

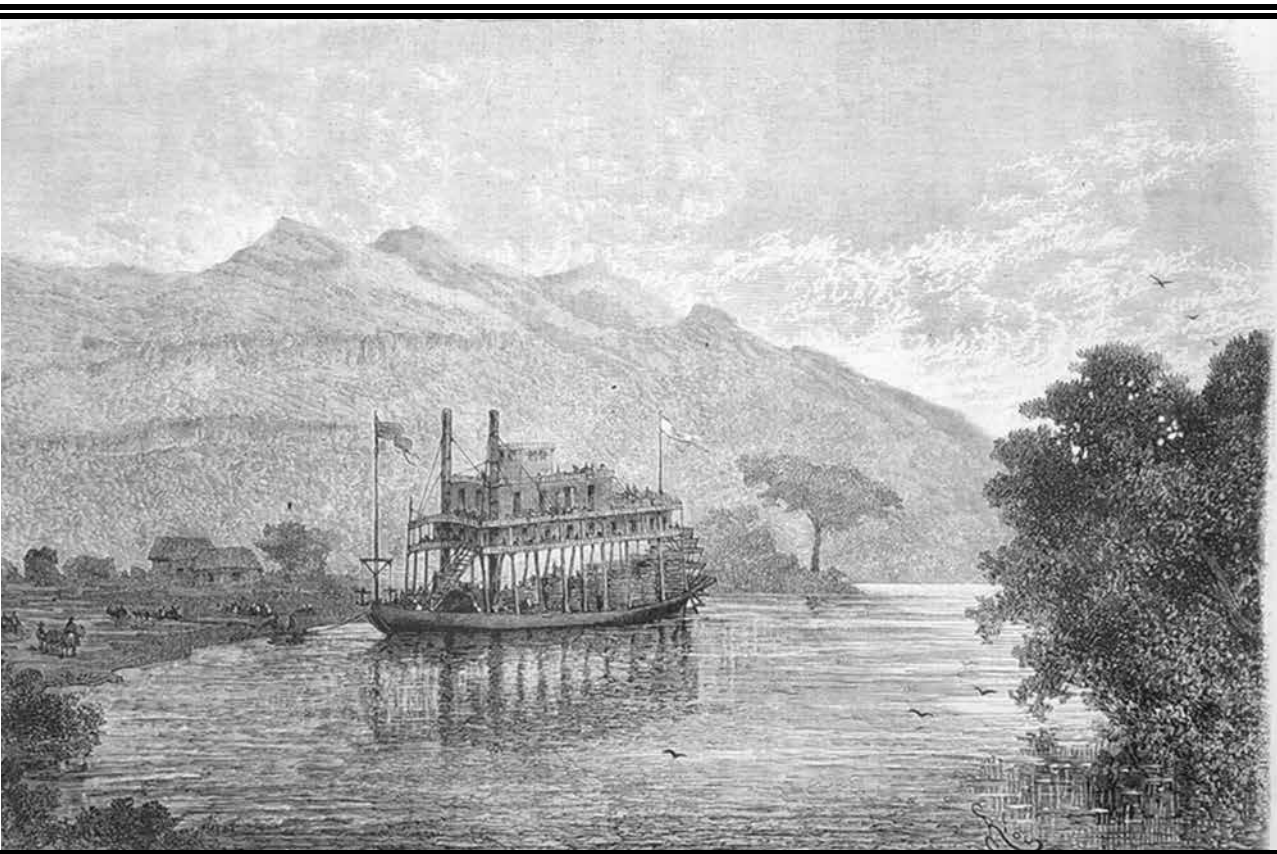
BOLETÍN CIENTÍFICO  
CENTRO DE MUSEOS  
MUSEO DE HISTORIA NATURAL  
Vol. 16 No. 1

---

SCIENTIFIC BULLETIN  
MUSEUM CENTER  
NATURAL HISTORY MUSEUM  
Vol. 16 No. 1

bol.cient.mus.his.nat.	Manizales (Colombia)	Vol. 16 No. 1	316 p.	enero - junio de 2012	ISSN 0123-3068
------------------------	----------------------	---------------	--------	-----------------------	----------------





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

*ISSN 0123 – 3068  
- Fundada en 1995 -  
Periodicidad semestral  
Tiraje 300 ejemplares  
Vol. 16 No. 1, 316 p.  
enero - junio, 2012  
Manizales - Colombia*

<b>Rector</b>	<i>Ricardo Gómez Giraldo</i>
<b>Vicerrectora Académica</b>	<i>Luz Amalia Ríos Vásquez</i>
<b>Vicerrector de Investigaciones y Postgrados</b>	<i>Carlos Emilio García Duque</i>
<b>Vicerrector Administrativo</b>	<i>Fabio Hernando Arias Orozco</i>
<b>Vicerrectora de Proyección</b>	<i>Fanny Osorio Giraldo</i>
<b>Centro de Museos</b>	<i>María Cristina Moreno</i>

<b>Boletín Científico</b>	Revista especializada en estudios
<b>Centro de Museos</b>	de Historia Natural y áreas
<b>Museo de Historia Natural</b>	biológicas afines.

<b>Director</b>	<i>Julián A. Salazar E.</i>
	<b>Médico Veterinario &amp; Zootecnista (MVZ).</b>
	<b>Universidad de Caldas, Centro de Museos.</b>

<b>Indexada por</b>	<i>Publindex Categoría A2</i>
	<i>Zoological Record</i>
	<i>SciELO</i>

**Cómite Editorial**

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

**Cómite Internacional**

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

**Comité Técnico de apoyo a la edición**  
**Coordinador Comité Técnico**  
**Diseño y Diagramación**  
**Corrección de Estilo**  
**Traducción de resúmenes al inglés**  
**Implementación metodología SciELO**  
**SopORTE Técnico**

*Juan David Giraldo Márquez*  
*Carolina Gil Palacios*  
*Gerardo Quintero Castro*  
*Silvia L. Spaggiari*  
*Carlos Fernando Nieto Betancur*  
*Carlos Eduardo Tavera Pinzón*

**Ventas, Suscripciones y Canjes**

**Dirección:**  
**Apartado Aéreo:**  
**Teléfonos:**  
**E-mail:**

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

**Sitio Web**

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

**Edición**

Universidad de Caldas  
Vicerrectoría de Investigaciones y Postgrados

**Patrocinadores**

*Universidad de Caldas*

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



**Mariposa**  
*Argyrogrammana leptographia magdalenae* ssp.n.,  
Riodinidae  
**Fotografía:**  
*Luis Eduardo Mejía, Porce, Antioquia*



**Créditos Separadores:** América Pintoresca

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

El contenido de esta publicación puede reproducirse citando la fuente.









El *Boletín Científico del Museo de Historia Natural (Centro de Museos)*, fue propuesto por Ricardo Walker, en 1995 y formalizado como órgano difusor en 1996. Tiene como propósito, divulgar las investigaciones de historia natural, centradas en tres frentes primordiales: botánica, zoología y conservación; no obstante, para aumentar el espectro de artículos afines a publicar, hemos modificado este último apartado ampliándolo, a biodiversidad y conservación en agroecosistemas, debido a que incluso estos, sorprendentemente, tienen una buena riqueza en Biotas, a pesar de la intervención humana, que tanto afecta los paisajes y bosques naturales, lo cual es necesario divulgar.

La revista desde 1996 ha sufrido cambios sustanciales de formato, identificándose, con las tendencias más aceptadas en materia de publicación, de la actualidad. En efecto, dicha transformación, comenzó en el volumen 6 de 2002, con el cambio de fuente para los textos, afinándose hacia una mejor presentación y a partir del volumen 10 de 2006, con una diagramación e iconografía, que la han hecho singular entre las revistas colombianas. Lo anterior se refleja en la impecable presentación de las carátulas, con fotografías nítidas y llamativas, además de los separadores de páginas, adornados con antiguas ilustraciones, provenientes del libro *América pintoresca*, publicado en 1884, lo que viene siendo, como una marca registrada dentro de la revista.

Uno de los aciertos más importantes, es el haber clasificado al boletín, en el Sistema Nacional de Indexación y Homologación de Revistas Especializadas en Ciencia, Tecnología e Innovación (Publindex) liderado por COLCIENCIAS y cuya gestión, se comenzó en el año 2005. Esta labor dio pronto sus frutos puesto que la publicación quedó clasificada sucesivamente en las categorías C, B y A2, éxito logrado de acuerdo a criterios de calidad científica y editorial, obtenidos a través de los años. Por ello, el boletín, fue la primera publicación de la Universidad de Caldas, en haber logrado la categoría A2 de Publindex, dentro de las 17 que tiene nuestra alma mater. Un cierto grado de incertidumbre, nos queda ahora, frente a los índices de impacto internacional, los cuales constituyen otro desafío, debido a que el boletín, se “ha hecho a brazo partido” y no

goza de un gran tiraje como para asegurar su amplia difusión en este sentido. Sin embargo una de las ventajas de la revista, es que ofrece una versión digital, que es posible consultar en: [www.ucaldas.edu.co](http://www.ucaldas.edu.co) (sección de Revistas Científicas), con casi todos los PDFs gratuitos de los trabajos publicados, ofreciendo el conocimiento científico libre, sin restricciones, caso contrario, como sucede en otras revistas extranjeras que limitan su consulta, con engorrosas suscripciones.

Los resultados no se han hecho esperar, debido a que el nombre del *Boletín Científico de Historia Natural del Centro de Museos*, ha sido citado por algunos de sus artículos y autores en las siguientes revistas nacionales e internacionales de prestigio que a continuación mencionamos en orden alfabético: *Acta Agronómica*; *Acta Amazónica*; *Acta Biológica Colombiana*; *Actualidades Biológicas*; *Acta Zoológica Akadémia Scientiarum Hungaricae*; *Anales de la Sociedad Entomológica de Francia*; *Annals of Entomological Society of America*; *Biota Colombiana*; *Biodiversity Journal*; *Boletín de la Sociedad Entomológica de Francia*; *Bulletin of Allyn Museum*; *Caldasia*; *Caribbean Journal of Science*, ; *CheckList Journal*; *Entomotrópica*; *Entomological Journal Society of Washington*; *Fragmenta Entomológica*; *Folia Entomologica Hungarica*; *Genus Journal*; *Insect Systematic and Evolution*; *Journal of Natural History*; *Journal of Research on the Lepidoptera*; *Lambillionea*; *Quadrifina*; *Neotropical Primates*; *Revista Francesa de Entomología*; *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*; *Revista Novedades Colombianas*; *Revista Colombiana de Entomología*; *Revista Brasileña de Entomología*; *Salamandra*; *Shilap revista de Lepidopterología*; *Species Phylogeny & Evolution*; *Tropical Lepidoptera Research* y *Zootaxa*. Esperamos, con esto, que el boletín con este valioso reconocimiento, siga sirviendo de recurso para la publicación de diversas investigaciones, en flora y fauna, llamando la atención sobre la urgente necesidad de seguir preservando nuestro entorno natural.

***Julián A. Salazar E. (MVZ)***  
**Editor**

**ESTIMACIÓN DEL CRECIMIENTO DIAMÉTRICO, DE  
*ANACARDIUM EXCELSUM* (KUNTH) SKEELS, POR MEDIO  
DE MODELOS NO LINEALES, EN BOSQUES NATURALES DEL  
DEPARTAMENTO DEL TOLIMA**

ESTIMATE OF DIAMETRIC GROWTH OF *ANACARDIUM EXCELSUM* (KUNTH)  
SKEELS THROUGH NON-LINEAR MODELS IN NATURAL FOREST FROM THE  
DEPARTMENT OF TOLIMA

*Luis Alfredo Lozano B., Nathaly Franco O., Jeimy Lorena Bonilla V.*

19

**HONGOS DÉRMICO SAPRÓFITOS DE  
*DENDROPSOPHUS COLUMBIANUS* (HYLIDAE) EN CALOTO,  
COLOMBIA**

*DENDROPSOPHUS COLUMBIANUS* (HYLIDAE) SAPROPHYTIC INTEGUMENTARY  
MOLDS FROM CALOTO, COLOMBIA

*Ángela María Mendoza, Lina Aguirre-Rojas, Maryory Sarria, Alan Giraldo*

33

**EVALUACIÓN DE LA DIVERSIDAD FLORÍSTICA EN CUATRO  
BOSQUES DE LA ZONA AMORTIGUADORA DEL PARQUE  
NACIONAL NATURAL LOS NEVADOS**

EVALUATION OF FLORISTIC DIVERSITY IN FOUR BUFFER ZONE FORESTS IN  
THE NATIONAL NATURAL PARK LOS NEVADOS

*Luis Gabriel López H., Yenny Alexandra Ramirez H. y Yury Dellanid Zamora S.*

41

**PELTIGERALES (ASCOMYCETES LIQUENIZADOS) DEL  
BOSQUE ALTO ANDINO DEL PARQUE NACIONAL NATURAL  
TATAMÁ, COLOMBIA**

PELTIGERALES (LICHENIZED ASCOMYCETES) ANDEANFOREST NATIONAL  
NATURAL PARK TATAMÁ, COLOMBIA

*Luis Fernando Coca, David Sanin, Juan Mauricio Posada-Herrera,  
Julio Andrés Sierra-Giraldo*

60

**IDENTIFICACIÓN DE POBLACIONES MICROBIANAS  
EN COMPOST DE RESIDUOS ORGÁNICOS DE FINCAS  
CAFETERAS DE CUNDINAMARCA**

IDENTIFICATION OF MICROBIOLOGICAL POPULATIONS IN ORGANIC WASTE  
COMPOST FROM COFFEE FARMS IN CUNDINAMARCA (COLOMBIA)  
*Natalia Escobar Escobar, Jairo Mora Delgado, Néstor Jaime Romero Jola*

75



**EVALUACIÓN DE SUPLEMENTOS ALIMENTICIOS  
EN ADULTOS DEL PARASITOIDE *PROROPS NASUTA*  
(HYMENOPTERA: BETHYLIDAE)**

EVALUATION OF DIET SUPPLEMENTS IN ADULTS OF THE *PROROPS NASUTA*  
(HYMENOPTERA: BETHYLIDAE) PARASITOID  
*Tito Bacca, Juan Carlos López N., Pablo Benavides M.*

89



**ACEITE ESENCIAL DE *PIPER CRASSINERVUM* PARA EL  
CONTROL DE *SITOPHILUS ZEAMAI* (COLEOPTERA:  
CURCULIONIDAE)**

ESSENTIAL OIL OF *PIPER CRASSINERVUM* TO CONTROL OF *SITOPHILUS*  
*ZEAMAI* (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)  
*Natalia Salgado D., Leda Rita D'Antonino Faroni, Alberto Soto G.*

99



**RESISTENCIA DE CINCO VARIEDADES DE (*SOLANUM*  
SPP., SOLANACEAE) AL ATAQUE DE *TECIA SOLANIVORA*  
(LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE)**

EVALUATION OF RESISTANCE OF FIVE POTATO VARIETIES (*SOLANUM*  
SPP., SOLANACEAE) TO ATTACK BY *TECIA SOLANIVORA* (LEPIDOPTERA:  
GELECHIIDAE)  
*Maria Fernanda Ordóñez Ch., Julio Fernando Rosero Y., Tito Bacca*

108



**EFFECTO LETAL Y SUBLETAL DE PRODUCTOS ALTERNATIVOS  
CONTRA *TETRANYCHUS EVANSI* (ACARI: TETRANYCHIDAE)**

LETHAL AND SUBLETAL EFFECTS OF ALTERNATIVES AGAINST *TETRANYCHUS  
EVANSI* (ACARI: TETRANYCHIDAE)  
*Alberto Soto G., Madelaine Venzon, Angelo Pallini*

120

**EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE ACTIVIDADES ANTRÓPICAS  
EN EL ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN BIOMASA  
VEGETAL EN ECOSISTEMAS DE ALTA MONTAÑA DE  
COLOMBIA**

IMPACT ASSESSMENT OF ANTHROPIC ACTIVITIES ON CARBON IN PLANT  
BIOMASS STORAGE IN COLOMBIAN HIGH SIERRA ANDEAN ECOSYSTEMS  
*Alba M. Torres G., Enrique J. Peña S., Orlando Zúñiga E., Julián A. Peña O.*

132

**COLECCIONES BIOLÓGICAS: UNA ALTERNATIVA PARA LOS  
ESTUDIOS DE DIVERSIDAD GENÉTICA**

BIOLOGICAL COLLECTIONS: AN ALTERNATIVE FOR GENETICS DIVERSITY  
STUDIES  
*Paula A. Ossa L., Javier Mauricio Giraldo M., Germán Ariel López G., Lucimar G.  
Dias, Fredy A. Rivera P.*

143

**MONOGRAFÍA DE PROTOCOLOS PARA OBTENER  
POBLACIONES MONOSEXO DE TILAPIA NILÓTICA  
(*Oreochromis niloticus*; TREW. 1983)**

PROTOCOLS MONOGRAPH TO OBTAIN MONSEXUAL TILAPIA NILÓTICA  
POPULATIONS  
(*Oreochromis niloticus*; TREW. 1983)  
*Christine M. Hafin von-Hessberg, Alberto Grajales-Quintero,  
Martin A. Restrepo-Murillo*

156

**ZOOLOGÍA VERTEBRADOS**  
Vertebrate Zoology

**COMPARACIÓN DEL PERFIL LIPÍDICO DE *FELIS CATUS*  
LINNAEUS, 1758 (CARNIVORA: FELIDAE) POR GÉNERO Y  
EDAD**

COMPARISON OF LIPID PROFILE IN DOMESTIC CAT BY GENDER AND AGE  
*José Henry Osorio, Eliana Zulay Cañas, Jorge Enrique Pérez*

175

**PRINCIPALES PROBLEMAS DE SALUD DE *FELIS CATUS* LINNAEUS, 1758 (CARNIVORA: FELIDAE) RELACIONADOS CON SU METABOLISMO**

CAPITAL HEALTH PROBLEMS OF *FELIS CATUS* LINNAEUS, 1758 (CARNIVORA: FELIDAE) RELATED TO ITS METABOLISM  
*José Henry Osorio, Eliana Zulay Cañas*

183

**LAS ESPECIES DEL GÉNERO *TRICHOMYCTERUS* (SILURIFORMES: TRICHOMYCTERIDAE) EN COLOMBIA**

SPECIES FROM THE *TRICHOMYCTERUS* (SILURIFORMES: TRICHOMYCTERIDAE) GENUS IN COLOMBIA  
*César A. Castellanos-Morales, Fabián Galvis*

194

**ECOLOGÍA TRÓFICA DE LA NUTRIA NEOTROPICAL *LONTRA LONGICAUDIS* (CARNÍVORA, MUSTELIDAE) EN EL RÍO LA VIEJA, ALTO CAUCA, COLOMBIA**

TROPHIC ECOLOGY OF NEOTROPICAL OTTER *LONTRA LONGICAUDIS* (CARNÍVORA, MUSTELIDAE) IN LA VIEJA RIVER, ALTO CAUCA, COLOMBIA  
*Carlos Andrés Restrepo, Álvaro Botero-Botero*

207

**ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DEL ENSAMBLAJE DE MURCIÉLAGOS DE SOTOBOSQUE EN ISLA PALMA, BAHÍA MÁLAGA, VALLE DEL CAUCA**

COMPOSITION AND STRUCTURE OF THE BATS' UNDERGROUND ASSEMBLAGE FROM ISLA PALMA, BAHÍA MÁLAGA, VALLE DEL CAUCA  
*Jorge H. Velandía-Perilla, Mario F. Garcés-Restrepo, Martha C. Moscoso, Alan Giraldo*

215

**ANTIPREDATORY BEHAVIORS OF THE COLOMBIAN ENDEMIC GLASSFROG *CENTROLENE SAVAGEI* (ANURA: CENTROLENIDAE)**

COMPORTAMIENTO ANTIPREDATORIO DE LA RANA DE CRISTA ENDÉMICA DE COLOMBIA *CENTROLENE SAVAGEI* (ANURA: CENTROLENIDAE)  
*Sergio Escobar-Lasso & Julián Andrés Rojas-Morales*

226

**FUNDAMENTOS METABÓLICOS EN *FELIS CATUS* LINNAEUS, 1758 (CARNIVORA: FELIDAE)**

METABOLIC BASES IN *FELIS CATUS* LINNAEUS, 1758 (CARNIVORA: FELIDAE)  
*José Henry Osorio, Eliana Zulay Cañas*

233

**ESTUDIO DE LA DIVERSIDAD DE ARAÑAS DE UN BOSQUE SECO TROPICAL (BS-T) EN SABANALARGA, ATLÁNTICO, COLOMBIA**

STUDY OF SPIDERS' DIVERSITY IN A TROPICAL DRY FOREST (BS-T) IN SABANALARGA, ATLÁNTICO, COLOMBIA

*Ruth Yesenia Escorcia G., Neis José Martínez H., Jessica Paola Silva T.*

247

**SHORT COMUNICATION**

***COPROPHANAEUS MORENOI* ARNAUD, 1982 (COLEOPTERA: SCARABAEIDAE: SCARABAEINAE) IN THE GORGONA NATIONAL NATURAL PARK (COLOMBIAN PACIFIC OCEAN)**

*COPROPHANAEUS MORENOI* ARNAUD, 1982 (COLEOPTERA: SCARABAEIDAE: SCARABAEINAE) EN EL PARQUE NATURAL NACIONAL GORGONA (OCÉANO PACÍFICO COLOMBIANO)

*Carlos A. Cultid Medina and Alan Giraldo López*

261

**ASPECTOS DEL DESARROLLO DE *DANAUS PLEXIPPUS* (LEPIDOPTERA: NYMPHALIDAE) SOBRE CALOTROPIS PROCERA (APOCYNACEAE) BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO**

ASPECTS OF THE *DANAUS PLEXIPPUS* (LEPIDOPTERA: NYMPHALIDAE) DEVELOPMENT ON CALOTROPIS PROCERA (APOCYNACEAE) UNDER LABORATORY CONDITIONS

*Nataly de La Pava S; Paula Andrea Sepúlveda C.*

266

**CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO DE LAS ESPECIES DE *ARGYROGRAMMANA* STRAND, 1932 DE COLOMBIA (LEPIDOPTERA: RIODINIDAE)**

CONTRIBUTION TO THE KNOWLEDGE OF THE ARGYROGRAMMANA STRAND, 1932 GENUS, FROM COLOMBIA (LEPIDOPTERA: RIODINIDAE)

*Luis M. Constantino, Julián A. Salazar-E., Gabriel Rodríguez*

273

**NOVEDADES EN HISTORIA NATURAL  
NATURAL HISTORY NEWS**

289


**REVISIONES BIBLIOGRÁFICAS  
BIBLIOGRAPHICAL REVISIONS**

296

**INSTRUCCIONES A LOS AUTORES  
AUTHOR GUIDELINES**

298

“La vida es un paraíso pero los hombres no lo saben,  
ni se preocupan de saberlo”  
*Fiódor Dostoievski* (1821-1881).





**BOTÁNICA**  
Botany



Los lianas.



# ESTIMACIÓN DEL CRECIMIENTO DIAMÉTRICO, DE *ANACARDIUM EXCELSUM* (KUNTH) SKEELS, POR MEDIO DE MODELOS NO LINEALES, EN BOSQUES NATURALES DEL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA

Luis Alfredo Lozano B.<sup>1</sup>, Nathaly Franco O.<sup>2</sup>, Jeimy Lorena Bonilla V.<sup>3</sup>

## Resumen

Evaluar el crecimiento de los árboles en los bosques, es importante, tanto económica, como ecológicamente, por su utilidad para estimar y predecir el rendimiento forestal (VANCLAY, 1994). Es por esto, que a continuación, se presentan los resultados del estudio de crecimiento, realizado durante cuatro mediciones diamétricas sucesivas, entre los años 2008-2010, a 27 individuos de Caracolí (*Anacardium excelsum* (Kunth) Skeels), en cuatro parcelas permanentes de investigación ubicadas en los bosques naturales de los municipios de: Mariquita, Venadillo, Alvarado e Ibagué, del departamento del Tolima. Se calculó el incremento corriente anual (ICA), promedio del diámetro de la especie, así como también, el tiempo que la especie tardaría en alcanzar el diámetro asintótico, estimado mediante los modelos no lineales de Von Bertalanffy, logístico y de Gompertz y, se compararon, los perfiles de crecimiento diamétrico, por medio del estadístico T<sup>2</sup> de Hotelling. La especie presentó, un ICA promedio en el diámetro de 1,40 cm/año. La estimación del crecimiento diamétrico, por medio de los modelos de Von Bertalanffy y de Gompertz, mostró que, un individuo con diámetro de 10 cm, tarda 180 años en llegar a 13 cm, con un ICA de 0,045 y 0,046 cm/año, respectivamente, mientras que, con el logístico, la especie tardaría 40 años menos que los anteriores, con un ICA de 0,065 cm/año.

**Palabras clave:** bosque tropical, Caracolí, epidometría forestal, modelos de crecimiento, rendimiento forestal.

## ESTIMATE OF DIAMETRIC GROWTH OF *ANACARDIUM EXCELSUM* (KUNTH) SKEELS THROUGH NON-LINEAR MODELS IN NATURAL FOREST FROM THE DEPARTMENT OF TOLIMA

### Abstract

It is important to assess trees growth in the forest both economically and environmentally, because of their usefulness to estimate and predict forest efficiency (VANCLAY, 1994). This paper presents the results of growth study carried out during four diametric measurements between 2008 and 2010, to 27 Caracolí (*Anacardium excelsum* Kunth-Skeels) individuals in four permanent research plots located in the natural forest in the municipalities of Mariquita, Venadillo, Alvarado and Ibagué, Department of Tolima. The current annual increment (CAI), the species average diameter as well as the time the species took to reach the asymptotic diameter were calculated using Von Bertalanffy's non-linear models, the logistic model and Gompertz' model, and the diametric growth profiles were compared using Hotelling's

\* FR: 1-V-2011. FA: 10-V-2012.

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería Forestal. Universidad del Tolima. Email: llozano@ut.edu.co.

<sup>2</sup> Facultad de Ingeniería Forestal. Universidad del Tolima. Email: nfrancoo@ut.edu.co.

<sup>3</sup> Facultad de Ingeniería Forestal. Universidad del Tolima. Email: forest.lorena@gmail.com.

statistic  $T^2$ . The species presented an average CAI in the 1,40 cm/year diameter. In analyzing the diametric growth of the species using Von Bertalanffy and Gompertz's models showed that a 10 cm diameter individual takes 180 years in reaching 113 cm, with a CAI rate from 0,045 to 0,046 cm/year respectively while with the Logistic model the species would take 40 years less than the ones aforementioned with a 0,065 cm/year CAI.

**Key words:** tropical forest, Caracolí, forest epidemetry, growth models, forest performance.

## INTRODUCCIÓN

El crecimiento de los árboles, es el resultado de la modificación de variables como: diámetro, altura, área basal y volumen, las cuales, biológicamente, cambian debido a la actividad de los meristemos primarios, que se encargan del crecimiento longitudinal, como la altura y los meristemos secundarios, que dan lugar al crecimiento en diámetro (DIÉGUEZ *et al.*, 2003; GARCÍA, 2009). El crecimiento de un árbol, puede presentar variaciones en sus dimensiones, debido a factores genéticos de las especies, por influencia de los factores climáticos, como: temperatura, precipitación, viento, iluminación; por las características físicas, químicas y biológicas de los suelos; por la topografía del sitio; por las diferentes enfermedades o plagas que se presenten; o por la propia competencia con otros árboles y otros tipos de vegetación (IMAÑA & ENCINAS, 2008).

