoma</i>	<i>sp1</i>
Arctiidae	Ctenuchinae	<i>Cosmosoma</i>	<i>sp2</i>
Arctiidae	Ctenuchinae	<i>Cosmosoma</i>	<i>sp3</i>
Arctiidae	Arctiinae	<i>Cratoplastis</i>	<i>diluta</i>
Arctiidae	Pericopinae	<i>Dysschema</i>	<i>apud</i>
Arctiidae	Pericopinae	<i>Dysschema</i>	<i>sp.</i>
Arctiidae	Ctenuchinae	<i>Episcepsis</i>	<i>tethis</i>
Arctiidae	Ctenuchinae	<i>Episcepsis</i>	<i>sp.</i>
Arctiidae	Arctiinae	<i>Estigmene</i>	<i>sp.</i>
Arctiidae	Ctenuchinae	<i>Euceron</i>	<i>flavicaput</i>
Arctiidae	Ctenuchinae	<i>Euceron</i>	<i>mitigata</i>
Arctiidae	Ctenuchinae	<i>Euceron</i>	<i>sp.</i>
Arctiidae	Ctenuchinae	<i>Euceron</i>	<i>sp1.</i>
Arctiidae	Ctenuchinae	<i>Euceron</i>	<i>sp2.</i>
Arctiidae	Ctenuchinae	<i>Euceron</i>	<i>sp3.</i>
Arctiidae	Ctenuchinae	<i>Euceron</i>	<i>sp4.</i>
Arctiidae	Ctenuchinae	<i>Euceron</i>	<i>cimonis</i>
Arctiidae	Ctenuchinae	<i>Euceron</i>	<i>Itifascia</i>
Arctiidae	Arctiinae	<i>Evius</i>	<i>albicoxae</i>
Arctiidae	Arctiinae	<i>Halysidota</i>	<i>sannionis</i>
Arctiidae	Arctiinae	<i>Halysidota</i>	<i>sp.</i>
Arctiidae	Ctenuchinae	<i>Hyaleucera</i>	<i>vulnerata</i>
Arctiidae	Ctenuchinae	<i>Hyaleucera</i>	<i>sp1</i>
Arctiidae	Ctenuchinae	<i>Hyaleucera</i>	<i>sp</i>
Arctiidae	Arctiinae	<i>Hypercompe</i>	<i>laeta</i>
Arctiidae	Arctiinae	<i>Hypercompe</i>	<i>muzina</i>
Arctiidae	Arctiinae	<i>Hypercompe</i>	<i>apud</i>
Arctiidae	Ctenuchinae	<i>Hypocharis</i>	<i>sp.</i>
Arctiidae	Pericopinae	<i>Hypocrita</i>	<i>ambigua</i>
Arctiidae	Arctiinae	<i>Idalus</i>	<i>sp.</i>
Arctiidae	Ctenuchinae	<i>Loxophlebia</i>	<i>sp.</i>

Arctiidae	Ctenuchinae	<i>Macrocneme</i>	<i>sp.</i>
Arctiidae	Ctenuchinae	<i>Macrocneme</i>	<i>sp1</i>
Arctiidae	Ctenuchinae	<i>Macrocneme</i>	<i>sp2</i>
Arctiidae	Ctenuchinae	<i>Macrocneme</i>	<i>sp3</i>
Arctiidae	Ctenuchinae	<i>Macrocneme</i>	<i>sp4</i>
Arctiidae	Ctenuchinae	<i>Macrocneme</i>	<i>sp5</i>
Arctiidae	Ctenuchinae	<i>Mydromera</i>	<i>isthmia</i>
Arctiidae	Ctenuchinae	<i>Napata</i>	<i>walker</i>
Arctiidae	Ctenuchinae	<i>No Determinado</i>	
Arctiidae	Arctiinae	<i>Opharus</i>	<i>sp.</i>
Arctiidae	Arctiinae	<i>Opharus</i>	<i>bimaculata</i>
Arctiidae	Arctiinae	<i>Ormetica</i>	<i>gerhilda</i>
Arctiidae	Arctiinae	<i>Ormetica</i>	<i>rosenbergi</i>
Arctiidae	Arctiinae	<i>Pachydota</i>	<i>sp.</i>
Arctiidae	Arctiinae	<i>Paraidalus</i>	<i>sp.</i>
Arctiidae	Arctiinae	<i>Pareuchaetes</i>	<i>insulata</i>
Arctiidae	Arctiinae	<i>Pelochyta</i>	<i>sp.</i>
Arctiidae	Arctiinae	<i>Pelochyta</i>	<i>sp1.</i>
Arctiidae	Arctiinae	<i>Pelochyta</i>	<i>sp2.</i>
Arctiidae	Ctenuchinae	<i>Pheia</i>	<i>sp</i>
Arctiidae	Arctiinae	<i>Robinsonia</i>	<i>multimaculata</i>
Arctiidae	Ctenuchinae	<i>Sarosa</i>	<i>sp.</i>
Arctiidae	Ctenuchinae	<i>Sarosa</i>	<i>sp1</i>
Arctiidae	Ctenuchinae	<i>Sarosa</i>	<i>sp2</i>
Arctiidae	Arctiinae	<i>Utetheisa</i>	<i>ornatrix</i>
Arctiidae	Arctiinae	<i>Virbia</i>	<i>sp.</i>
Castniidae		<i>Castniomera</i>	<i>humboldti</i>
Cossidae		<i>Langsdortia</i>	<i>lunifera</i>
Cossidae		<i>Xyleutes</i>	<i>sp.</i>
Dioptidae		<i>Getta</i>	<i>baetifica</i>
Dioptidae		<i>Polypoetes</i>	<i>sp.</i>

Dioptidae		<i>Josia</i>	<i>inaequiflexa</i>
Geometridae		<i>Cambogia</i>	<i>sp.</i>
Geometridae		<i>Cathydata</i>	<i>batina</i>
Geometridae		<i>Epimecis</i>	<i>sp.</i>
Geometridae		<i>Fulgurodes</i>	<i>sp.</i>
Geometridae		<i>Gynopteryx</i>	<i>sp.</i>
Geometridae		<i>Ira</i>	<i>sp.</i>
Geometridae		<i>Lobopalta</i>	<i>angulosa</i>
Geometridae		<i>Lomographa</i>	<i>sp.</i>
Geometridae		<i>Mellinoides</i>	<i>sp.</i>
Geometridae		<i>Nemoria</i>	<i>sp.</i>
Geometridae		<i>Nepheldeuca</i>	<i>illiturata</i>
Geometridae		<i>Nipteria</i>	<i>sp.</i>
Geometridae	Ennominae	<i>No Determinado</i>	
Geometridae	Ennominae	<i>No Determinado</i>	
Geometridae		<i>No Determinado</i>	
Geometridae		<i>No Determinado</i>	
Geometridae		<i>No Determinado</i>	
Geometridae		<i>Phyle</i>	<i>transglauca</i>
Geometridae		<i>No Determinado</i>	
Geometridae		<i>No Determinado</i>	
Geometridae		<i>No Determinado</i>	
Geometridae		<i>No Determinado</i>	
Geometridae		<i>No Determinado</i>	
Geometridae		<i>No Determinado</i>	
Geometridae		<i>No Determinado</i>	
Geometridae		<i>No Determinado</i>	
Geometridae		<i>No Determinado</i>	
Geometridae		<i>No Determinado</i>	
Geometridae		<i>No Determinado</i>	
Geometridae		<i>No Determinado</i>	
Geometridae		<i>No Determinado</i>	

Geometridae		<i>No Determinado</i>	
Geometridae		<i>No Determinado</i>	
Geometridae		<i>No Determinado</i>	
Geometridae		<i>No Determinado</i>	
Geometridae		<i>No Determinado</i>	
Geometridae		<i>No Determinado</i>	
Geometridae		<i>No Determinado</i>	
Geometridae		<i>No Determinado</i>	
Geometridae		<i>No Determinado</i>	
Geometridae		<i>No Determinado</i>	
Geometridae	Ennominae	<i>Oxydia</i>	<i>pltyptera</i>
Geometridae		<i>Oxydia</i>	<i>platiptera</i>
Geometridae		<i>Oxydia</i>	<i>sp.</i>
Geometridae	Ennominae	<i>Pantherodes</i>	<i>pardalaria</i>
Geometridae		<i>Phrygonis</i>	<i>privignaria</i>
Geometridae		<i>Prochoerodes</i>	<i>onustaria</i>
Geometridae		<i>Prochoerodes</i>	<i>anustaria</i>
Geometridae		<i>Progonodes</i>	<i>sp.</i>
Geometridae		<i>Pyrochlora</i>	<i>rhanis</i>
Geometridae		<i>Racheospila</i>	<i>astraeoides</i>
Geometridae		<i>Racheospila</i>	<i>sp.</i>
Geometridae		<i>Racheospila</i>	<i>sp1</i>
Geometridae		<i>Semaepus</i>	<i>discors</i>
Geometridae		<i>Semiothisa</i>	<i>sp</i>
Geometridae		<i>Semiothisa</i>	<i>sp1</i>
Geometridae		<i>Semiothisa</i>	<i>sp2</i>
Geometridae		<i>Sphacelodes</i>	<i>vulneraria</i>
Geometridae	Geometrinae	<i>Synchlora</i>	<i>sp.</i>
Geometridae		<i>Synchlora</i>	<i>lafayaria</i>
Geometridae		<i>Terma</i>	<i>theodora</i>
Hedylidae		<i>Macrosoma</i>	<i>lucivittata</i>

Hepialidae		<i>Dalaca</i>	<i>sp.</i>
Hesperiidae		<i>Astrartes</i>	<i>fulgurator</i>
Hesperiidae		<i>Astrartes</i>	<i>sp</i>
Hesperiidae		<i>Epargyreus</i>	<i>sp</i>
Hesperiidae	Pyrrhopyginae	<i>Pyrrhopyge</i>	<i>sp.</i>
Hesperiidae	Pyrginae	<i>Urbanus</i>	<i>sp.</i>
Hesperiidae		<i>Mylon</i>	<i>sp.</i>
Hesperiidae		<i>Cycloglypha</i>	<i>sp.</i>
Hesperiidae		<i>Cecropterus</i>	<i>sp.</i>
Hesperiidae	Pyrginae	<i>Urbanus</i>	<i>sp1</i>
Lasiocampidae		<i>Prorifrons</i>	<i>yahuarta</i>
Lycaenidae		<i>Arawacus</i>	<i>aetolus</i>
Lycaenidae		<i>Rekoa</i>	<i>meton</i>
Lycaenidae		<i>Theritas</i>	<i>drucei</i>
Megalopygidae		<i>Trosia</i>	<i>punctigena</i>
Noctuidae		<i>Argyrostica</i>	<i>ditissima</i>
Noctuidae		<i>Diphthera</i>	<i>hieraglyphica</i>
Noctuidae		<i>Eulepidotes</i>	<i>sp.</i>
Noctuidae		<i>Gonodonta</i>	<i>sp.</i>
Noctuidae		<i>Gonodonta</i>	<i>sp1.</i>
Noctuidae	Ophiderinae	<i>Letis</i>	<i>occidua</i>
Noctuidae	Ophiderinae	<i>Letis</i>	<i>sp.</i>
Noctuidae	Ophiderinae	<i>Letis</i>	<i>mycerina</i>
Noctuidae	Ophiderinae	<i>Letis</i>	<i>sp1.</i>
Noctuidae		<i>No Determinado</i>	
Noctuidae	Ophiderinae	<i>Ophideres</i>	<i>sp.</i>
Noctuidae		<i>Rhosus</i>	<i>isabella</i>
Noctuidae		<i>Sasxreta</i>	<i>sp.</i>
Notodontidae		<i>Hapigia</i>	<i>sp.</i>
Notodontidae		<i>Lobreza</i>	<i>sp.</i>
Nymphalidae	Acraeinae	<i>Actinote</i>	<i>ozomene</i>

Nymphalidae	Nymphalinae	<i>Adelpha</i>	<i>cyterea</i>
Nymphalidae	Nymphalinae	<i>Adelpha</i>	<i>sp 1</i>
Nymphalidae	Nymphalinae	<i>Adelpha</i>	<i>sp.</i>
Nymphalidae	Nymphalinae	<i>Anartia</i>	<i>amathea</i>
Nymphalidae	Nymphalinae	<i>Biblis</i>	<i>hyperia</i>
Nymphalidae	Brassolinae	<i>Brassolis</i>	<i>isthmia</i>
Nymphalidae	Brassolinae	<i>Caligo</i>	<i>eurilochus</i>
Nymphalidae	Brassolinae	<i>Caligo</i>	<i>atreus</i>
Nymphalidae	Nymphalinae	<i>Catonephele</i>	<i>mexicana</i>
Nymphalidae	Danainae	<i>Dannaus</i>	<i>plexippus</i>
Nymphalidae	Nymphalinae	<i>Diaethria</i>	<i>gueneei</i>
Nymphalidae	Nymphalinae	<i>Doxocopa</i>	<i>cherubina</i>
Nymphalidae	Heliconiinae	<i>Dryas</i>	<i>julia</i>
Nymphalidae	Nymphalinae	<i>Dyaethria</i>	<i>sp.</i>
Nymphalidae	Nymphalinae	<i>Eresia</i>	<i>sp.</i>
Nymphalidae	Satyrinae	<i>Euptychia</i>	<i>sp.</i>
Nymphalidae	Satyrinae	<i>Euptychoides</i>	<i>griphe</i>
Nymphalidae	Nymphalinae	<i>Hamadryas</i>	<i>feronia</i>
Nymphalidae	Heliconiinae	<i>Heliconius</i>	<i>sapho</i>
Nymphalidae	Heliconiinae	<i>Heliconius</i>	<i>erato</i>
Nymphalidae	Heliconiinae	<i>Heliconius</i>	<i>sara</i>
Nymphalidae	Heliconiinae	<i>Heliconius</i>	<i>athis</i>
Nymphalidae	Heliconiinae	<i>Heliconius</i>	<i>cydno</i>
Nymphalidae	Nymphalinae	<i>Historis</i>	<i>odius</i>
Nymphalidae	Nymphalinae	<i>Hypanartia</i>	<i>lethe</i>
Nymphalidae	Nymphalinae	<i>Marpesia</i>	<i>berania</i>
Nymphalidae	Morphinae	<i>Morpho</i>	<i>peleides</i>
Nymphalidae	Ithomiinae	<i>Oleria</i>	<i>modesta</i>
Nymphalidae	Brassolinae	<i>Opsiphanes</i>	<i>cassiae</i>
Nymphalidae	Satyrinae	<i>Pareuptychia</i>	<i>hesione</i>
Nymphalidae	Ithomiinae	<i>Scada</i>	<i>zemira</i>