Al realizar la evaluación del crecimiento arbóreo, el diámetro es una de las dimensiones que, comparada con otras, su medición es más fácil y más precisa (BROWN, 1997; HERNÁNDEZ & CASTELLANOS, 2006). Es por esto, que los estudios del crecimiento diamétrico de los árboles tropicales, se han basado en estimaciones a partir de mediciones repetidas del diámetro, realizadas en parcelas permanentes de diferente tamaño (FINEGAN & CAMACHO, 1999).

Estimar el crecimiento diamétrico de los árboles por medio de modelos determinísticos, ha resultado ser muy importante en campos de la ciencia, como: la biología, la teoría sucesional y la silvicultura, debido a que los modelos, permiten explorar a detalle, la dinámica del crecimiento de un bosque, mejorando de esta forma, el desarrollo de la epidemetría de las especies (GARCÍA, 2009).

En los últimos años, se han desarrollado modelos determinísticos aplicados con éxito en el ajuste del crecimiento, como el de Von Bertalanffy-Richard, el logístico o el de Gompertz (GUTIÉRREZ, 2005). El modelo de Von Bertalanffy-Richards, se emplea para simular aproximadamente, el crecimiento del bosque, comenzando en su etapa transitoria y logrando estimar su turno, el tiempo que los árboles permanecen en cada categoría diamétrica, permite: el estudio de la población, el desarrollo de la productividad de los ecosistemas y estimar los ciclos de corta y los volúmenes explotables permitidos (LÓPEZ *et al.*, 1993; RIAÑO, 2000). WINSOR (1932), propuso usar el modelo de Gompertz, para la descripción de fenómenos biológicos y económicos asociados al crecimiento, la curva de este modelo, muestra crecimientos tempranos rápidos, pero con un largo periodo de crecimiento lineal alrededor del punto de inflexión. Con el modelo logístico, las especies se adaptan de forma instantánea al crecimiento y se aproximan, a la capacidad de carga de forma lenta, se puede aplicar a pocas poblaciones reales, pero es un punto de partida útil, para considerar la forma en que las poblaciones crecen y determinar así, qué factores afectan dicho crecimiento (CAMPBELL & REECE, 2007).

La estimación del crecimiento diamétrico, por medio de modelos no lineales, ha sido estudiado por diferentes autores, como por ejemplo: DEL VALLE (1997), en los bosques de guadalupe en el Pacífico sur colombiano, pertenecientes a la zona de vida bosque húmedo tropical (bh-T), en especies forestales, como *Otoba gracilipes* (A.C. Sm.) Gentry, *Pithecellobium latifolium* (L.) Benth y *Swartzia amplifolia* var. rígida RSCowan. De igual forma LEÓN-PELÁEZ & GIRALDO (2000), evaluaron en el departamento de Antioquia, en la zona de vida bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB) de Colombia, el crecimiento diamétrico de *Quercus humboldtii* Bonpl. Este trabajo, presenta los resultados de las mediciones realizadas a *Anacardium excelsum*, en el cual, se calcula la tasa de incremento diamétrico, por medio de modelos no lineales, se estima el tiempo que requiere la especie para lograr el diámetro asintótico y se comparan los perfiles del crecimiento diamétrico de la especie, por medio del estadístico T<sup>2</sup> de Hotelling.

## METODOLOGÍA

### Descripción del área de estudio

La información corresponde a cuatro mediciones, tomadas sobre cuatro parcelas permanentes, entre los años 2008 y 2010 (Tabla 1). Las parcelas, de 50 x 40 metros, están distribuidas en cuatro municipios del departamento del Tolima y fueron delimitadas durante el desarrollo del plan General de Ordenación Forestal para el Tolima (UNIVERSIDAD DEL TOLIMA-CORTOLIMA, 2007).

**Tabla 1.** Descripción y ubicación de las parcelas, donde se evaluó la especie *Anacardium excelsum*.

Municipio	No. árboles	Coordenadas Geográficas		Altitud m.s.n.m	Precipitación mm	zona de vida
		W	N			
Mariquita	13	74°54'26.623943	5°12'00.887527	700	2291	bh-T
Alvarado	6	74°58'53.016954	4°35'04.851221	519	1380	bs-T
Venadillo	4	74°49'16.299898	4°40'33.088657	274	1224	bs-T
Ibagué	4	75°13'24.273963	4°25'39.892550	1190	1926	bh-PM

bs-T: Bosque Seco Tropical. bh-T: Bosque húmedo. Tropical. bh-PM: Bosque húmedo Premontano.

### Análisis de datos

En las cuatro parcelas permanentes de investigación, se midieron 27 árboles de *A. excelsum*, mayores a 10 cm de diámetro, a la altura del pecho (DAP) (UNIVERSIDAD DEL TOLIMA-CORTOLIMA, 2011). Los datos se organizan de menor a mayor y se calcula el incremento corriente anual (ICA); el ICA, se tomó, teniendo en cuenta, la diferencia entre la última medición y la primera, dividido en el tiempo de diferencia entre las mediciones, en este caso, dos años y dos meses (MELO & VARGAS, 2003).

Los diámetros de la última medición, se clasificaron por clases diamétricas, se utilizó como límite inferior 10 cm y como superior 114,5 cm; el registro entre clase

y clase, fue de 9,5 cm, para un total de 11 clases diamétricas y se calculó, el ICA promedio, por cada clase diamétrica (MELO& VARGAS, 2003).

Se realizó un análisis de varianza para la variable “zona de vida” y determinar así, si el tipo de bosque en el cual crece la especie afecta el crecimiento.

### Evaluación del crecimiento

De acuerdo con los estudios de DEL VALLE (1997), LEÓN-PELÁEZ & GIRALDO (2000) y RAMÍREZ *et al.* (2009), la tasa de crecimiento diamétrico de la especie, se evaluó utilizando los incrementos por clases diamétricas para cada uno de los tres modelos escogidos, por ser los más estudiados para evaluar el crecimiento; por medio de la regresión no lineal, se hallaron los parámetros de cada ecuación. Al realizar los ajustes de los modelos por regresión no lineal, se obtuvo el cuadrado medio del error, el cual, estima la diferencia que hay, entre los valores reales y los valores ajustados o corregidos, con esto, se evalúa el comportamiento de los modelos. Posterior a ello, se analizan gráficamente los comportamientos de la especie con cada modelo. Con la integración de las ecuaciones de tasas de crecimiento, se obtienen las ecuaciones del crecimiento del diámetro en función del tiempo. Se utilizaron los parámetros de las ecuaciones de tasa de crecimiento diamétrico, para calcular los valores que determinan el crecimiento de la especie, con el paso del tiempo y se hallaron funciones, que se utilizan para comparar los modelos. Cada parámetro se determinó, tomando como asíntota, el diámetro mayor encontrado en las mediciones. El comportamiento de las ecuaciones de crecimiento, se refleja en una curva de crecimiento acumulado, donde el diámetro está en función de la edad.

### Modelos no lineales

Los modelos empleados para estimar el crecimiento diamétrico de las especies evaluadas, se pueden observar en la Tabla 2, los cuales, se escogieron por ser los más sencillos y más utilizados en los estudios de crecimiento animal, económico o de especies forestales.

**Tabla 2.** Ecuaciones de tasa de crecimiento y crecimiento para cada uno de los modelos.

MODELOS NO LINEALES	ECUACIÓN TASA DE CRECIMIENTO	ECUACIÓN DE CRECIMIENTO
<b>Von Bertalanffy</b>	$n(D^m - A^{(m-1)}D)$	$A(1 \pm be^{-kT})^{\frac{1}{1-m}}$
<b>Logístico</b>	$kD \left(1 - \frac{D}{A}\right)$	$\frac{A}{1 + be^{-kT}}$
<b>Gompertz</b>	$kD \ln \frac{A}{D}$	$Ae^{-be^{-kT}}$

El primer modelo que se empleó para simular el crecimiento del bosque, es el de Von Bertalanffy, este modelo, puede representarse todas las ecuaciones empíricas de crecimiento, si se tiene en cuenta lo siguiente: si  $m = 0$ , se comporta como una curva monomolecular o Mitscherlich. Si  $m = 2$ , se comporta como una curva logística o autocatalítica y si  $m = 1$ , se comporta como la curva de Gompertz (GONZÁLEZ, 1994). Con la interacción de los parámetros de las ecuaciones de Von Bertalanffy, se deducen funciones, que permiten un mejor entendimiento de las curvas de crecimiento y de sus tasas de crecimiento, como: la media ponderada de la tasa de crecimiento absoluto:  $A.k / (2m+2)$ ; tiempo requerido para que se efectúe la mayor parte del crecimiento:  $(2m+2)/k$ ; media ponderada de la tasa de crecimiento relativo:  $k / m$  (VÁSQUEZ, 1988; MELO & VARGAS, 2003).

El segundo modelo que se utilizó, es el logístico, el cual se basa en las “leyes de crecimiento de la población” y cumple una condición, en la que la tasa de crecimiento de la población, varía con el tiempo y es una alternativa al modelo de crecimiento exponencial, en el cual, la tasa de crecimiento es constante (QUINÓNEZ & LECOMPTE, 2007). Según ESPINA (1984), los puntos de inflexión y la tasa máxima de crecimiento del modelo logístico, se expresan con las siguientes funciones: Punto de inflexión en el diámetro:  $A/2$ ; Punto de inflexión en el tiempo:  $\ln b/k$ .

El último modelo empleado, es el de Gompertz, el cual presenta una curva de crecimiento de forma sigmoidal, con un punto que corresponde a la máxima tasa de crecimiento con la edad y una asíntota, además, genera asimetría alrededor del punto de inflexión, muestra crecimientos tempranos rápidos, pero unos valores más lentos, en la medida, en que se aproxima a la asíntota (CASAS *et al.*, 2010). El momento en que la curva de Gompertz, deja de acelerarse y empieza a retardarse, está definido por los puntos: Punto de inflexión en el tiempo  $t$ :  $\ln b/k$ ; Punto de inflexión en el diámetro  $D$ :  $A/e$  (BLASCO, s.f.).

### Análisis de perfiles

De acuerdo con DÍAZ-MONROY (2002), la comparación de perfiles, se basa en el análisis de varianza multivariado. Esta comparación se puede desarrollar en una o varias muestras y examina la construcción, indagación o topología del perfil, por tanto, establece, si existen diferencias entre los perfiles, pero no determina cual es el mejor. En este trabajo se consideran perfiles, a las gráficas de tendencias obtenidas de los modelos de crecimiento.

Para realizar el análisis de perfiles, se calculó el estadístico de  $T^2$  de Hotelling (DÍAZ-MONROY, 2002), el cual parte de una matriz de covarianza, del vector de medias y una matriz de contraste. El estadístico está expresado de la siguiente manera:

$$T^2 = n * (C * \bar{e})' * (C * S * C')^{-1} * (C * \bar{e})$$

Donde:  $\bar{e}$  = Vector de medias por tratamiento;  $n$  = número de observaciones;  $C$  = Matriz de contraste;  $C'$  = Inversa de la matriz de contraste;  $S$  = Matriz covariante de los datos.

$T^2$ , se convierte en una  $F$ , para poder compararla con el valor de las tablas de la estadística de Fisher,  $F(p-1, n-p+1)$ , por medio de la siguiente expresión:

$$T^2 = [(n-p+1)/(n-1) * (p-1)] * T^2$$



Se compara con las tablas de la estadística de Fisher y se rechaza la hipótesis nula, si:  $T^2 > F_{(p-1, n-p+1)}$

## RESULTADOS

### Incremento del diámetro de la especie

En la Tabla 3, se presenta la organización de los diámetros de los 27 individuos de *A. excelsum*, por periodos de medición. Además, el incremento corriente anual y el incremento periódico. El incremento uno, es la diferencia entre el periodo uno y el dos; este presenta 12 árboles, que crecieron más de un cm, en seis meses; el árbol que mayor incremento diamétrico tuvo, fue el marcado como número 16 con 2,7 cm; en cambio el árbol número cuatro, no mostró crecimiento. En promedio, en estos primeros seis meses de medición, la especie incrementó 0,99 cm. El segundo incremento, es la diferencia entre el periodo dos y el tres; este mostró que, tres de los 27 árboles, no crecieron. Aquí, el árbol número 16, presentó el mayor crecimiento con 1,5 cm y el promedio entre estos periodos, fue de 0,59 cm. La diferencia entre el diámetro del periodo tres y el periodo cuatro, es el incremento tres, presentado por 14 individuos que crecieron más de un cm de diámetro. El árbol número 25, fue el de mayor incremento, con 2,8 cm en un año; mientras que el árbol número tres creció 0,10 cm; en promedio, el incremento diamétrico para este periodo, fue de 1,21 cm.

**Tabla 3.** Incremento periódico e incremento corriente anual, para la especie *Anacardium excelsum*, en bosques del Tolima.

No. de árbol	PERIODOS DE MEDICIÓN DEL DAP (cm)				INCREMENTO PERIÓDICO (cm)			ICA (cm/año)
	1	2	3	4	1	2	3	
	1	11,33	12,30	13,15	13,80	0,97	0,85	
2	12,89	13,30	13,60	13,90	0,41	0,30	0,30	0,47
3	15,70	15,70	15,80	15,90	0,00	0,10	0,10	0,09
4	16,70	16,80	16,80	17,00	0,10	0,00	0,20	0,14
5	23,58	25,50	26,50	28,60	1,92	1,00	2,10	2,32
6	28,20	28,80	28,90	29,00	0,60	0,10	0,10	0,37
7	28,00	29,85	30,80	32,70	1,85	0,95	1,90	2,17
8	35,20	36,50	37,00	38,10	1,30	0,50	1,10	1,34
9	40,80	43,00	43,40	45,35	2,20	0,40	1,95	2,10
10	47,90	48,50	48,85	49,60	0,60	0,35	0,75	0,78
11	47,40	48,00	48,80	50,20	0,60	0,80	1,40	1,29
12	48,40	49,70	50,70	53,10	1,30	1,00	2,40	2,17



No. de árbol	PERIODOS DE MEDICIÓN DEL DAP (cm)				INCREMENTO PERIÓDICO (cm)			ICA (cm/año)
	1	2	3	4	1	2	3	
13	52,10	52,90	53,30	53,70	0,80	0,40	0,40	0,74
14	55,79	56,40	56,40	56,50	0,61	0,00	0,10	0,33
15	55,80	57,40	58,10	60,00	1,60	0,70	1,90	1,94
16	59,20	61,90	63,40	65,10	2,70	1,50	1,70	2,72
17	64,80	66,10	66,65	68,50	1,30	0,55	1,85	1,71
18	68,70	69,20	69,45	71,60	0,50	0,25	2,15	1,34
19	71,30	72,60	73,30	74,70	1,30	0,70	1,40	1,57
20	75,70	75,85	76,13	76,60	0,15	0,28	0,47	0,42
21	76,50	77,80	78,40	79,10	1,30	0,60	0,70	1,20
22	74,80	76,90	77,90	80,50	2,10	1,00	2,60	2,63
23	81,10	82,20	82,80	84,10	1,10	0,60	1,30	1,38
24	90,50	90,90	91,57	92,40	0,40	0,67	0,83	0,88
25	90,00	90,10	92,00	94,80	0,10	1,90	2,80	2,22
26	97,78	98,70	99,10	99,90	0,92	0,40	0,80	0,98
27	112,30	112,40	112,40	113,00	0,10	0,00	0,60	0,32
	<b>PROMEDIO</b>							<b>1,29</b>

1: Periodo de medición entre octubre y diciembre del 2008. 2: Periodo de medición entre mayo y julio del 2009. 3: Periodo de medición entre noviembre y diciembre del 2009. 4: Periodo de medición en diciembre 2010.

El ICA, muestra que el árbol con mayor crecimiento, fue el número 16, debido a que, durante los dos años de medición, su diámetro se incrementó en 5,9 cm, con un ICA de 2,72 cm/año. En contrario, el árbol número tres, presentó, el menor crecimiento, con 0,2 cm, e ICA de 0,09 cm/año. El ICA promedio para los 27 árboles, fue de 1,29 cm/año.

De los 27 árboles, 10 de ellos se encontraron en el bs-T, con un ICA promedio de 1,35 cm/año. En el bh-T se encontraron 13, con un ICA promedio de 1,26 cm/año. En el bh-PM se encontraron 4, los que presentaron un ICA promedio de 1,21 cm/año. El análisis de Varianza para el factor "zona de vida", calcula un  $p = 0.945$ , lo cual permite afirmar que, el crecimiento diamétrico de la especie, no es afectado por este factor y que se pueden tomar el total de los 27 datos para correr los tres modelos.

### Incremento corriente anual por clase diamétrica

La distribución por clases diamétricas para *A. excelsum*, se encuentra en la Tabla 4, donde la clase diamétrica cinco, presenta el mayor número de árboles, con ICA

de 1,06 cm/año. El mayor incremento, está en dos árboles que se encuentran en la clase diámetrica seis, con un ICA promedio de 2,33 cm/año, mientras que el menor ICA promedio, se encuentra en la clase diámetrica 11 con 0,32 cm/año. El ICA promedio por clase diámetrica para los 27 árboles, es de 1,40 cm/año.

**Tabla 4.** Relación del incremento corriente anual promedio con la clase diámetrica para la especie *Anacardium excelsum*, en bosques del Tolima.

	CLASE DIAMÉTRICA (cm)	MARCA DE CLASE (cm)	No. DE ÁRBOLES	ICA P (cm/ año)
1	10,0 ≤ 19,5	14,75	4	0,46
2	19,5 ≤ 29,0	24,25	1	2,32
3	29,0 ≤ 38,5	33,75	3	1,29
4	38,5 ≤ 48,0	43,25	1	2,10
5	48,0 ≤ 57,5	52,75	5	1,06
6	57,5 ≤ 67,0	62,25	2	2,33
7	67,0 ≤ 76,5	71,75	3	1,54
8	76,5 ≤ 86,0	81,25	4	1,41
9	86,0 ≤ 95,5	90,75	2	1,55
10	95,5 ≤ 105,0	100,25	1	0,98
11	105,0 ≤ 114,5	109,75	1	0,32
	<b>TOTAL</b>		<b>27</b>	
	<b>PROMEDIO</b>			<b>1,40</b>

ICA P: Incremento corriente anual promedio observado.

### Modelación de la tasa de crecimiento

Los modelos con sus respectivos parámetros usados para hallar la tasa de crecimiento de la especie *A. excelsum*, determinados por regresión no lineal, se presentan en la Tabla 5. La asíntota utilizada para esta especie es de 113 cm, debido a que este, es el diámetro máximo encontrado en las mediciones. El modelo que presentó el menor cuadrado medio del error (CME), fue el logístico, con 0,255.

El ICA corregido para *A. excelsum*, se calculó, al reemplazarcada uno de los modelos con los respectivos parámetros. En la Tabla 6, se presenta el ICA corregido por clase diámetrica. Al calcular el análisis de varianza para las medias de los ICA corregido por cada uno de los modelos, se presentó un valor de  $p= 0.987$ , lo cual permite concluir, que no existe una diferencia estadística significativa entre estos valores.

**Tabla 5.** Ecuaciones de tasas de crecimiento para la especie *Anacardium excelsum*, con sus parámetros y cuadrado medio del error (CME), en bosques del Tolima.

MODELO	dD/dt=	PARÁMETROS				CME
		A (cm)	n	m	k	
VON BERTALANFFY	$\eta(D^m - A^{(m-1)} D)$	113	105,481	0,999		0,360
LOGÍSTICO	kD (1-D/A)	113			0,068	0,255
GOMPERTZ	kD Ln A/D	113			0,046	0,324

**Tabla 5.** Incremento corriente anual promedio e incremento corriente anual corregido, por cada una las ecuaciones para la especie *Anacardium excelsum*, en bosques del Tolima.

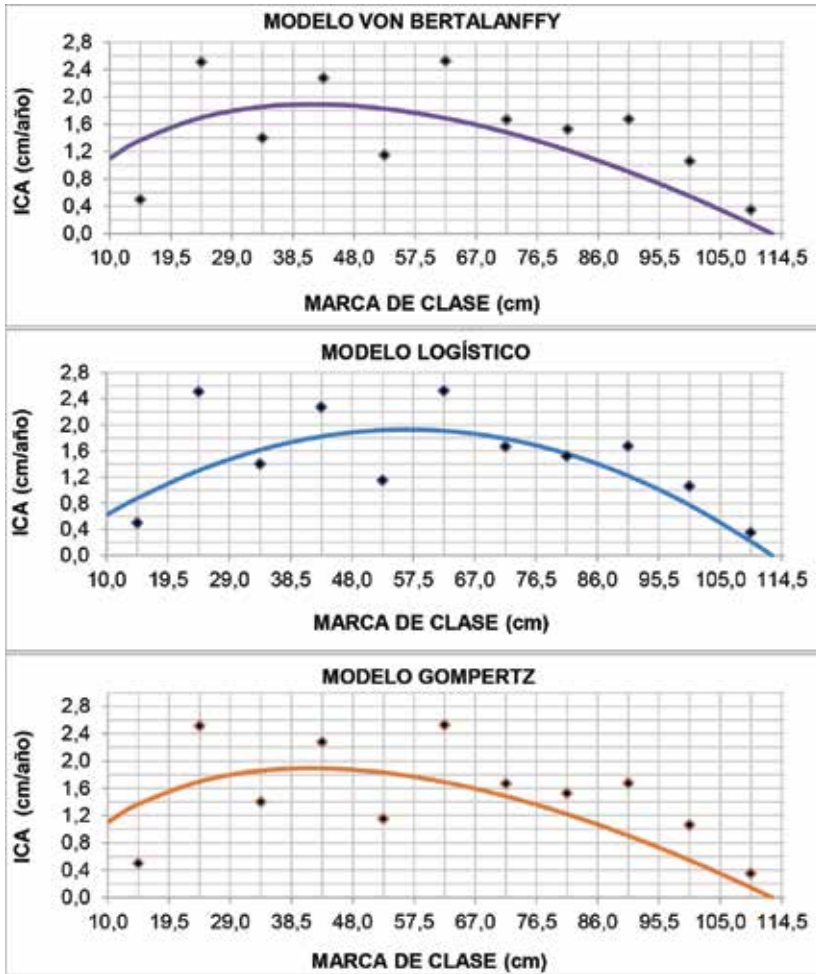
	CLASE DIÁMETRICA (cm)	MARCA DE CLASE (cm)	No. DE ÁRBOLES	ICA P (cm/año)	ICA 1 (cm/año)	ICA 2 (cm/año)	ICA 3 (cm/año)
1	10 ≤ 19,5	14,75	4	0,46	1,37	0,88	1,37
2	19,5 ≤ 29	24,25	1	2,32	1,70	1,30	1,70
3	29 ≤ 38,5	33,75	3	1,29	1,86	1,62	1,86
4	38,5 ≤ 48	43,25	1	2,10	1,89	1,82	1,89
5	48 ≤ 57,5	52,75	5	1,06	1,83	1,92	1,83
6	57,5 ≤ 67	62,25	2	2,33	1,69	1,91	1,69
7	67 ≤ 76,5	71,75	3	1,54	1,48	1,79	1,48
8	76,5 ≤ 86	81,25	4	1,41	1,22	1,56	1,22
9	86 ≤ 95,5	90,75	2	1,55	0,90	1,22	0,91
10	95,5 ≤ 105	100,25	1	0,98	0,55	0,77	0,55
11	105 ≤ 114,5	109,75	1	0,32	0,15	0,22	0,15
	<b>PROMEDIO</b>			<b>1,40</b>	<b>1,33</b>	<b>1,36</b>	<b>1,33</b>

ICA P: Incremento corriente anual promedio observado. ICA 1: Incremento corriente anual corregido por la Ecuación de Von Bertalanffy. ICA 2: Incremento corriente anual corregido por la Ecuación Logística. ICA 3: Incremento corriente anual corregido por la Ecuación Gompertz.

La tasa máxima de crecimiento de la especie alcanzada por el modelo de Von Bertalanffy y Gompertz, se encuentra en la clase diamétrica cuatro, mientras que la alcanzada con el modelo logístico, se ubica en la clase diamétrica cinco. El ICA promedio corregido por el modelo de Von Bertalanffy y de Gompertz, es

respectivamente, 5 % menor, que el ICA promedio observado, mientras que con el modelo logístico, esta diferencia es menor de 2,8%.

La representación gráfica de la tasa de crecimiento de *A. excelsum*, se presenta en la Figura 1. El comportamiento del modelo de Von Bertalanffy y el de Gompertz, es similar, debido a que se muestra una curva cóncava, que empieza a disminuir, desde la marca de clase 52,8cm, hasta alcanzar la asíntota, donde el incremento es cero; esta tendencia, se acerca a los valores del ICA observados en las últimas marcas de clase. En cuanto a la curva cóncava que representa el modelo logístico, se muestra que, es coincidente con muchos de los puntos del ICA observados y empieza a disminuir lentamente, desde la marca de clase 71,8 cm, hasta cuando llega a la asíntota, donde el crecimiento es cero.



**Figura 1.** Relación del incremento corriente anual promedio y el incremento corriente anual corregido, por cada uno de los modelos con la marca de la clase diamétrica para la especie *Anacardium excelsum*, en bosques del Tolima.

## Modelación del crecimiento

En la Tabla 7, se presentan los modelos con sus respectivas ecuaciones y parámetros. Con los parámetros de las ecuaciones de Von Bertalanffy, se determinó que, la media ponderada de tasa de crecimiento absoluto del *A. excelsum*, es de 1,28 cm/año, mientras que, la media ponderada de la tasa de crecimiento relativo, es de 4,54 % y el tiempo que requiere para que se efectuó la mayor parte del crecimiento, es de 87,94 años. Con los parámetros de los modelos Gompertz y logístico, se calculó, que el tiempo en el cual, se desacelera la curva de crecimiento es 19,46 y 34,15 años, respectivamente, mientras que, el punto de inflexión del diámetro, es de 41,57 y 56,5 cm, respectivamente.

**Tabla 7.** Ecuaciones de crecimiento para la especie *Anacardium excelsum* y sus parámetros en bosques del Tolima.

MODELO	D=	PARÁMETROS				
		A (cm)	D <sub>0</sub> (cm)	b	k	m
VON BERTALANFFY	$A(1 \pm b \exp(-kT))^{(1/(1-m))}$	113	10	0,001	0,045	0,999
LOGÍSTICO	$A/(1+b*\exp(-kt))$	113	10	10,300	0,068	
GOMPERTZ	$A*\exp(-b*\exp(-kT))$	113	10	2,425	0,046	

La tasa o velocidad con que llega *A. excelsum*, a la asíntota, está representada por el valor de k, que se observa en la Tabla 7. El valor más alto de esta tasa, es el estimado por el modelo logístico, con 0,068 cm/año, mientras que, para el modelo de Gompertz, es de 0,046 cm/año y la del modelo de Von Bertalanffy, es de 0,045 cm/año.

Las curvas de crecimiento de *A. excelsum*, se presentan en la Figura 2. Los modelos de Von Bertalanffy y de Gompertz, presentan un comportamiento similar, debido a que en los primeros 50 años, la especie llega a crecer más de 88 cm, después de este tiempo, el crecimiento disminuye y finalmente, llega a la asíntota, en aproximadamente, 180 años. La curva de crecimiento del modelo logístico, muestra que, en los primeros 50 años, la especie crece 84 cm, pero después, el crecimiento se incrementa y llega a la asíntota, en 140 años.

## Análisis de perfiles o comparación de las gráficas de tendencias de crecimiento

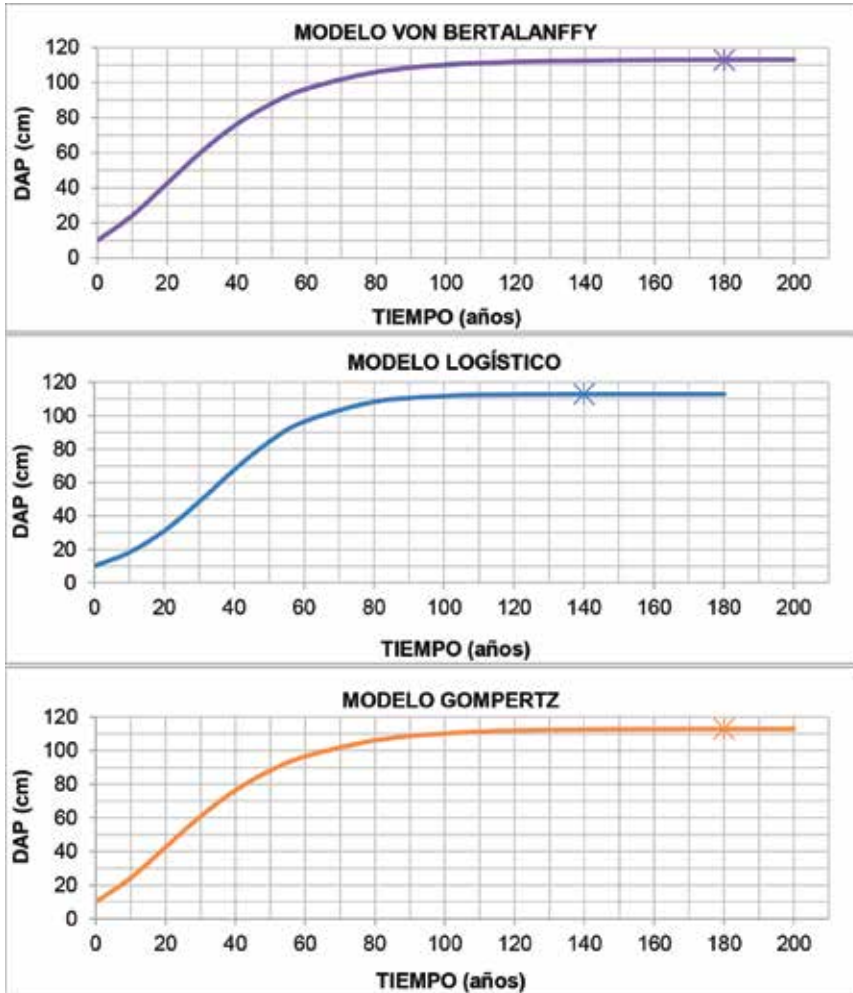
Al realizarse la comparación de los perfiles que se observan en la Figura 2, cuya hipótesis nula es: los perfiles de crecimiento diamétrico, con el paso de los años de *A. excelsum*, estimado por medio de modelos de crecimiento, son iguales. Se encontró que:

$$T^2 = 19*(C*m)'*inv(C*S*C')*(C*m) = 1,335.$$

$$T^2' = [(18-3+1)/(18-1)*(3-1)]*1,335 = 0.63.$$

$$\text{Para } \alpha=0,05, F(p-1, n-p+1), F_{(2, 16)} = 3,63.$$

Por lo tanto si se encuentra igualdad entre los perfiles y se acepta la hipótesis nula, debido a que,  $T^2 < F_{(2, 15)}$ .



**Figura 2.** Curvas de crecimiento para la especie *Anacardium excelsum*, correspondientes a cada uno de los modelos de crecimiento en bosques del Tolima.

## DISCUSIÓN

Se encontró una similitud entre las tasa de crecimiento de *A. excelsum*, representada por los modelos de Von Bertalanffy y de Gompertz, debido a que, según GONZÁLEZ (1994), cuando el valor del parámetro “m” de la ecuación de Von Bertalanffy, es aproximadamente, uno, se comporta como la curva de Gompertz.

Se estimó, por medio de los modelos no lineales, que *A. excelsum*, presenta un crecimiento diamétrico relativamente rápido, porque al compararlo con los crecimientos estimados por DEL VALLE (1997), para la misma zona de vida bh-T, el *A. excelsum*, presentó un crecimiento diamétrico 4, 6% menor, al de *Otoba gracilipes*, pero superior un 80,9 y 79,3% en comparación con el *Swartzia amplifolia* y *Pithecellobium latifolium*, respectivamente. Con base en lo anterior, esta especie, puede ser considerada para realizar ensayos con propósitos de reforestación protectora o comercial, además de ser utilizada para aprovechamientos forestales comerciales.

El análisis de varianza, mostró que, el crecimiento diamétrico de la especie *A. excelsum*, en tres zonas de vida del Tolima, no tienen diferencias estadísticas significativas, llevándonos a afirmar que, la distribución espacial natural de esta especie, es de amplio rango ambiental.

## CONCLUSIONES

*A. excelsum*, presentó una tasa de crecimiento diamétrico promedio de 1,40 cm/año, en los bosques naturales del departamento del Tolima.

Se encontró que, la especie *A. excelsum*, presentó un crecimiento diamétrico rápido, debido a que tarda entre 20 a 25 años de edad, para obtener un diámetro aprovechable de 40 cm. Si se toma como valor asintótico un diámetro de 113 cm, la especie puede tardar más de cien años para lograrlo.

No existe diferencia estadística significativa, entre los tres perfiles de crecimiento diamétrico de la especie. En consecuencia, los tres modelos pueden ser utilizados para estimar este crecimiento.

Este estudio es pionero en el departamento del Tolima, por lo que se constituye, en un referente para otras estimaciones del crecimiento diamétrico en especies nativas forestales.

## AGRADECIMIENTOS

A la Corporación Autónoma Regional del Tolima (CORTOLIMA); la Universidad del Tolima; Ingeniero Juan Diego Uribe Martínez; todas aquellas personas que contribuyeron a la realización de este trabajo.

## BIBLIOGRAFÍA

- BLASCO, A., s. f.-*La descripción del crecimiento, informe técnico ocasional No. 6.* Departamento de ciencia animal. Universidad Politécnica de Valencia. España.
- BROWN, S., 1997.-*Estimating biomass and biomass change of tropical forests: A primer. forest resources assessment.* FAO Forestry Paper. Roma. 55 p.
- CAMPBELL, A. N. & REECE, B. J., 2007.- *Biología.* Ed. Médica Panamericana. 1532 p.
- CASAS, G., RODRÍGUEZ, D. & AFANADOR, G., 2010.- Propiedades matemáticas del modelo de Gompertz y su aplicación al crecimiento de los cerdos. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 23: 349-358.

- DEL VALLE, J.I., 1997.-Crecimiento de cuatro especies de los humedales forestales del litoral Pacífico colombiano. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 21(81):445-466.
- DÍAZ-MONROY, L.G., 2002.- *Estadística multivariada: inferencias y métodos*. 1ª edición. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Departamento de Estadística. Panamericana Forma e Impresos S.A.
- DIÉGUEZ, A. U., BARRIO, M., CASTEDO, F., RUÍZ, A. D., ALVARÉZ, M. F., ALVARÉZ, J. G. & ROJO, A., 2003.- *Dendrometría*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 327 p.
- ESPIÑA, L., 1984.- *El modelo logístico. Serie de estudios económicos, No. 23*. Departamento de informaciones estadísticas y publicaciones de Banco Central de Chile. Santiago de Chile. 38 p.
- GARCÍA, W., 2009.- Sistema de crecimiento y rendimiento para *Pinus patula* de Zacualtipán, Hidalgo, México: Tesis, Maestría en Ciencias Forestal, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México. 78 p.
- GONZÁLEZ, H., 1994.- Generalización de un modelo determinístico para el análisis del crecimiento de organismos vivos. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 47: 89-98.
- GUTIÉRREZ, R., 2005.- Difusiones estocásticas no homogéneas lognormales y gompertz. Proceso de rayleigh. Aplicaciones: Tesis doctoral, Universidad de Granada, Departamento de Estadística. 173 p.
- HERNÁNDEZ, L. & CASTELLANOS, H., 2006.- Crecimiento diamétrico arbóreo en bosques de Sierra de Lema. *Guayana venezolana: primeras evaluaciones*, 31(11): 787-793.
- IMAÑA, J. & ENCINAS, O., 2008.- *Epidometría Forestal*. Universidad de Brasilia, Departamento de Engenharia Florestal. Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias Forestales. Brasilia, Mérida. 66 p.
- LEÓN-PELÁEZ, J.D. & GIRALDO, E., 2000.- Crecimiento diamétrico en robledales del norte y centro de Antioquia. *Crónica Forestal y del Medio Ambiente*, 15:119-138.
- LÓPEZ, A., 1993.- *Modelos Matemáticos para describir el crecimiento de un bosque primario en el Bajo Calima*. Universidad Javeriana. Cali.
- MELO, A. & VARGAS, R., 2003.- *Evaluación ecológica y silvicultural de ecosistemas boscosos*. Ibagué. 185 p.
- QUINÓNEZ, J. & LECOMPTE, A., 2007.- Modelos exponencial y logístico de la población en el suroeste de Puerto Rico. *Revista de investigación en ciencias matemáticas*, 1(3): 63-78.
- RAMÍREZ, H., ACEVEDO, M., ATAROFF, M. & TORRES, A., 2009.- Crecimiento diamétrico de especies arbóreas en un bosque estacional de los llanos occidentales de Venezuela. *Ecotrópicos Sociedad Venezolana de Ecología*, 22(2):46-63.
- RIANO, O., 2000.- Solución Completa de una ecuación diferencial utilizada para determinar crecimiento de árboles. *Colombia Forestal*, 6 (13): 119-124.
- UNIVERSIDAD DEL TOLIMA-CORTOLIMA. 2007.- *Plan General de Ordenación Forestal para el Departamento del Tolima: Informe técnico final, tomo I*. Ibagué. 269 p.
- UNIVERSIDAD DEL TOLIMA- CORTOLIMA., 2011.- *Proyecto: crecimiento de 20 especies forestales de alto valor comercial y ecosistémico de los bosques naturales del departamento del Tolima*. Ibagué. 88 p.
- VANCLAY, J., 1994.- *Modelling forest growth and yield: applications to mixed tropical forests*. CAB International. Oxford. 336 p.
- VÁSQUEZ, G., 1988.- *Crecimiento de un bosque de guandal explotado en el Pacífico colombiano*: Tesis, Ingeniería Forestal, Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 213 p.
- WINSOR C. P., 1932.- The Gompertz curve as a growth curve. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 18 (1): 1-7.



# HONGOS DÉRMICO SAPRÓFITOS DE *DENDROPSOPHUS COLUMBIANUS* (HYLIDAE) EN CALOTO, COLOMBIA\*

Ángela María Mendoza<sup>1</sup>, Lina Aguirre-Rojas<sup>2</sup>, Maryory Sarria<sup>3</sup>, Alan Giraldo<sup>4</sup>

## Resumen

Se ha reportado ampliamente, que los microorganismos presentes en el suelo o en el agua, tienen un fuerte impacto sobre la viabilidad de las poblaciones naturales de los anfibios. Sin embargo, en las zonas rurales con actividad pecuaria, la composición natural de la comunidad de microorganismos edáficos, puede llegar a verse altamente alterada, debido a la movilidad del ganado, llegando incluso, a que las pezuñas de dichos animales, sean un medio efectivo para su crecimiento y dispersión. En este artículo, se muestran los resultados de los aislamientos de hongos presentes en la piel de *Dendropsophus columbianus*, en una zona silvopastoril, con actividad pecuaria en el norte del departamento del Cauca (Colombia), comparados con los aislamientos de hongos del suelo y de las pezuñas del ganado vacuno, presentes en la zona de estudio. En total, se aislaron diez géneros de ascomicetos y un zigomiceto, de los cuales cuatro fueron encontrados en la piel de *D. columbianus*, cinco en las pezuñas del ganado vacuno y nueve en las muestras del suelo. Algunos de los géneros encontrados, han sido previamente reportados como hongos patógenos y dermatofitos para anfibios, aunque su efecto negativo en la piel de las ranas, puede llegar a ser atenuado, tanto por el sistema inmune del organismo, como por la misma comunidad microbiana simbiote de la piel del anuro. Sin embargo, la movilización continua del ganado, puede llegar a ser un factor de dispersión de algunos de los hongos aislados, por lo que, bajo las condiciones de actividad pecuaria, es necesario considerar un espectro mayor de patógenos que potencialmente, pueden afectar la piel de los anuros.

**Palabras clave:** anuros, ganadería, simbiosis, suelo.

## *DENDROPSOPHUS COLUMBIANUS* (HYLIDAE) SAPROPHYTIC INTEGUMENTARY MOLDS FROM CALOTO, COLOMBIA

### Abstract

It has been widely reported that microorganisms present in soil or in water have a strong impact on the viability of amphibians' natural populations. However, in rural areas with livestock activities, the natural composition of the soil microorganism community can be highly altered by cattle mobility to the point that cattle hooves can be an effective means for microorganisms' growth and spread. This paper presents the results of fungal isolation in the skin of *Dendropsophus columbianus* in a silvopastoral area with livestock activities in northern Cauca department (Colombia), compared with fungal soil and cattle hooves isolation

\* FR: 2-III-2012. FA: 4-IX-2012.

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Departamento de Biología, Universidad del Valle. Email: am.mendozah@gmail.com.

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Departamento de Biología, Universidad del Valle.

<sup>3</sup> Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Departamento de Biología, Universidad del Valle.

<sup>4</sup> Grupo de investigación en: "Ecología Animal", Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Departamento de Biología, Universidad del Valle. Email: ecologia@univalle.edu.co.

in the area studied. In total, ten genera of ascomycetes and one zygomycete were isolated from which four were found in *D. columbianus*' skin, five in cattle hooves and nine in soil samples. Some of the genera found have been previously reported as pathogenic fungi and dermatophytic for anurans, although their negative effect on the skin of frogs can be mitigated by both the natural immune system or the microbial symbiotic community found in the anuran skin. However, the continuous movement of livestock can become a dispersion factor of some isolated fungi, reason why under the livestock activity conditions it is necessary to consider a wider scope of pathogens which potentially might affect anurans' skin.

**Key words:** anurans, cattle raising, symbiosis, soil.

## INTRODUCCIÓN

Los hongos afectan la piel, el pelo y las uñas de todos los vertebrados. Estas afecciones por hongos se denominan genéricamente: dermatofitosis. Además de las especies de hongos dermatofitos asociadas a los humanos, se han identificado cerca de 14 especies de hongos dermatofitos asociados a los animales (zoofílicos) y 16 especies asociadas al suelo (geofílicos) (MOLINA DE DIEGO, 2011).

Los anfibios son organismos vulnerables a la acción de microorganismos a través de la piel, como los hongos saprofitos, que pueden llegar a ser potencialmente patógenos y capaces de reducir la viabilidad de las poblaciones (LIPS *et al.*, 2005). En este contexto, gran parte de la investigación reciente, está enfocada en el efecto del hongo *Batrachochytrium dendrobatidis* (Bd) (LONGCORE *et al.*, 1999), sobre diversos organismos. En Colombia, registros de esta afección, han sido reportados para los departamentos de: Santander, Boyacá y Cundinamarca en la cordillera oriental (ACOSTA-GALVIS *et al.*, 2006; RUIZ & RUEDA, 2008), mientras que en el departamento del Valle del Cauca, en la cordillera occidental (VELASQUEZ *et al.*, 2008).

El efecto que tienen los hongos saprófitos, incluido el Bd, sobre la viabilidad de las poblaciones naturales de anuros, pone de manifiesto la necesidad de incrementar nuestro conocimiento sobre este tema en particular (YOUNG *et al.*, 2001; BELDEN & HARRIS, 2007; SOHDI *et al.*, 2008). Estudios recientes de la comunidad microbiana de la piel de los anfibios, han demostrado que ciertas bacterias inhiben el crecimiento del Bd (WOODHAMS *et al.*, 2007a). Además, hay casos en los que, si el ensamble de hongos presente en la dermis de las ranas no es perjudicial para el individuo, puede actuar como un efectivo agente que limita el impacto de parásitos y hongos infecciosos, convirtiéndose en la primer línea de defensa natural (PESSIER, 2002). En el entorno natural, tanto el suelo, como el agua, son las principales fuentes de microorganismos para los anuros. Sin embargo, en ambientes con actividades pecuarias, la movilización continua del ganado, no sólo afecta drásticamente la estructura del hábitat (SOVELL *et al.*, 2000; MAECHA, 2002; PARUELO *et al.*, 2005; TRAVIESO-BELLO *et al.*, 2005; CINGOLANI *et al.*, 2008), sino que presenta, un gran impacto en la comunidad de hongos y parásitos al favorecer su diseminación (BLANCO & GARCÍA, 2010).

Aunque conocer la composición de la fauna de microorganismos potencialmente patógenos para los ensambles de anuros en cada localidad, es un componente clave para generar estrategias de manejo conducentes a controlar las enfermedades que se generan (HARRIS *et al.*, 2009; HILL *et al.*, 2010), la información específica

sobre la estructura de estos ensamblajes y el efecto potencial de los vectores de movilización activos como el ganado, es escaso.

Con el propósito de avanzar en el conocimiento disponible sobre esta temática para Colombia, en este artículo, se identifican los hongos saprófitos presentes en la epidermis de *Dendropsophus columbianus* (BOETTGER, 1892), en un ambiente silvopastoril del municipio de Caloto, Cauca, el cual posee una alta actividad pecuaria y se compara con el ensamblaje de los hongos presentes en el suelo y las pezuñas del ganado vacuno (*Bos taurus* Linnaeus, 1758) de la zona de estudio.

## MATERIALES Y MÉTODOS

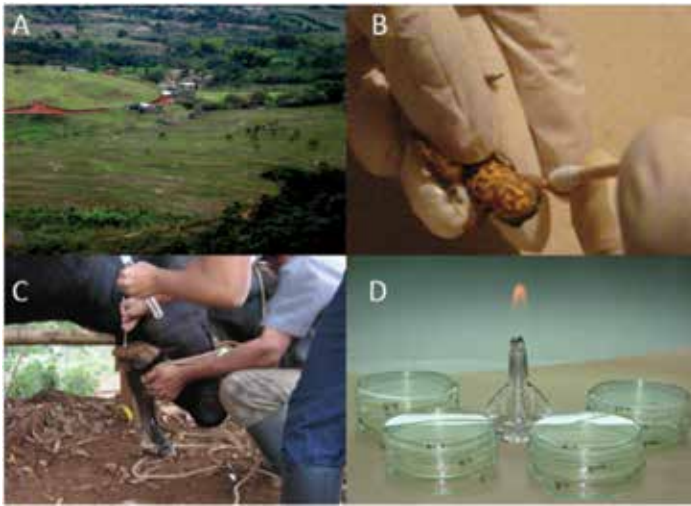
*Dendropsophus columbianus*, es una especie endémica de Colombia. Habita entre 950 y 2300 metros sobre el nivel del mar, en las dos vertientes de la cordillera occidental y en la vertiente occidental de la cordillera central, en los departamentos de: Cauca, Quindío, Risaralda y Valle del Cauca. Se encuentra asociada a ambientes naturales, como los bordes de lagos y lagunas, así como a ambientes artificiales como son los jardines y estanques. Es común en humedales de zonas bajas asociados a pastizales o potreros (RUIZ-CARRANZA *et al.*, 1996; CASTRO-HERRERA *et al.*, 2007; BOLIVAR & RENGIFO, 2011).

El estudio se realizó en la vereda Morales (02° 59.98'N - 76°24.60' W), del municipio de Caloto, departamento del Cauca (Figura 1), en una zona silvopastoril, con actividad pecuaria ubicada a 1199 metros sobre el nivel del mar. Se realizaron capturas de *D. columbianus* durante la noche, en un sector inundable, dominado principalmente, por vegetación herbácea, frecuentada continuamente por ganado vacuno de la zona (Figura 2A). Cada individuo capturado fue inmediatamente aislado en una bolsa Ziploc, para su posterior tratamiento.



**Figura 1.** Localización del punto de muestreo en la vereda Morales, municipio de Caloto, departamento del Cauca (Colombia).

Considerando que las lesiones causadas por hongos en ranas, generalmente, se concentran en la superficie ventral del cuerpo y las extremidades (DESMORE & GREEN, 2007; PESSIER 2002), se realizó un frotis epidérmico en la zona ventral y las patas anteriores de cada espécimen capturado, utilizando un hisopo estéril humedecido completamente con agua peptonada (Figura 2B). Cada hisopo se colocó en un tubo de ensayo esterilizado con 5ml de agua peptonada y se selló con un tapón de rosca. Finalmente, se rotuló con el número y el lugar de la muestra de donde fue tomado el individuo y se refrigeró para su transporte al laboratorio. Todo el procedimiento se realizó en el sitio de captura, sobre una hoja extendida de papel Craft esterilizada, junto a un mechero encendido para minimizar la contaminación de las muestras por agentes externos. Todos los individuos capturados, fueron liberados en la zona de estudio después de realizado el frotis de epidermis. Es importante destacar que, esta localidad, no ha sido aún analizada para detectar la presencia de Bd.



**Figura 2.** Procedimiento de toma de muestra y cultivo de los hongos. A) Zona de estudio. B) Frotis de la superficie epitelial de *D. columbianus*. C) Frotis de las pezuñas del ganado vacuno. D) Sembrados en medio de cultivo PDA en cajas de petri a temperatura ambiente.

Adicionalmente, se realizaron frotis de las pezuñas del ganado vacuno (*B. taurus*), siguiendo el mismo protocolo previamente descrito (Figura 2C) y se colectaron muestras de suelo equivalentes a 5 cm<sup>3</sup> en el área de captura, para evaluar la presencia de hongos saprófitos mediante la técnica de dilución. Esta técnica, consiste en obtener una suspensión de la mezcla de microorganismos y hacer diluciones seriadas que se vierten en una placa Petri hasta conseguir colonias aisladas. En el laboratorio, las muestras de *D. columbianus* y *B. taurus* se diluyeron hasta una concentración final de 10<sup>-3</sup>, mientras que las muestras de suelo, fueron diluidas hasta una concentración final de 10<sup>-5</sup>, a partir de la mezcla de 10 g de suelo en 9 ml de agua peptonada.

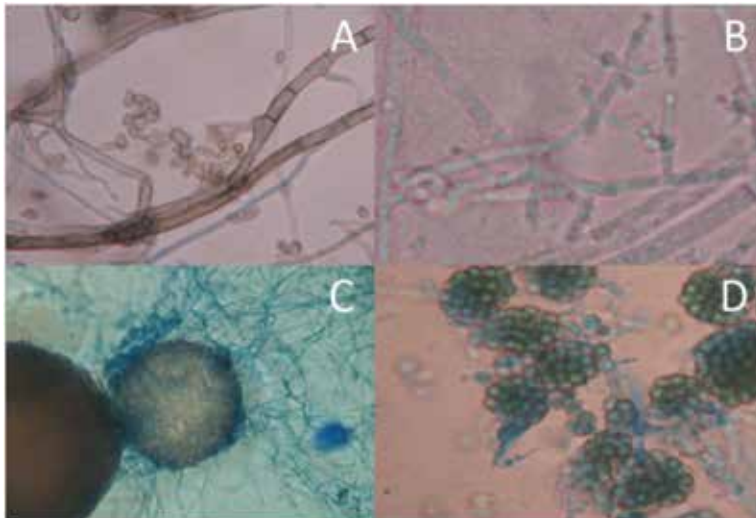
Para la proliferación de los hongos, se realizaron sembrados en profundidad utilizando un 1 ml de cada dilución en medio de cultivo tibio de papa-dextrosa-

agar (PDA), en cajas de Petri previamente esterilizadas (Figura 2D). Todas las incubaciones se realizaron durante cinco días a temperatura ambiente (27 °C). Finalmente, se realizó la identificación hasta el nivel de género de los hongos presentes siguiendo a GONÇALVES *et al.* (2006), en el laboratorio de microbiología de la Universidad del Valle. Cuando la esporulación no era posible en medio PDA, los hongos fueron resembrados en: Agar-Tierra, Agua, Avena, Clavel y Caléndula, para estimular la fase de esporulación.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En total, se procesaron siete muestras para cada uno de los tres tipos de fuente: frotis de *D. columbianus*, pezuñas de ganado y suelo. Todos los sembrados fueron positivos para hongos. Se identificaron diez géneros de ascomicetos y un zigomiceto, de los cuales cuatro se encontraron en la piel de *D. columbianus*, cinco en las pezuñas de *B. taurus* y nueve estuvieron presentes en el suelo (Tabla 1).

Dos géneros (*Penicillium* y *Trichoderma*) fueron encontrados en las tres unidades muestreadas. *Paecilomyces* y *Cladosporium*, estuvieron presentes, tanto en *D. columbianus*, como en el suelo, mientras que: *Eupenicillium*, *Fusarium*, *Gliocladium*, *Mucor* y *Verticillium*, sólo se encontraron en las muestras de suelo y el *Metarhizium*, sólo se encontró, en las pezuñas de ganado (Figura 3). *Aspergillus niger*, fue el único hongo posible de determinar hasta nivel de especie. Adicionalmente, entre las muestras de suelo, se encontró un hongo basidiomiceto, el cual no pudo ser identificado. Nueve morfotipos de hongos no esporularon en ninguno de los medios utilizados. No se observó ninguna lesión cutánea en los especímenes de *D. columbianus*, capturados durante este trabajo.



**Figura 3.** Fotografías a microscopio de las estructuras reproductivas de algunos hongos aislados de las muestras de suelo, frotis epitelial de *D. columbianus* y pezuñas de *B. taurus*. A. *Cladosporium*, B. *Trichoderma*, C. *Eupenicillium*, D. *Gliocladium*.

**Tabla 1.** Número de morfotipos de los géneros de hongos identificados de suelo, piel de *D. columbianus* y pezuñas de ganado en el municipio de Caloto, Departamento del Cauca, Colombia.

GÉNERO	Suelo	<i>D. columbianus</i>	Pezuñas de ganado
<i>Aspergillus</i>	2	0	1
<i>Cladosporium</i>	0	2	1
<i>Eupenicillium</i>	5	0	0
<i>Fusarium</i>	1	0	0
<i>Gliocladium</i>	1	0	0
<i>Metarhizium</i>	0	0	1
<i>Mucor</i>	1	0	0
<i>Paecilomyces</i>	2	1	0
<i>Penicillium</i>	11	3	3
<i>Trichoderma</i>	9	1	2
<i>Verticillium</i>	1	0	0
Total	33	7	8

La pequeña proporción de géneros de hongos encontrados en la piel de *D. columbianus*, con respecto a la cantidad de hongos detectados en el suelo (Tabla 1), puede ser un indicio de la existencia de factores en la piel de los anuros, que previenen el establecimiento de algunos microorganismos. Probablemente, el accionar conjunto del sistema inmune de este anuro contra hongos patógenos sumado al efecto natural de la comunidad microbiana que se encuentra en la piel de *D. columbianus* en esta localidad, podría estar desplazando las especies agresoras por competencia de espacio y/o recursos, como ha sido reportado para otras especies de anfibios (HARRIS *et al.*, 2009; POULIN, 1999; WOODHAMS *et al.*, 2007a, 2007b).

Es necesario tener en cuenta que, los hongos identificados en esta investigación, pueden llegar a ser oportunistas y parásitos potenciales de anuros y otros vertebrados (TAYLOR, 1999). Por ejemplo, aunque la presencia de los géneros *Penicillium* y *Trichoderma*, en los tres sistemas, concuerda con la tendencia ampliamente conocida de estos géneros de ser ubicuos (COOPER & HAYCOCKS, 2000; RIFAI, 1969). *Penicillium*, ha sido reportado como patógeno en la piel de *Aldabrachelys gigantea* (OROS *et al.*, 1996) y *Alligator mississippiensis* (JASMIN & BAUCOM, 1967), así como mutualista para *Dipodomys spectabilis* (HAWKINS, 1999), mientras que *Trichoderma*, ha sido reportado en casos de dermatitis micótica en ranas en cautiverio (CRASHAW). Otros géneros aquí encontrados, como: *Gliocladium*, *Fusarium*, *Metarhizium* y *Verticillium*, han sido reportados como micoparásitos para otros organismos diferentes a anuros (LEAL & VILLANUEVA, 1962; BARNETT & LILLY, 1962; DAYAL & BARON, 1970), siendo los tres últimos, entomopatógenos oportunistas (OSBORNE, 1992; ZHIOUA *et al.*, 1997).