Nymphalidae	Nymphalinae	<i>Siproeta</i>	<i>epaphus</i>
Nymphalidae	Nymphalinae	<i>Smyrna</i>	<i>blomfildia</i>
Nymphalidae	Nymphalinae	<i>Tegosa</i>	<i>similis</i>
Nymphalidae	Nymphalinae	<i>Victorina</i>	<i>stelenes</i>
Papilionidae		<i>Parides</i>	<i>erithalion</i>
Papilionidae		<i>Parides</i>	<i>eurimedes</i>
Pieridae		<i>Dismorphia</i>	<i>zathoe</i>
Pieridae		<i>Dismorphia</i>	<i>amphione</i>
Pieridae		<i>Eurema</i>	<i>sp.</i>
Pieridae		<i>Eurema</i>	<i>xanthochlora</i>
Pieridae		<i>Leptophobia</i>	<i>caesia</i>
Pieridae		<i>Zerene</i>	<i>sp.</i>
Psychidae		<i>Oiketicus</i>	<i>sp.</i>
Psychidae		<i>Oiketicus</i>	<i>sp1.</i>
Psychidae		<i>Oiketicus</i>	<i>sp2.</i>
Pyalidae	Pyraustinae	<i>Diaphania</i>	<i>sp.</i>
Pyalidae		<i>No Determinado</i>	
Pyalidae	Pyraustinae	<i>Siga</i>	<i>pyronia</i>
Pyalidae	Pyraustinae	<i>Terastia</i>	<i>sp1.</i>
Pyalidae	Pyraustinae	<i>Terastia</i>	<i>sp.</i>
Pyalidae	Pyraustinae	<i>Terastia</i>	<i>meticulosalis</i>
Riodinidae		<i>Brachyglenis</i>	<i>sp.</i>
Riodinidae		<i>Eurybia</i>	<i>lycisca</i>
Riodinidae		<i>Eurybia</i>	<i>nicaelus</i>
Riodinidae		<i>Lepricornus</i>	<i>incerta</i>
Saturniidae	Oxyteninae	<i>Asthenidia</i>	<i>terminalis</i>
Saturniidae	Hemileucinae	<i>Automeris</i>	<i>sp.</i>
Saturniidae	Hemileucinae	<i>Automeris</i>	<i>sp.1</i>
Saturniidae	Saturniinae	<i>Copaxa</i>	<i>decrescens</i>
Saturniidae	Hemileucinae	<i>Dirphia</i>	<i>avia</i>
Saturniidae	Hemileucinae	<i>Gamelia</i>	<i>sp.</i>

Saturniidae	Hemileucinae	<i>Hylesia</i>	<i>sp.</i>
Saturniidae	Hemileucinae	<i>Hylesia</i>	<i>sp. 1</i>
Saturniidae	Saturniinae	<i>Rothschildia</i>	<i>lebeau</i>
Sphingidae	Macroglossinae	<i>Aellopos</i>	<i>cerulos</i>
Sphingidae	Macroglossinae	<i>Callionima</i>	<i>denticulata</i>
Sphingidae	Macroglossinae	<i>Callionima</i>	<i>inuus</i>
Sphingidae	Macroglossinae	<i>Callionima</i>	<i>parce</i>
Sphingidae	Macroglossinae	<i>Enyo</i>	<i>ocypete</i>
Sphingidae	Macroglossinae	<i>Enyo</i>	<i>lugubris</i>
Sphingidae	Macroglossinae	<i>Erinnyis</i>	<i>obscura</i>
Sphingidae	Sphinginae	<i>Manduca</i>	<i>sp.</i>
Sphingidae	Sphinginae	<i>Manduca</i>	<i>vestalis</i>
Sphingidae	Sphinginae	<i>Manduca</i>	<i>hanniba</i>
Sphingidae	Sphinginae	<i>Manduca</i>	<i>rustica</i>
Sphingidae	Sphinginae	<i>Manduca</i>	<i>trimacula</i>
Sphingidae	Sphinginae	<i>Neococcytus</i>	<i>cluentius</i>
Sphingidae	Macroglossinae	<i>Nyceryx</i>	<i>tacita</i>
Sphingidae	Macroglossinae	<i>Nyceryx</i>	<i>stuarti</i>
Sphingidae	Macroglossinae	<i>Pachylia</i>	<i>ficus</i>
Sphingidae	Macroglossinae	<i>Pachylioides</i>	<i>resumens</i>
Sphingidae	Macroglossinae	<i>Perigonia</i>	<i>lusca</i>
Sphingidae	Macroglossinae	<i>Xylophanes</i>	<i>guianensis</i>
Sphingidae	Macroglossinae	<i>Xylophanes</i>	<i>anubus</i>
Sphingidae	Macroglossinae	<i>Xylophanes</i>	<i>chiron</i>
Sphingidae	Macroglossinae	<i>Xylophanes</i>	<i>libya</i>

Volume 9 (1)

Macrolichens of the Ecological Reserve Paramo El Angel and the Guandera Biological Station

Macrolíquenes de los Páramos de Frailejones de la Reserva Ecológica El Angel y La Estación
Biológica Guandera

Telma Elizabeth Paredes Martínez

Herbario Nacional del Ecuador QCNE Casilla Postal 17-21-1787, telmabios@hotmail.com

February 2006

Download at: <http://www.lyonia.org/downloadPDF.php?pdfID=2.409.1>

Macrolichens of the Ecological Reserve Paramo El Angel and the Guandera Biological Station

Resumen

Los hongos liquenizados son componentes importantes del ecosistema, considerados como elementos bioindicadores del grado de madurez y estado de conservación de determinado hábitat. El estudio se realizó en los páramos de frailejones de la Reserva Ecológica El Ángel y Estación Biológica Guandera, zonas actualmente presionadas por actividades antropogénicas, por tanto valorar su estado de conservación e incrementar la información sobre la rica biodiversidad que albergan, es de suma importancia para el desarrollo de planes para su aprovechamiento y protección. Se inventarió los macrolíquenes del páramo de frailejones, determinó y comparó la riqueza de los macrolíquenes en las dos zonas de estudio. Para el análisis se trazaron seis cuadrantes de 2 x 2 m, localizados a 3700, 3800 y 3900 msnm, allí se colectaron y midieron los macrolíquenes presentes en cada cuadrante. Se realizaron cálculos de similitud, cobertura y abundancia. Se estableció que la Estación Biológica Guandera presenta mayor riqueza de macrolíquenes con 17 especies agrupadas en 8 géneros y 5 familias mientras que en la Reserva Ecológica El Ángel se registraron 13 especies pertenecientes a 6 géneros y 6 familias. También se determinó que la riqueza es directamente proporcional a la altura, siendo la zona de 3900 m.s.n.m., la de mayor riqueza en los dos lugares de estudio. En cuanto a cobertura se comprobó que los mayores porcentajes se encontraron en Guandera, siendo *Cladonia* y *Dictyonema* los mayores, esto está directamente relacionado con el mejor estado de conservación de esta zona.

Palabras claves: hongos liquenizados, terrícolas, bioindicador, similitud, cobertura.

Abstract

Liquenized fungi are important components of an ecosystem, by the role that they play inside the further, and how they benefit humans. They are grade maturity and conservation bioindicators of an habitat. This work was realized in the areas called 'páramo de frailejones' in El Angel Ecological Reserve and Guandera Biological Station, actually these reserves are intervened by human activity, so it is very important to know about the great biodiversity they have, how to assess, manage and protect them. It was collected macrolichens and diversity in 'páramo de frailejones' to make an inventory, for determine and compare the richness in the both zones. To analyze them, the area was divided in six quadrants each one with 4 square meters. It was collected and measured macrolichens in each square. It was made similarity, covering and abundance statistics; from this results it's known that Guandera Biological Station have more macrolichens richness with 17 species, eight genera and five families, while El Angel Ecological Reserve has 13 species, six genera and five families. Furthermore, it was possible to establish that the richness is proportional with the altitude and in both areas the zone with 3900 meters has most richness. About covering, It was verified that the most percentages were in Guandera, the biggest lichens were at this place with *Cladonia* and *Dictyonema* being the most abundant genus *Cladonia*, this has a whole distributions in 'páramos'

Key words: liquenized fungi, earthlings, bioindicator, similarity, covering.

Introducción

La región paramuna comprende las extensas zonas que coronan las cordilleras, entre el bosque andino y el límite inferior de las nieves perpetuas (Rangel 2000). Sus características especiales han dado origen a una variedad de organismos con adaptaciones, para tolerar las condiciones climáticas extremas de temperatura y humedad, por este motivo se considera al páramo como una de las zonas más extraordinarias con un elevado nivel de endemismo.

En los páramos habita el 15% de toda la flora endémica del país el número de especies endémicas de plantas vasculares se estima en 273 especies (León- Yáñez 2000), cifra que se modificará mediante nuevos trabajos de investigación científica que incluyan también a otros grupos de plantas no vasculares.

Dentro de la rica biodiversidad del páramo están los líquenes, organismos de alta resistencia ante las condiciones extremas y hostiles de tipo ambiental que podemos encontrar en este

ecosistema (Marcano 1994).

La distribución de los líquenes está determinada por varios factores ambientales principalmente la temperatura y la humedad (Krog 1987). La mayor diversidad liquénica está presente en la faja de páramos entre 3000 y 4000 m y en la faja montana entre 1800 y 3000 m (Marcano 1994), donde las condiciones ambientales juegan un papel importante en el desarrollo de las comunidades liquénicas. Los hongos liquenizados de esta zona crecen epifíticamente en ramas de arbustos, árboles pequeños, herbáceas y en el suelo, siendo este último sustrato más vulnerable a cambios mecánicos y químicos, estas transformaciones influyen directamente en el crecimiento de los líquenes.

En la actualidad estos organismos y todos los componentes de este ecosistema, son afectados por los impactos antropogénicos mediante procesos de sobre pastoreo, expansión de la frontera agrícola, forestación y quemadas, que colocan en peligro a la riqueza florística del páramo.

Frente a estas amenazas para la biodiversidad del páramo todo nuevo aporte científico contribuye de manera significativa en los esfuerzos para la conservación de este frágil ecosistema, más aún si se trata de hongos liquenizados, organismos poco estudiados en el país.

Métodos

La zona de estudio corresponde al páramo de frailejones de la Reserva Ecológica El Ángel (Zona 23 de Julio) y en la Estación Biológica Guandera (Anexo 1)

Se establecieron cuadrantes de 2 X 2 m y se ubicaron seis cuadrantes cada 100 m de altitud a tres rangos altitudinales (3700, 3800 y 3900 m. s. n. m.) tanto en la Reserva Ecológica El Ángel como en la Estación Biológica Guandera. También se realizaron colecciones al azar para complementar el estudio.

En cada cuadrante se colectaron las muestras en fundas de papel y se midió a los macrolíquenes para realizar el cálculo de cobertura registrando sus datos en la matriz respectiva, también se tomaron fotografías de los ejemplares más comunes. Las muestras colectadas fueron llevadas al Herbario Nacional del Ecuador (QCNE) para su respectivo secado y procesamiento.

Resultados y Discusión

En el páramo las diferencias en la distribución de calor y humedad son principalmente importantes para las fanerógamas. Pero para los líquenes es de menor importancia, puesto que están adaptados a irregulares períodos de crecimiento en latitudes elevadas.

Los líquenes tienen la capacidad de suspender su metabolismo cuando las condiciones del medio no son óptimas para su desarrollo, por esta razón su crecimiento es lento. Sin embargo, las poblaciones de líquenes han desmejorado, ya que estas zonas están usualmente influidas por regulares quemadas y los líquenes muestran especial sensibilidad al fuego (Simpman 1992).

En el trabajo realizado tanto en la Reserva Ecológica El Ángel y la Estación Biológica Guandera se recolectó un total de 426 individuos dentro de los cuadrantes y 218 individuos en colecciones al azar.

Riqueza de macrolíquenes

En La Reserva Ecológica El Ángel se registraron 13 especies pertenecientes a 6 géneros y 6 familias y en La Estación Biológica Guandera 17 especies agrupadas dentro de 8 géneros y 5 familias.

Reserva Ecológica El Ángel

En esta localidad (L1) se colectó un total de 117 individuos agrupados en 6 familias: Baeomycetaceae, Cladiaceae, Cladoniaceae, Collemataceae, Meruliaceae y Peltigeraceae.

Para la familia Baeomycetaceae se registró un género *Phyllobaeis* con la especie *Phyllobaeis imbricata*.

En la familia Cladiaceae un género *Cladia* y una especie *Cladia aggregata*.

Cladoniaceae fue la familia más abundante, se registró un género *Cladonia* con cuatro morfoespecies que corresponden a *Cladonia* sp. 1, *Cladonia* sp. 2, *Cladonia* sp. 3 y *Cladonia* sp. 6.

La Familia Collemataceae con un género *Leptogium* con dos morfoespecies: *Leptogium* sp. 1 y *Leptogium* sp. 2

Para Meruliaceae un género *Dictyonema* y una especie *Dictyonema glabratum*. Para la familia Peltigeraceae un género *Peltigera* con cuatro morfoespecies: *Peltigera* sp. 1, *Peltigera* sp. 2, *Peltigera* sp. 3 y *Peltigera* sp. 4,

Estación Biológica Guandera

Para esta Localidad (L2) se colectó 308 individuos en total, pertenecientes a cinco familias: Baeomycetaceae, Cladiaceae, Cladoniaceae, Meruliaceae y Parmeliaceae. (Tabla 2)

La familia Baeomycetaceae registró dos géneros: *Baeomyces* y *Phyllobaeis* cada uno con una especie: *Baeomyces rufus* y *Phyllobaeis imbricata*.

Para la familia Cladiaceae se determinaron dos géneros: *Cladia* con una especie *Cladia aggregata* y *Cladina* con una morfoespecie.

Cladoniaceae con un género *Cladonia* y diez morfoespecies: *Cladonia* sp. 1, *Cladonia* sp. 2, *Cladonia* sp. 3, *Cladonia* sp. 4, *Cladonia* sp. 5, *Cladonia* sp. 6, *Cladonia* sp. 7, *Cladonia* sp. 8, *Cladonia* sp. 10, *Cladonia* sp.11.

Meruliaceae con un género *Dictyonema* y una especie *Dictyonema glabratum*. Y la familia Parmeliaceae con dos géneros *Hypotrachyna* y *Usnea* cada uno con una morfoespecie.

El páramo de frailejones de la Estación Biológica Guandera es más rico en especies de macrolíquenes que el de la Reserva Ecológica El Ángel, posiblemente este fenómeno se deba a que la Reserva Ecológica El Ángel es sometida a quemas más frecuentes en relación a la Estación Biológica Guandera factor que indudablemente afecta a los macrolíquenes.

Cabe enfatizar que el 99 % de los especímenes recolectados corresponden al sustrato terrícola. En este tipo de sustrato los cambios en la densidad de la vegetación, inundaciones, acumulación de humus, detritus y piedras, la composición química y el Ph juegan un papel muy importante en el desarrollo de los individuos y las comunidades (Brodo 1973).

Hale (1983) concluyó que aproximadamente el 60 % de la variación en las comunidades de líquenes se debe a factores de sustrato mientras el 40% al microclima, por lo tanto las quemas frecuentes del páramo del Ángel afectan directamente a las poblaciones de líquenes que a diferencia de algunas plantas vasculares no han desarrollado un mecanismo de protección.

El crecimiento de los líquenes es lento ya que tienen la capacidad de suspender su metabolismo y está directamente influenciado por las condiciones del medio, los macrolíquenes colectados en Guandera fueron de tamaño mucho más grandes que los de El Ángel lo que revela el mejor estado de conservación del páramo de frailejones de Guandera, además solamente en El Ángel se pudo registrar a *Peltigera* sp. que es indicadora de hábitats alterados (Umaña & Sipman 2002), se la encuentra en zonas totalmente abiertas muy expuestas a la luz, en sitios donde ha existido desbroce o quemas y *Peltigera* incursiona como colonizadora en el nuevo hábitat.