Los hongos del género *Cladosporium*, han sido asociados con el desarrollo de chromomycosis en ranas (MILLER *et al.*, 1992; JUOPPERI *et al.*, 2002), que conlleva a la muerte de los individuos afectados (DENSMORE & GREEN, 2007). El hallazgo de este género de hongo, tanto en la piel de *D. columbianus*, como en las pezuñas del ganado de la zona de estudio, no solo apoya la idea del efecto del ganado como posible vector de hongos en la zona, sino que también, pone de manifiesto la necesidad de ampliar el espectro de búsqueda de hongos dérmicos que podrían estar afectando la viabilidad de las poblaciones de anfibios en Colombia.

En síntesis, a pesar que los individuos muestreados, no presentaron señales de infección o daño, hay que tener cautela y proyectar una evaluación específica relacionada con la actividad patógena, que pueden llegar a tener, estos hongos saprófitos, con el anuro hospedero, por lo que debe prestarse especial atención a regiones en donde la actividad pecuaria tiene un fuerte impacto sobre el paisaje, toda vez que podrían convertirse en un vector de dispersión de estos agentes.

## AGRADECIMIENTOS

A Neyla Benites, por su apoyo durante la fase de laboratorio. A María Inés Álvarez y a Luz Dary Caicedo del Laboratorio de Micología de la Universidad del Valle, por su colaboración para la determinación de los hongos. Lina Castaño proporcionó valiosos aportes para delimitar el diseño experimental utilizado. Andrés Quintero y al señor Miller, por su invaluable ayuda durante la fase de campo. Un reconocimiento especial a los revisores anónimos de este documento por sus valiosos aportes y comentarios. Esta investigación, fue financiada por el grupo de investigación: "Ecología Animal", el Departamento de Biología y el Departamento de Micología de la Universidad del Valle.

## BIBLIOGRAFÍA

- ACOSTA-GALVIS, A., RUEDA, J. V., VELÁSQUEZ, A. A., SÁNCHEZ, S. J. & PEÑA, J. A., 2006. - Descubrimiento de una especie de *Atelopus* (Bufonidae) para Colombia: ¿Una luz de esperanza o el ocaso de los sapos arlequines? *Rev. Acad. Colomb. Cienc.*, 30 (115): 280-290.
- BARNETT, H. L. & LILLY, V. G., 1962.- A destructive Mycoparasite, *Gliocladium roseum*. *Mycologia*, 54 (1): 72-77.
- BELDEN, L. K. & HARRIS, R. N., 2007.- Infectious diseases in wildlife: the community ecology context. *Front. Ecol. Environ.*, 5 (10): 533-539.
- BELSCHNER, H. G. & MARSHALL, E. F., 1984.- *Cattle diseases*. 5. ed. Angus & Robertson. Sydney. 378p.
- BLANCO, J. L. & GARCÍA, M. E., 2010.- Animal as reservoir of fungal diseases: zoonoses?: 46-70 (in) AHMAD, L., OWAIS, M. & SHAHID, M. (eds.) *Combating fungal infections: problems and remedy*, Springer, Netherland.
- BOLÍVAR, W. & RENGIFO, J. M., 2011.- *Dendropsophus columbianus*. (in) IUCN red list of threatened species. [en línea] desde [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org).
- CASTRO-HERRERA, F., BOLIVAR-GARCÍA, W. & HERRERA-MONTES, M. I., 2007.- *Guía de los anfibios y reptiles del bosque de Yotoco, Valle del Cauca, Colombia*. Grupo de Investigación Laboratorio de Herpetología, Universidad del Valle. Cali, Colombia. 70 p.
- CINGOLANI, A. M., NOY-MEIR, I., RENISON, D. D. & CABIDO, M., 2008.- La ganadería extensiva: ¿es compatible con la conservación de la biodiversidad y de los suelos? *Ecol. Austral*, 18 (3): 253-271.
- COOPER, C. & HAYCOCKS, N., 2000.- *Penicillium marnettei*: an insurgent species among the Penicillia. *J. Eukaryot. Microbiol.*, 47 (1): 24-28.
- DAYAL, R. & BARRON, G. L., 1970.- *Verticillium psalliotaeas* a parasite of *Rhopalomyces*. *Mycologia*, 62 (4): 826-830.
- DENSMORE, C. L. & GREEN D. E., 2007.- Diseases of amphibians. *ILAR J.*, 48 (3): 235-254.
- GONÇALVES, A. B., PATERSON, R. R. M. & LIMA, N., 2006.- Survey and significance of filamentous fungi from tap water. *Int. J. Hyg. Environ.-Health*, 209 (3): 257-264.



- HARRIS, R. N., BRUCKER, R. M., WALKE, J. B., BECKER, M. H., SCHWANTES, C. R., FLAHERTY, D. C., LAM, B. A., WOODHAMS, D. C., BRIGGS, C. J., VREDENBURG, K., MINBIOLE, P. 2009.- Skin microbes on frogs prevent morbidity and mortality caused by a lethal skin fungus. *ISME J*, 3: 818-824.
- HAWKINS, L. K. 1999.- Microfungi associated with the Banner-Tailed Kangaroo Rat, *Dipodomys spectabilis*. *Mycologia*, 91 (5): 735-741.
- HILL, W. A., NEWMAN, S. J., CRAIG, L., CARTER, C., CZARRA, J. & BROWN, P. 2010.- Diagnosis of *Aeromonas hydrophila*, Mycobacterium species, and *Batrachochytrium dendrobatidis* in an African Clawed Frog (*Xenopus laevis*). *J Am. Assoc. Lab. Anim. Sci.* 49 (2): 215-220.
- JASMIN, A. M., CARROLL, J. M. & BAUCOM, J. N. 1968.- Pulmonary Aspergillosis of the American Alligator (*Alligator mississippiensis*). *Am. J. Vet. Clin. Path.*, 2: 93.
- JUOPPERI, T., KARLI, K., DEVOE, R. & GRINDEM, C. B., 2002.- Granulomatous dermatitis in a spadefoot toad (*Scaphiopus holbrookii*). *Vet. Clin. Path.*, 31 (3): 137-13.
- LEAL, J. A. & VILLANUEVA, J. R. 1962.- Fungilytic activity of a species of *Verticillium*. *Science, New Series*, 136 (3517): 715-716.
- LIPS, K. R., BORROWES, P. A., MENDELSON, J. R. & PARRA-OLEA, G. 2005.- Amphibian population declines in Latin America: A Synthesis. *Biotropica*, 37 (2): 222-226.
- MAECHA, L. 2002.- El silvopastoreo: una alternativa de producción que disminuye el impacto ambiental de la ganadería bovina. *Rev. Col. Cienc. Pec.*, 15 (2): 226-231.
- MILLER, E. A., MONTALI, R. J., RAMSAY, E. C. & RIDEOUT, B. A. 1992.- Disseminated Chromoblastomycosis in a Colony of Ornate-Horned Frogs (*Ceratophry sornata*). *J. Zoo. Wildl. Med.*, 23 (4): 433-438.
- MOLINA DE DIEGO, A. 2011.- Aspectos clínicos, diagnósticos y terapéuticos de la dermatofitosis. *Enferm. Infecc. Microbiol. Clin.*, 29 (Supl. 3): 33-39.
- OROS, J., RAMIREZ, A. S., POVEDA, J. B., RODRÍGUEZ, J. L. & FERNÁNDEZ, A. 1996.- Systemic mycosis caused by *Penicillium griseofulvum* in a Seychelles giant tortoise (*Megalocheilus gigantea*). *Vet. Rec.*, 139 (12): 295-296.
- OSBORNE, L. S. & LANDA, Z. 1992.- Biological control of whiteflies with Entomopathogenic Fungi, *Fla. Entomol.*, 75 (4): 456-471.
- PARUELO, J. M., GUERSCHMAN, J. P. & VERÓN, S. R. 2005.- Expansión agrícola y cambio en el uso de suelos. *Ciencia Hoy.*, 15 (87): 14-23.
- PESSIER, A. P. 2002.- An overview of amphibian skin disease. *Semin. Avian. Exotic. Pet. Med.*, 11 (3): 162-174.
- POULIN, R. 1999.- The functional importance of parasites in animal communities: many roles at many levels? *Int. J. Parasitol.*, 29 (6): 903-914.
- RIFAI, M. A. 1969.- A revision of the genus *Trichoderma*. *Mycol. Pap.*, 116: 1-56.
- RUIZ, A. & RUEDA-ALMONACID, J. V. 2008.- *Batrachochytrium dendrobatidis* and chytridiomycosis in anuran amphibians of Colombia. *Eco Health*, 5 (1): 27-33.
- RUIZ-CARRANZA, P. M., ARDILA-ROBAYO, M. C. & LYNCH, J. D. 1996.- Lista actualizada de la fauna de Amphibia de Colombia. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.*, 20 (77): 365-415.
- SODHI, N. S., BICKFORD, D., DIEMOS, A. C., LEE, T. M., KOH, L. P., BROOK, B. W., SEKERCIOGLU, C. H. & BRADSHAW, C. J. A. 2008.- Measuring the meltdown: drivers of global amphibian extinction and decline. *PLoS ONE*, 3: e1636.
- SOVELL, L., VONDRACEK, A., FROST, K. & MUMFORD, G. 2000.- Impacts of rotational grazing and riparian buffers on physicochemical and biological characteristics of southeastern Minnesota, USA, streams. *Environ. Mgmt.*, 26 (6): 629-641.
- TAYLOR, S. K., WILLIAMS, E. S., PIER, A. C., MILLS, K. W. & BOCK, M. D. 1999.- Mucormycosis dermatitis in captive adult Wyoming toads. *J. Wildlife Dis.*, 35 (1): 70-74.
- TRAVIESO-BELLO, A. C., MORENO-CASASOLA, P. & CAMPOS, A. 2005.- Efecto de diferentes manejos pecuarios sobre el suelo y la vegetación en humedales transformados a pastizales. *INCI*, 30 (1): 12-18.
- VELÁSQUEZ-E, B. E., CASTRO, F., BOLIVAR-G, W. & HERRERA, M. I. 2008.- Infección por el hongo *Batrachochytrium dendrobatidis* en anura de la Cordillera Occidental de Colombia. *Herpetotrópicos*, 4 (2): 65-70.
- WOODHAMS, D. C., ARDIPRADJA, K., ALFORD, R. A., MARANTELLI, G., REINERT, L. K. & ROLLINS-SMITH, L. A. 2007a.- Resistance to chytridiomycosis varies among amphibian species and is correlated with skin peptide defenses. *Animal Conservation*, 10 (4): 425-428.
- WOODHAMS, D. C., VREDENBURG, V. T., SIMON, M. A., BILLHEIMER, D., SHAKHTOUR, B., SHYR, Y., BRIGGS, C. J., ROLLINS-SMITH, L. A. & HARRIS, R. N. 2007b.- Symbiotic bacteria contribute to innate immune defenses of the threatened mountain yellow-legged frog, *Rana muscosa*. *Biol. Conserv.*, 138 (3-4): 390-398.
- YOUNG, B. E., LIPS, K. R., REASER, J. K., IBAÑEZ, R., SALAS, A. W., CEDENO, R., COLOMA, L. A., RON, S., LA MARCA, E., MEYER, J. R., MUÑOZ, A., BOLANOS, F., CHÁVEZ, G. & ROMO, D. 2001.- Population declines and priorities for amphibian conservation in Latin America. *Conserv. Biol.*, 15 (5): 1213-1223.
- ZHIOUA, E., BROWNING, M., JOHNSON, P. W., GINSBERG, H. S. & LEBRUN, R. A. 1997.- Pathogenicity of the Entomopathogenic Fungus *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycetes) to *Ixodes scapularis* (Acari: Ixodidae). *J. Parasitol.*, 83 (5): 815-818.



# EVALUACIÓN DE LA DIVERSIDAD FLORÍSTICA EN CUATRO BOSQUES DE LA ZONA AMORTIGUADORA DEL PARQUE NACIONAL NATURAL LOS NEVADOS

*Luis Gabriel López H., Yenny Alexandra Ramírez H. y Yury Dellanid Zamora S.<sup>1</sup>*

## Resumen

Se establecieron 4 unidades de monitoreo permanente de 1 ha, en bosques de cada uno de los departamentos con jurisdicción, en la zona amortiguadora del Parque Nacional Natural Los Nevados, realizando 4 mediciones, en un periodo comprendido entre 1999 y 2010. Para la evaluación de la diversidad dentro de cada uno de los 4 ecosistemas se utilizaron tres grupos de medidas, que corresponden a: los índices de riqueza de especies, los índices de abundancia relativa de especies y los índices de abundancia de especies; con los cuales, se determinó la Diversidad alfa. De igual manera, se evaluó la beta diversidad, entre cada uno de los sitios de muestreo, utilizando para esto, las medidas de similaridad y disimilaridad, propuestas por (HALFFTER (1992) y (MAGURRAN (1988), encontrando, que existe alta rareza de especies en los bosques de la zona amortiguadora del Parque Nacional Natural Los Nevados, en especial, en el Parque Regional Ucumarí (Risaralda), con base en lo anterior, se determinó, que cada uno de los ecosistemas evaluados: Parque Regional Ucumarí, Área Natural Protegida la Montaña, (Quindío), Torre 4 (Caldas) y El Palmar (Tolima), presentan alta heterogeneidad en su Diversidad alfa. Por otra parte, las relaciones de similitud, son bastante bajas, entre los ecosistemas evaluados, lo que demuestra la alta beta diversidad y la poca conectividad presente, en la zona amortiguadora del parque, derivada de factores geomorfológicos y antrópicos, sin embargo, cada área contribuye de manera independiente, a la conservación de los ecosistemas dentro y fuera del Parque Nacional Natural Los Nevados, por lo que es aconsejable, preservar este mosaico de hábitats.

**Palabras Clave:** Diversidad alfa, beta diversidad, composición florística, parcelas permanentes, riqueza de especies.

## EVALUATION OF FLORISTIC DIVERSITY IN FOUR BUFFER ZONE FORESTS IN THE NATIONAL NATURAL PARK LOS NEVADOS

### Abstract

Four 1 hectare permanent monitoring units were established in forests of each of the departments with jurisdiction in the buffer zone of Los Nevados National Park, carrying out 4 measurements over a period between 1999 and 2010. For the assessment of diversity within each of the 4 ecosystems used, three groups of measures were performed corresponding to: the rates of species richness, relative abundance rates of species and abundance rates of species with which the alpha diversity was determined. Similarly, the beta diversity between each of the sampling sites was tested, using for this purpose the similarity and dissimilarity measures proposed by (Halffter(1992) and (Magurran(1988), finding that there is a high rarity of species in the buffer zone of Los Nevados National Park forests, especially in the Regional Park Ucumarí (Risaralda). Based on the aforementioned,

\* FR: 18-IV-2012. FA: 10-VIII-2012.

<sup>1</sup> Grupo de Investigación en Biodiversidad y Dinámica de Ecosistemas Forestales Universidad del Tolima, Facultad de Ingeniería Forestal.

it was determined that each of the ecosystems evaluated: Ucumari Regional Park, Protected Natural Area La Montaña (Quindio) Tower 4 (Caldas) and El Palmar (Tolima), show high heterogeneity in alpha diversity. On the other hand, similarity relations are quite low between ecosystems evaluated, demonstrating a high beta diversity and little connectivity present in the park buffer zone, derived from geomorphological and anthropogenic factors. However, each area independently contributes to the conservation of ecosystems within and outside Los Nevados National Park, so it is advisable to preserve this mosaic of habitats.

**Keywords:** Alpha diversity, beta diversity, floristic composition, plots, species richness.

## INTRODUCCIÓN

Los Andes tropicales, cubren una extensión de 1'543.000 km<sup>2</sup> y se distribuyen desde el oeste de Venezuela, hasta la frontera entre Bolivia, Chile y Argentina (JOSSE *et al.*, (2009), en Colombia, estos ecosistemas, se distribuyen a lo largo y ancho de las tres cordilleras, en que se dividen los Andes.

Son reconocidos como ecosistemas únicos, con altísimo grado de diversidad biológica, caracterizados por su rareza y singularidad, que proveen grandes beneficios, como la regulación del clima a escalas regionales, al captar gran cantidad de agua de los bancos de nubes que por efecto de la orografía andina, se precipitan, así como la captación de CO<sub>2</sub> atmosférico, alcanzando a acumular entre 20 y 40 toneladas por hectárea (CUESTA *et al.*, 2009). Sin embargo, son uno de los ecosistemas más amenazados y vulnerables, frente al cambio climático y el dinamismo poblacional.

Aunque la figura de zona amortiguadora, actualmente, no se encuentra reglamentada por la ley, los Decretos 2811 y 622 de 1977, hacen mención de esta, como un área importante, para atenuar las actividades del hombre y su impacto, sobre la ecología y vida silvestre, de los parques nacionales.

En consecuencia, este estudio presenta los resultados de la evaluación de la diversidad biológica que alberga la zona amortiguadora del Parque Nacional Natural Los Nevados, en aspectos, tan fundamentales, como la diversidad alfa y beta.

## MATERIALES Y MÉTODOS

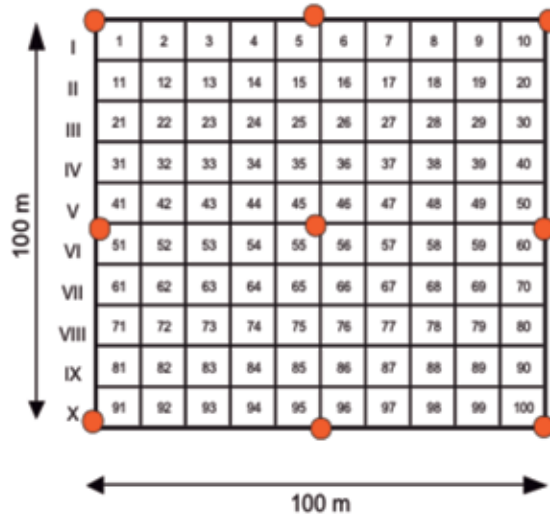
### Área de estudio

Se establecieron como sitios de muestreo, cuatro unidades permanentes de monitoreo, ubicadas en áreas naturales protegidas y establecidas por las Corporaciones Autónomas Regionales: CARDER, CORPOCALDAS, CORTOLIMA y CRQ, entre rangos altitudinales de los 2000 a 2500 m.s.n.m.

### Método de Muestreo

En cada sitio de estudio, se estableció una parcela de monitoreo permanente de una (1,0) hectárea, por medio de métodos planimétricos, con brújula taquimétrica, cinta y jalón. La unidad de monitoreo se subdividió, en 10 transectos superpuestos de 10 x 100, con unidades de registro (sub-parcelas de 10 x10 m), las unidades

de muestreo, se delimitaron con estacas o pilotes de PVC (50 cm) y se reticularon con hilo de polipropileno. Los vértices de las parcelas y los puntos medios de las mismas, se identificaron, con tubos de PVC de color naranja, con longitud de 70 centímetros (Figura 1).



**Figura 1.** Unidad de monitoreo permanente de 1,0 ha, para la evaluación ecológica y la dinámica sucesional, de los ecosistemas boscosos ubicados en el área amortiguadora del PNN Los Nevados.

Se marcaron todos y cada uno de los árboles con diámetros (medido a 1,30 cm de la superficie del suelo) DAP, mayores e iguales a 10,0 cm, cuyo punto de medición, quedó delimitado por una cuerda de polipropileno y una banda de pintura de color amarillo y marcados con una placa de aluminio (anclada con un clavo inoxidable al árbol), se hizo la colección botánica, mínimo, de un ejemplar por especie, los cuales, fueron secados e identificados mediante comparación, revisión de monografías y claves en los herbarios de dendrología de la Universidad del Tolima y el Herbario Toli.

Los ejemplares que no se determinaron hasta el nivel de especie fueron comparados y agrupados en morfoespecies para el efecto del análisis y algunos fueron depositados en los herbarios mencionados anteriormente.

### Análisis de datos

Para la evaluación de la diversidad biológica en la zona amortiguadora del Parque Nacional Natural Los Nevados, se determinaron la composición florística y el índice de valor familiar, así como las medidas de la Diversidad alfa correspondientes a: los índices de densidad de especies Margalef y Menhinick; la curva de acumulación de especies; los estimadores no paramétricos para la riqueza de especies Chao1, ACE y Jackknife; los índices basados en la abundancia relativa de especies Shannon-Wiener, Simpson y Berger-Parker y los modelos de abundancia serie geométrica, serie logarítmica, vara partida y el modelo Lognormal.

Para validar el ajuste de cada uno de los modelos de abundancia, se corrió la prueba  $\chi^2$  (chi cuadrado), por medio de la versión libre del programa PlanMaker 2010, mientras que, para validar el ajuste de los estimadores no paramétricos de riqueza de especies, se utilizó la prueba sesgo/exactitud, cuyos valores aparecen determinados en el procesamiento de la información.

En cuanto a la beta diversidad, se evaluaron las medidas de similaridad de Jaccard, coeficiente de Sorensen, el coeficiente cuantitativo de Sorensen, el índice de Morisita-Horn, mientras que, para las medidas de disimilaridad, se determinó: la distancia euclidiana, el porcentaje de disimilitud y remotidad.

## RESULTADOS

### COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

Se presentan los resultados de los valores de la composición florística, por cada área de muestreo, resaltando las especies más abundantes.

**Tabla 1.** Composición florística registrada en las cuatro parcelas de muestreo de 1 ha, en la Zona Amortiguadora del PNN Los Nevados.

Parcela	Géneros	Especie	Familia	Individuos
La montaña (Quindío)	63	87	39	841
Palmar (Tolima)	67	104	39	969
Torre 4 (Caldas)	49	129	30	896
Ucumarí (Risaralda)	71	135	39	685

#### Parcela La Montaña (Quindío)

La especie más abundante fue *Clidemia 1* (Melastomataceae), con 102 individuos; seguida de *Viburnum pichinchense* (Caprifoliaceae) y *Lippia schlimii* (Verbenaceae), con 66 y 61, respectivamente; 27 especies (26,47 %), presentaron solo un individuo, 18 especies (17,64 %) presentaron dos individuos y 16 especies (15,68 %), registraron entre 10 y 50 individuos. Dos familias presentaron el mayor número de géneros: Lauraceae y Solanaceae, con cuatro géneros (6,34 %); seguida de Asteraceae, Melastomataceae y Verbenaceae, con tres géneros cada una (4,76 %); 27 familias (69,23 %), solo presentaron un género y las otras restantes (20 %), 2 géneros. De la vegetación registrada el 44,11 % corresponde a especies con 1 y 2 individuos.

#### Parcela El Palmar (Tolima)

Se registraron 969 individuos agrupados en 39 familias, 67 géneros y 104 especies. *Miconia gleasoniana* (Melastomataceae), registró 60 individuos, siendo esta la especie más numerosa (6,19 %), seguida de *Chrysochlamys colombiana* (Clusiaceae), con 45 individuos (4,65 %). El género que mayor número de especies presentó, fue Melastomataceae, con 7 especies (6,79 %), convirtiendo a esta familia, en la más representativa del área. En este mismo sentido, las especies raras que

corresponden a aquellas que poseen 1 y 2 individuos, sumaron el 55,33 % del total de la vegetación registrada, siendo esto, un indicador de riqueza de las mismas y de alta diversidad vegetal.

### Parcela Torre 4 (Caldas)

El registro de individuos del área de estudio, fue de 896, agrupados en 129 especies, pertenecientes a 30 familias, con 49 géneros. La especie *Cordia cylindrostachya* (Boraginaceae), fue la que más individuos presentó, con 101 (11,27 %) seguida de *Saurauia 2* (Actinidiaceae) y *Cestrum humboldtii* (Solanaceae), con 65 (7,26 %) y 62 (6,92 %) individuos, respectivamente. El 2,24 % (20), de las especies presentaron solo un individuo y el 1,11 % (10), solo 2 especies.

La familia que mayor número de géneros registró fue Solanaceae, con 4 (8,69 %) y los géneros con mayor número de especies reportadas, fueron: *Aegiphila* (Verbenaceae) y *Cyathea* (Cyatheaceae), con cinco (7,14 %) especies cada una, seguida de los géneros: *Miconia* (Melastomataceae), *Saurauia* (Actinidiaceae) y *Cordia* (Boraginaceae), con 4 (5,72 %), 3 (4,29 %) y 3 (4,29 %) respectivamente.

### Parcela Ucumarí (Risaralda)

Se registraron 685 individuos pertenecientes a 39 familias, 71 géneros y 135 especies. La especie más abundante fue *Topobea 1* (Melastomataceae), con 40 individuos; seguida de *Axinaea macrophylla* (Melastomataceae), con 30 individuos, siendo esta la familia más abundante con 100 individuos y con más géneros (10) (14,08 %); 45 especies (40,91 %), presentaron solo un individuo; 13 especies (11,81 %), presentaron 2 individuos; 15 especies (13,63 %), registraron entre 10 y 20 individuos y 8 especies (7,28 %), presentaron entre 21 y 30 individuos.

En términos de heterogeneidad y riqueza de especies, se puede observar que, existe una alta tasa de rareza de las mismas, debido a que especies con 1 y 2 individuos (raras), ocupan el 54,5 %, de la composición florística.

### Índice de valor familiar

#### La Montaña (Quindío)

Entre las familias que presentaron un mayor índice de valor familiar, se encuentra: Melastomataceae, con los géneros *Clidemia*, *Leandra* y *Miconia*; Verbenaceae, con los géneros: *Aegiphila*, *Lippia* y *Citharexylum*, en este mismo sentido, entre las familias que presentaron el menor índice de valor familiar, se encuentran Anacardiaceae, Cornaceae y Myricaceae; y con un solo género: *Mauria*, *Cornus* y *Myrica*, respectivamente (Figura 2).

#### El Palmar (Tolima)

La familia que presentó el mayor índice de valor corresponde a: Melastomataceae con 4 géneros, dentro los que se encuentran: *Axinaea*, *Clidemia*, *Meriania* y *Miconia*, mas 7 morfotipos, con diferente número de individuos, que por sus características

morfológicas corresponden a esta familia; seguida por la familia Euphorbiaceae, con 3 géneros correspondientes a: *Alchornea*, *Sapium* y *Hyeronima*. Entre las familias con menor I.V.F., se encuentran: Flacourtiaceae, Winteraceae y Arecaceae; y con un sola especie: *Casearia mariquitensis*, *Drymis granadensis* y *Geonoma 1* (Figura 3).

**Torre 4 (Caldas)**

Para la parcela ubicada en el sector Torre 4, en el departamento de Caldas, se puede evidenciar que la familia Verbenaceae, presenta el mayor I.V.F., con 3 géneros dentro de los que se encuentran: *Aegiphila*, con 5 morfotipos, *Citharexylum subflavescens* y *Lippia schlimii Turcz*; seguida de Boraginácea, con los géneros *Tournefortia* y *Cordia*, Actinidiaceae con *Saurauia* con 3 morfotipos.