Distribución altitudinal de macrolíquenes del páramo de frailejones

En el estudio se analizaron tres rangos altitudinales a 3700, 3800 y 3900 m en cada localidad. En las dos zonas la distribución de las especies es muy variable la mayoría de especies comparte su distribución en los tres rangos altitudinales. No se observa una marcada distribución para una determinada especie en cada localidad, pudiendo encontrarse en la Localidad 1, en un solo rango altitudinal y la misma en especie, en la Localidad 2 en los tres rangos.

En la Reserva Ecológica El Ángel se registró a 3700 m 6 especies, en el rango de 3800 m 8 especies y a 3900 m 11 especies. Para la Estación Biológica Guandera a 3700 m 9 especies, en 3800 m 13 especies y a 3900 m 14 especies, la diferencia entre el número de especies para cada rango no es muy grande pero si se puede observar una tendencia a encontrar mayor número de especies a mayor altura es decir a 3900 m.

[IMAGE]

Figura 1: Riqueza de macrolíquenes a diferente altura en la Reserva Ecológica El Ángel

y

[IMAGE]

Figura 2: Riqueza de macrolíquenes a diferente altura en la Estación Biológica Guandera

En los dos lugares de estudio el mayor número de especies se registró en las zonas más altas a 3900 msnm confirmándose lo que menciona Marcano, (1994) que los hongos liquenizados son más comunes a medida que incrementa la altitud y la mayor diversidad líquénica está presente en la faja de páramos de 3000 a 4000 m. Otra causa para que la riqueza sea mayor a 3900 msnm, es que las zonas más altas no son muy afectadas por las quemas ya sea por el difícil acceso o por barreras naturales como pendientes, quebradas, lagunas, como es el caso de El Ángel, en donde estos

elementos actúan como verdaderos cortafuegos evitando el impacto sobre la vegetación.

Índice de Similitud

El muestreo se realizó en la formación vegetal de Páramo de frailejones en las dos Localidades. Se debe tomar en cuenta que las dos reservas guardan diferencias. La primera de ubicación geográfica El Ángel se encuentra en el flanco Este de la Cordillera Occidental y Guandera está en el flanco Oeste de la Cordillera Real (oriental). Esto determina que sus factores microclimáticos sean considerados diferentes.

Además La Reserva Ecológica El Ángel mayoritariamente está formada por páramo de frailejones y aislados parches de bosque montano alto. En cambio la Estación Biológica Guandera está formada por Bosque montano alto que llega hasta más o menos los 3600 m y en un cambio brusco de vegetación, se puede encontrar al páramo de frailejones, esto está influyendo directamente en la cantidad de humedad, la cual es más alta para Guandera. También se debe tomar en cuenta el hecho de la frecuencia de quemadas, que se mencionó anteriormente.

La ubicación geográfica de las Reservas determina una mayor exposición a luz del sol durante el día, este es el caso de la Estación Biológica Guandera. La mayor presencia de luz influye en la distribución de los organismos y para los macrolíquenes resulta ser especialmente importante ya que son fotófilos.

La humedad es otro elemento importante para el desarrollo de las comunidades líquénicas, se debe considerar que en Guandera es donde el nivel de humedad es más elevado debido a la presencia del bosque.

Estos factores climáticos como humedad, temperatura y luz determinan la formación de ambientes apropiados para el mejor desarrollo de los macrolíquenes, esto ayuda a explicar porque el Índice de Similitud es de 45% lo que demuestra que menos de la mitad de las especies se encuentran en las dos zonas, existiendo una marcada diferencia entre los lugares de estudio. Siendo Guandera el lugar de mayor riqueza, además esta zona no está muy presionada por las quemadas a diferencia de El Ángel

Son 7 especies las que comparten El Ángel y Guandera: *Phyllobaeis imbricata*, *Cladia aggregata*, *Cladonia* sp. 1, *Cladonia* sp. 2, *Cladonia* sp. 3, *Cladonia* sp. 6 y *Dictyonema glabratum*.

Solamente en la Reserva Ecológica el Ángel se encontró a: *Leptogium* sp. 1 y sp.2 y a las cuatro morfoespecies de *Peltigera*. En la Estación Biológica Guandera se registró a *Baeomyces rufus*, *Cladonia* sp. 4, *Cladonia* sp. 5, *Cladonia* sp. 6, *Cladonia* sp. 7, *Cladonia* sp. 8, *Cladonia* sp. 10, *Cladonia* sp. 11, *Hypotrachyna* sp. y *Usnea* sp.

Abundancia

En relación a la abundancia en los dos lugares se determinó que el género más abundante fue *Cladonia* en la Reserva Ecológica El Ángel con el 50 % y en la Estación Biológica Guandera con 63% y la especie más abundante en las dos zonas corresponde a *Cladonia* sp. 6.

En los neotrópicos hay cerca de 250 especies de Cladoniaceae de las cuales 47 corresponden solamente a páramos siendo el número de especies mayor en esta zona si se compara con el bosque andino y las tierras bajas tropicales (Ahti, 1992) En el estudio se colectaron 11 especies de *Cladonia*, no se puede hablar de una cifra baja ya que según Ahti, 1992 el páramo de pajonal presenta menor número de especies de *Cladonia*. Es importante mencionar que el segundo más abundante en la Reserva Ecológica El Ángel como se puede observar en el gráfico es *Peltigera* con el 34 %, indicadora de habitats alterados.

[IMAGE]

Figura 3: Géneros de macrolíquenes en la Reserva Ecológica El Ángel

y

[IMAGE]

Figura 4: Géneros de macrolíquenes de La Estación Biológica Guandera

Cobertura

Los líquenes se caracterizan por presentar un crecimiento lento debido a que en circunstancias no favorables del medio suspenden su metabolismo y entran en una fase de latencia. Esto sucede hasta que los factores ambientales permitan su desarrollo normal, entonces en su estado seco,

recuperan humedad y otra vez retoman su ciclo de vida normal, esta capacidad adaptativa de los hongos liquenizados determina que su tamaño se extienda pocos milímetros o centímetros, dependiendo de la especie, cada año. El tamaño de sus talos revela la madurez de estos organismos y también constituyen indicadores del estado del ecosistema.

En el estudio se midió a los individuos presentes en cada cuadrante, se obtuvo un promedio por cada género y se calculó el porcentaje de cobertura de los líquenes terrícolas, en relación al total del área muestreada con lo que se pudo demostrar que la Estación Biológica Guandera se encuentra en mejor estado de conservación ya que los individuos que se encontraron en esta Localidad presentaron mayores porcentajes de cobertura frente a los de la Reserva Ecológica El Ángel los cuales fueron de tamaños menores y presentaron signos de quema.

[IMAGE]

Figura 5: Cobertura de macrolíquenes de la Reserva Ecológica El Ángel

y

[IMAGE]

Figura 6: Cobertura de macrolíquenes de la Estación Biológica Guandera

Los macrolíquenes que mayores coberturas presentaron son: En El Ángel *Cladonia* sp con 51,5 %, seguido de *Peltigera* sp. con el 11% y en la Estación Biológica Guandera: *Dictyonema glabratum* con 68,34 % y *Cladia* sp. con el 62,37 %. Se puede observar en los gráficos una clara diferencia en los porcentajes de cobertura para las dos localidades.

En la Estación Biológica Guandera los porcentajes fueron más altos pudiendo llegar hasta el 68.34%, esto indica que estos macrolíquenes no han sido afectados por las quemadas y el pastoreo, están formando comunidades grandes que cubren el suelo del páramo protegiéndolo de la erosión y ayudando en la captación de agua.

Colecciones al azar

Se realizaron colecciones al azar de macrolíquenes en las dos Localidades para complementar el estudio. Se colectó en diferentes sustratos y hábitats que son parte del páramo de frailejones: parches de bosque, humedales y zonas rocosas. (Tablas 4 y 5).

Las colecciones al azar muestran la necesidad de ampliar los estudios liquenológicos en el páramo de frailejones y otros tipos de páramo, solamente en estas colecciones se registraron 14 Géneros de macrolíquenes, diferentes a los analizados en los cuadrantes.

Los géneros encontrados son: *Leptogium*, *Leprocaulon*, *Thamnolia*, *Lobaria*, *Pseudocyphellaria*, *Sticta*, *Pannaria*, *Alectoria*, *Bulbotrix*, *Everniastrum*, *Oropogon*, *Bunodophoron*, *Stereocaulon*, *Umbilicaria* y *Dibaeis*.

En la Reserva Ecológica El Ángel se registró mayor número de colecciones al azar esto se debe a que éste ecosistema alberga a varias formaciones vegetales que están incluidas dentro del páramo de frailejones: los parches de bosque, humedales y almohadillas o tapetes (Suárez et. al., 2004). Mucho más extensas y numerosas que en Guandera, también la distribución altitudinal de El Ángel es mayor que Guandera, ya que existen zonas que sobrepasan los 4000m de altura.

Conclusiones

Es posible utilizar a los hongos liquenizados como bioindicadores del estado de conservación del páramo, en base a sus tamaños, abundancia y la presencia de determinadas especies. Esto se comprobó con los macrolíquenes colectados en la Estación Biológica Guandera donde fueron más abundantes y presentaron mayores tamaños.

La riqueza de macrolíquenes aumenta proporcionalmente a la altitud es decir que en zonas más altas existe mayor número de macrolíquenes, diversidad que posiblemente es debido a que las zonas más altas son de difícil acceso y están protegidas por barreras naturales como quebradas y lagunas que son importantes para el mantenimiento de la humedad.

Los hongos liquenizados son afectados por las quemadas particularmente los terrícolas que son más sensibles, por esta razón la cobertura de estos fue menor en la Reserva Ecológica El Ángel en donde se observó mayor disturbación del hábitat debido a estas prácticas.

Agradecimientos

Mi reconocimiento especial al Herbario Nacional del Ecuador (QCNE), Corporación Grupo Randi Randi con su proyecto de Manejo Colaborativo de Recursos Naturales en Cuencas Andinas en el Norte del Ecuador (Manrecur III) financiado por el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (IDRC) de Canadá, Fundación Jatun Sacha, Dr. Jaime Aguirre, Dr. Robert Lucking, Dr. Gohn Thor, a Germán Toasa y Jorge Contreras por las fotografías.

Referencias

- Brodo, I. 1973. Substrate ecology. En: Ahmadjian, V. & M. Hale (eds.) 1973. *The lichens*. Academic Press New York. Pp. 401-407
- Hale, M. E. 1983. *The Biology of lichens*. Edward Arnold publishers. Londres. Pp 190
- Krog, H. 1987. Altitudinal zonation of tropical lichens. *Bibl. Lichenol.* 25: 379 - 384
- León - Yáñez, S. 2000. La flora de los páramos ecuatorianos. En: José, C., P. A. Mena y G. Medina (Eds.) 2000. *La biodiversidad de los páramos*. Serie Páramo 7: 5 - 21. GTP/Abya- Yala. Quito.
- Marcano, V. 1994. *Colección Flora Líquénica de los Andes Venezolanos*. Vol.I. Introducción al estudio de los líquenes y su clasificación. FUNDACITE Mérida, pp. 15, 33.
- Rangel, J. O. 2000. *Colombia Diversidad Biótica III. La región de vida paramuna de Colombia*. Universidad Nacional de Colombia. Primera Edición. Editorial Unibiblos. Bogotá, Colombia. pp. 3.
- Suárez, D., M. A. Chinchero & C. Gavilanes. 2004. Caracterización de la Flora y Vegetación del Territorio de la Asociación 23 de Julio dentro de la Reserva Ecológica El Ángel. Página 27, 28 en: Suárez, D. (Ed.). 2004. *Caracterización de la Diversidad Biológica del territorio de la Asociación Trabajadores Agrícolas 23 de Julio dentro de la Reserva Ecológica El Ángel*. Corporación Grupo Randi Randi, Proyecto MANRECUR III/IDRC. Quito
- Umaña, L. & H. Sipman. 2002. *Líquenes de Costa Rica*. Editorial INBio. Costa Rica. pp. 9-11, 21, 23, 25.

Anexo

[IMAGE]

Anexo 1. Ubicación geográfica de las Zonas de Estudio.

Anexo 2. Macrolíquenes comunes del Páramo de Frailejones.

[IMAGE]

Foto 1

[IMAGE]

Foto 2

[IMAGE]

Foto 3

[IMAGE]

Foto 4

Landslides as ecosystem disturbance - their implications and importance in Southern Ecuador

Importancia e Implicación de los Derrumbos Como Perturbadores de Ecosistemas al Sur de Ecuador.

Pablo Lozano^{1*}, Rainer W. Bussmann², Manfred Kueppers³

¹

& 3 Universidad de Hohenheim, Instituto de Botanica y
Jardín Botánico, Garbenstr. 30, D-70599
Stuttgart, Alemania, e-mail: pablo_lozano@hotmail.com

²Universidad

de Hawaii, Harold L. Lyon Arboretum, 3860 Manoa Rd., Honolulu, HI
96822, e-mail: bussmann@hawaii.edu.

*

Autor de correspondencia

February 2006

Download at: <http://www.lyonia.org/downloadPDF.php?pdfID=2.449.1>

Landslides as ecosystem disturbance - their implications and importance in Southern Ecuador

Abstract

Landslides along the Andean mountain chain produce serious damage with widespread environmental and economical effects for the Andean countries. Landslides have a particularly high significance in Southern Ecuador. Only few studies address the causes and effects of landslides, and much more data is needed to understand this phenomenon. In this paper the causes as well of landslides, their shapes in different environments and the environmental effects of landsliding are discussed from the biological and economical point of view. Special attention is given to South Ecuador, where constant landslides are characterized by a distinct vegetation and specialized pioneer flora. The lack of knowledge about gap size, seed bank and other internal or environmental factors does not allow advance mitigation of landslide effects.

Key words: Ecuador, Landslide, Disturbance, Species loss

Resumen

Los derrumbos en las montañas Andinas, han ocasionado serios daños con amplias repercusiones ambientales y efectos económicos para los países andinos. Los derrumbos tienen una particular alta significancia en el sur del Ecuador. Solamente pocos estudios han direccionado las causas y efectos que estos producen, siendo necesario poner más atención en este tipo de estudios. En este trabajo se enfoca las diferentes causas así como las formas que se presentan y las repercusiones en el ambiente, tanto desde el punto de vista biológico así como un análisis económico. Se realiza un enfoque dirigido al sur del Ecuador, sitio de constantes derrumbos, con una flora especializada en colonizar estos ecosistemas perturbados. La falta de atención a factores como tamaños del gap, banco de semillas entre otros intrínsecos y ambientales no nos permite actuar con precaución en la mitigación de sus efectos.

Palabras clave: Ecuador, Derrumbo, Perturbación, Pérdida de especies

Introducción

Por varios años, la recuperación de la vegetación ha sido estudiada como un tópico importante en la ecología de plantas (Peet & Christensen 1980). La investigación de perturbaciones en el ambiente tiene una larga tradición, enfocándose en diferentes impactos, restauración y sucesión (White & Jentsch 2001). Algunos estudios sugieren que las perturbaciones naturales juegan un importante rol en el sustento de la biodiversidad (Christensen *et al.* 1989). Estos procesos de regeneración y sucesión son muy importantes en cambios de merma de bosque causados por actividades humanas, donde la fragmentación de hábitat puede aumentar las tasas de perturbación. (Bergeron & Brisson 1990).