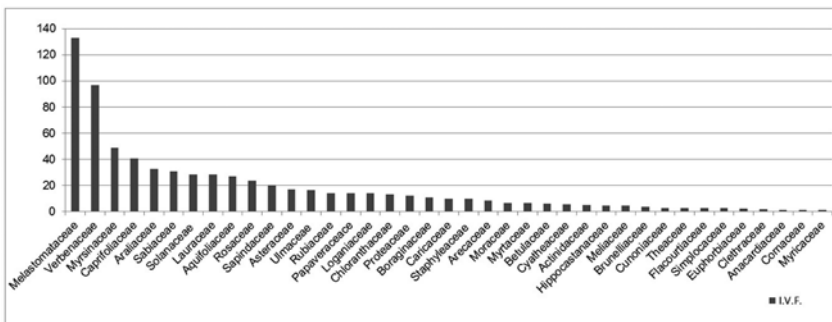
Entre las familias con menor índice de valor familiar, se encuentran: Proteaceae (*Panopsis yolombo*), Chloranthaceae (*Hedyosmum bonplandianum*), Rosaceae (*Prunus 1*), Clusiaceae (*Chrysochlamys colombiana*) y Meliaceae (*Cedrela montana*) (Figura 4).

**Ucumarí (Risaralda)**

En cuanto al I.V.F., para la parcela ubicada en el parque regional Ucumarí, las familias que registraron un alto valor fueron: Melastomataceae con los géneros *Axinaea*, *Leandra*, *Meriania*, *Miconia*, *Topobea* y un morfotipo, así mismo, Cyatheaceae, con 3 géneros *Alsophila*, *Cyathea*, *Sphaeropteris*.

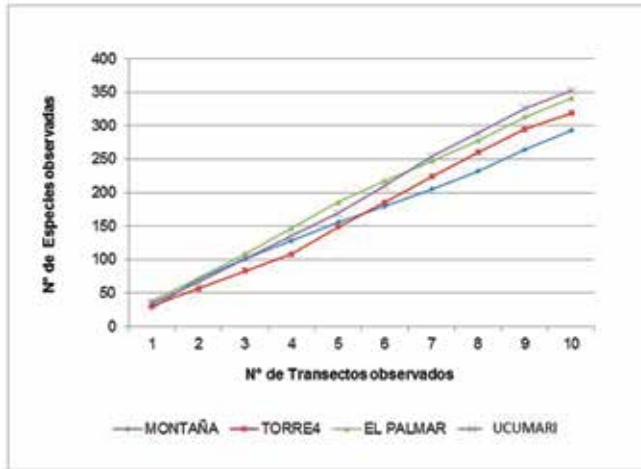
En este mismo sentido, entre las familias que registraron un menor I.V.F., se encuentran Brunelliaceae, Winteraceae, Papilionaceae y Proteaceae.

Llama la atención la alta presencia de la familia Cyatheaceae, con especies poco abundantes y susceptibles a la perturbación (VARGAS, (2002), lo que puede significar, un indicador de conservación. La gran ventaja que se observa sobre la familia Melastomataceae, se debe en cierta medida, a los árboles pertenecientes al género *Topobea*, que posee ejemplares de gran porte (40 m) y diámetro (70 cm), que conforman el dosel del bosque (Figura 5).



**Figura 2.** Representación gráfica del I.V.F., Parcela La Montaña.





**Figura 6.** Curva de acumulación de especies ( $DN \geq 10$  cm, 1ha) en las parcelas Ucumarí, Torre 4, Palmar, La Montaña.

La curva de acumulación de especies, indica que la parcela ubicada en el PNR Ucumarí, es un área de alta diversidad, donde se acumulan más especies por unidad de área, con respecto a las demás parcelas y que más de la mitad de la vegetación encontrada, posee, tan solo 1 ó 2 individuos.

En cuanto a la parcela ubicada en el departamento de Caldas, en el sector de Torre 4, se puede evidenciar, que en los primeros transectos, se observa una clara disminución de especies, debido a la dominancia que ejercen otras como *Cordia cilyndrostachia* y *Saurauia sp.*, pero a medida que va aumentando el área de muestreo, así mismo, aumenta la acumulación de especies.

Para la unidad de monitoreo establecida en el Palmar, se puede evidenciar la alta acumulación de especies, cuando aumenta el área de muestreo (Tabla 2), esto se debe a que casi la mitad de las especies registradas poseen, tan solo 1 ó 2 individuos, lo que aumenta la riqueza de las especies.

Sin embargo, la unidad de monitoreo establecida en el área natural protegida La Montaña, presenta la más baja tasa de acumulación de especies, a pesar de presentar una alta presencia de especies raras, el área recluta menos especies que los demás sitios.

Como se observa que, ninguna de las curvas establecidas alcanza un valor asintótico, es necesario aumentar el área de muestreo, con el propósito de definir el punto de decrecimiento de la curva de riqueza de las especies y determinar, el potencial de acumulación de las mismas para cada uno de los sitios por unidad de área.



**Tabla 2.** Tabla de valores con la cantidad de especies acumuladas por transectos (10 x 100m), en cada una de las parcelas (2010).

No. de Transectos observados	PARCELAS			
	MONTAÑA	TORRE 4	EL PALMAR	UCUMARÍ
1	28	31	38	35
2	71	57	72	66
3	101	83	109	102
4	128	108	147	135
5	156	149	186	169
6	180	186	218	210
7	205	224	247	254
8	232	260	278	289
9	264	295	313	326
10	293	319	341	352

### Índices de Densidad de especies

Para determinar la variación en la diversidad de las especies, con respecto a cada uno de los sitios evaluados, se utilizaron los índices de diversidad de especies más conocidos.

**Tabla 3.** Índices de riqueza basados en la diversidad de especies, para cada uno de las unidades de monitoreo.

Unidad de Monitoreo	No. de Individuos	No. de Especies	Índice de Margalef (Dmg)	Índice de Menhinick (Dmn)
UCUMARÍ	678	135	20,55	5,19
EL PALMAR	701	104	15,72	3,93
TORRE 4	895	129	18,83	4,31
MONTAÑA	759	87	12,97	3,16

Para efectos de la evaluación de la diversidad registrada en cada una de las parcelas inventariadas, se observa, que la mayor riqueza de especies determinadas con los índices de Margalef (Dmg) y Menhinick (Dmn), se presenta en Ucumarí por tratarse de un área que cuenta con un mayor estado de protección y que pertenece, a un corredor de conservación conformado por áreas naturales protegidas de carácter regional y nacional.

En términos generales, los valores coinciden casi, que perfectamente con los encontrados por MELO (2000), (DMg = 20,21) y (DMn = 5,60) en un bosque en estado de conservación en la cordillera central, lo que podría tomarse, como una cifra máxima posible e indicadora de conservación para los bosques de esta zona de vida.

Así mismo, se evidencia que la parcela ubicada en el sector de Torre 4, en Caldas, presenta el segundo valor más alto en cuanto a riqueza de especies, pero con una mayor cantidad de individuos por hectárea que las demás.

Con respecto a la parcela La Montaña, ubicada en el departamento del Quindío, se puede deducir, que a pesar de tener una alta tasa de especies raras (1 y 2 individuos), presenta el valor más bajo con respecto a la riqueza de las mismas.

### Estimadores no paramétricos de la rareza de especies

En cuanto a los estimadores no paramétricos de riqueza de especies, se encontró, que el estimador de Jackknife, es el que presenta menos sesgo y más exactitud, a la hora de determinar la riqueza de las especies, a excepción de la parcela La Montaña, que presentó, más exactitud y menos sesgo, con el estimador ACE. Lo que concuerda con lo citado por (CHIARUCCI *et al.*, 2003; GÓMEZ *et al.*, 2006), quienes afirman que, para muestreos con tamaños grandes, el estimador de Jackknife, es el que presenta valores más cercanos a la riqueza verdadera y con menos sesgo.

**Tabla 4.** Riqueza Estimada, observada, prueba de exactitud y sesgo, para las unidades de monitoreo establecidas (2010).

Unidad de Monitoreo	Riqueza Estimada.				Riqueza Observada
	Chao 1	Chao 2	Jackknife	ACE	
<b>LA MONTAÑA</b>					
Sesgo	-0.314	-0.377	-0.307	0.120	
Exactitud	0.098	0.139	0.094	0.014	
<b>EL PALMAR</b>					
Sesgo	0.252	-0.611	0.199	-0.198	104
Exactitud	0.063	0.373	0.039	0.039	
<b>TORRE 4</b>					
Sesgo	412,30	169,83	154,74	83,37	
Sesgo	2.196	0.316	0.199	-0.353	129
Exactitud	4.822	0.100	0.039	0.125	
<b>UCUMARI</b>					
Sesgo	257,70	197,45	164,7	81,97	
Sesgo	0.908	0.462	0.22	-0.392	
Exactitud	0.826	0.213	0.048	0.154	135

**Sesgo**= (S estimada/S observada)/S observada (1).

**Exactitud**= ((S estimada – S verdadera)/S verdadera)<sup>2</sup> (2).

Tomando este estimador, como aquel que más se ajusta, a la determinación de la riqueza verdadera de las especies, se podría afirmar que, en la unidad de monitoreo establecida en El Palmar, se evaluó el 83,34 % de las especies, así como el 83,36 % en Torre 4, el 82,31 % en Ucumarí y el 76,49 % en La Montaña.

### Índices basados en la abundancia relativa de especies

**Tabla 5.** Valores de índices de diversidad encontrados para cuatro parcelas establecidas en el área amortiguadora del Parque Nacional Natural Los Nevados (2010).

SITIO	Shannon-Wiener	Uniformidad de Shannon	Simpson	Recíproco de Simpson	Berger Parker	Recíproco de Berger Parker
MONTAÑA	3,534	0,791	0,0499	20,008	0,134	7,441
PALMAR	3,873	0,834	0,032	31,303	0,086	11,683
TORRE 4	3,711	0,764	0,0431	23,172	0,113	8,861
UCUMARÍ	4,170	0,850	0,022	45,545	0,059	16,950

Analizando los valores obtenidos para cada uno de los sitios, por ejemplo, se pueden encontrar muchas ambigüedades. Se observa que, el índice Shannon-Wiener ( $H'$ ), presenta su máximo valor en la parcela Ucumarí, asumiéndose, como un sitio de alta heterogeneidad, en donde todas las especies se encuentran distribuidas uniformemente y no se presentan especies dominantes que reduzcan la diversidad, coincidiendo con MORENO, (2001), quien menciona, que las coberturas boscosas con periodos de conservación de más de 30 años, presentarán valores por encima de 4, en este mismo sentido, CAVIEDES (1999), afirma que, valores entre 3 y 5, describen comunidades con alta heterogeneidad en sus especies.

Se esperaría, que estos valores aumenten para las demás parcelas, por encontrarse cercanas, al valor arrojado en la parcela de Ucumarí, lo que indica, que son parcelas con mucha tendencia a la heterogeneidad.

En cuanto al índice de Simpson (D), muestra, que ninguno de los sitios observados, presenta tendencia a la dominancia de las especies, toda vez, que ninguno de los valores se acerca a 0,1, lo que define una alta tasa de heterogeneidad. Sin embargo, en la parcela Torre 4, se observa dominancia de algunas especies, pero sin ser tan representativa, teniendo en cuenta, el área de muestreo.

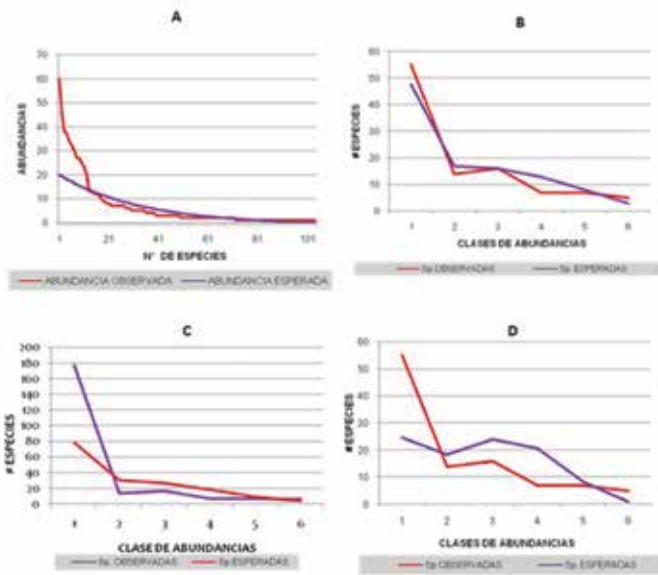
Observando los valores arrojados en el índice de Berger Parker, se puede notar una clara coincidencia con lo analizado en el índice de Simpson, lo que determinaría, que los bosques de La Montaña y Torre 4, presentan más dominancia de especies, que Ucumarí y El Palmar.

### Modelos de Abundancia

Las coberturas boscosas de los 4 sitios evaluados, fueron organizadas en términos de su abundancia en especies de mayor a menor cuantía, con el fin de determinar los patrones que describen la comunidad y que se conocen, como modelos de

abundancia y que por medio de una evaluación estadística generan una curva, que puede ser ajustada a alguno de los modelos de distribución más conocidos, entre ellos: Serie Geométrica, Serie Logarítmica, Modelo Log normal y Vara partida.

El modelo de abundancia seleccionado para cada uno de los sitios evaluados, es el resultado de un proceso de ajuste estadístico, conocido como Prueba Chi<sup>2</sup> y de una revisión bibliográfica detallada.



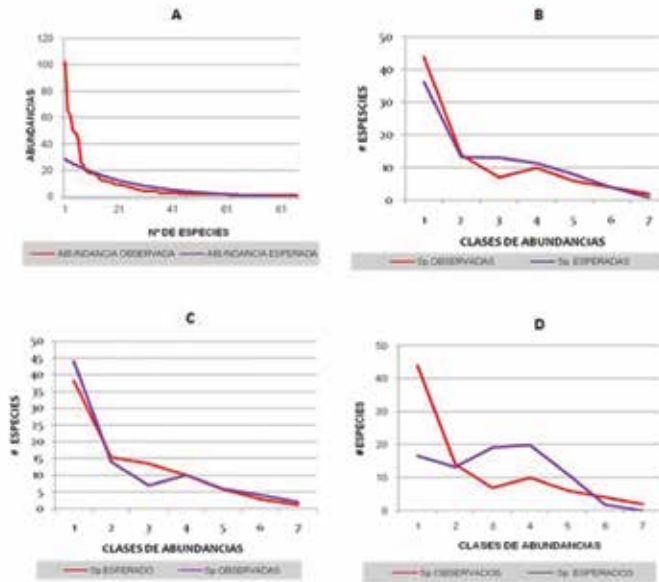
**Figura 7.** Comportamiento de los diferentes modelos de abundancia para las especies en Ucumarí, departamento de Risaralda. A. Serie geométrica. B. Serie logarítmica C. Modelo Lognormal. D. Modelo Broken-Stick.

### Prueba Chi<sup>2</sup> para los modelos de abundancia: Ucumarí. Risaralda

**Tabla 6.** Ajuste de los cuatro modelos evaluados a la prueba de bondad X<sup>2</sup>.

Modelo	X <sup>2</sup> cal	X <sup>2</sup> tab P (0,05)	X <sup>2</sup> tab P (0,01)	GL (n-1)
Serie logarítmica	0,0004	11,0705	15,086	5
Modelo Log Normal	<b>0</b>	<b>9,4877</b>	<b>13,276</b>	<b>4</b>
Modelo Broken-Stick	0	11,070	15,086	5
Serie geométrica	0	162,015	174,99	135

Como se puede observar, los valores proporcionados por el modelo Lognormal, presentan el mejor ajuste, por lo cual, se selecciona este modelo para entender el patrón de comportamiento de la vegetación de la Unidad de Monitoreo establecida en el PRN Ucumari. Según Moreno (2001), este modelo caracteriza comunidades grandes, estables y en equilibrio, donde todas las especies crecen exponencialmente y responden independientemente, a diferentes factores. De igual manera HILL & HAMER (1998), proponen que las comunidades que no presentan ningún nivel de disturbio, se ajustan al modelo Lognormal, lo que se hace claramente evidente, en el PNR Ucumari, donde se cuenta con décadas de conservación.



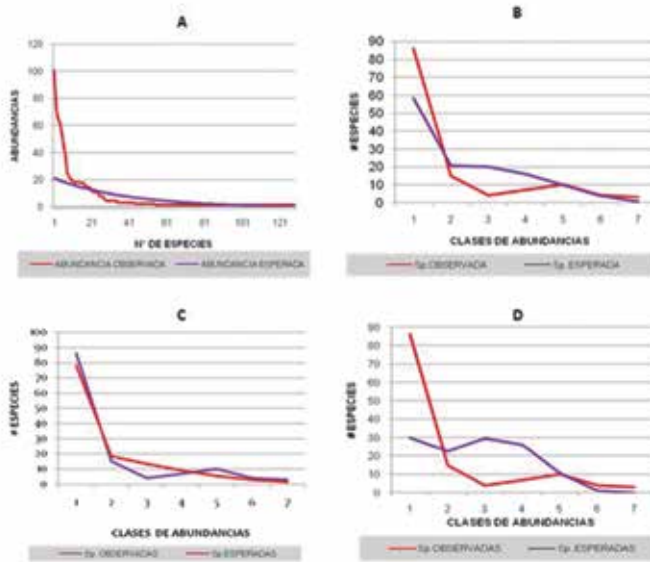
**Figura 8.** Comportamiento de los diferentes modelos de abundancia para las especies en La Montaña, departamento de Quindío. A. Serie geométrica. B. Serie logarítmica. C. Modelo Lognormal. D. Modelo Broken- Stick.

### Prueba $\chi^2$ para los modelos de abundancia – La Montaña

**Tabla 7.** Ajuste de los cuatro modelos evaluados a la prueba de bondad  $\chi^2$ .

Modelo	$X^2_{cal}$	$X^2_{tab} P(0,05)$	$X^2_{tab} P(0,01)$	GL (n-1)
Serie logarítmica	0,34896	12,5915	16,81189	6
Modelo Log Normal	<b>0</b>	<b>11,07</b>	<b>15,086</b>	<b>7</b>
Modelo Broken-Stick	0	12,59	16,811	6
Serie geométrica	$3,058 \times 10^{-012}$	108,647	119,413	86

El modelo que presentó el mejor ajuste estadístico, fue el de Lognormal. Como se menciona anteriormente, este modelo describe comunidades grandes y estables, además, si tenemos en cuenta, que esta comunidad presenta la mitad de sus especies raras (1 y 2 individuos), característica, que sólo es evidente, en comunidades sin ningún tipo de perturbación (HILL & HAMER, (1998) y que incide favorablemente en la estabilidad del ecosistema.



**Figura 9.** Comportamiento de los diferentes modelos de abundancia para las especies en Torre 4, departamento de Caldas. A. Serie geométrica. B. Serie logarítmica. C. Modelo Lognormal. D. Modelo Broken-Stick.

**Prueba Chi<sup>2</sup> para los modelos de abundancia – Torre 4.**

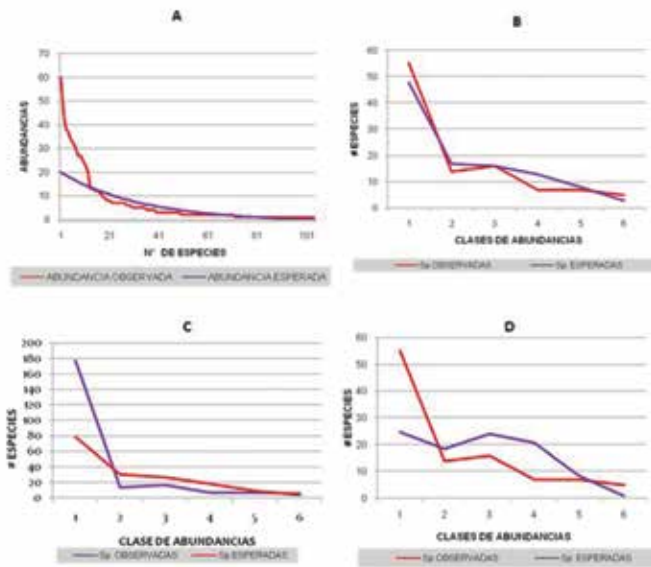
**Tabla 8.** Ajuste de los cuatro modelos evaluados a la prueba de bondad X<sup>2</sup>.

Modelo	X <sup>2</sup> cal	X <sup>2</sup> tab P (0,05)	X <sup>2</sup> tab P (0,01)	GL (n-1)
Serie logarítmica	7,804x10 <sup>-008</sup>	12,5915	16,811	6
Modelo Log Normal	<b>0</b>	<b>14,067</b>	<b>18,475</b>	7
Modelo Broken-Stick	<b>0</b>	<b>12,591</b>	<b>16,811</b>	<b>6</b>
Serie geométrica	0	155,404	168,133	128

Para el bosque ubicado en el sector de Torre 4, se esperaría, que la comunidad presentase un comportamiento similar, al modelo Broken Stick, por ser el que mejor ajuste presenta. Según MORENO (2001), este modelo, es característico de

comunidades, donde todas las especies reciben los recursos del ecosistema por igual y la competencia disminuye, debido a que todas las especies colonizan equitativamente.

De igual manera, se puede observar, que el modelo Lognormal, también se ajusta de manera casi igual, que el modelo Broken-Stick, en cierta medida, que dos modelos se ajusten a un mismo ecosistema, es posible, en comunidades, donde se presentan procesos de perturbación y conservación, lo que se puede tomar, como una medida de recuperación del ecosistema, donde las especies dominantes, van disminuyendo a medida que aparecen las especies raras y se disminuye la competencia por espacio y nutrientes, interpretación biológica que se ajusta a los dos modelos.



**Figura 10.** Comportamiento de los diferentes modelos de abundancia para las especies en El Palmar, departamento del Tolima. A. Serie geométrica. B. Serie logarítmica. C. Modelo Lognormal. D. Modelo Broken-Stick.

### Prueba $\chi^2$ para los modelos de abundancia – Palmar.

**Tabla 9.** Ajuste de los cuatro modelos evaluados a la prueba de bondad  $\chi^2$ .

Modelo	$X^2_{cal}$	$X^2_{tab} P(0,05)$	$X^2_{tab} P(0,01)$	GL (n-1)
Serie logarítmica	0,28344	11,070	15,086	5
Modelo Log Normal	<b>0</b>	<b>11,070</b>	<b>15,086</b>	<b>6</b>
Modelo Broken-Stick	$1,9428 \times 10^{-014}$	11,070	15,086	5
Serie geométrica	0	127,689	139,297	103

En el Palmar, el modelo que mejor se ajusta es el Lognormal, describiendo una comunidad con rangos de conservación y estable. (HILL & HAMER, 1998).

## BETA DIVERSIDAD

**Tabla 10.** Índices cualitativos, cuantitativos de similaridad y porcentajes de disimilaridad, remotidad para la evaluación de la beta diversidad entre las parcelas UCUMARÍ (A), TORRE 4 (B), LA MONTAÑA (C) y EL PALMAR (D), en el área amortiguadora del Parque Nacional Natural los Nevados.

	ÍNDICES		PARCELAS		SIMILARIDAD	BETADIVERSIDAD (%)
MEDIDAS DE SIMILARIDAD	Jaccard		A - B		0,20	80
			A - C		0,30	70
			A - D		0,24	76
			C - B		0,31	69
			C - D		0,20	80
			D - B		0,20	80
	Sorensen		A - B		0,33	67
			A - C		0,47	53
			A - D		0,39	61
			C - B		0,47	53
			C - D		0,33	67
			D - B		0,33	67
	Coef. Cuant. Sorensen		A - B		0,14	86
			A - C		0,29	72
			A - D		0,23	77
			C - B		0,24	76
			C - D		0,15	85
			D - B		0,16	84
	Morisita -Horn		A - B		0,09	0,90
			A - C		0,27	0,74
		A - D		0,24	0,76	
		C - B		0,18	0,82	
		C - D		0,09	0,91	
		D - B		0,23	0,77	
MEDIDAS DE DISIMILARIDAD	PARCELAS	DISTANCIA	DISTANCIA	PORCENTAJE		
		EUCLIDIANA	EUCLIDIANA	DE	PORCENTAJE DE REMOTIDAD	
		ABSOLUTA	PROMEDIO	DISIMILITUD		
	A - B	193	16	86	92	
	A - C	174	14	72	83	
	A - D	143	11	77	87	
	C - B	221	20	76	87	
	C - D	204	16	85	92	
D - B	190	16	84	91		

## DISCUSIÓN

En general, las cuatro unidades de monitoreo, presentan valores que describen comunidades heterogéneas, sin embargo, la unidad que presenta una mayor



riqueza de especies y con mayores rasgos de conservación, es la ubicada en el PNR Ucumarí, debido a que los valores de los índices de diversidad y riqueza de especies, así como los estimadores de estas siempre fueron superiores a las demás. En este mismo sentido, el modelo de abundancia de especies, que presentó el mejor ajuste estadístico (modelo Lognormal), describe una comunidad grande y estable, donde la competencia es mínima y todas las especies crecen exponencialmente y responden, independientemente, a diferentes factores MORENO (2001). De igual manera, HILL & HAMER (1998), proponen que las comunidades que no presentan ningún nivel de disturbio, se ajustan al modelo Lognormal, lo que es evidente, en el PNR Ucumarí, donde se cuenta con décadas de conservación de sus bosques.

La parcela ubicada en Torre 4, presenta ambigüedades, debido a que, el porcentaje de especies raras, es muy inferior a las demás parcelas 3,33 %, tal vez influenciado, por la fuerte dominancia de especies colonizadoras, como *Cordia cylindrostachya* y *Saurauia sp.*, las cuales, habitan sitios, que han sido sometidos a perturbación VARGAS (2002). En un muestreo realizado por ALVEAR *et al.*, (2010), en la misma zona de estudio, se encontró, que la zona baja de la reserva torre 4, presenta la menor diversidad de especies con respecto a 3 zonas, en las que fue dividida el área, mencionando que esta condición, se debe a que la zona baja hace parte de la zona de tránsito de los campesinos para sacar sus productos, así como la vía que conduce de Bogotá a Manizales. Sin embargo, los valores de Shannon  $H' = 3.71$ , son propios en comunidades heterogéneas CAVIEDES (1999), esto puede interpretarse, como un proceso en el cual, las especies colonizadoras o llamadas heliófitas efímeras, están disminuyendo y las raras, están aumentando.

Un análisis de los resultados concernientes a la evaluación de la beta diversidad entre cada uno de los sitios muestreados: Ucumarí, La Montaña, El Palmar y Torre 4; con cada uno de los índices obtenidos, evidencia, que el valor más alto de similitud, lo presentan las parcelas ubicadas en Torre 4 y La Montaña (Jaccard = 0,3 y Sorensen = 0,4), influenciadas por la baja presencia de especies y la alta dominancia de algunas de ellas, en los dos ecosistemas, que por tratarse de coberturas vegetales perturbadas, pueden presentar especies colonizadoras o secundarias tempranas similares (GÓMEZ *et al.*, 1991; FINEGAN, 1996).

Por el contrario, las parcelas menos similares y que presentan mayor diversidad beta, entre ellas, son: El Palmar-Torre 4 (80,42 %), seguidas por La Montaña-El Palmar (80,38 %) y Ucumarí-Torre 4 (80 %), describiendo ecosistemas totalmente diferentes y que presentan un muy bajo nivel de afinidad entre sí (HALFFTER (1992).

Finalmente, se evidencia la enorme diferencia entre las abundancias de las especies de todas las comunidades comparadas, debido a que ninguna, presentó valores cercanos a 0,5, que es el punto en el cual, según el índice de Morisita-Horn, las especies presentan igualdad en las estructuras, en este mismo sentido, se puede mencionar que cada uno de los bosques funciona y se comporta de manera muy diferente.

En cuanto a las medidas de las distancias euclidianas para las 4 comunidades, se observó que, solo en la comparación realizada entre las parcelas de Ucumarí y El Palmar, existe el valor más cercano a 0, lo cual indicaría, similitud total entre los ecosistemas evaluados. Para las demás comparaciones, este valor se alejó bastante, con valores cercanos a 200, estos resultados demuestran la gran diferencia que existe entre cada uno de los bosques evaluados, en los cuatro departamentos y

que cada uno, presenta patrones de comportamiento muy diferentes, reflejados en la riqueza y abundancia de las especies.

Con respecto a los valores obtenidos en los porcentajes de Remotidad y Disimilitud (PR %) y (PD %), se puede evidenciar que la mayor diferencia entre los ecosistemas, se presenta en las parcelas Ucumarí-Torre 4, con valores de (92,25 %) y (85,62 %), respectivamente, seguidas de la Montaña-El Palmar con (91,87 %) y (84,96 %). Diversos autores, como (VALAREZO *et al.*, 2001; MYERS *et al.*, 2000), plantean que los bosques montanos del noroeste de los Andes, presentan los más altos niveles de beta diversidad y endemismos locales, influenciados en cierta medida, por los fuertes gradientes ambientales, como relieve, topografía y altitud (KESSLER *et al.*, 2001; KESSLER, 2002; JORGENSEN & LEÓN-YANEZ, 1999), diferentes a los bosques amazónicos o de tierras bajas, donde los valores de beta diversidad, se invierten (GENTRY, 1995; CHURCHILL *et al.*, 1995), así mismo, se menciona que la mayor concentración de especies, que se observa en el neotrópico, se evidencia con más representatividad, en el norte de la cordillera de los Andes y el sur de Centroamérica, originado en gran parte por el levantamiento de los Andes septentrionales (GENTRY, 1988).

Lo anterior, es una clara muestra de la necesidad de conservar y preservar todos los hábitats en la zona amortiguadora y al interior del PNN Los Nevados, porque lo evaluado demuestra, que cada uno de los sitios, sustenta una alta tasa de diversidad por sí mismo, como también elementos bióticos (especies) muy diferentes entre sí, asegurando la conexión ecosistémica, por lo que cobra una gran relevancia.

## AGRADECIMIENTOS

El Grupo de Investigación en Biodiversidad y Dinámica de Ecosistemas Tropicales de la Universidad del Tolima, agradece a las corporaciones autónomas regionales CARDER, CRQ, CORTOLIMA y CORPOCALDAS por los recursos recibidos para la financiación de este proyecto. En segunda instancia al herbario Joaquin Antonio Uribe (JAUM), por la determinación taxonómica inicial de las especies registradas en los procesos de medición e inventario forestal. Por último a la Oficina de Investigaciones de la Universidad del Tolima, por la financiación del proceso de mantenimiento y remediación de las cuatros unidades de monitoreo permanente.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALVEAR, M., BETANCOURT, J. & ROSELLI, F., 2010.- Diversidad florística y estructura de remanentes de bosque andino, en la zona de amortiguación del Parque Nacional Natural Los Nevados, Cordillera Central colombiana. *Caldasia* 32 (1): 39-63.
- CAVIEDES, B. M. 1999.- Manual de métodos y procedimientos estadísticos. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá. 67 p.
- CHIARUCCI, A., ENRIGHT, N. J., PERRY, G. L., MILLER, B. P. & LAMONT, B. B. 2003.- Performance of nonparametric species richness estimators in a high diversity plant community. *Diversity and distributions*. 9 (4): 283-295.
- CUESTA, F., PERALVO, M. & VALAREZO, N. 2009.- "Los bosques montanos de los Andes Tropicales. Una evaluación regional de su estado de conservación y de su vulnerabilidad a efectos del cambio climático". Serie Investigación y Sistematización # 5. Programa Regional ECOBONA - INTERCOOPERATION. Quito.
- FINEGAN, B. 1996.- Pattern and process in neotropical secondary rain forests: the first 100 years of succession. *Trends in ecology and evolution* 11: 119-124. (en) GUARIGUATA, M., KATTAN, G. *Ecología y conservación de bosques neotropicales*. Libro Universitario Regional Cartago (Costa Rica).

- GENTRY, A. H., 1988.- Tree species richness of upper Amazon forest. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 85: 156-159. (en) GUARIGUATA, M., KATTAN, G. *Ecología y Conservación de Bosques Neotropicales*. Libro Universitario Regional Cartago (Costa Rica).
- GENTRY, A. H. 1995.- Patterns of diversity and floristic composition in neotropical montane Forests: 21-26 (in). CHURCHILL, S. P., BALSLEV, H., FORERO, E. & LUTEYN, J. L. (eds.) *Proceedings of the Neotropical Montane Forest Biodiversity and Conservation Symposium, the NYB*. The New York botanical Garden.
- GÓMEZ, L., LINERA, G. 2006.- *Evaluación de métodos no paramétricos para la estimación de riqueza de especies de plantas leñosas en cafetales*. Sociedad Botánica de México. México.
- GÓMEZ, P., A. WHITMORE, T. C. & HADLEY, M., 1.991.- *Rain forest regeneration and management*. UNESCO and The Parthenon Publishing Group. Man and the Biosphere Series. New Jersey. 457 p.
- HALFFTER, G. 1992. *La diversidad biológica en Iberoamérica I*. CYTED-D. Programa Americano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. Instituto de Ecología, A. C. México. 388 p.
- HILL, K. & HAMER, K. C., 1998.- Using species abundance models as indicator of hábitat disturbance in tropical forests. *Journal of Applied Ecology*, 35: 458-460.
- JORGENSEN, P. M., & LEON-YANEZ, S. (eds.) 1999.- *Catalogue of the vascular plants of Ecuador*. Missouri Botanical Garden Press. St. Louis.
- JOSSE, C., CUESTA, F., NAVARRO, G., BARRENA, V., CABRERA, E., CHACÓN-MORENO, E., FERREIRA, W., PERALVO, M., SAITO, J. & TOVAR, A., 2009.- *Ecosistemas de los Andes del norte y centro. Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela*. Secretaría General de la Comunidad Andina, Programa Regional ECOBONA-Intercooperation, CONDESAN, Proyecto Páramo Andino, Programa BioAndes, EcoCiencia, NatureServe, IAvH, LTA-UNALM, ICAE-ULA, CDC-UNALM, RUMBOL SRL. Lima.
- KESSLER, M., 2002. The elevational gradient of andean plant endemism: Varying influences of taxon-specific traits and topography at different taxonomic levels. *Journal of Biogeography*, 29: 1159-1165.
- KESSLER, M., HERZOG, S. K., & FJELDSA, J., 2001.- Species richness and endemism of plant and bird communities along two gradients of elevation, humidity and land use in the Bolivian Andes. *Diversity and Distribution*, 7: 61-67.
- MAGURRAN, A., 1988.- *Ecology diversity and it's measurement*. Princeton. New Jersey. 179 p.
- MORENO, C. E., 2001.- *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T-Manuales y Tesis SEA. Vol. 1. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe, UNESCO. Ed. GORFI. Zaragoza, 86 p.
- MYERS, N., MITTERMEIER, R. A., MITTERMEIER, C. G., DA FONSECA, G. A. B., KENT, J., 2000.- Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403: 853-858.
- VALAREZO, V. G., GÓMEZ, J., MEJIA, V., CELLERI, Y., 2001.- Plan de manejo de la Reserva de biosfera Sumaco, Fundación Bioparques Tena, Ecuador. 2001.
- VARGAS, W., 2002.- *Guía ilustrada de las plantas de las montañas del Quindío y los Andes centrales*. Universidad de caldas. Manizales.

# PELTIGERALES (ASCOMYCETES LIQUENIZADOS) DEL BOSQUE ALTO ANDINO DEL PARQUE NACIONAL NATURAL TATAMÁ, COLOMBIA

Luis Fernando Coca<sup>1,2,3</sup>, David Sanín<sup>1,2</sup>, Juan Mauricio Posada-Herrera<sup>1</sup>, Julio Andrés Sierra-Giraldo<sup>1</sup>

## Resumen

Peltigerales es un orden segregado de Lecanorales, que contiene la mayor riqueza de cianoliquenes con aproximadamente 1.700 especies, distribuidas en todo el mundo. La diversidad de las comunidades líquénicas del Neotrópico, ha sido pobremente muestreada, a pesar de que sobrepasa, a la de las regiones templadas. Así mismo, en la cordillera Occidental colombiana, son escasos los documentos que registren la biodiversidad líquénica. Por lo anterior, se presentan los resultados de una exploración liquenológica desarrollada en el Parque Nacional Natural Tatamá, a partir de muestreos que incluyeron ocho parcelas de 50 x 2 m<sup>2</sup>, entre 2400 y 3000 m (dos cada 200 m, de altitud) donde se muestrearon las especies epífitas (2,5 m, en el forofito), foliícolas y terrícolas. La mayor diversidad de líquenes, se encontró a los 2600 m, las familias más diversas, son: Lobariaceae, Coccocarpiaceae y Pannariaceae; siendo *Sticta*, el género más rico y distribuido. Se registraron siete géneros y más de 20 especies, como nuevos registros para el Parque, así como cinco novedades corológicas y dos taxonómicas en descripción para Colombia. El hecho de que estudios anteriores, rebelen cifras inferiores, se debe a la deficiente exploración liquenológica, que caracteriza la mayoría de los ecosistemas andinos.

**Palabras clave:** ciano-líquenes, hongos liquenizados, Peltigerales, Risaralda, Tatamá.

# PELTIGERALES (LICHENIZED ASCOMYCETES) ANDEANFOREST NATIONAL NATURAL PARK TATAMÁ, COLOMBIA

## Abstract

Peltigerales is a segregated order of Lecanorales, contains most of cianoliquenes wealth and diversity is about 1700 species distributed worldwide. However, the diversity of lichen communities in the Neotropics has been poorly sampled, although it exceeds that of temperate regions. Also in the Colombian Western Cordillera are few recorded documents dealing with lichen biodiversity. For that we development the lichenology exploration in the Tatamá Natural National Park, where there were different types of samples that included eight plots of 50 x 2 m<sup>2</sup>, between 2400 and 3000 m (two at 200m altitude where sampled species of lichens), epiphytes (2.5m in phorophyte) foliícolas and earthlings. The most diversity of lichens was found at 2600 m, families are more diverse Lobariaceae, Coccocarpiaceae and Pannariaceae, the genus *Sticta* is the richer and distributed. There were seven genera and 20 species as new records for the park as well as five chorological and two taxonomic novelty from Colombia. The fact that previous studies, rebel figures are lower due to poor lichenological exploration that characterizes most of the Andean ecosystem.

**Key words:** cianolichens, fungi lichenized, Peltigerales, Risaralda, Tatamá.

\* FR: 1-III-2012. FA: 25-VII-2012.

<sup>1</sup> Herbario Universidad de Caldas (FAUC), Manizales, Caldas, Colombia. Email: lfcoca@gmail.com.

<sup>2</sup> Instituto de Investigaciones en Estratigrafía-IIES, Universidad de Caldas, Manizales, Caldas, Colombia.

<sup>3</sup> Grupo Colombiano de Liquenología (GCOL).

## INTRODUCCIÓN

Los líquenes son organismos enigmáticos y complejos, cuyos cuerpos vegetativos (Talos), son producto de la asociación simbiótica, entre un hongo (micobionte) y uno o más organismos fotosintéticos (fotobionte), que bien puede ser, un alga verde o una cianobacteria (BARRERO & ORTEGA-PÉREZ, 2003; DE VALENCIA & AGUIRRE-C., 2002; PURVIS, 2000). El hongo, recibe azúcares sintetizados por el alga, retiene humedad, minerales y sintetiza sustancias, que los aíslan de la radiación UVA, UVB y UVC (ROJAS-FERNÁNDEZ *et al.*, 2008). Esto ha favorecido que los hongos liquenizados, colonicen diversos ecosistemas, con el registro de alrededor de 15.000 especies descritas y numerosas taxones nuevos, que se publican constantemente en todo el mundo (MORALES *et al.*, 2009; THORSTEN *et al.*, 2011). Los líquenes de distribución neotropical, han sido uno de los grupos biológicos que menor atención han recibido, por parte de la comunidad científica (MORALES *et al.*, 2009). Donde particularmente, su estudio ha tenido tradición en Europa y Norteamérica. Sin embargo, la diversidad de las comunidades liquénicas tropicales, sobrepasa a las de regiones templadas (BRODO *et al.*, 2001; LÜCKING, 2008).

De los estudios que presentan inventarios de líquenes en Colombia (SIPMAN, 1984, 1989, 1990, 1992, 1997, 2005, SIPMAN *et al.*, 2008), únicamente, SIPMAN (2005), presenta registros para la cordillera Occidental. Por lo anterior, el objetivo de este estudio, es registrar la diversidad de Peltigerales, en un gradiente altitudinal del Parque Natural Tatamá, una de las zonas más diversas de Colombia y posiblemente del mundo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El Parque está ubicado, entre los municipios San José del Palmar, en el departamento del Chocó; Pueblo Rico, Apía, Santuario y La Celia, en el departamento de Risaralda y el Águila, en el departamento del Valle del Cauca, sobre la cordillera Occidental, en las regiones Andina y el Chocó biogeográfico (RANGEL-CH., 2005) (Figura 1), es una reserva natural nacional, declarada en 1987, con una extensión de 51.900 ha y una amplitud altitudinal y temperatura, que varían entre 15 °C, a 2.000 m y 3 °C, a 4.000 m, que comprende una topografía quebrada, pendientes fuertes, generalmente, entre 50 y 70 % (FLOREZ, 2005), con ecosistemas paramunos, de bosque andino y alto andino conservados (Figura 2). La vertiente oriental, registra una precipitación anual promedio de 1963.42 mm, en el ecosistema Subandino (1100-2350) y 2180.7 mm en el Andino (2350-3500).

### Sitios de muestreo

Se ubicaron ocho parcelas cada 200 m, entre los 2400 y 3000 m, de altitud (Figura 3), en ellas, se estableció un transecto de 50 m, donde se muestrearon, dos metros a cada lado. En los 2400 m, se presenta una zona mucho más luminosa, debido a la intervención antrópica, que aún existe en este sitio, por el contrario, hacia arriba, a los 2800 m, los claros y lugares luminosos, sólo están determinados por caídas de árboles y afluentes hídricos.

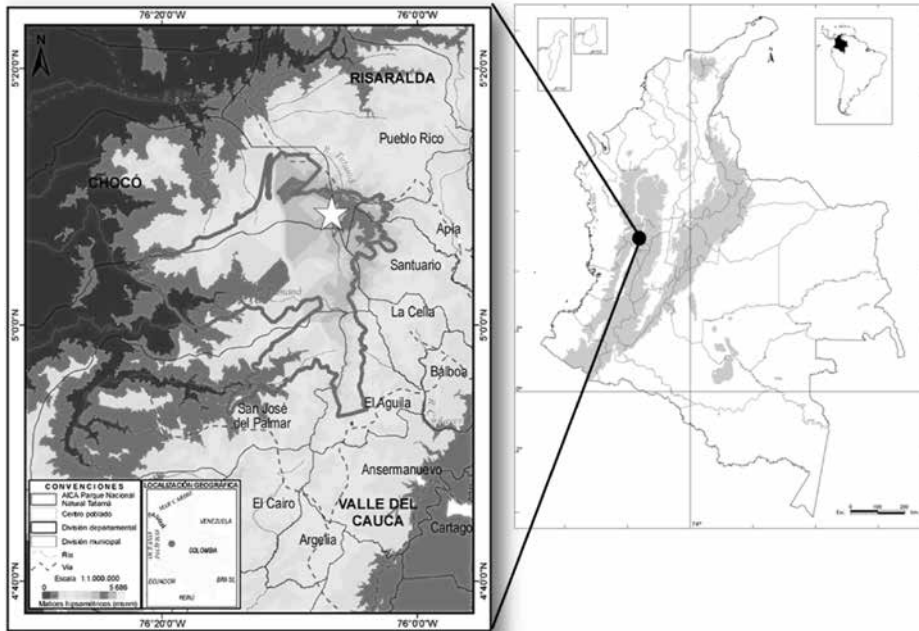
### Método de muestreo

El material liquenológico, fue recolectado durante los días 11-18 de enero de 2011, en un gradiente altitudinal (2400-3000 m), ubicado en el flanco oriental,

de la cordillera Occidental del Parque Natural Tatamá. Se establecieron, ocho parcelas de 50 x 2 m<sup>2</sup>, dos cada 200 m, de altitud (Figura 3). Adicionalmente, se realizaron recorridos alrededor de los senderos y al interior del bosque, donde se recolectaron: líquenes (Peltigerales), epífitos (a dos metros del suelo), foliícolas, saxícolas y terrícolas.

### Determinación de las especies

Los ejemplares, después de ser deshidratados a temperaturas menores a 40 °C, se depositaron en el Herbario de la Universidad de Caldas-FAUC, con algunos duplicados en el Herbario Forestal de la Universidad Distrital-UDBC (*Sticta* y *Leptogium*). Para su determinación, se consideraron caracteres morfológicos (vegetativos y reproductivos), anatómicos y químicos, se realizaron cortes transversales, a mano alzada del talo y los ascocarpos, en un estereoscopio Nikon SMZ-645, los cuales, fueron después observados, en un microscopio Nikon eclipse E200. Adicionalmente, se realizaron los test químicos de K, C, KC y P, siguiendo lo propuesto por DE VALENCIA & AGUIRRE-C. (2002) y BARRENO (1997), los cuales, fueron evaluados con literatura especializada (COCA & SANÍN, 2010; CUNHA, 2007; JØRGENSEN, 1997; JØRGENSEN & ARVIDSSON, 2002; JØRGENSEN & SIPMAN, 2004; LÜCKING, 2008; MONCADA & FORERO, 2006; YOSHIMURA, 1969, 1984, 1998) y finalmente, fueron ilustrados, por medio de fotografías, con una cámara Nikon Digital Sight DS-U2 controlada por PC.



**Figura 1.** Localización del área de estudio, en el Parque Nacional Natural Tatamá, fuente: INSTITUTO HUMBOLT (2008).



**Figura 2.** A-B. Ecosistemas representativos del flanco oriental de la cordillera occidental, Parque Nacional Natural Tatamá. A. localidad El Fracaso, Bosque alto andino (Santuario-Risaralda) B. Valle de los Frailejones, Paramo de Tatamá (Chocó). C. Equipo de Trabajo Herbario FAUC e IIES, Universidad de Caldas, en Santuario Risaralda, de Izquierda a derecha: Luis Fernando Coca (Liquenología), Juan Mauricio Posada-Herrera (Melastomataceae), Gabriel Ardila (Montañista), Julio Andrés Sierra-Giraldo (Araceae), Camilo de los Ríos (estudiante de biología), Mateo (guía local), David Sanín (Coordinador, Helechos y Florística) y Julio Avila (Geólogo). Fotos por Jason Gutierrez.

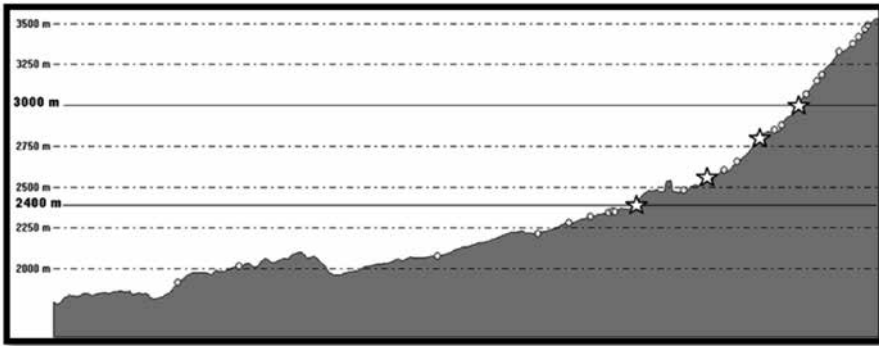
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Clave para el reconocimiento del Orden Peltigerales

1. Micobionte basidiomiceto, fructificaciones por lo general desconocidas, corticoides o en forma de sombrilla (basidiocarpos), talos filamentosos a dimórficos, fotobionte por lo general cianobacteria.....AGARICALES
1. Micobionte ascomiceto, fructificaciones en general conocidas, con ascocarpos (esporas), picnidio o conidiomas (conidios), talos crustáceos, foliosos, fruticulosos o filamentosos, en este último caso con hifas regulares (isodiamétricas).....2



2. Ascocarpos como peritecios o lirelas.....Varios ordenes (Ascomicetes)
2. Ascocarpos como apotecios.....
3. Ascas bitunicadas.....ARTHONIALES
3. Ascas unitunicadas.....4
4. Apotecios hemiangiocarpicos.....OSTROPALES
4. Apotecios gymnocarpicos.....5
5. Fotobionte chlorococcoide (en su mayoría *Trebouxia*).....LECANORALES
5. Fotobionte cianobacterias (*Nostoc* o *Scytonema*), raramente algas verdes (solo en Lobariaceae y Peltigeraceae.....PELTIGERALES



**Figura 3.** Perfil topográfico del área de estudio, flanco oriental, de la cordillera occidental (PNN Tatamá) y ubicación de los levantamientos.

### Clave para los géneros de Peltigerales en Tatamá

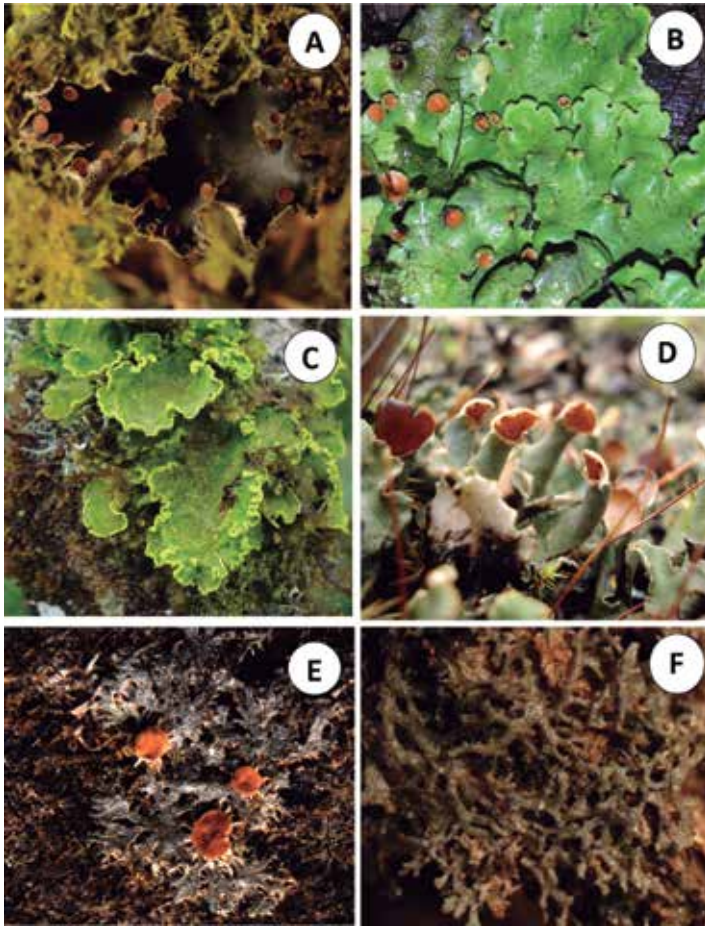
1. Talo gelatinoso cuando esta húmedo, homómero.....2
1. Talo fruticuloso, folioso o escumuloso, heterómero.....3
2. Talo con cortex.....*Leptogium*
2. Talo sin cortex.....*Collema*\*
3. Talo folioso o escumuloso, lóbulos mayores a 0.1 mm.....4
3. Talo micro-fruticuloso, lóbulos menores a 0.1 mm.....12
4. Talos con lóbulos delgados (menores a 5mm), márgenes adheridos al sustrato.....5
4. Talo con lóbulos amplios (mayores a 5 mm) márgenes no adheridos al sustrato.....8
5. Superficie dorsal tomentosa.....*Erioderma*
5. Superficie dorsal glabra.....6
6. Hifas del cortex organizadas longitudinalmente, apotecios sin margen talino.....*Coccocarpia*
6. Hifas del cortex organizadas reticuladamente, apotecios con margen talino..7



7. Talo con prótalo diferenciado..... *Parmeliella*  
 7. Talo sin prótalo diferenciado..... *Pannaria*
8. Talo con cifelas o pseudocifelas en la cara ventral (puntos circulares blancos o amarillentos sin tomento).....9  
 8. Talo sin cifelas o pseudocifelas en la cara ventral (homogéneamente tomentoso o con parches irregulares sin tomento).....10
9. Talo en la cara ventral con cifelas (orificio circular rodeado por un anillo)..... *Sticta*  
 9. Talo en la cara ventral con pseudocifelas (orificio circular o subcirculares sin un anillo)..... *Pseudocyphellaria*
10. Talo con áreas sin tomento en la cara ventral, sin venas y generalmente epífito, cara dorsal lisa, con maculas o pseudocifelas.....11  
 10. Talo con tomento homogéneo en la cara ventral, con venas y generalmente terrestre..... *Peltigera*
11. Cara dorsal del talo con maculas o pseudocifelas presentes..... *Lobariella*  
 11. Cara dorsal del talo uniforme, lisa y sin maculas o pseudocifelas..... *Lobaria*
12. Lóbulos cilíndricos a ligeramente aplanados, cortex compuesto de varias células organizadas longitudinalmente, apotecios generalmente ausente..... *Coccocarpia filiformis*  
 12. Lóbulos cilíndricos, cortex compuesto por pocas capas de células organizadas irregularmente, apotecios por lo general presentes..... *Polychidium*

**Tabla 1.** Familias, géneros y número de especies de Peltigerales, registrados en el Parque Nacional Natural Tatamá.

Familia	Genero	Número de especies
<b>Coccocarpiaceae</b>	<i>Coccocarpia</i>	9
<b>Collemataceae</b>	<i>Leptogium</i>	3
<b>Lobariaceae</b>	<i>Lobaria</i>	3
	<i>Lobariella</i>	2
	<i>Pseudocyphellaria</i>	1
	<i>Sticta</i>	17
<b>Massolongiaceae</b>	<i>Polychidium</i>	1
<b>Pannariaceae</b>	<i>Erioderma</i>	1
	<i>Pannaria</i>	1
	<i>Parmeliella</i>	2
<b>Peltigeraceae</b>	<i>Peltigera</i>	1
<b>Total</b> 6	11	40



**Figura 4.** A. *Sticta tomentosa*. B. *Lobaria* sp. C. *Pseudocyphellaria aurata*. D. *Peltigera* sp. E. *Coccocarpia stellata*. F. *C. filiformis*. Fotos Luis Fernando Coca.