Los derrumbos naturales y antropogénicos son comunes en todos los Andes incluyendo Ecuador, y han producido serios y continuos daños (Benitez 1989). Desafortunadamente muy pocos estudios existen bajo este tema en Ecuador (Ohl & Bussmann 2004; Stern 1992; Benitez 1989). Los derrumbos están influenciados por una serie de factores internos (fenómenos piroclásticos o termoplásticos) y ambientales externos, especialmente clima, inclinación, tipo de suelos, frecuencias de temblores y construcción de carreteras. Estos factores, algunas veces combinados, son la principal fuerza que producen los quebrantamientos terrestres y derrumbes. Las montañas de los Andes siempre han sido afectadas por drásticos procesos climáticos, los cuales influyen directamente movimientos "deslizamientos" de tierra y composición de plantas, como parte de una dinámica natural. Los regimenes de perturbación, tienen ciertas implicaciones en la conservación de ecosistemas e influencia en la pérdida de especies. La invasión de especies nativas o exóticas juegan un importante rol en los procesos de recuperación después de derrumbos.

Caída y Movimientos

En muchas montañas, continuos movimientos de material ocurren sobre colinas inclinadas. "La caída de Rocas" es a menudo usada como el termino general sin más referencia para el material involucrado (Dikau *et al.* 1996). Una caída ocurre cuando en una colina-inclinada natural excede el límite del balance de material que lo compone. La caída puede tener varios causas directas o

indirectas sean estas naturales o antrópicas.

Es importante considerar que los Andes son caracterizados por el levantamiento debido a la convergencia activa de la placa de Nazca (Van der Hammen 1988). Intensa actividad sísmica que ocurre constantemente. El levantamiento promedio es de un metro por cada mil años, rápida erosión ha resultado en amplia distribución de inestables terrenos inclinados (Eriksen *et al.* 1989). La forma del derrumbo "movimiento" y su velocidad tiene interrelación con la naturaleza de la caída, tamaño y proveniencia del material. Diferentes clasificaciones basados en caída tanto en genética o descriptivos aproximaciones son usados (Whalley 1974). La clasificación común más utilizada esta basada en el origen y naturaleza del material, sin embargo varias otras descripciones y sugerencias existen. Por ejemplo Terzaghi (1962), describe los "movimientos" según el tipo de roca, enfocando en el mecanismo de ruptura y la acción del agua en la Roca.

Movimiento y Derrumbo

El termino derrumbo es usado para un movimiento de material o despojo a lo largo de una superficie reconocida (Buma & Van Asch 1996). Al menos dos diferentes tipos de movimientos "desplazamientos" son reconocidos: Rotacional, el cual básicamente se describe como, después de la caída es iniciado, la caída o masa empieza a rotar; y traslacionar, el cual no es una caída circular, pero actúa como un movimiento largamente controlado por la superficie débil entre la estructura de la formación de material de caída. El movimiento de traslación puede ocurrir en tres tipos de material: Roca, material suelto con piedra y suelo. Dependiendo sobre el ángulo, caída y la velocidad, el deslizamiento puede permanecer como un bloque discreto sobre la superficie de caída o romper en material suelto con piedra. Según Varnes (1978), citado en Dikau *et al.* (1997), muestra la siguiente clasificación (Tabla 1):

Tipo de movimiento		Tipo de material			
		Roca-Madre		Ingeniería de suelos	
				Predominante grueso	Predominante fino
Caídas			Caída de Roca	Debris caída	Caída de Tierra
Derribar			Roca derribada	Debris derribado	Tierra derribada
Deslizamiento	Rotacional	Pocas unidades	Caída de Rocas	Caída de Debris	Caída de tierra
	Traslacional	Muchas unidades	Roca bloque derrumbo	Debris deslizamiento de bloques	Movimiento de bloque de tierra
Propagación lateral			Roca derrumbo Roca propagada	Debris caída Debris propagado	Movimiento de tierra Dispersión de tierra
Flujos			Roca fluida (arrastramiento profundo)	Debris fluido	Tierra fluida (arrastramiento de suelo)
Combinación compleja de dos o más tipos principales de movimientos					

Tabla 1. Clasificación de Derrumbos sugerido por Varnes (1978)

Disturbios y Pérdida de Especies

Diferentes tipos de disturbios, tales como fuego, derrumbos, inundaciones, pastoreo, entre otras cambian la organización biológica de los ecosistemas. Los "disturbios juegan un rol crucial en la preservación de la diversidad biótica" (Darwin 1859). Especies desarrollan un diverso espectrum de habilidades relativos a los disturbios (Vogl 1974). Después de un disturbio particular, algunas especies aumentan en numero o invaden, mientras otras merman o se retraen (Walker *et al.*

1999). Especies dominantes y no dominantes pueden aparecer en el mismo grupo funcional y pueden ser similares con respecto a su contribución a función de ecosistemas. Que se conectan en abundancia bajo condiciones ambientales de cambio permitiendo "estabilidad funcional".

América Latina tiene la mayor extensión de bosque tropical (Whitmore 1997), pero también la tasa más alta de deforestación, con aproximadamente 32 millones ha o 0.96%/año. La diversidad de plantas en el Ecuador es considerada extremadamente diversa, con un alto grado de endemismo (Lozano *et al.* 2003; Lozano & Bussmann *in prep*), probablemente se debe a la composición de diferentes linajes, y también influenciados por el ambiente así como factores geográficos (Richter 2003). Varias especies que habitan en las montañas andinas, son restringidas a rangos limitados y altitudes específicas (Young 1994), en algunos casos permitiendo una radiación explosiva como lo reportó Gentry (1982) y Jost (2004). El mejor ejemplo en este sentido son los cinturones de vegetación de la "Reserva San Francisco" en la ceja de montaña del occidente del Parque Podocarpus al sur del Ecuador, donde Bussmann (2002) reportó una extrema diversidad y compleja asociación vegetal. Disturbios en áreas con tales condiciones de especiación afectan el completo ecosistema y requiere "complejos" procesos para su recuperación.

Durante las últimas décadas, el bosque tropical de América está rápidamente siendo alterado y desapareciendo, con una extracción estadística de 2.6 millones ha/año. Su extrema riqueza de biodiversidad se está perdiendo con efectos difíciles de predecir. No existen datos exactos de tasas de deforestación en Ecuador. Algunas sugerencias en pérdidas de bosque están entre 136.000 a 340.000 ha/año (FAO 2001). El sur del Ecuador no muestra una tasa muy alta de deforestación, ya que el mayor aprovechamiento forestal se concentra al nor-oeste del país, sin embargo la deforestación es global con una deforestación agresiva en el sur del Ecuador también.

Sucesión

La sucesión de vegetación usualmente sigue procesos naturales y antrópicos. El término sucesión es usado para describir varios tipos de cambios en la vegetación en diferentes escalas en el tiempo y espacio (Finegan 1984). Los primeros estudios describen la secuencia de especies que sucesivamente invaden un sitio (Cooper 1913), muestran cambios en biomasa, productividad, diversidad y nichos (Odum 1969), mientras otros se enfocan en el estrés físico entre las plantas en competición de recursos como el principal mecanismo que determina el curso de la sucesión (Colinvaux 1973). Además las interacciones competitivas con herbívoros, predadores y agentes patógenos son de importancia crítica en el curso de la sucesión (Connell & Slatyer 1977). La alta red primaria de productividad de sucesión de ecosistemas puede apoyar en gran escala a la población animal (Linares 1976), desde este principio de interacción, sirve como un importante núcleo de establecimiento de especies durante los procesos de sucesión.

Factores del ambiente físico "abioticos" (luz, temperatura, suelo, humedad relativa) activan el funcionamiento fisiológico, por ejemplo de las semillas si las especies pioneras se encuentran en el suelo, en este caso los bancos de semillas tienen ventajas de las perturbaciones, aumentando las condiciones óptimas de la sucesión temprana de las plantas. Existen pocos datos y estudios de rangos de fragmentación. (Young 1994). La distribución y tamaño de los parches, probablemente reflejan dispersión de semillas más que diferencias de sitios (Ewel 1983). Otras consideraciones en sucesión son descritas por Richter (2003), específicamente para el sur de Ecuador. Donde, condiciones climáticas, principalmente humedad y fisiografía de las cadenas montañosas, describen micro-sitios y variedad de ambientes. Esto, combinado con regímenes de frecuencia y diferentes tamaños de perturbación, especialmente "derrumbos", pueden ser considerados óptimos centros para intercambios genéticos como consecuencia de subdivisión de nichos micro-geográficos.

La Sucesión es importante por dos razones: el valor del concepto en el desarrollo de la ecología como ciencia y su enorme potencial en el desarrollo de programas de conservación y explotación de recursos biológicos (Richards, 1976 citado en Finegan, 1984).

La vegetación pionera en derrumbos en el sur de Ecuador muestra a menudo un alto número de especies. 56 familias, 127 géneros y 264 especies se encontraron en derrumbos naturales, mientras que con influencia antrópica se encontró 69 familias, 127 géneros y 313 especies (Lozano & Bussmann 2005).

Disturbios Antrópicos y su Significado Económico

Desde el punto de vista de la ingeniería civil, las montañas a menudo presentan condiciones difíciles para la construcción de carreteras y mantenimiento (Young 1994). Especialmente porque el mantenimiento es políticamente inatractivo comparado la estabilidad que proporcionan los caminos nuevos, en este sentido son esfuerzos mínimos los realizados para mantener la infraestructura existente. Los gastos socio-económicos después de derrumbos por construcción de caminos han

sido estudiados en San. Vincent, Santa. Lucia y Dominica, donde el promedio del costo anual por daños de derrumbos a carreteras varia entre \$115,000 a \$121,000 en años normales (De Graff *et al.* 1989). El promedio del costo anual de investigación de derrumbos, mantenimiento y reparación en toda la isla de Trinidad y Tobago son \$1,26 millones y \$0,96 millones, respectivamente. En un promedio anual el costo de reparación por daños de derrumbos en las carreteras del caribe es \$15 millones. Ericksen *et al.* (1989), indican que en los Andes centrales y sur el promedio anual de daño esta en el orden de varios decenas de millones de dólares. Los mayor derrumbos, que ocurren en intervalos entre 5 a 10 años, pueden causar daños de cientos de millones de dólares, adicionalmente seguros personales claman devolución de daños y perjuicios.

Stern (1992) describe como los temblores de tierra causaron una conmoción nacional socio-económica y desastre ambiental el 05 de marzo de 1987 al Nor-este del Ecuador. Miles de vidas humanas se perdieron después del derrumbo y caída de tierra, Chávez y Lara (1989) estimaron 400000000 m³ de material y Figueroa *et al.* (1987) reporto sobre los 6000000000 m³ de derrumbo de aluvi6n y rocas que fueron depositados y transportados bajo la corriente de los r6os Aguarico y Coca. Treinta y tres Km. de el oleoducto trans-Ecuatoriano y 45 Km., del oleoducto de gas natural, lo cual tomo ocho meses para reparar el da6o. Por otro lado Ben6itez (1989) reporto que un derrumbo junto a Chunchi 1983 bloqueo la v6a Pan-Americana, serios da6os en hogares y perdida de 150 vidas fue el resultado de esta tragedia. El impacto socio-econ6mico relacionado a ganado y agricultura sin considerar vidas humanas, excede los \$4 millones en la d6cada pasada. En el sur de Ecuador "derrumbos" da6an continuamente las v6as, especialmente en la v6a a Zamora y Valladolid. Esto ha dejado serios desastres y grandes perdidas econ6micas.

Conclusiones

Los derrumbos en los Andes Ecuatorianos son amplios y dispersos, principalmente por influencia de la inestabilidad de las pendientes, lo cual combinado con condiciones abi6ticas adversas, as6 como la inapropiada construcci6n de carreteras y otros factores antropog6nicos, resultan en una serie de impactos. Millones de d6lares han sido gastados en las 6ltimas d6cadas en mitigaci6n de derrumbos en Ecuador. La perturbaci6n de cuencas hidrogr6ficas todav6a continua, sin un plan nacional de mitigaci6n o estrategia para la preservaci6n de bosques, que no est6n incluidas en las pol6ticas nacionales.

En los bosques nublados, la sucesi6n en "gap" espacios abiertos, empiezan con una lenta cobertura de musgos y otras cript6gamas, seguido de hierbas (gram6neas especialmente), arbustos y finalmente 6rboles arriban en la etapa final. Varias especies est6n restringidas a estrechas y espec6ficos rangos de elevaciones. La riqueza de especies en el sur del Ecuador indica un alto n6mero de especies pioneras presentes en regeneraci6n entre los rangos (2500 - 2800 m s.n.m.). No obstante a6un no es suficientemente entendido si las perturbaciones act6an como un motor para el mantenimiento de la biodiversidad.

La fragmentaci6n por r6gimenes de disturbios naturales y antropog6nicos, especialmente derrumbos en los Andes del Ecuador, parece usualmente estar ligado a factores legales y econ6micos. Las evaluaciones pol6ticas, deben incluir criterios tales como requerimientos sociales y herramientas de manejo ambiental, aplicadas como un plan constante de mitigaci6n y esfuerzo para la preservaci6n de la biodiversidad.

Agradecimientos

Agradecemos a la "**Fundacion Nacional Alemana para la Investigacion (DFG)**" por apoyar a **este proyecto de investigaci6n** (DFG FOR 402-1/1 TP7 and FOR 402-2/1 A2, as6 tambi6n a la Universidad Nacional de Loja, Departamento de Botanica y Ecolog6a, Herbario LOJA.

Referencias

- Benitez, A. 1989. *Extend and Economic Significance in Ecuador*. Brabb, E.E. & B.L. Harrod (Eds.). *Landslides: Extent and Ecological Significance*. Balkema, Rotterdam.
- Bergeron, Y. & J. Brisson. 1990. Fire regime in red pine stands at the northern limit of the species range. *Ecology* 71, 1352-1364.
- Buma, J. & T. Van Asch. 1996. *Slide Rotational 4: 43-61*. In: Dikau, R.; D. Brunnsden; L. Schrott & M. Ibsen (Eds.). *Landslide Recognition*. Report No. 1 of the European Commission Environment Programme Contract No. EV5V-CT94-0454. Identification, Movement and Causes. Chichester. Pp.