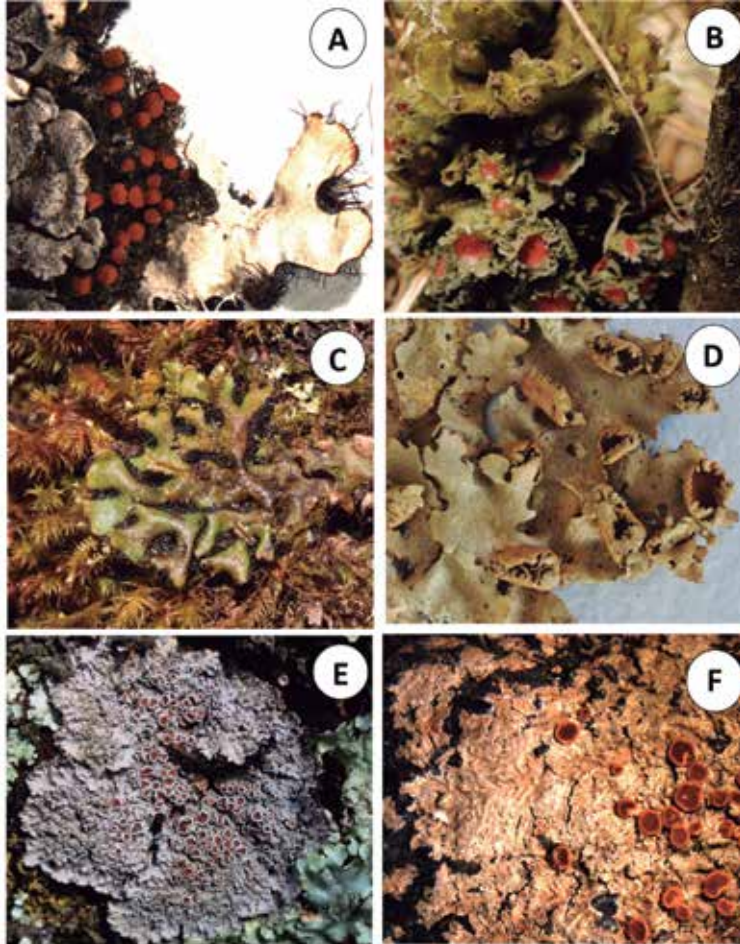
## Distribución

La menor riqueza, se encuentra a los 2400 m (12 taxones), mientras la mayor, se registra a los 2600 m de altitud (17) (Figura 6). A pesar de encontrarse en la misma zona de vida, de la cercanía de estas dos cotas altitudinales y de la afinidad ecosistémica, los datos son contrastantes debido a la intervención antrópica, que se presenta en 2400 m. Debido a que allí, se realizó extracción selectiva de madera por ser una zona de fácil acceso.

## Hábito

Los taxones se presentaron principalmente epífitos (37), especies como *Coccocarpia filiformis*, *C. stellata* y *Sticta tomentosa* (Figura 4 y 5), se encontraron, tanto epífitas,

como foliícolas, mientras *Parmeliella thysanota* se halló únicamente foliícola, y *Peltigera* sp. se registro terrestre en la base de los arboles. Entre los forofitos más comunes, encontramos: *Ocotea* sp., *Hediosmum* sp., *Meriania* sp., *Miconia* sp. y *Weinmannia* sp., para los líquenes epífitos y *Anthurium scabrinerve*, *Anthurium nanegalense*, *Anthurium longegeniculatum* y *Cavendishia* sp., para los foliícolas.

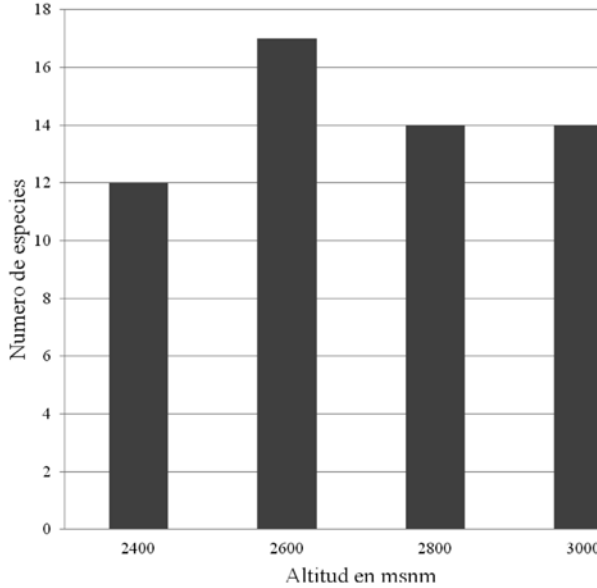


**Figura 5.** A. *Polychidium dendriscum*. B. *Leptogium phyllocarpum*. C. *Erioderma* aff. *divisum*. D. *Lobariella crenulata*. E. *Pannaria* sp. F. *Parmeliella* sp. Foto C. Jason Gutierrez, A, B, D, E y F. Luis Fernando Coca.

### Comparación entre cordilleras

A lo largo de los sistemas montañosos de Colombia, se han realizado estudios sobre la flora liquenológica, en los que se destacan, los realizados por el proyecto ECOANDES (VAN DER HAMMEN *et al.*, 1989, 2005; VAN DER HAMMEN & DOS SANTOS, 2003; VAN DER HAMMEN & RUIZ, 1984). La riqueza de especies en Tatamá,

es similar a la de otros ecosistemas andinos y mayor, en comparación, con la Sierra Nevada de Santa Marta (Tabla 2). Sin embargo, se espera que el número de especies en cada región, pueda duplicarse, por lo cual, los registros con cifras inferiores en los estudios publicados, se deben a la escasa exploración liquenológica realizada en la mayoría de los ecosistemas andinos.



**Figura 6.** Riqueza de especies de Peltigerales por cota altitudinal.

**Tabla 2.** Comparación de la riqueza de Peltigerales, en estudios realizados, en los principales sistemas montañosos de Colombia.

Estudio	Sistema montañoso	Número de spp.	Cota Alt. (m)	Autor
Este estudio Tatamá	C. Occidental	40	2400-3000	
Ecoandes Tatamá	C. Occidental	12	1350-3860	SIPMAN (2005)
Ecoandes Parque los Nevados IV parte	C. Central	31	1000-3670	WOLF (2003)
Ecoandes Parque los Nevados II Parte	C. Central	40	600-4600	SIPMAN (1989)
Catálogo de los líquenes de Colombia sensu Cordillera Oriental	C. Oriental	55	2400-3000	AGUIRRE (2008)
Ecoandes Buritaca-La Cumbre	Sierra Nevada	13	500-3900	SIPMAN (1984)

## Catálogo florístico

Las especies se presentan en orden alfabético según el formato de SIPMAN (2005), cada especie presenta el nombre científico, el autor según el Index Fungorum, la localidad en la que se encontró, la altitud, las colecciones de referencia y las siglas de los herbarios en los cuales fue depositada (HOLMGREN *et al.*, 1990). Finalmente, se presentan citas, donde se puede verificar la identidad taxonómica de las especies, así como catálogos en los cuales se verifican las novedades corológicas. *Coccocarpia*, *Erioderma*, *Lobariella*, *Pannaria*, *Parmeliella*, *Peltigera* y *Polychidium*, son novedades corológicas a nivel genérico. Asimismo, 25 especies, son novedades corológicas para el Parque Tatamá (\*) y cinco para Colombia (\*\*).

*Coccocarpia domingensis* Vain \* - Risaralda, Santuario, Loc. Planes de San Rafael, en el camino entre Monte Zancudo y El Fracaso, Alt. 3000 m. L.F.Coca *et al.* 1384 [FAUC]. COCA & SANÍN (2010), SIPMAN *et al.* (2008), SIPMAN (2005).

*Coccocarpia erythroxyli* (Spreng.) Swinsc. & Krog \* - Risaralda, Santuario, Loc. Planes de San Rafael, en el camino entre Monte Zancudo y El Fracaso, Alt. 2800-3000 m. L.F.Coca *et al.* 1261, 1308, 1325, 1407 [FAUC]. COCA & SANÍN (2010), SIPMAN *et al.* (2008), SIPMAN (2005).

*Coccocarpia filiformis* L. Arvidss \* - Risaralda, Santuario, Loc. Planes de San Rafael, subiendo hacia Las Cascadas, Alt. 2496m. L.F.Coca *et al.* 931[FAUC]. COCA & SANÍN (2010), SIPMAN *et al.* (2008), SIPMAN (2005).

*Coccocarpia microphyllina* Lücking & Aptroot \*\* - Risaralda, Santuario, Loc. Planes de San Rafael, en el camino para llegar a Monte Zancudo y entre Monte Zancudo y El Fracaso, Alt. 2600-3000 m. L.F.Coca *et al.* 1195, 1202, 1246, 1256, 1442 [FAUC]. COCA & SANÍN (2010), SIPMAN *et al.* (2008).

*Coccocarpia palmicola* (Spreng.) L. Arvidss. & D. Gall.\* - Risaralda, Santuario, Loc. Planes de San Rafael, en el camino para llegar a Monte Zancudo y en Monte Zancudo, Alt. 2600-2800 m. L.F.Coca *et al.* 1199, 1241 [FAUC]. COCA & SANÍN (2010), SIPMAN *et al.* (2008). SIPMAN (2005).

*Coccocarpia pellita* (Ach.) Müll. Arg. \* - Risaralda, Santuario, Loc. Planes de San Rafael, en el camino entre Monte Zancudo y El Fracaso, Alt. 3000 m. L.F.Coca *et al.* 1405 [FAUC]. COCA & SANÍN (2010), SIPMAN *et al.* (2008), SIPMAN (2005).

*Coccocarpia prostrata* Lücking, Aptroot & Sipman \* - Risaralda, Santuario, Loc. Planes de San Rafael, en el camino entre Monte Zancudo y El Fracaso, Alt. 3000 m. L.F.Coca *et al.* 1381 [FAUC]. COCA & SANÍN (2010), SIPMAN *et al.* (2008), SIPMAN (2005).

*Coccocarpia stellata* Tunck \* - Risaralda, Santuario, Loc. Planes de San Rafael, en el camino para llegar a Monte Zancudo y entre Monte Zancudo y El Fracaso, Alt. 2600 y 3000 m. L.F.Coca *et al.* 1098, 1111, 1379 [FAUC]. COCA & SANÍN (2010), SIPMAN *et al.* (2008). SIPMAN (2005).

*Erioderma* aff. *divisum* P. M. Jorg. & Arv. \* - Risaralda, Santuario, Loc. Planes de San Rafael, en el camino entre Monte Zancudo y El Fracaso, Alt. 2800-3000 m. L.F.Coca *et al.* 1235, 1352, 1454 [FAUC]. JØRGENSEN & ARVIDSSON, 2002: 91, SIPMAN *et al.* (2008), SIPMAN (2005).

*Leptogium phyllocarpum* (Pers.) Nyl. - Risaralda, Santuario, Loc. Planes de San Rafael, en el sendero después de la cabaña, Alt. 2400m, L.F.Coca 1039 [FAUC]. SIPMAN *et al.* (2008). SIPMAN (2005).

- Leptogium saturninum* (Ach.) Nyl. \*\* - Risaralda, Santuario, Loc. Planes de San Rafael, en el camino entre Monte Zancudo y El Fracaso, Alt. 3000 m. L.F.Coca *et al.* 1427 [FAUC]. JØRGENSEN (1997), SIPMAN *et al.* (2008).
- Leptogium olivaceum* (Hook.) Zahlbr. - Risaralda, Santuario, Loc. Planes de San Rafael, en el camino para llegar a Monte Zancudo, Alt. 2600 m. L.F.Coca *et al.* 1187 [FAUC]. SIPMAN *et al.* (2008).
- Lobaria sp.* \* - Risaralda, Santuario, Loc. Planes de San Rafael, en el sendero después de la cabaña, Alt. 2400m. L.F.Coca *et al.* 1096 [FAUC]. SIPMAN *et al.* (2008), YOSHIMURA (1998, 1969).
- Lobaria subdissecta* (Nyl.) Vain. - Risaralda, Santuario, Loc. Planes de San Rafael, en el camino para llegar a Monte Zancudo y entre Monte Zancudo y El Fracaso, Alt. 2600-3000 m. L.F.Coca *et al.* 1117, 1141, 1328, 1428 [FAUC]. SIPMAN *et al.* (2008), YOSHIMURA (1969).
- Lobaria tenuis* Vain. \*\* - Risaralda, Santuario, Loc. Planes de San Rafael, en el camino entre Monte Zancudo y El Fracaso, Atl. 3000m. L.F.Coca 1449 [FAUC]. SIPMAN *et al.* (2008), YOSHIMURA (1998, 1969).
- Lobariella crenulata* (Hook. f.) Yoshim \* - Risaralda, Santuario, Loc. Planes de San Rafael, en el cendero después de la cabaña, Alt. 2400m, L.F.Coca *et al.* 1088 [FAUC]. SIPMAN *et al.* (2008), YOSHIMURA (1984).
- Lobariella subexonata* (Yoshim) Yoshim \* - Risaralda, Santuario, Loc. Planes de San Rafael, en el camino entre Monte Zancudo y el Fracaso, Atl. 3000m. L.F.Coca *et al.* 1412 [FAUC]. SIPMAN *et al.* (2008), YOSHIMURA (1984).
- Pannaria sp.* \* - Colombia, Chocó, Valle de los Frailejones, llegando desde el Valle de las Mírlas, Alt. 3600 m. L.F.Coca *et al.* 1512, 1528, 1542 [FAUC]. SIPMAN *et al.* (2008), JØRGENSEN & SIPMAN (2004).
- Paermeliella thysanota* (Stirt.) Zahlbr. \*\* - Risaralda, Santuario, Loc. Planes de San Rafael, PNN Tatamá, En el camino casi a llegar a Monte Zancudo. Atl. 2600. L.F.Coca *et al.* 1171 [FAUC]. LÜCKING (2008), SIPMAN *et al.* (2008), SIPMAN (2005).
- Parmeliella sp.* 1\* - Risaralda, Santuario, Loc. Planes de San Rafael, PNN Tatamá, En el camino casi a llegar a Monte Zancudo. Atl. 2600. L.F.Coca *et al.* 1179 [FAUC]. SIPMAN *et al.* (2008), SIPMAN (2005).
- Peltigera sp.* \* - Risaralda, Santuario, Loc. Planes de San Rafael, en el camino entre Monte Zancudo y El Fracaso, Alt. 2800-3000 m. L.F.Coca *et al.* 1342, 1418 [FAUC]. SIPMAN *et al.* (2008), SIPMAN (2005).
- Polychidium dendriscum* (Nyl.) Henssen \* - Risaralda, Santuario, Loc. Planes de San Rafael, hacia la cabaña, Alt. 2249. OL.F.Coca 963b [FAUC]. SIPMAN *et al.* (2008). HENSSEN (1963).
- Pseudocyphellaria aurata* (Ach.) Vain. \* - Risaralda, Santuario, Loc. Planes de San Rafael, subiendo hacia Las Cascadas, Alt. 2469 m. L.F.Coca 928 [FAUC]. MONCADA & FORERO (2006), SIPMAN *et al.* (2008).
- Sticta cometia* Ach. \* - Risaralda, Santuario, Loc. Planes de San Rafael, en el sendero después de la cabaña, Alt. 2400m. L.F.Coca *et al.* 1044, 1058, 1067, 1078 [FAUC, UDBC]. MONCADA com. pers., SIPMAN *et al.* (2008).



*Sticta* aff. *neopulmonaria* Gyeln. \* - Risaralda, Santuario, Loc. Planes de San Rafael, en el sendero después de la cabaña y el camino para llegar a Monte Zancudo, Alt. 2400-2600m. L.F.Coca *et al.* 1059, 1112, 1132, 1183 [FAUC, UDBC]. MONCADA com. pers., SIPMAN *et al.* (2008).

*Sticta kunthii* Hook. \* - Risaralda, Santuario, Loc. Planes de San Rafael, en el sendero después de la cabaña, Alt. 2400m. L.F.Coca *et al.* 1002, 1006, 1014, 1050 [FAUC, UDBC]. MONCADA com. pers., SIPMAN *et al.* (2008).

*Sticta tomentosa* (Sw.) Ach. Risaralda, Santuario, Loc. Planes de San Rafael, PNN Tatamá, En el camino casi a llegar a Monte Zancudo. Atl. 2600 m. L.F.Coca *et al.* 1212 [FAUC, UDBC]. MONCADA com. pers., SIPMAN *et al.* (2008), SIPMAN (2005).

*Sticta* sp. nov. 1 \*\* - Risaralda, Santuario, Loc. Planes de San Rafael, PNN Tatamá, Monte Zancudo, Alt. 2800. L.F.Coca *et al.* 1336 [FAUC]. MONCADA com. pers., SIPMAN *et al.* (2008), SIPMAN (2005).

*Sticta* sp. nov. 2 \*\* - Risaralda, Santuario, Loc. Planes de San Rafael, PNN Tatamá, En el camino casi a llegar a Monte Zancudo. Atl. 2600 m. L.F.Coca *et al.* 1115 [FAUC, UDBC]. MONCADA com. pers., SIPMAN *et al.* (2008).

## AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer al personal del Parque Nacional Natural Tatamá, por permitirnos el acceso, especialmente al director del Parque Tatamá, Hugo Ballesteros y a Rosa Restrepo (funcionaria del Parque), por su amable apoyo y continua colaboración, tanto en campo, como en la redacción del informe. A Julio Ávila y a Gabriel Ardila, por su compañía y apoyo. A Mateo por guiarnos y querer satisfacer nuestro síndrome de expedicionarios. Agradecemos, especialmente a Bibiana Moncada (UDBC), por su colaboración en la taxonomía de *Sticta*, igualmente a Leonardo Romero por su apoyo con *Leptogium*. Agradecemos al profesor Andrés Pardo-Trujillo (IIES), por su apoyo y gestión al proyecto. A Eimy Rivas-Plata (Lutzoni Lab. University of Duke, Field Museum, USA) por la revisión y sugerencias al manuscrito final, a Harrie Sipman (Botanischer Garten und Botanisches Museum, Berlin, Alemania) y a Robert Lücking (Field Museum, Chicago, USA), por su bibliografía y comentarios. Finalmente, a Diana Patiño Mayorga, por su desinteresada colaboración en el procesamiento de las más de 1000 colecciones procedentes del Parque.

## BIBLIOGRAFÍA

- AGUIRRE, J. C., 2008.- Catálogo de los líquenes de Colombia: 401-547 (en) RANGEL-CH, J. (ed.) *Colombia diversidad Biótica VI: Riqueza y diversidad de los musgos y líquenes en Colombia*. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- BARRERO, E. & ORTEGA-PÉREZ, S., 2003.- *Líquenes de la reserva natural integral de Muniellos, Asturias*. Consejería del Medio Ambiente, Ordenación del Territorio e Infraestructura del Principado de Asturias. KDK ediciones.
- BRODO, I. M., DURAN, S. S. & SHARNOFF, S., 2001.- *Lichens of North America*. Yale University Press, New Haven, Connecticut. 795 p.
- COCA, L. F. & SANÍN, D., 2010.- *Coccocarpia* Perns. (Ascomycetes Liquenizados-Peltigerales) en Colombia. *Trop. Bryo.*, 32: 19-38.
- CUNHA, I. P. R., 2007.- Fungos liquenizados do gênero *Leptogium* (Ascomycetes) no litoral sul do Estado de São Paulo, Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista. *Botucatu*, [s. n.]: 21-35.
- DE VALENCIA, M. L. & AGUIRRE-C., J., 2002.- *Hongos liquenizados*. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá.
- FLÓREZ, A., 2005.- Aspectos geomorfológicos del área del transecto Tatamá: 117-144 (en) VAN DER HAMMEN, TH., RANGEL-CH., J. O. & CLEEF, A. M. (ed.) *Studies on Tropical Andean Ecosystems. Vol. 6. La Cordillera Occidental Colombiana Transecto Tatamá*. J. Cramer, Berlin, Stuttgart.

- HENSSEN, A., 1963.- Eine Revision der Flechtenfamilien Lichinaceae und Ephebeaceae. *Symb. Bot. Upsal.*, 18 (1): 1-123.
- HOLMGREN, P. K., HOLMGREN, N. H. & BARNETT, L. C., 1990.- *Index Herbariorum*. New York Botanical Garden.
- JØRGENSEN, P. M., 1997.- Further notes on hairy *Leptogium* species. *Symb. Bot. Ups.*, 32 (1): 113-130.
- JØRGENSEN, P. M. & ARVIDSSON, L., 2002.- The lichen genus *Erioderma* (Pannariaceae) in Ecuador and neighbouring countries. *Nord. J. Bot.*, 22 (1): 87-114.
- JØRGENSEN, P. M. & SIPMAN, H. J. M., 2004.- A revision of the *Pannaria rubiginosa* complex in South America. *Nov. Hedw.*, 78: 311-327.
- LÜCKING, R., 2008.- Folicoulos lichenized fungi. *Flora Neotropica*, 103: 100-592.
- MONCADA, B. & FORERO, E., 2006.- El género *Pseudocyphellaria* Vain. (Lobariaceae-Ascomycetes Liqueñizados) en Colombia. *Caldasia*, 28 (2): 197-215.
- MORALES, E. A., LÜCKING, R. & ANZE, R., 2009.- *Una Introducción al Estudio de los Líquenes de Bolivia*. Serie Ecológica No. 1, Universidad Católica Boliviana "San Pablo", Bolivia, Cochabamba. pp. 1-2.
- PURVIS, W., 2000.- *Lichens*. The Natural History Museum, London, UK. 112 p.
- RANGEL-CH., J. O., 2005.- Clima en el área del transecto Tatamá: 47-103 (en) VAN DER HAMMEN, TH., RANGEL-CH., J. O. & CLEEF, A. M. (ed.) *Studies on Tropical Andean Ecosystems. Vol. 6. La Cordillera Occidental Colombiana Transecto Tatamá*. J. Cramer, Berlin, Stuttgart.
- ROJAS-FERNÁNDEZ, J. A., BALZA-QUINTERO, A., MARCANO, V., ROJAS, P. A., DÁVILA-VERA, D., PEÑA-CONTRERAS, Z., MENDOZA-BRICEÑO, R. V. & PALACIOS-PRÜ, E., 2008.- Metabolitos secundarios de líquenes de la zona nival de la Sierra Nevada de Mérida-Venezuela y su papel en la absorción de la radiación ultravioleta. *Anal. J. Bot. Madrid*: 59-72.
- SIPMAN, H. J. M., 1984.- Lichens of the Buritaca, La Cumbre transect, Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia: 185-188 (en) VAN DER HAMMEN, TH. & RUIZ, P. M. (ed.) *Studies on Tropical Andean Ecosystems*. 2. J. Cramer, Berlin. 603 p.
- SIPMAN, H. J. M., 1989.- Lichen zonation in the Parque Los Nevados transect: 461-483 (en) VAN DER HAMMEN, TH., DÍAZ-P., S. & ALVAREZ, V. J. (ed.) *Studies on tropical andean ecosystems*. 3. J. Cramer, Berlin.
- SIPMAN, H. J. M., 1990.- Colección preliminar de líquenes sobre hojas en Araracuara, Colombia. *Colombia Amazonica*, 4 (2): 59-65.
- SIPMAN, H. J. M., 1992.- The genus *Umbilicaria* (lichenized Ascomycetes) in Colombia. *Nov. Hewg.*, 54 (1-2): 63-75.
- SIPMAN, H. J. M., 1997.- Additions to the lichen flora of Araracuara (Colombian Amazonia). *Caldasia*, 19(1-2): 247-255.
- SIPMAN, H. J. M., 2005.- The lichens from the Tatamá transect / Los líquenes del transecto Tatamá: 267-273 (en) VAN DER HAMMEN, TH., RANGEL-CH., J. O. & CLEEF, A. M. (ed.) *Studies on Tropical Andean Ecosystems. Vol. 6. La Cordillera Occidental Colombiana Transecto Tatamá*. J. Cramer, Berlin, Stuttgart.
- SIPMAN, H. J. M., HEKKING, W. & AGUIRRE-C, J., 2008.- *Checklist of lichenized and lichenicolous fungi from Colombia*. Biblioteca José Jerónimo Triana. No. 20, Instituto de Ciencias Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá.
- THORSTEN LUMBSCH, H., AHTI, T., ALTERMANN, S., AMO DE PAZ, G., APTROOT, A., ARUP, U., BÁRCENAS-PEÑA, A., BAWINGAN, P. A. *et al.*, 2011.- *One hundred new species of lichenized fungi: a signature of undiscovered global diversity*. Phytotaxa 18, Magnolia Press, Nueva Zelanda, Auckland. pp. 41-383.
- VAN DER HAMMEN, T. & DOS SANTOS, A., 2003.- *Studies on tropical Andean ecosystems*. 5. *La Cordillera Central Colombiana Transecto Parque Los Nevados* (Ultima parte). J. Cramer, Berlin.
- VAN DER HAMMEN, TH. & RUIZ, P. M. 1984.- *Studies on Tropical Andean Ecosystems*. 2. *Transecto Buritaca - La Cumbre*. J. Cramer, Berlin.
- VAN DER HAMMEN, TH., DÍAZ-P., S. & ALVAREZ, V. J. 1989.- *Studies on tropical andean ecosystems*. 3. *Transecto Parque Los Nevados*. J. Cramer, Berlin.
- VAN DER HAMMEN, TH., RANGEL-CH., J. O. & CLEEF, A. M. 2005.- *Studies on Tropical Andean Ecosystems*. Vol. 6. *La Cordillera Occidental Colombiana Transecto Tatamá*. J. Cramer, Berlin, Stuttgart.
- WOLF, J. H. D., 2003.- Diversidad y ecología de comunidades epifíticas en la Cordillera Central, colombiana: 461-502 (en) VAN DER HAMMEN, TH. & DOS SANTOS ALVAREZ, A. G. (ed.) *Studies on tropical andean ecosystems*. 5. J. Cramer, Berlin.
- YOSHIMURA, I., 1969.- Taxonomy of *Lobaria subdissecta* and its allies. *J. Hatt. Bot. Lab.*, 32: 57-66.
- YOSHIMURA, I., 1984. Taxonomic studies on *Lobaria crenulata* and its allies. *J. Hatt. Bot. Lab.*, 57: 97-126.
- YOSHIMURA, I., 1998. *Lobaria* in Latin America: taxonomic, geographic and evolutionary aspects: 129-134 (en) MARCELLI, M. P. & SEAWARD, M. R. D. (ed.) *Lichenology in Latin America History, Current Knowledge and Applications*. CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, Estado de São Paulo, São Paulo, Brazil.



CONSERVACIÓN Y BIODIVERSIDAD  
EN AGROECOSISTEMAS  
CONSERVATION AND BIODIVERSITY  
IN AGROECOSYSTEMS



Cascade de la Caldéra. — Dessin de Riou, d'après un croquis de M. André.



# IDENTIFICACIÓN DE POBLACIONES MICROBIANAS EN COMPOST DE RESIDUOS ORGÁNICOS DE FINCAS CAFETERAS DE CUNDINAMARCA

Natalia Escobar Escobar<sup>1</sup>, Jairo Mora Delgado<sup>2</sup>, Néstor Jaime Romero Jola<sup>3</sup>

## Resumen

Los residuos orgánicos agrícolas, pueden aprovecharse, si se tiene en cuenta, que son una fuente reutilizable de nutrientes y energía, por tal motivo, procesos como el compostaje, pueden mejorar la calidad de estos, mediante la descomposición aeróbica. En un proceso de compostaje de material orgánico, proveniente de fincas cafeteras, ubicadas en el departamento de Cundinamarca (pulpa de café, banano, gallinaza y bovinaza), se caracterizaron cualitativa y cuantitativamente, las poblaciones de bacterias, actinomicetos y hongos. La caracterización de poblaciones microbianas, se realizó mediante la aplicación, de técnicas de dilución seriada, en medios de cultivo selectivos y técnicas de microscopía y macroscopía. Los microorganismos de mayor importancia, encontrados en sustratos puros, como en sus mezclas, fueron: para las bacterias, los géneros *Pseudomonas* y *Bacillus*; para actinomicetos, *Streptomyces* y para hongos, *Aspergillus* y *Penicillium*.

**Palabras claves:** abonos orgánicos, compostaje, microorganismos.

# IDENTIFICATION OF MICROBIOLOGICAL POPULATIONS IN ORGANIC WASTE COMPOST FROM COFFEE FARMS IN CUNDINAMARCA (COLOMBIA)

## Abstract

Agricultural organic waste can be taken advantage of if one takes into account that it is a reusable source of nutrients and energy, reason why processes such as composting can improve its quality through aerobic decomposition. In an organic material composting process from coffee farms located in the Department of Cundinamarca (coffee pulp, bananas, manure and bovine manure) populations of bacteria, Treponema, and fungi were qualitatively and quantitatively characterized. The characterization of microbial populations was carried out through the application of techniques of serial dilution in selective culture ways and microscopy and macroscopía techniques. Micro-organisms of greatest importance found in pure substrates and their mixes were: for bacteria, the genera *Pseudomonas* and *Bacillus*; for Treponema *Streptomyces* and fungi, *Aspergillus* and *Penicillium*.