- Bussmann, R.W. 2002. Estudio Fitosociológico de la Vegetación en la Reserva Biológica de San Francisco (ECSF), Zamora Chinchipe. *Herbario Loja* 8.
- Chávez, M.A. & O. Lara. 1989. *Análisis de los deslizamientos catastróficos Producidos por los Sismos de marzo 5 de 1987*. 1° Simposio Suramericano de Deslizamientos, 7-10 agosto, Paipa, Colombia.
- Christensen, N.L.; J.K. Agee; P.F. Brussard.; J. Hughes; D.H. Knight; G.W. Minshall; J.M. Peek; S.J. Pyne; F.J. Swanson; J.W. Thomas; S. Wells; S.W. Williams & H.A. Wright. 1989. Interpreting the Yellowstone fires of 1988. *Bioscience* 39, 678-685.
- Colinvaux, P.A. 1973. *Introduction to Ecology*. Wiley, New York. 621 pp.
- Connell, J.H. & R.O. Slatyer. 1977. *Mechanism of Succession in Natural Communities and Their Role in Community Stability and Organization*. Amer. Natur. 111, 1119-1114.
- Cooper, W. S. 1913. The climax forest of Isle Royale, Lake superior, and it's development. *Bot. Gaz.* 55: 1-235.
- Darwin, C. 1859. *On the Origin of Species by means of natural selection*. John Murray, London.
- De Graff, V.J.; R. Bryce; R.W. Jibson; S. Mora & C.T. Rogers. 1989. Landslides: Their Extent and Significance in the Caribbean. In: Brabb E.E. & B.L. Harrold (Eds.) *Landslides: Extent and Ecological Significance*. Balkema, Rotterdam
- Dikau, R.; D. Brunnsden; L. Schrott & M. Ibsen (Eds.) 1996. *Landslide Recognition*. Report No. 1 of the European Commission Environment Programme Contract No. EV5V-CT94-0454. Identification, Movement and Causes. Chichester. Pp. 251.
- Erikson, G.E.; C.F. Ramirez; J.F. Concha; M.G. Tisnado & B.F. Urquidi. 1989. Landslides hazard in the central and southern Andes: 111-117. In: Brabb, E.E. & B.L. Harrold (Eds.). *Landslides: Extent and Ecological Significance*. Balkema, Rotterdam.
- Ewel, J. 1983. Succession. In: *Ecosystem of the World 14A Tropical Rain Forest Ecosystems. Structure and Functions*. Golley, F.B. (Ed.). Elsevier Scientific Publishing Company. New York. 13, 217-223.
- FAO. 2001. *Estado de la Información Forestal en el Ecuador, Información para el Desarrollo Forestal Sostenible* Monografía de Países, Volumen 7, Santiago, Chile.
- Figueroa, E.; G. Oviedo; C. Vela; R. Sierra; H. Balslev; J. Torres; A. Carrasco & T. de Vries. 1987. *Evaluación del Impacto Ambiental del sismo en la Amazonia*. Fundación Natura. Quito, Ecuador.
- Finegan, B. 1984. Forest Succession. *Nature* 312, 109-113.
- Gentry, A. 1982. Neotropical Floristic Diversity: Phytogeographical Connections Between Central and South America, Pleistocene Climatic Fluctuations, or an Accident of the Andean Orogeny? *Ann. Missouri Botanical Garden* 71, 273-295.
- Jost, L. 2005. Explosive Local Radiation of the Genus *Teagueia* (Orchidaceae) in the Upper Pastaza Watershed of Ecuador. In: Lozano, P.; R.W. Bussmann & H. Navarrete (Eds). *Memorias del II Congreso de Biodiversidad de los Andes y Amazona y IV Ecuatoriano de Botánica*. Fundación Ecuatoriana Para la Investigación de La Botánica FUNBOTANICA, Loja-Ecuador.
- Linares, O.F. 1976. "Garden hunting" in the American tropics. *Human Ecol.* 4, 331-349
- Lozano, P. & R.W. Bussmann. 2005 (In press). Importancia de los deslizamientos en el Parque Nacional Podocarpus, Loja-Ecuador. *Revista Peruana de Biología* 12 (2).
- Lozano, P.; T. Delgado & Z. Aguirre M. 2003. *Estado Actual de la Flora Endémica Exclusiva y su Distribución en el Occidente del Parque Nacional Podocarpus*. Publicaciones de la Fundación Ecuatoriana para la Investigación y Desarrollo de la Botánica. Loja, Ecuador.
- Odum, E.P. 1969. The strategy of ecosystem development. *Science*. 164, 262-270.
- Ohl, C. & R.W. Bussmann. 2004. Recolonisation of Natural Landslides in Tropical Mountains Forest of Southern Ecuador. *Feddes Repertorium* 115 (3-4). 248-264.
- Peet, R.K. & L. Christensen. 1980. Succession: A Population Process. *Vegetation* 43, 131-140.
- Richards, P.W. 1976. *The Tropical Rain Forest*. Cambridge University Press.
- Richter, M. 2003. Using Epiphytes and Soil Temperatures for Eco-Climatic Interpretation in Southern Ecuador. *ERDKUNDE* 57, 161-181.
- Stern, M.J. 1992. *Ecosystem Response to Natural and Anthropogenic Disturbances in the Andean Cloud Forest of Ecuador*. Ph.D. Thesis. University of California.
- Terzaghi, K. 1962. Stability of steep slopes on hard unweathered Roca. *Geotechnique* 12, 251-270.
- Van der Hammen, T. 1988. *South America. Vegetation History*. Kluwer Academic Publisher

- Vogl, R.J. 1974. Effects of fire on grassland. In: Kozlowski T.T. & C.E. Ahlgren (Eds.) *Fire and Ecosystems*. Academy Press, New York, pp. 139-194.
- Walker, B.; A. Kinzing & J. Langridge. 1999. Plant attribute diversity, resilience, and ecosystem function: the nature and significance of dominant and minor species. *Ecosystems* 2, 95-113.
- Whalley, W.B. 1974. The mechanics of high magnitude low frequency Roca failure and its importance in a mountainous area. *Geogr. Papers*, Reading University. 27, p. 48.
- White, P. & A. Jentsch. 2001. The Search for Generality in Studies of Disturbance and Ecosystem Dynamics. *Progress in Botany* 62, 399-449.
- Whitmore, T.C. 1997. Tropical Forest Disturbance, Disappearance, and Species Loss Pp.3-12 In: Laurence, W. & R. Bierregaard (Eds.). *Tropical Forest Remnants*. The University of Chicago Press, London.
- Young, K. 1994. Roads and Environmental Degradation of Tropical Montane Forest. *Conservation Biology* 8 (4), 972-976.

Preliminary study on the Taxonomic Significance of the Number of Spores per Sporangia of the filmy ferns family (Hymenophyllaceae)

Estudio Preliminar sobre la Significancia Taxonómica del Número de Esporas por Esporangio en las Hymenophyllaceae

Paola Pozo García¹ & Robbin C. Morán²

¹ Organización
de Estudios Tropicales (OET), La Universidad de Costa Rica y
Fundación Charles Darwin (FCD) www.ots.ac.cr
; www.darwinfoundation.org
. Charles Darwin Research Station, Apart.
17-1-3891, Quito, Ecuador, ppozo@fcdarwin.org.ec
² Curator of Ferns at the New York Botanical Garden. 200th
Street & Southern Blvd.
Bronx, NY 10458-5126 U.S.A.
rmoran@nybg.org

February 2006

Download at: <http://www.lyonia.org/downloadPDF.php?pdfID=2.462.1>

Preliminary study on the Taxonomic Significance of the Number of Spores per Sporangia of the filmy ferns family (Hymenophyllaceae)

Resumen

El número de esporas por esporangio en el 80% de los helechos (Polypodiales) es 64; no obstante, este número es variable en Hymenophyllaceae. Al realizar un conteo de las esporas de 17 especies de Hymenophyllaceae en Costa Rica, se encontró que el número de esporas por esporangio variaba en un rango de 24 a 240. El carácter tuvo poca significancia taxonómica a nivel genérico, sin permitir distinción entre *Trichomanes* e *Hymenophyllum*, al igual que sus subgrupos. Fortuitamente, se logró encontrar una diferencia clara entre dos especies cercanamente emparentadas, *H. fucooides* y *H. tunbridgense*.

Palabras Claves: Esporas, Sporangios, Hymenophyllaceae, *Hymenophyllum*, *Trichomanes*.

Abstract

The number of spores per sporangium in 80% of the ferns (Polypodiales) is 64; however, this number is variable in Hymenophyllaceae. I collected 17 species of Hymenophyllaceae in Costa Rica in order to count their spores. The number of spores per sporangium varied within a range of 24 to 240. The character resulted of little taxonomic significance at generic level, not allowing distinction between *Trichomanes* and *Hymenophyllum*, nor of their sub-groups. One clear difference was unexpectedly found between two closely related species, *H. tunbridgense* and *H. fucooides*.

Key words: Spores, Sporangia, Hymenophyllaceae, *Hymenophyllum*, *Trichomanes*.

Introducción

La espora es la célula reproductiva asexual de un helecho, resultado de un proceso de división celular (meiosis) producido en el esporangio, partiendo de 16 *meгаesporocitos* o células madres diploides ($2n$), que al dividirse dará lugar a 4 células hijas haploides (n) (Morán, 2004).

Dentro del grupo de los helechos Eusporangiados o helechos verdaderos el número de esporas por esporangio generalmente es múltiplos de cuatro (16, 32, 64, 128, 256 y 512), sin embargo en la mayoría (80%) de las especies usualmente es 64 (Moran, 2005). Sin embargo Bower (1926), menciona que el número de esporas por esporangio en la familia Hymenophyllaceae es extremadamente variable, reportando en sus resultados un rango de variación entre 32 y 421 esporas.

La monofilia de la familia Hymenophyllaceae no ha sido discutida y los análisis cladísticos están bien soportados (rbcL). Los caracteres sinapomórficos que agrupan a los taxones son dos, una lámina con una sola fila de células y esporas de color verde. Esta familia tiene cerca de 600 especies las mismas que podrían clasificarse tanto en 2 géneros como en 42 (Pacheco, L. & Riba, R., 1991). Aunque existe una evidente dicotomía basal para soportar a *Trichomanes* e *Hymenophyllum* como géneros, muchos pteridólogos, basándose en la diversidad morfológica de los taxones proponen la adición de más géneros tradicionalmente tratados como subgéneros (Moran, 2005).

Las mayoría de las especies de Hymenophyllaceae tienen una distribución Pantrópica, y en menor grado en regiones templadas, generalmente en bosques húmedos (Pacheco, L. & Riba, R., 1991). Principalmente son especies epífitas, pero también es posible encontrarlas como terrestres, epipébricas y a veces como hemiepífitas (Pacheco, 1995). Esta diversidad morfológica y ecológica, ha impulsado estudios generales sobre diversidad ecológica y tendencias de adaptación en los hábitos de los helecho tropicales (Dubuisson, 2003).

El propósito de este estudio fue hacer un relevamiento de las especies de Hymenophyllaceae más comunes en las estaciones biológicas de Las Cruces, Savegre, Cerro de la Muerte y la Selva para determinar si la variación en número de esporas tiene significancia taxonómica a nivel de los subgrupos de *Trichomanes* e *Hymenophyllum*.

Métodos

Sitios: La investigación se realizó en Costa Rica, en cuatro tipos de bosque: Tropical Pluvial Premontano (Estación Biológica Las Cruces, 1180 m.s.n.m.), Montano húmedo (Albergue Montaña Savegre, 2100 m.s.n.m.), Páramo (Cerro de la Muerte, 3300 m.s.n.m.) y Bosque Tropical muy húmedo (Estación Biológica La Selva, 35-150 m.s.n.m.).

Trabajo de Campo: Los especímenes utilizados para el estudio fueron colectados en las caminatas por los principales senderos ecológicos en cada estación biológica visitada. El material vegetal utilizado para este estudio debía ser únicamente vivo y para ello se usó bolsas plásticas herméticas que mantuvieron los soros en un estado óptimo aproximadamente por 10 días.

Trabajo de Laboratorio: Para obtener el número de esporas, se realizó un conteo de las mismas en los esporangios que aún se encontraban cerrados y óptimos para el estudio. Se tomaron mínimo 2 individuos por especie, y los esporangios fueron extraídos de individuos y esporofitos diferentes tratando en lo posible que existan mínimo 2 réplicas por especie, en las mejores condiciones se lograron contar las esporas de 4 esporangios por especie. Los limitantes para estandarizar el tamaño de la muestra fueron las posibilidades de encontrar esporofitos fértiles con esporangios cerrados y el tiempo para realizar un conteo exacto. Para el proceso a nivel microscópico, se utilizaron técnicas de aislamiento para evitar que ingresen en el portaobjetos esporas liberadas de otros esporangios. El medio acuoso utilizado fue agua y en algunos casos especialmente con taxones del género *Hymenophyllum*, fue necesario usar azul de metileno para teñir esporas translúcidas. El poder de ampliación del microscopio que generalmente se usó fue el de 40 X y 100X, pero al observar esporas translúcidas o pequeñas fue necesario usar el lente de 400X.

Trabajo de herbario: Los ejemplares colectados fueron identificados y sus replicas fueron ingresadas en la base de datos de los herbarios del Instituto de Biodiversidad (INBio), Museo Nacional de Costa Rica (CR) y New York Botanical Garden.

Análisis y Mapeo filogenético: Los datos fueron registrados en una base de datos de Excel.

Para el mapeo cladístico del carácter número de esporas por esporangio, se utilizaron los cladogramas del género *Trichomanes* (Dubuisson, en prensa 2005) e *Hymenophyllum* (Hennequin 2002).

Resultados

Se lograron encontrar 18 especies de Hymenophyllaceae. Dentro del género *Trichomanes* se encontraron 12 especies y en el género *Hymenophyllum* 6. La factibilidad para encontrar esporofitos maduros fue óptima a excepción de *Trichomanes membranaceum*.

El rango de variación del número de esporas por esporangio en las 17 especies observadas fue de 24 a 240 esporas. Los límites del conteo fueron representados por las especies *Hymenophyllum hirsutum* e *H. tunbridgense*

Quince especies presentaron variación en sus conteos, no obstante las especies constantes en su número de esporas fueron: *Trichomanes elegans*, *T. collariatum*, *T. diaphanum* e *Hymenophyllum myriocarpum* (Tabla 1).

Para la identificación morfológica de las especies se utilizaron claves botánicas de las referencias citadas. Todas las especies fueron identificadas sin mayor dificultad a excepción de *Hymenophyllum fucoides* e *H. tunbridgense*, especies cercanamente emparentadas (Mickel & Beitel 1998).

Tabla 1:

Taxón	Subgéneros	Número de esporas por esporangio	Área de Estudio	Hábito	Sustrato
<i>Hymenophyllum fucoides</i> (Sw.) Sw.	Hymenophyllum	52,91	SA	Epífita	Angiosperma
<i>Hymenophyllum fragile</i> (Hedw) C.V. Morton	Spherozionium	40,50	LC	Epífita	<i>Alsophila</i>

<i>Hymenophyllum hirsutum</i> (L.) Sw.	Spherozionium	24,56	LC	Epífita	<i>Alsophila</i>
<i>Hymenophyllum myriocarpum</i> Hooker	Mecodium	28,28	SA, MU	Epífita, Epipéfrica	<i>Escallonia</i>
<i>Hymenophyllum polyanthos</i> (Sw.) Sw var. polyanthos	Mecodium	66,76	LC	Epífita	<i>Alsophila</i>
<i>Hymenophyllum tunbridgense</i> (L.) J. E. Smith	Hymenophyllum	228, 240	MU	Epífita	<i>Escallonia</i>
<i>Trichomanes crispum</i> Kunth in Humb.	Trichomanes	51,52,52,56	LC	Epífita	<i>Alsophila</i>
<i>Trichomanes diaphanum</i> Kunth in Humb.	Polyphlebium	40,40	LC	Epífita	<i>Alsophila</i>
<i>Trichomanes elegans</i> Rich.	Trichomanes	57,57	SE	Epipéfrica	Roca
<i>Trichomanes godmanii</i> Hooker	Dydimoglossum	24,36	SE	Epífita	<i>Welfia regia</i>
<i>Trichomanes kapplerianum</i> Sturm in Mart.	Dydimoglossum	41,44,51	SE	Epífita	<i>Rollinia pittieri</i>
<i>Trichomanes membranaceum</i> L.	Dydimoglossum	0	SE	Epipéfrica	Piedras grandes
<i>Trichomanes polypodioides</i> L.	Trichomanes	28,28,56	LC	Epífita	<i>Alsophila</i>
<i>Trichomanes capillaceum</i> L.	Callistopteris	48,60	LC, SA	Epífita	<i>Alsophila</i>
<i>Trichomanes collariatum</i> van den Bosch	Vandenboquia	32,32	SE	Hemiepífita; epipéfrica	<i>Pentachletra</i>
<i>Trichomanes krausii</i> Hook. & Grev.	Dydimoglossum	53,64	LC	Epífita	<i>Alsophila</i>
<i>Trichomanes radicans</i> Sw.	Vandenboquia	30,36,40	SA, MU	Epífita y Epipéfrica	<i>Escallonia</i> ; en pequeñas cuevas.
<i>Trichomanes reptans</i> Sw.	Dydimoglossum	44,48,51,64	LC, SE	Epífita	<i>Alsophila</i>

Discusión

Los resultados obtenidos se relacionan con las observaciones hechas por Bower (1926) en cuanto a la variación en los rangos del número de esporas por esporangio dentro de los subgrupos de los géneros e incluso en la misma especie, siendo esto un carácter no común en los helechos. El mapeo del carácter número de esporas por esporangio en el cladograma elaborado por Dubuisson (2005 en prensa) demostró que la variación de dicho carácter carece de significancia taxonómica tanto a nivel genérico como subgenérico (Figura 1); lo mismo sucedió con las pocas especies encontradas para el género *Hymenophyllum* al mapearlas en el árbol filogenético molecular de Hennequin (Figura 2). Sin embargo los resultados sirvieron inesperadamente para encontrar una marcada diferencia entre las especies emparentadas *H. fucoides* y *H. tunbridgense*

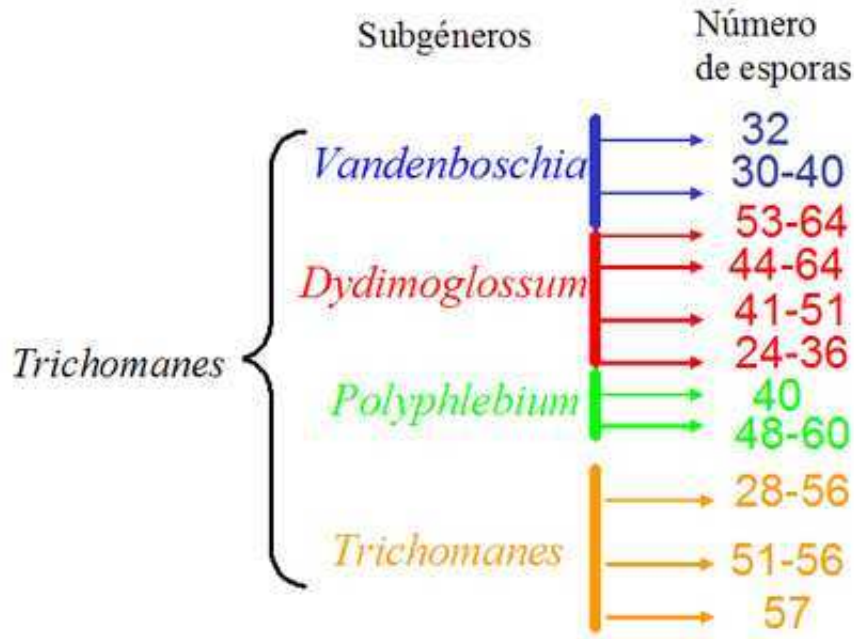


Figura 1: Mapeo del número de esporas por esporangio en los sub-grupos del género *Trichomanes*. Cada rango pertenece a una especie, de las utilizadas para el presente estudio.

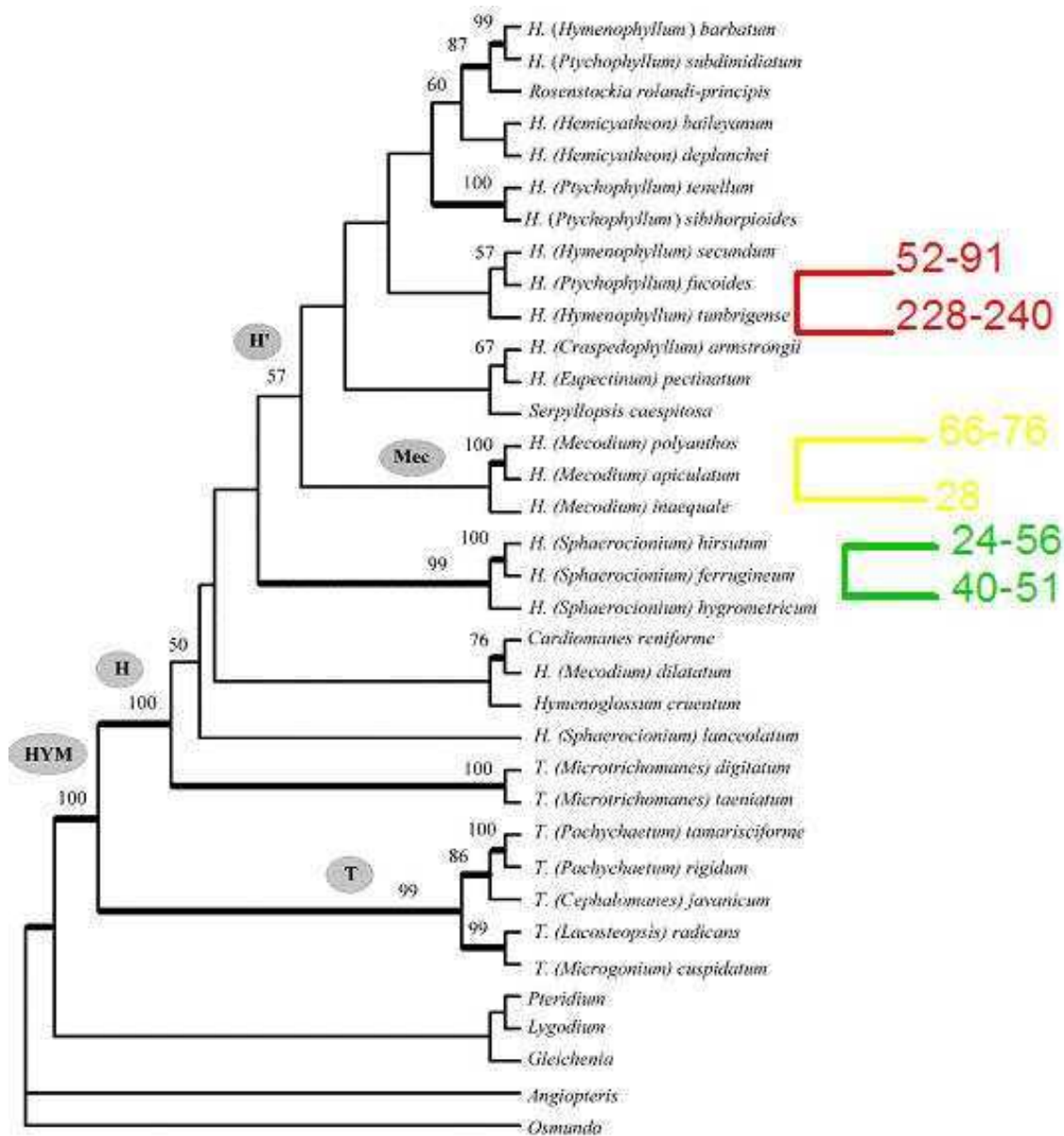


Figura 2: Mapeo del número de esporas por esporangio sobre el cladograma del género *Hymenophyllum* (Hennequin et al. 2002).

Hymenophyllum fucoides *H. tunbridgensis*, "con frecuencia suelen ser confundidas" (Pacheco 1995) menciona que las distinciones morfológicas, al igual que los rangos geográficos, no se han resuelto en forma precisa.

La morfología comparativa de estas dos especies nos indica que la sinapomorfía que las emparentan, son últimos segmentos con márgenes aserrados o serulados; mientras que los caracteres que las dividen son: la orientación del soro respecto a la lámina, la longitud del pedúnculo y la anchura de los segmentos. Los estados de cada carácter podrían causar confusión e incertidumbre al ubicar a los especímenes en el taxón indicado. Tal es el caso del tamaño para la "anchura del segmento", carácter mencionado en la mayoría de las claves botánicas, en donde *Hymenophyllum tunbridgensis* es de 0.5 - 0.9 (1) mm. e *H. fucoides* es de 1-1.5 mm. (Mickel & Beitel 1998).

No obstante, si la comparación entre estas dos especies se realiza en función al carácter número de esporas por esporangio, la diferencia es marcada y amplia. *H. fucoides* presentó 91 esporas por esporangio como el valor más alto, mientras que *H. tunbridgensis* presentó cuentas de 228 y 240. Además era notorio otras diferencias como el tamaño, y coloración de las esporas. Estos datos no han sido reportados en la literatura (Figura 3)

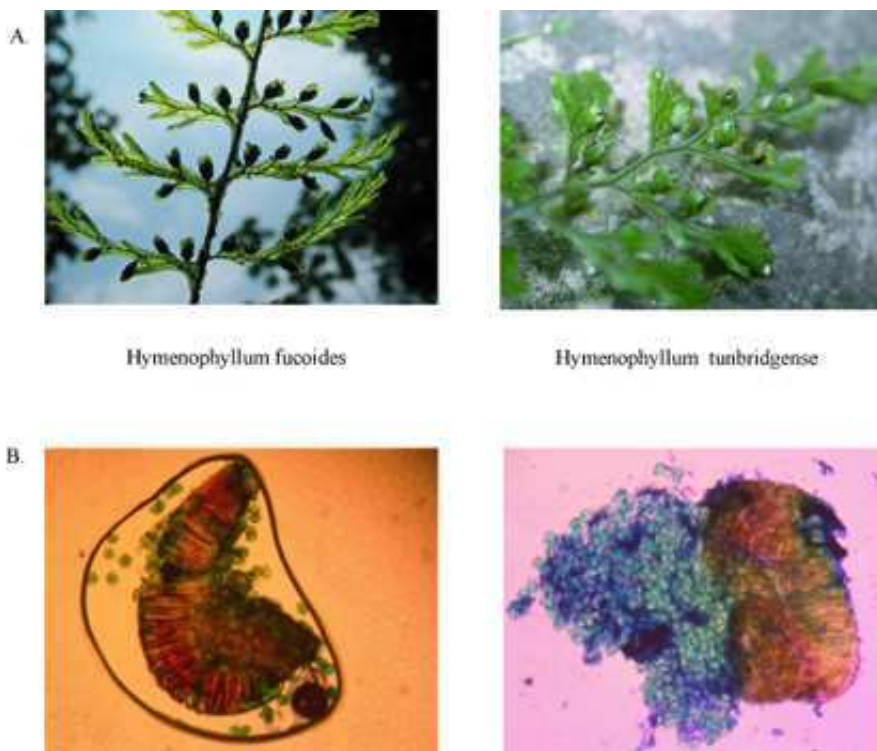


Figura 3: A. Esporofito fértil, B. Esporangios liberando esporas.

Es importante tener en cuenta que los resultados y discusiones versadas responden a un estudio exploratorio. Para futuras investigaciones que aborden este tema se recomienda: 1) ampliar el rango geográfico para descartar una significancia geográfica del carácter número de esporas por esporangio; 2) incrementar el tamaño de la muestra, con un mayor número de conteos de esporas por especie; 3) precisar datos en cuanto al color, forma y tamaño de las esporas para establecer una constancia en la diferencia entre *H. fucoides* e *H. tunbridgense*.

Referencias

- Bower, F.O. 1926. *The Ferns (Filicales)*. Vol. 2. Cambridge Univ. Press, United Kingdom. Pp: 243-244.
- Dubuisson, J.Y. 2005. Árbol filogenético del género *Trichomanes*. Universidad de Paris, Francia, (datos en prensa).
- Dubuisson J-Y.1; et al. 2003. Ecological Diversity and Adaptive Tendencies in the Tropical Fern *Trichomanes* L. (Hymenophyllaceae) with Special Reference to climbing and epiphytic habits. *Botanical Journal of the Linnean Society*.Vol.142. (1): 41-63(23).
- Hennequin, S., A. Ebihara, M. Ito, K. Iwatsuki & J.-Y. Dubuisson. 2003. Molecular systematics of the fern genus *Hymenophyllum* s.l. (Hymenophyllaceae) based on chloroplastic coding and noncoding regions. *Molecular Phylogenetic*. 27: 283-301.
- Lellinger, D. 1989. "The Ferns and Fern-allies of Costa Rica, Panama, and the Chocó (Part 1: Psilotaceae through Dicksoniaceae)". *Pteridología*, 2A.: 185-228.
- Mickel, J.T. & J. Beitel. 1988. *Pteridophyta Flora of Oaxaca, Mexico*. The New York Botanical Garden. *Memoirs of the New York Botanical Garden*, 46: 211-218.
- Moran, R.C. 2004. *A Natural History of FERNS*. Portland-Cambridge. Timber Press. Inc. Portland, Oregon U.S.A. Pp: 15-42.
- Moran, R.C. 2005. *Géneros Neotropicales de Licofitos y Helechos*. Una Guía para Estudiantes. Organización Para Estudios Tropicales, San José [manual fotocopiado para el curso OET 05-9].
- Pacheco, L. & R. Riba. 1991. Hymenophyllaceae. *Flora de Veracruz*. Fascículo 63. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz-Mexico. Editorial Futura S.A. Pág. 54.
- Pacheco, L. 1995. Hymenophyllaceae. Pp. 62-83. En: R. C. Moran & R. Riba (eds). *Flora de Mesoamérica*, Vol. 1. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria, Mexico, D.F..

Rarity of an endemic species in Ecuador

Rareza de una especie endémica en el Ecuador

Tanya P. Montenegro Armijos

Jardín Botánico
de Guayaquil, Ave. Francisco de Orellana, Urbanización "Las
Orquídeas", Guayaquil, Guayas, Ecuador. Correo-e:
galvesia@yahoo.com

February 2006

Download at: <http://www.lyonia.org/downloadPDF.php?pdfID=2.464.1>

Rarity of an endemic species in Ecuador

Resumen

La abundancia y distribución son parámetros utilizados para identificar a las especies raras. La rareza de las especies, y por ende su distribución y abundancia, puede deberse tanto a factores intrínsecos como extrínsecos. Este estudio reporta el número total de individuos adultos y el rango de distribución geográfica de *Ecuadendron acosta-solisianum*, una leguminosa arbórea, endémica de las tierras bajas de la Costa del Ecuador. Así también, analiza la influencia de las actividades antropogénicas en la reducción de la distribución espacial de *Ecuadendron*. El tamaño de sus poblaciones fue determinado usando transectos variables ubicados en tres sitios al suroeste del Ecuador. Su distribución espacial fue hipotetizada utilizando un modelo del nicho ecológico (DOMAIN®), puntos georeferenciados, cuatro variables climáticas y Sistemas de Información Geográfica (SIG). Datos del uso de la tierra (LU/LC) y herramientas provistas por ArcGIS® v. 9, permitió estimar la pérdida del hábitat para la especie en estudio. *Ecuadendron* fue encontrado raro en la naturaleza debido a su bajo número de individuos adultos (< 200) y por su estrecho rango de distribución geográfica. El modelo espacial distribucional no sugiere la presencia de esta especie una región que no sea diferente a las tierras bajas de la Costa. Por actividades antropogénicas, *Ecuadendron* a perdido ~90% de su hábitat natural.

Palabras claves: *Ecuadendron*, tamaño de la población, distribución espacial, modelo del nicho ecológico, pérdida del hábitat.

Abstract

Abundance and distribution are commonly found in the literature as standards to identify rare species. A species may be rare either by factors intrinsic to the species' biology or its rarity may be due to anthropogenic factors. The present study reports the rarity of *Ecuadendron acosta-solisianum*, a newly described species of tree endemic to lowland coastal Ecuador. The population size of *Ecuadendron* was estimated using transects of variable area at Churute 1, Churute 2 and Manta Real study sites in southwestern Ecuador. The geographic distribution of this species was hypothesized applying an ecological-niche model, DOMAIN®, based on georeferenced points from fieldwork and from herbarium specimens. Four climatic variables were used to the prediction model. In addition, reduction in population size and spatial distributional range of *Ecuadendron* was inferred from estimations of habitat loss where Geographic Information Systems (GIS) tools, the predictive model and Land Use/Land Cover (LU/LC) data were combined. *Ecuadendron* was found in low abundance (< 200) at all of the study areas. The ecological niche model does not suggest occurrence of this species in a region different from coastal Ecuador. Due to past and present land conversion, *Ecuadendron* has lost almost 90% of its predicted natural habitat.

Keywords: *Ecuadendron*, population size, spatial distribution, ecological niche model, habitat loss.

Introducción

El considerar el número de individuos en la evaluación del estado de conservación de las especies es esencial debido a las consecuencias genéticas y demográficas que presentan las especies con poblaciones de tamaño pequeño (Watkinson & Harper 1978; Goodman 1987; Carulli & Furbrothers 1988; Menges 1991). Se hipotetiza que la vulnerabilidad a los eventos ambientales, demográficos y genéticos al azar son aún más fuertes para las especies con poblaciones pequeñas. De allí que, se piensa que las especies raras (en términos de abundancia) son más propensas a la extinción (MacArthur & Wilson 1967; Terborgh & Winter 1980; Nitecki 1984; Shaffer & Samson 1985; Soulé 1987; Lande 1988; McKinney 1997). En el caso específico de las plantas, los estudios empíricos sugieren que las poblaciones pequeñas podrían tener consecuencias en los procesos ecológicos tales como polinización (Feinsinger et al. 1991; Kunin 1993; Ågren 1996; Hendrix & Kyhl 2000), y esto podría influenciar en los procesos evolutivos de la especie (Kunin 1997; Matthies et al. 2004). Cuando las especies de plantas son encontradas en bajo número, es posible también que presenten rangos geográficos restringidos (Main 1981; Reveal 1981; New 2000; pero ver Blackburn & Gaston 1997; Gaston

1997), los cuales son el resultado de requerimientos ecológicos también restringidos o específicos. En este sentido, se piensa que los modelos del nicho ecológico son claves en estructurar la abundancia y la distribución geográfica de las especies. Por ello, aunque los factores abióticos no son los únicos que determinan el nicho ecológico de una especie dada, estos pueden ser mapeados en áreas geográficas específicas, y por lo consiguiente son comúnmente usados en los modelos para determinar la distribución de especies (Carpenter et al. 1993).

En 1998, *Ecuadendron acosta-solisianum* D. A. Neill (Fabaceae), fue descrito como un género monotípico endémico de las Tierras Bajas del oeste del Ecuador (Neill 1998). Esta especie no solo es el único representante arbóreo endémico a nivel de género, sino que además esta catalogado como En Peligro en la naturaleza de acuerdo al Libro Rojo de las plantas endémicas del Ecuador (Valencia et al. 2000). En aquella primera descripción *Ecuadendron* fue reportado con un número total de individuos adultos menor a 100, en un rango elevacional de 300 - 350-m snm restringido a bosques húmedos y muy húmedos de la Costa ecuatoriana. Las poblaciones reportadas llegaban a tres, repartidas entre las provincias Esmeraldas, Guayas y Cañar (Neill 1998). Sin embargo, dado que poblaciones adicionales fueron encontradas en las provincias Guayas y Azuay, el presente estudio tiene como objetivo utilizar el tamaño poblacional y la distribución espacial real y potencial como parámetros para actualizar el estado de conservación de *Ecuadendron*. También se estimará la pérdida del hábitat para esta especie, en vista de que su bajo número de individuos y su distribución geográfica restringida podrían deberse a agentes extrínsecos, tales como, las actividades antropogénicas que han ejercido presión sobre los recursos naturales por décadas en esta región.

Materiales y Métodos

Especie en estudio

Ecuadendron acosta-solisianum, es un árbol de dosel de aproximadamente 30m de alto cercanamente relacionado con *Macrolobium* y *Brownea* en la subfamilia Caesalpinioideae (Herendeen et al. 2003). Su corteza es café claro y su madera es densa y dura en la madurez. Sus hojas son enteras paripinnadas con pulvínulo basal. La inflorescencia es péndula, con ~50 flores resupinadas y puede llegar a medir hasta 2 m de largo, esta resupinación de las flores sugiere polinización por murciélagos (Neill 1998). Las semillas son grandes (2 - 3.0cm x 2.5 - 5.0cm), sin arilo ni endospermo y se presentan generalmente de 4 - 9 por legumbre. Se desconoce el dispersor aunque el tamaño de la semilla sugiere dispersión por roedores.



Figura 1: Inflorescencia péndula de *Ecuadendron acosta-solisianum*. Sus estructuras florales sugieren polinización por murciélagos

Area de estudio

Este estudio fue realizado en cinco cerros de la Reserva Ecológica "Manglares-Churute" (02°24'S, 79°40'W), perteneciente a la provincia Guayas, y en ocho haciendas en las cercanías del poblado de Manta Real, (02°33' S, 79°21'W), provincia Azuay y Cañar



Figura 2: Ubicación de las áreas de estudio. Cerros de la Reserva Ecológica Manglares-Churute, Provincia Guayas, y propiedades en las provincias Azuay y Cañar alrededor del poblado de Manta Real. Los cerros de la R. E. Manglares-Churute correspondieron a: cerro Masvale y Pancho Diablo, considerados como Churute 1, y Perequeté Grande, Simalón y El Mate, considerados como Churute 2

Los cerros de la Reserva Ecológica Manglares-Churute (REMCh) correspondieron a: cerro Masvale, Pancho Diablo, Perequeté Grande, Simalón y El Mate. De éstos el pico más alto correspondió al cerro Pancho Diablo (727m). Todos ellos son parte de "La Cordillera de Churute" que recibe la influencia de las subcuencas del Bulubulu-Taura, en el norte, y Churute, en el sur. La precipitación anual varía entre 1000 y 1500mm (Mejía et al. 1990), con concentraciones de lluvia entre Enero y Abril. Se estima una temperatura media anual de 25.6° C. La humedad mínima, media y máxima se ha registrado como 70%, 80%, y 85%, respectivamente. Los tipos de vegetación corresponden a Bosque Semidecíduo de Tierras Bajas de la Costa y Bosque Siempreverde de Tierras Bajas de la Costa (Sierra 1999). Sobre los 450-m snm, los cerros Masvale, Pancho Diablo y Simalón se caracterizan por presentar una bruma densa y una garúa persistente (INEFAN - FUNDACION NATURA / ECOLAP/USFQ 1999).

Las haciendas en el sector de Manta Real se encuentran entre un rango altitudinal de 300m - 1105m, distribuidas entre un complejo de montañas con uno de los más grandes remanentes de

bosque al occidente de los Andes. La temperatura anual varía entre 18°C y 22°C; C (Factos 2000). La estación lluviosa va de Diciembre a Abril. La vegetación de esta área corresponde a Bosque Siempreverde de Tierras Bajas de la Costa y Bosque Siempreverde Piemontano de la Costa (Sierra 1999).

Todas estas áreas pertenecen al complejo "Darién-Chocó-Western Ecuador" considerado como uno de los mundialmente conocidos "hotspots" (Mittermeier 1999; Myers et al. 2000).

Diseño del estudio

El trabajo de campo se condujo desde Junio hasta mediados de Agosto de 2003. Dos de los cinco cerros de la REMCh (Masvale y Pancho Diablo) fueron tratados como Churute 1, y el resto de cerros (Perequeté Grande, Simalón y Mate) como Churute 2. Las propiedades privadas en las cercanías de Manta Real comprendieron la tercera área de estudio.

Para estimar el tamaño de la población de *Ecuadendron*, establecí transectos variables (Foster et al. 1998; Peña-Claros 2003) a lo largo de un rango total altitudinal de 20m - 1105m [[Tabla 1]], considerando las tres áreas de estudio juntas. Este método es una técnica de muestreo flexible que permite fijar un número de individuos indistintamente del tamaño del área. Para este estudio, utilicé 50 individuos adultos por transecto como estándar para delimitar el largo del transecto. Los transectos empezaron a 20-m snm en Churute 1 y en Churute 2, y a 300-m snm en Manta Real. A lo largo de cada transecto, primero busqué los individuos adultos en una distancia de hasta 500-m desde la línea central del transecto. El muestreo completo en cada transecto se llevó a cabo por varios días.

Para predecir la distribución espacial potencial de *Ecuadendron acosta-solisianum* apliqué el modelo del nicho ecológico DOMAIN® 1.4 (Carpenter et al. 1993), el cual mapea áreas de similitud y produce patrones de distribución usando registros de ocurrencia y un limitado número de atributos biofísicos (Carpenter et al. 1993, Loiselle et al. 2003). Para este modelo, utilicé 142 puntos georeferenciados de presencia de la especie y cuatro variables bioclimáticas, datum WGS84, a 30 segundos de resolución espacial, obtenidas de la base de datos WorldClim 1.3 (Hijmans et al. 2004). Las variables bioclimáticas escogidas representan una combinación de temperatura, precipitación y humedad en diferentes épocas del año, y correspondieron a: 1) Temperatura promedio del cuarto más húmedo, 2) Temperatura promedio del cuarto más seco, 3) Precipitación del cuarto más cálido, y 4) Precipitación del cuarto más frío. Un cuarto representa un período de tres meses. El modelo predictivo final fue preparado utilizando las herramientas del programa de ESRI®, ArcMap™ 8.2

Análisis de datos

Para estimar el área muestreada se usó las herramientas del ESRI® ArcMap™ 9.0 creando un polígono con los puntos georeferenciados más externos de cada transecto. Para el modelo de distribución potencial se convirtió el mapa predictivo DOMAIN® en un mapa binario asignando nuevos valores a todas las celdas. Así, las celdas con valores < 95 fueron reclasificadas como 0, equivalente a sitios no aptos para el desarrollo de la especie, y las celdas con valores de 95 - 100 fueron reclasificadas como 1 (sitios apropiados). La reducción del hábitat de *Ecuadendron* estimada con una herramienta para calcular área en ArcView 3.2 (Zhou 2001).

Resultados y Discusión

Tamaño de la población

Un total de 2,692 individuos de *Ecuadendron* fueron muestreados, 163 de los cuales correspondieron a individuos adultos encontrados en ocho de los 16 transectos muestreados, es decir, en un transecto en Churute 1, en dos transectos en Churute 2, y en cinco transectos en Manta Real. En todas las áreas de estudio, *Ecuadendron* estuvo presente en densidades < 1 individuos adultos ha⁻¹. La densidad de individuos adultos fue mayor en el área de Manta Real, y Churute 2 tuvo una densidad de adultos más alta que Churute 1, aunque el área muestreada de Churute 1 fue mayor que la de Churute 2. Para Manta Real, este resultado contrasta con la descripción hecha por Foster (1992) quien reporta a esta especie (identificada como *Browneopsis*) como dominante bajo los 400-m snm. Esta observación responde a una evaluación rápida del área hecha hace más de doce años. Para Churute 1 y Churute 2, no existen referencias con las cuales se puedan hacer comparaciones, solo inventarios parciales que reportan 25 especies de árboles maderables pertenecientes a las familias Bignoniaceae, Fabaceae, Lauraceae, Rhizophoraceae y Sapotaceae, que no mencionan datos sobre frecuencias (INEFAN - FUNDACION NATURA / ECOLAP/USFQ 1999). La baja densidad de *Ecuadendron* podría más bien deberse a las constantes actividades antropogénicas en estas áreas, aunque la co-existencia de especies de árboles en bajas densidades

parece ser un patrón común en las comunidades de bosques tropicales con alta diversidad y alto endemismo (Cody 1986; Gentry 1986; Pitman et al. 1999).

Distribución potencial

El modelo distribucional sugiere una presencia discontinua de la especie en 129,164 ha de bosque al oeste del Ecuador. Los lugares aptos para el establecimiento de la especie se extienden más allá del suroeste de los límites de la provincia Esmeraldas y el noroeste de la provincia Guayas pasando por la provincia de Manabí (Fig. 3). Su presencia se extiende hacia la provincia Manabí donde los tipos de vegetación corresponden a: Bosque Siempreverde Piemontano de la Costa, Bosque Siempreverde Piemontano de la Cordillera de la Costa, Bosque Siempreverde Montano Bajo de la Costa, Bosque Deciduo de Tierras Bajas de la Costa, Bosque Semideciduo de Tierras Bajas de la Costa, y Bosque Nublado Montano Bajo (Sierra 1999)]. Los tipos de vegetación de estas potenciales nuevas áreas de ocurrencia corresponden a: Bosque Siempreverde Piemontano de la Costa, Bosque Siempreverde Piemontano de la Cordillera de la Costa, Bosque Siempreverde Montano Bajo de la Costa, Bosque Deciduo de Tierras Bajas de la Costa, Bosque Semideciduo de Tierras Bajas de la Costa, y Bosque Nublado Montano Bajo (Sierra 1999).



Figura 3: Distribución potencial de *Ecuadendron acosta-solisianum* de acuerdo al modelo predictivo DOMAIN®.

Reducción del hábitat

Se estima que la especie se encuentra presente en sólo 13,328 ha de las 129,164 ha de ocurrencia representadas en el modelo del nicho ecológico (Fig. 4). Las áreas remanentes corresponden principalmente a los bosques al norte de la provincia Esmeraldas. Los causantes más comunes de la pérdida del hábitat en la provincia Azuay y Cañar incluyen la conversión de tierra a plantaciones, la extracción local actual de especies maderables, así como también el impacto de explotaciones previas de palmas del género *Geonoma*, *Jessenia*, *Pholidostachys*, y miembros de las familias Bombacaceae, Lauraceae and Meliaceae (Factos 2000). En la provincia Guayas, también se dió la extracción local antes del establecimiento de la Reserva Ecológica Manglares-Churute en 1979 (INEFAN-FUNDACION NATURA/ECOLAP/USFQ 1999).

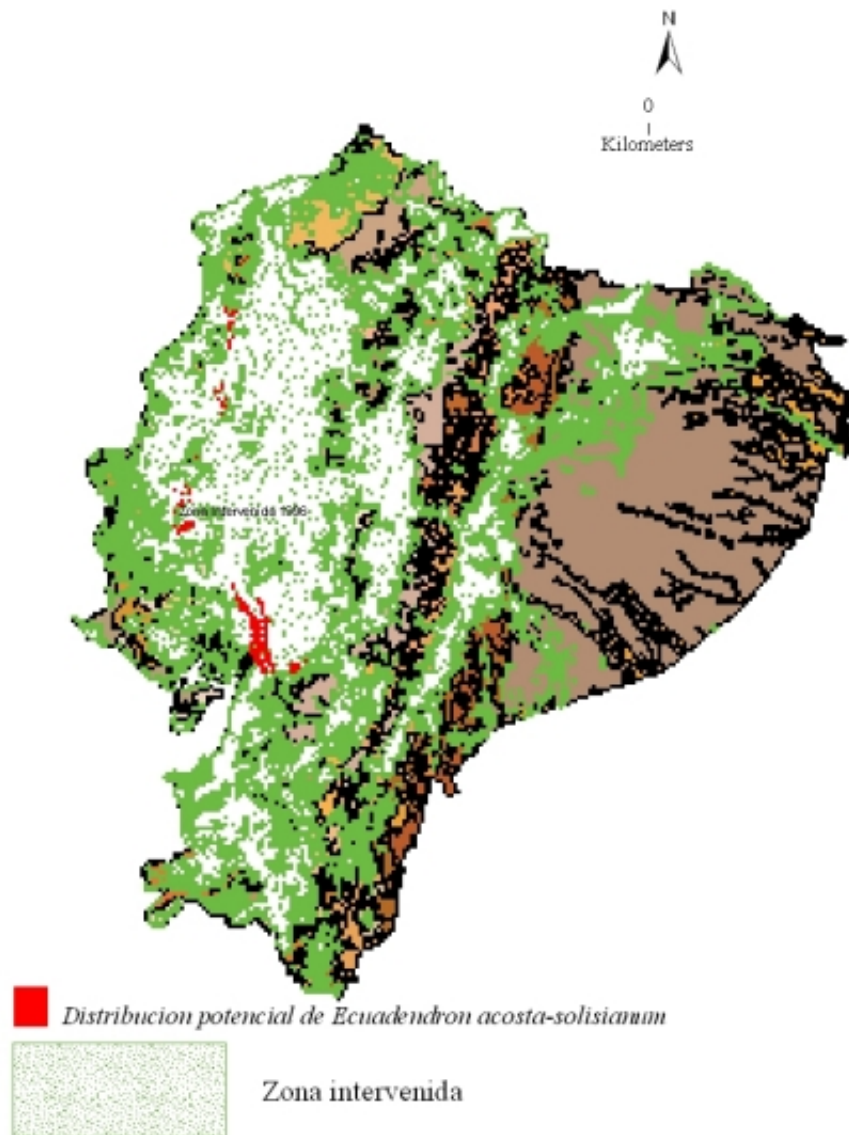


Figura 4: Pérdida del hábitat de *Ecuadendron acosta-solisianum*. De norte a sur, se estima que la especie se mantiene en 13,328 ha de bosque en las provincias Esmeraldas, Manabí, Guayas, Azuay y Cañar, lo cual corresponde a apenas el 10% de su distribución potencial

Conclusiones

Este estudio constituye el primer intento en caracterizar las poblaciones de *Ecuadendron acosta-solisianum* en la naturaleza después de que fuera taxonómicamente descrita en 1998. Esta especie fue encontrada rara en la naturaleza debido a su bajo número de individuos y a su distribución geográfica restringida, aunque se registraron nuevas poblaciones y su rango elevacional de presencia se amplió de 300 - 350-m snm a 170 - 600-m snm de un rango total muestreado de 20 - 1105-m snm.

La presencia de *Ecuadendron* en menos de un individuo reproductivo por hectárea y su distribución en pocos remanentes de bosques en el occidente de Ecuador, puede responder a factores inherentes a su propia biología. Además, las especies raras parecen ser una característica común en las regiones con alto endemismo como las Tierras Bajas del oeste de Ecuador (Cody 1986; Gentry 1986). Sin embargo, esta distribución y baja densidad no sólo estaría influenciada por parámetros biológicos y/o biofísicos como el clima, si no también por agentes extrínsecos, tales como los altos índices de deforestación que esta región ha sufrido. De mantenerse esta tendencia, las poblaciones de *Ecuadendron* no podrán permanecer estables por generaciones y estarían condenadas a la extinción. Estas características, es decir, tamaño poblacional pequeño y distribución geográfica restringida, agravadas por la pérdida del hábitat, ponen a *Ecuadendron* en un estado crítico de extinción, por lo que las Reservas Ecológicas en las que se encuentran algunas de las poblaciones de *Ecuadendron* ofrecen una gran oportunidad para implementar programas para la conservación *in situ* de esta leguminosa endémica del Ecuador.

Agradecimientos

Agradezco a la Elizabeth Bascom Fellowship y al Missouri Botanical Garden sin cuyo financiamiento y apoyo esta investigación no habría sido posible. La fase de campo fue realizada con fondos de la Baltzer Fellowship y del International Center for Tropical Ecology (ICTE) de la University of Missouri-Saint Louis. Un especial agradecimiento a Bette Loiselle, Kimberlie McCue y David Neill por sus comentarios y discusiones durante la preparación de los borradores de este trabajo. De la misma manera, agradezco a la especialista en SIG, Trisha Consiglio, del Missouri Botanical Garden, por su significativo aporte en las aplicaciones de las diferentes versiones de ArcView®. Rodrigo Sierra de la University of Texas, generosamente facilitó los mapas de uso de tierra y cobertura vegetal. Agradezco al Ministerio del Ambiente del Ecuador, especialmente a la Blga. Mireya Pozo, y a los funcionarios y guardaparques de la Reserva Ecológica Manglares-Churute por el soporte logístico. Así mismo, agradezco a Freddy Villao por la asistencia de campo, y a Digna Palacios, Rodrigo Prado y Bolívar García, por permitirme el acceso a sus propiedades en el área de Manta Real. Cabe resaltar el apoyo de los miembros del Jardín Botánico de Guayaquil, especialmente de Arcadio Arosemena y Marcelo Bejarano. Finalmente agradezco los comentarios y observaciones de mis colegas Carlos Daniel Cadena, Renata Durães, José Fabara, Patricia Fera, Kimberly Holbrook, Andrea Loaiza, Fátima Piña-Rodríguez, Seema Shet y Wendy Tori.

Referencias

- Ågren, J. 1996. Population size, pollinator limitation, and seed set in the self incompatible herb *Lythrum salicaria*. *Ecology* 77 (6): 1779-1790.
- Blackburn, T. M. & K. J. Gaston. 1997. Who is rare? Artifacts and complexities of rarity determination. Pp. 48-69 en: W. E. Kunin & K. J. Gaston (eds.). *The biology of rarity*. Chapman and Hall. London.
- Carpenter, G.; A. N. Gillison & J. Winter. 1993. *DOMAIN: a flexible modeling procedure for mapping distribution of plants and animals*.
- Carulli, J. P. & D. E. Furbrothers. 1988. Allozyme variation in three eastern US species of *Aeschynomene* (Fabaceae), including the rare *A. virginica*. *Systematic Botany* 13: 559-566.
- Cody, M. 1986. Diversity, rarity and conservation in Mediterranean-climate regions. Pp. 122-152 en: M. E. Soulé (ed.). *Conservation Biology: The science of scarcity and diversity*. Sinauer Assoc., Sunderland, MA.
- Factos, M. 2000. *Alternativas de manejo para la conservación del Bosque Protector Molleturo-Mullopungo Comunidad Manta Real*. Fundación Natura/PNUD/Comunidad de Manta Real.

- Feinsinger, P.; H. M. Tiebout & B. E. Young. 1991. Do tropical bird-pollinated plants exhibit density-dependent interactions? Field experiments. *Ecology* (72): 1953-1963.
- Foster, R. B. 1992. Biogeographic overviews. *Vegetation*. Pp. 58 en: T. A.
- Parker III & J. L. Carr (eds.). *Status of the forest remnants in the Cordillera de la Costa and adjacent areas of southwestern Ecuador*. Conservation International. RAP Working Papers 2.
- Foster, R.; N. Hernández; E. Kakudidi & R. Burnham. 1998. *Rapid assessment of tropical plant communities using variable transects: an informal and practical guide* (ms. unpublished). Gaston, K. J. 1997. What is rarity? Pp. 30-47 en: W. E. Kunin & K. J. Gaston (eds.). *The Biology of rarity*. Chapman and Hall. London.
- Gentry, A. H. 1986. Endemism in tropical versus temperate plant communities. Pp. 153-181 en: M. E. Soulé (ed.). *Conservation Biology: The science of scarcity and diversity*. Sinauer Assoc., Sunderland, MA.
- Goodman, D. 1987. The demography of chance extinction. Pp. 11-34 en: E. M. Soulé (ed.). *Viable populations for conservation*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Hendrix, S. D. & J. F. Kyhl. 2000. Population size and reproduction in *Phlox pilosa*. *Conservation Biology* 14 (1): 304-313.
- Herendeen, P. S.; A. Bruneau & G. P. Lewis. 2003. Phylogenetic relationships in thecaesalpinoid legumes: a preliminary analysis based on morphological and molecular data. In: B. B. Klitgaard and A. Bruneau (editors). *Advances in Legume Systematics, part 10, Higher Level Systematics*. Pp. 37-62. Royal Botanic Gardens, Kew.
- Hijmans, R. J.; S. Cameron & J. Parral. 2004. *Worldclim, version 1.2. A square kilometer resolution database of global terrestrial surface climate*. Available at <http://biogeo.berkeley.edu/>
- INEFAN - FUNDACI-N NATURA/ECOLAP - USFQ, 1999. *Plan de manejo de la Reserva Ecológica Manglares-Churute*. Divaprint. Quito.
- Kunin, W. E. 1993. Sex and the single mustard: population density and pollinator behavior effects on seed-set. *Ecology* (74): 2145-2160.
- Kunin, W. E. 1997. Population size and density effects in pollination: pollinator foraging and plant reproductive success in experimental arrays of *Brassica kaber*. *Journal of Ecology* 85: 225-234.
- Lande, R. 1988. Genetics and Demography in Biological Conservation. *Science* 241: 1455-1459.
- Loiselle, B. A.; C. A. Howell; C. H. Graham; J. M. Goerck; T. Brooks et al. 2003. Avoiding pitfalls of using species distribution models in conservation planning. *Conservation Biology* 17 (6): 1591-1600.
- MacArthur, R. H. & E. O. Wilson. 1967. *The theory of island biogeography*. Princeton Univ. Press, Princeton.
- Main, A. R. 1981. Rare species: Precious or dross? Pp. 163-174 en: R. H. Groves & W. D. L. Ride (eds.). *Species at risk. Research in Australia*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York.
- Matthies, D.; I. Bräuer; W. Maibom & T. Tscharnke. 2004. Population size and the risk of local extinction: empirical evidence from rare plants. *Oikos* 105: 481-488.
- McKinney, M. L. 1997. Extinction vulnerability and selectivity: combining ecological and paleontological views. *Annual Reviews of Ecology and Systematics* 28: 495-516. Annual Reviews Inc.
- Mejía, L. E.; J. Acosta & P. de la Torre. 1990. *Estudio de cambios en el uso del suelo*. Fundación Natura. Quito.
- Menges, E. S. 1991. Seed germination percentage increases with population size in a fragmented prairie species. *Conservation Biology* 5: 158-164.
- Mittermeier, R. A.; N. Myers & C. G. Mittermeier. 1999. *Hotspots. Earth's Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions*. Conservation International.
- Myers, N.; R. A. Mittermeier; C. G. Mittermeier; G. A. B. da Fonseca & J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858.
- Neill, D. A. 1998. *Ecuadendron* (Fabaceae: Caesalpinioideae: Detarieae): A new arborescent genus from Western Ecuador. *Novon* 8: 45-49.
- Nitecki, M. H. (ed.). 1984. *Extinctions*. University of Chicago Press. Chicago.
- Peña-Claros, M. 2003. Changes in forest structure and species composition during secondary forest succession in the Bolivian amazon. *Biotropica* 35(4): 450-461.
- Pitman, N.C.; A. J. Terborgh; M. R. Silman & P. Nuñez. 1999. Tree species distribution in an upper amazonian forest. *Ecology* 80(8): 2651-2661.
- Reveal, J. L. 1981. The concepts of rarity and population threats in plant communities. Pp. 41-47 en: L. E. Morse & M. S. Henifin (eds.). *Rare plant conservation: Geographical data organization*.

The New York Botanical Garden. New York.

Shaffer, M. L. & F. B. Samson. 1985. Population size and extinction: a note on determining critical population sizes. *The American Naturalist* 125(1): 144-152.

Sierra, R. (ed.). 1999. *Propuesta preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental*. Proyecto INEFAN-GEF-BIRF y EcoCiencia. Quito, Ecuador.

Soulé, M. E. (ed.). 1987. *Viable populations for conservation*. Cambridge University Press. Cambridge.

Terborgh, J. & B. Winter. 1980. Some causes of extinction. Pp. 119-133 en: M. E. Soulé & B. Wilcox (eds.). *Conservation Biology: an ecological-evolutionary perspective*. Sinauer Assoc. Sunderland, MA.

Valencia, R.; N. Pitman; S. León-Yáñez & P. M. Jørgensen (eds.). 2000. *Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador 2000*. Herbario QCA, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.

Watkinson, A. R. & J. L. Harper. 1978. The demography of a sand dune annual: *Vulpia fasciculata*. I. The Natural regulation of populations. *Journal of Ecology* 66: 15-33.

Zhou, G. 2001. *Area calculation for polygons*. <http://gis.esri.com/arcscript.cfm>.

Table 1. Gradiente altitudinal de la ubicación de los transectos variables en los sitios de estudio Churute 1, Churute 2 y Manta Real.

Area Nombre del transecto	Número del transecto	Gradiente altitudinal (m)
CHURUTE 1		
Cerro Masvale Masvale	1	20 - 640
Cerro Pancho Diablo		
Cumbre 1 Cumbre 2 Mango	3	20 - 727
CHURUTE 2		
Cerro Perequeté P-Grande	1	20 - 408
Cerro Simalón Carrillo-Toro Maridueña	2	20 - 668
Cerro El Mate Mate	1	20 - 337
MANTA REAL		
B-García	1	300 - 625
S-Prado	1	360 - 950
La Aurora	1	400 - 480
R-Prado	1	520 - 650
Caimatán	1	560 - 630
Paquisha-La Victoria	1	520 - 900
Sanaguín	1	600 - 1105