**Key words:** organic fertilizers, composting, microorganisms.

\* FR: 27-V-2012. FA: 3-IX-2012.

<sup>1</sup> Docente investigador. Grupo de Investigación Sistemas Agroforestales Pecuarios. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cundinamarca. Fusagasugá, Cundinamarca. Email: [nnaescobar@hotmail.com](mailto:nnaescobar@hotmail.com).

<sup>2</sup> Profesor Asociado. Grupo de Investigación Sistemas Agroforestales Pecuarios. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad del Tolima. Ibagué, Tolima. Email: [jrmora@ut.edu.co](mailto:jrmora@ut.edu.co).

<sup>3</sup> Investigador. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cundinamarca. Email: [nesrom34@gmail.com](mailto:nesrom34@gmail.com).

## INTRODUCCIÓN

El compostaje, es la conversión, de un material orgánico inestable, a un producto estabilizado, a través de respiración aerobia (ADAMS *et al.*, 2007), dicho proceso, involucra la conversión biológica, de material orgánico sólido, en productos útiles, tales como: fertilizantes, substratos para la producción de champiñones o biogás (metano). Independientemente del producto, las poblaciones microbianas, son el componente activo de los procesos de biodegradación y conversión durante el compostaje. Sin embargo, la optimización de la calidad del compost, está directamente relacionada, con su composición y la sucesión de comunidades microbiales, durante el proceso, lo que genera, una dinámica poco conocida (PETERS *et al.*, 2000).

En las fincas cafeteras, el cultivo principal articulado a la economía de mercado, es el café, el cual generalmente, está asociado con musáceas; de esta asociación, la producción de residuos es considerable. Así, la pulpa, mucilagos, aguas mieles, cascarilla, hojarasca y leña (RODRÍGUEZ, 1999), además de la fruta de rechazo de las musáceas, el pseudotallo y las hojas, poseen una importante carga de nutrientes, que bien podrían reutilizarse en el sistema, mediante aplicaciones como abono orgánico o componente de la dieta de animales.

En la zona cafetera, la producción de residuos orgánicos provenientes de las actividades pecuarias, es significativa. ESTRADA & PERALTA (2001), dan cuenta de deyecciones por el orden de 5,5 %; 8,5 % y 10 %, de los pesos vivos de aves, porcinos y vacunos, respectivamente.

Durante el compostaje, la materia orgánica, es biotransformada en condiciones aeróbicas, mediante reacciones de óxido-reducción catalizadas por enzimas microbianas. En este proceso, los microorganismos utilizan la materia orgánica como nutriente para su desarrollo, produciendo su descomposición (mineralización), hasta moléculas orgánicas e inorgánicas, más sencillas, siendo el proceso de humificación, el paso en el cual, se crean nuevas macromoléculas, a partir de moléculas sencillas, formadas en la descomposición. El proceso en conjunto, produce fundamentalmente calor, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O y compuestos húmicos (MORENO & MORAL, 2008).

Con base en lo anterior, el presente estudio, espera dar respuesta al interrogante: ¿Qué microorganismos (bacterias, hongos y actinomicetos) benéficos y patógenos, se encuentran presentes en el producto final del proceso de compostaje?

## MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación, inició con la fase de diagnóstico y cuantificación de residuos orgánicos, producidos en sistemas agropecuarios, ubicados en pisos térmicos entre 1000 y 2000 msnm de Cundinamarca y Tolima, para ello, se utilizó la información obtenida en dos proyectos. El primero, denominado: "Flujo de masas y energía en fincas campesinas de la zona cafetera: vínculos entre la racionalidad campesina y el reciclaje de materiales y energía", desarrollado en los municipios de Líbano, Fresno e Icononzo (Tolima), en el cual se encontró que, en diferentes

tipos de fincas, los sustratos más frecuentes eran: pulpa de café (cacota), residuos de musáceas, hojarasca, forrajes residuales residuos de bovinos (bovinaza), porcinos (porquinaza) y aves de corral (gallinaza). El segundo proyecto “Desarrollo e innovación tecnológica en ganadería ecológica y eficiente en la provincia del Sumapáz en los sectores productivos y educativos”, permitió generar una base de datos, de 202 fincas, localizadas en la franja altitudinal, antes mencionada, del municipio de Fusagasugá (Cundinamarca). Con esta base de datos, se estimó la cantidad de heces producidas por finca anualmente, siguiendo la metodología de COLORADO STATE UNIVERSITY (2009), que consiste, en hacer cálculos de heces, con base en el número y tipo de animales presentes en el predio, el peso vivo en edad adulta y el tiempo, que permanecen en el sistema productivo.

Por medio de la anterior información y tomando como base los residuos orgánicos, que eran más relevantes en las fincas analizadas, se estableció una réplica experimental de microcomposteras con el objeto de hacer un monitoreo en un ambiente controlado al proceso de descomposición. Las microcomposteras se establecieron en la Quinta, Villamaría, ubicada en el municipio de Fusagasugá bajo condiciones agrometeorológicas (temperatura, humedad, altitud), similares, a las de la ubicación de las fincas analizadas. Se usaron sustratos obtenidos en tres fincas de Cundinamarca: La Esperanza, La Honda y El Bananero. Los tres predios, se ubican en el municipio de Fusagasugá, entre los 4° 21' 00" latitud norte y los 74° 24' 00" de longitud occidental (Lat: 004° 20' 38" N / Long: 074° 22' 04" O), a una altura promedio, de 1720 msnm (Figura 1). El municipio de Fusagasugá, se localiza, a una distancia de 64 kilómetros (39,76 millas), al sur-occidente de Bogotá, en el departamento de Cundinamarca, siendo la capital, de la provincia del Sumapáz (POT, 2004).



**Figura 1.** Localización de la zona de estudio en el municipio de Fusagasugá (Colombia)

## Diseño de los experimentos

Tres tipos de abonos orgánicos, fueron preparados y evaluados, con base en la mezcla, de residuos orgánicos más relevantes en la zona: banano (BN), bovinaza (BV), pulpa de café (CA) y gallinaza (GZ), según la relación C/N, de la Tabla 1.

**Tabla 1.** Proporción de materiales orgánicos y relación C/N, en tres mezclas composteadas.

Sustrato	Mezcla 1			Mezcla 2			Mezcla 3		
	Peso	MS	C/N	Peso	MS	C/N	Peso	MS	C/N
	Kg	%		Kg	%		Kg	%	
Pulpa de café	15	6	0,48	15	6	0,48	10	4	0,32
Bovinaza				15	12,75	2,55	20	17	3,4
Gallinaza	15	12,75	1,913				20	17	2,55
Banano	5	1	0,35	5	1	0,35			
Hojarasca	50	40	24	50	40	24	50	45	27
<b>C/N</b>			<b>26,74</b>			<b>27,38</b>			<b>33,3</b>

Nota: MS, Materia seca; MZ1 = Pulpa de café + Hojarasca + Banano + Gallinaza; MZ2 = Pulpa de café + Hojarasca + Banano + Bovinaza; MZ3 = Pulpa de café + Hojarasca + Gallinaza + Bovinaza.

## Preparación de las mezclas

Una vez obtenido el material en las fincas, se procedió a preparar los tratamientos. Se revisó la homogeneidad de los sustratos, evitando de esta manera, el procesamiento de masas aglutinadas o residuos extraños. Los residuos de banano, fueron picados con machete para reducir el tamaño de las partículas; a las muestras de bovinaza y gallinaza, se les adicionó agua, para establecer una óptima humedad; seguidamente, se realizó la mezcla de los materiales. A cada tratamiento, se le adicionó 10 g de melaza, diluida por cada 100 g de muestra; igualmente, se adicionó, 10 g de inóculo (compost terminado de gallinaza), por cada 100 g de muestra, para promover la actividad microbiana. Finalmente, se procedió a llenar bultos de lona, hasta una altura de 90 cm, con el propósito de garantizar un aumento adecuado de temperatura; cada tratamiento, se identificó mediante rótulos con abreviaciones.

## Caracterización microbiológica

Para la identificación de microorganismos en el día 90, del proceso de compostaje, se aplicaron técnicas de macroscopía y microscopía, en el Laboratorio de Microbiología de la Universidad de Cundinamarca, teniendo en cuenta, la Norma Técnica Colombiana (NTC 4491-2) sobre procedimientos microbiológicos.

## Bacterias

### Macroscopía

Se hizo la caracterización macroscópica, con base en los siguientes criterios: tamaño de las colonias (puntiforme, pequeñas, medianas, grandes); color; forma (regulares, redondas, ovaladas, irregulares, filamentosas, rizoides); elevación de las colonias (plana, elevada, convexa monticular); bordes (entero, ondulado, aserrado, filamentosos y rizado); superficie; olor (amoniacal, fétido, dulzón) y crecimiento (abundante, moderado, escaso).

### Microscopia

Se realizó la tinción de Gram (MADIGAN *et al.*, 2000) y se utilizó el método miniaturizado de identificación, mediante el kit BBL Crystal (Marca B. D. Diagnostic Systems Europe) fundamentado en la utilización y degradación de sustratos específicos por parte de los microorganismos detectados, por distintos sistemas indicadores (MACFADDIN, 2000), para bacilos Gram (-), que pertenecen a la familia *Enterobacteriaceae*, así como los más frecuentes aislamientos de bacilos Gram (-), no fermentadores de glucosa. Además, se usó un kit para organismos Gram (+) (cocos y bacilos).

### Hongos

Para la identificación del género y posible especie de los hongos, en los tratamientos, fue necesario la utilización de claves taxonómicas, para esto, se tuvo en cuenta, las características macro y microscópicas, es así, como fue preciso examinar los aislamientos de cada una de las cepas y contrastar con la literatura.

### Macroscopía

En este paso, se utilizaron las mismas pautas de lectura y descripción de colonias bacterianas.

### Microscopía

Para la observación microscópica, se utilizó la técnica de cinta pegante. Esta técnica, es una de las más usadas, debido a que conserva la yuxtaposición original de las esporas y segmentos de hifas (KONEMAN, 2001). Para su realización, se hizo un doblez de una tira de 4 cm, con el lado adhesivo hacia afuera y se sostuvo, con pinzas. El lado adhesivo, se presionó firmemente, contra la superficie de la colonia del hongo, a estudiar. El micelio aéreo, se une a la superficie adhesiva, por lo cual, es fácilmente separado de la colonia. La tira de cinta con la muestra, se colocó sobre una gota de azul de lactofenol, con un portaobjeto y se prosiguió, con las observaciones.



## Método de microcultivo

Para lograr más precisión en la observación de estructuras fúngicas *in situ* (ARENAS (2003) se tomo una caja de petri con un caballete de vidrio en u, para evitar la desecación; se depositaron 5 ml de agua estéril en la caja; se ubicó un portaobjetos sobre el caballete y con una pipeta estéril, se colocó una capa de agar, en la superficie de la lámina, finalmente, se sembró en el centro, un poco del cultivo y se llevó a incubar, a 25 °C de 48 por 72 horas (CASAS, 1989).

### Actinomicetos

Para la identificación del género de los actinomicetos, de los siete tratamientos, se requirió la utilización de claves taxonómicas, para esto, se tuvo en cuenta, las características macro, microscópicas y los reportes encontrados, en la literatura.

### Macroscopía

En este paso, se utilizaron las mismas pautas de lectura y descripción de colonias bacterianas y fúngicas.

### Microscopía

Para la identificación de los géneros, se tuvieron en cuenta las características microscópicas observadas en muestras con coloración de Gram, como fragmentación del micelio en formas cocoides, bacilares o arthroconidiales, presencia de espirales y bucles, formación de esporangios, presencia de esporas terminales, en pares o grupos, en el micelio (SYLVIA *et al.*, 1999).

A partir de los aislamientos primarios, se hicieron repiques en agar para actinomicetos, de cada uno, de los morfotipos identificados. Los cultivos, se incubaron en posición invertida por un periodo de 8-10 días, a 28 °C.

### Métodos estadísticos

Con el propósito de conocer la proporción y distribución de especies microbianas finales (día 90), identificadas y caracterizadas, en los 7 tratamientos evaluados, se diseñaron tablas de frecuencia en EXCEL versión 2007.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Caracterización microbiológica en sustratos simples

#### Bacterias

Las bacterias identificadas (Tabla 2), en sustratos simples, corresponden a microorganismos, comúnmente encontrados, en el proceso de compostaje (ARBEIT *et al.*, 2000).



**Tabla 2.** Bacterias identificadas, al final del proceso de compostaje, en sustratos simples. Fuente autores (2010).

Género	Especie	Banano (UFC/g)	Bovinaza (UFC/g)	Pulpa de café (UFC/g)	Gallinaza (UFC/g)
<b>Enterobacter</b>	<i>Enterobacter aerogenes</i>	–	++	–	+++
	<i>Enterobacter asburiae</i>	+	+++	++	+++
	<i>Enterobacter</i> sp.	++	++	+	++
<b>Escherichia</b>	<i>Escherichia coli</i>	++	++	+	++
<b>Morganella</b>	<i>Morganella morganii</i>	–	++	–	+++
<b>Proteus</b>	<i>Proteus mirabilis</i>	++	++	–	++
	<i>Proteus vulgaris</i>	++	++	++	++
	<i>Proteus</i> sp.	–	+	–	+
<b>Pseudomonas</b>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	+	+	+	++
	<i>Pseudomonas paucimobilis</i>	+	+++	+	++
	<i>Pseudomonas putis</i>	–	+	++	+++
	<i>Pseudomonas vesicularis</i>	+	+	+	++
<b>Arthrobacter</b>	<i>Arthrobacter</i> sp.	–	+	–	+
<b>Bacillus</b>	<i>Bacillus laterosporus</i>	+	+	++	++
	<i>Bacillus macerans</i>	+	–	+++	+
	<i>Bacillus sphaericus</i>	–	+	+	–
	<i>Bacillus subtilis</i>	++	+	++	++
<b>Micrococcus</b>	<i>Micrococcus luteus</i>	++	+++	+++	+++
	<i>Micrococcus</i> sp.	–	–	–	++

(Ausencia –), (Leve +), (Moderado ++), (Abundante +++).

Se aislaron 5 géneros del grupo de bacterias Gram negativas (*Enterobacter*, *Escherichia*, *Morganella*, *Proteus*, y *Pseudomonas*). El género más representativo, fue el de *Pseudomonas*.

Se aislaron 3 géneros de bacterias Gram positivas (*Arthrobacter*, *Bacillus* y *Micrococcus*). El género más representativo, fue *Bacillus*. Estos géneros, también se encuentran en el proceso de compostaje (ARBEIT *et al.*, 2000).

En un estudio realizado por ADEGUNLOYE *et al.* (2007), sobre el análisis microbiano de compostaje, utilizando estiércol de vaca como inóculo, reportaron, que las poblaciones bacterianas más frecuentes, son: *Micrococcus luteus*, *Bacillus pumilus*, *Bacillus macerans*, *Bacillus sphaericus*, *Bacillus laterosporus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterobacter aerogenes* y *Proteus mirabilis*, muchas de las cuales, también fueron identificadas, en este estudio.

Por otro lado, REBODILLO *et al.* (2008), en una investigación, sobre poblaciones microbianas, durante el proceso de compostaje de residuos orgánicos sólidos municipales, encontraron que el grupo de bacterias, estuvo representado, en aerobias Gram-negativas del género: *Pseudomonas*, *Azotobacter*, *Azospirillum*; en aerobias Gram-positivas, el género *Micrococcus* y formadoras de esporas como *Bacillus*, géneros similares, a los encontrados en esta investigación.

### Actinomicetos

Los actinomicetos identificados, se observan en la Tabla 3 correspondientes a dos géneros (*Nocardia* y *Streptomyces*). El principal género del grupo, es *Streptomyces*, cuyas especies, suelen generar antibióticos, producen un olor característico a tierra mojada, debido a la emisión de compuestos volátiles (PRESCOTT, 2002), así mismo, fue el género más frecuentemente aislado, en las muestras de sustratos simples.

Los actinomicetos, constituyen un importante grupo de organismos procarióticos, habitantes del suelo y del material vegetal compostado (KONEMAN, 2001; PRESCOTT, 2002). En general, son capaces de degradar sustancias complejas, como lignocelulosa, quitina y peptidoglicanos, contribuyendo notablemente, a la mineralización de estos compuestos en el suelo y en el compostaje (LACEY, 1973).

**Tabla 3.** Actinomicetos identificados, al final del proceso de compostaje, en sustratos simples.

Género	Especie	Banano (UFC/g)	Bovinaza (UFC/g)	Pulpa de café (UFC/g)	Gallinaza (UFC/g)
<i>Nocardia</i>	<i>Nocardia</i> sp.	+	+	+	+
<i>Streptomyces</i>	<i>Streptomyces</i> sp.	+	+	+	++

(Ausencia -), (Leve +), (Moderado ++), (Abundante +++).

Los actinomicetos, también han sido descritos como agentes de biocontrol por la capacidad de producir enzimas biodegradativas, como: quitinasas, glucanasas, peroxidases y otras, involucradas en el papel del micoparasitismo, que llevan a cabo estos microorganismos (FRANCO-CORREA, 1999; TOKALA *et al.*, 2002; MÁRQUEZ *et al.*, 2003). El género *Streptomyces*, ha sido descrito como colonizador de la rizosfera, capaz de ejercer biocontrol, sobre hongos fitopatógenos, promover la nodulación y ayudar a los bacteriodes de *Rhizobium*, a la asimilación del hierro, en la fijación de nitrógeno, en leguminosas, lo cual contribuye, indirectamente, a estimular el crecimiento vegetal (TOKALA *et al.*, 2002).

REBODILLO *et al.* (2008), en una investigación, sobre poblaciones microbianas en el proceso de compostaje, de residuos orgánicos sólidos municipales, encontraron del grupo de actinomicetos, bacterias Gram-positivas, como: *Streptomyces*, *Actinomyces*, el género *Streptomyces*, fue el más frecuentemente encontrado, así como en los tratamientos evaluados, en este estudio.

## Hongos

Los hongos identificados (Tabla 4), en los tratamientos simples, han sido descritos anteriormente, como parte de los sistemas de biotransformación, de materia orgánica (VILLENNA & GUTIÉRREZ, 2003).

**Tabla 4.** Hongos identificados, al final del proceso de compostaje, en sustratos simples.

Género	Especie	Banano (UFC/g)	Bovinaza (UFC/g)	Pulpa de café (UFC/g)	Gallinaza (UFC/g)
<i>Aspergillus</i>	<i>Aspergillus niger</i>	+	+	++	+
	<i>Aspergillus flavus</i>	+	+	++	+
	<i>Aspergillus fumigatus</i>	+	++	+	++
	<i>Aspergillus</i> sp.	–	+	+	+
<i>Cladosporium</i>	<i>Cladosporium</i> sp.	+	+	+	+
	<i>Penicillium implicatum</i>	+	++	++	+
<i>Penicillium</i>	<i>Penicillium expansum</i>	–	++	+	++
	<i>Penicillium</i> sp.(1)	+	+	+	++
	<i>Penicillium</i> sp.(2)	+	+	+	–
<i>Rhizopus</i>	<i>Rhizopus stolonifer</i>	+	+	+	+

(Ausencia –), (Leve +), (Moderado ++), (Abundante +++).

Se registraron 4 géneros (*Aspergillus*, *Cladosporium*, *Penicillium* y *Rhizopus*), los más frecuentemente encontrados, son: *Aspergillus* y *Penicillium*, estos hongos, se aislaron en casi todos los tratamientos simples. Al respecto, ATLAS & BARTHA (2005), afirman que, las especies más corrientemente encontradas, de hongos celulolíticos, en los materiales de los compost, son los géneros *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium* y *Trichoderma*. Aunque, la celulosa y hemicelulosa, son degradados, más lentamente que los azúcares o el almidón, la lignina, es el residuo orgánico más resistente y normalmente, el último producto que se degrada de la cadena alimenticia. Los Basidiomycetes, juegan un papel importante, en la degradación de la lignina.

En un estudio realizado por ADEGUNLOYE *et al.* (2007), sobre el análisis microbiano de compostaje, utilizando estiércol de vaca como inóculo, reportaron, que la población de hongos *Aspergillus niger*, fue el más predominante, le siguieron: *Aspergillus flavus*, *Aspergillus rapens*, *Rhizopus stolonifer*, *Mucor mucedo*, *Fusarium*, *Aspergillus fumigatus*, *Varicosporium*. En este trabajo, los géneros *Aspergillus* y *Penicillium*, fueron los más frecuentemente aislados, de los sustratos simples.

### Caracterización microbiológica de mezclas

Las bacterias identificadas (Tabla 5), en las mezclas, corresponden a microorganismos comúnmente encontrados, en el proceso de compostaje (MORENO & MORAL, 2008).

**Tabla 5.** Bacterias identificadas, al final del proceso de compostaje, en las mezclas.

Género	Especie	MZ1 (UFC/g)	MZ2 (UFC/g)	MZ3 (UFC/g)
	<i>Enterobacter aerógenes</i>	+++	+++	+++
<i>Enterobacter</i>	<i>Enterobacter asburiae</i>	+++	+++	+++
	<i>Enterobacter</i> sp.	++	++	+++
<i>Escherichia</i>	<i>Escherichia coli</i>	++	+	++
<i>Morganella</i>	<i>Morganella morganii</i>	+++	+++	++
	<i>Proteus mirabilis</i>	++	++	++
<i>Proteus</i>	<i>Proteus vulgaris</i>	++	++	++
	<i>Proteus</i> sp.	++	+	+
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	++	+++	+++
	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	+++	+++	+++
<i>Pseudomonas</i>	<i>Pseudomonas paucimobilis</i>	++	+	+
	<i>Pseudomonas putis</i>	+	+	++
	<i>Pseudomonas stutzeri</i>	++	++	++
	<i>Pseudomonas vesicularis</i>	++	++	++
<i>Arthrobacter</i>	<i>Arthrobacter</i> sp.	+++	+++	++
	<i>Bacillus laterosporus</i>	+++	+++	+++
	<i>Bacillus macerans</i>	++	+++	++
<i>Bacillus</i>	<i>Bacillus pumilus</i>	++	+	++
	<i>Bacillus sphaericus</i>	++	+++	++
	<i>Bacillus subtilis</i>	++	+	+++
	<i>Micrococcus luteus</i>	+++	+++	+++
<i>Micrococcus</i>	<i>Micrococcus mucilaginosus</i>	++	++	++
	<i>Micrococcus</i> sp.	++	+	++

(Ausencia -), (Leve +), (Moderado ++), (Abundante +++)

Se aislaron 5 géneros del grupo de bacterias Gram negativas (*Enterobacter*, *Escherichia*, *Morganella*, *Proteus* y *Pseudomonas*). Siendo el género más representativo, *Pseudomonas*. Las especies anteriormente reportadas, fueron las mismas, que se encontraron, en los sustratos simples, en este grupo de Gram negativas adicionalmente, se identificó: *Pseudomonas fluorescens* y *Pseudomonas stutzeri*. Además, se aislaron 3 géneros del grupo de bacterias Gram positivas (*Arthrobacter*, *Bacillus* y *Micrococcus*). El género más representativo, fue *Bacillus*. Estos géneros, se encuentran normalmente, durante el proceso de compostaje (ARBEIT *et al.*, 2000). Las especies anteriormente reportadas, fueron las mismas encontradas, en los sustratos simples, en este grupo de Gram positivas adicionalmente, se identificaron: *Bacillus pumilus* y *Micrococcus mucilaginosus*.

## Actinomicetos

Los actinomicetos identificados (Tabla 6), en las mezclas, corresponden, a microorganismos comúnmente encontrados, en el proceso de compostaje (YAÑEZ *et al.*, 2007).

**Tabla 6.** Actinomicetos identificados, al final del proceso compostaje, en mezclas.

Género	Especie	MZ1 (UFC/g)	MZ2 (UFC/g)	MZ3 (UFC/g)
<i>Actinomyces</i>	<i>Actinomyces</i> sp.	++	++	++
<i>Nocardia</i>	<i>Nocardia</i> sp.	++	++	++
<i>Streptomyces</i>	<i>Streptomyces</i> sp.	+++	+++	+++

(Ausencia –), (Leve +), (Moderado ++), (Abundante +++).

Se identificaron tres géneros (*Actinomyces*, *Nocardia*, *Streptomyces*). El principal género del grupo, fue *Streptomyces*, cuyas especies, suelen generar antibióticos (PRESCOTT, 2002), los 3 géneros, fueron frecuentemente aislados en las mezclas. Las especies anteriormente reportadas, fueron las mismas encontradas, en los sustratos simples, sin embargo, en las mezclas, se identificó, además, el género *Actinomyces*.

## Hongos

Los hongos identificados (Tabla 7) en mezclas, han sido anteriormente, descritos como parte de los sistemas de biotransformación de materia orgánica (VILLENNA & GUTIÉRREZ, 2003).

Se registraron 7 géneros (*Acremonium*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Penicillium* y *Rhizopus*), los más frecuentemente encontrados, fueron *Aspergillus* y *Penicillium*, estos hongos, se aislaron en casi todas las mezclas. Las especies reportadas, fueron las mismas encontradas, en los sustratos simples, en las mezclas, se identificaron adicionalmente, 3 géneros (*Acremonium*, *Alternaria* y *Fusarium*).

En un estudio realizado por SALAZAR *et al.* (2004), sobre el aprovechamiento del estiércol, como alternativa nutricional en invernadero, utilizado en mezclas, mencionan, que las principales especies de hongos detectados, son: Mucorales, Discomycetes y Basidiomycetes. Esto debido, a que el estiércol, es un producto rico en carbono, el cual es una fuente nutrimental básica para los hongos encontrados. AGUIRRE & ULLOA (1983), encontraron resultados similares, indicando que el carbono, cuando esta en estructuras, fácilmente biodegradables, algunos tipos de hongos, como Ascomycetes y Basidiomycetes, pueden aparecer.

Se identificó mayor presencia de bacterias, tanto en sustratos simples, como en sus mezclas, este grupo, es el más diverso en el compostaje, debido a que se

utiliza, un amplio rango de enzimas, que les permite degradar químicamente, una gran variedad de materiales orgánicos. Consecuentemente, las bacterias, son responsables de la mayor parte de descomposición inicial y de la generación de calor en el compostaje. En la mayoría de los casos, predominan las bacterias, unas 100 veces más, que los hongos. GOLUEKE (1977), CASTRILLÓN *et al.* (2006) y CALBRIX *et al.* (2007), estimaron, que al menos el 80-90 %, de la actividad microbiana en el compostaje, se debe a las bacterias.

**Tabla 7.** Hongos identificados, al final del proceso de compostaje.

Género	Especie	MZ1 (UFC/g)	MZ2 (UFC/g)	MZ3 (UFC/g)
<b><i>Acremonium</i></b>	<i>Acremonium</i> sp.	–	+	+
<b><i>Alternaria</i></b>	<i>Alternaria</i> sp.	+	++	+
<b><i>Aspergillus</i></b>	<i>Aspergillus niger</i>	++	++	+
	<i>Aspergillus flavus</i>	+	+	+
	<i>Aspergillus fumigatus</i>	+	+	+
	<i>Aspergillus</i> sp.	–	–	+
<b><i>Cladosporium</i></b>	<i>Cladosporium</i> sp.	+	+	+
<b><i>Fusarium</i></b>	<i>Fusarium</i> sp.	+	+	++
	<i>Penicillium implicatum</i>	+	+	+
<b><i>Penicillium</i></b>	<i>Penicillium expansum</i>	+	+	+
	<i>Penicillium</i> sp.(1)	+	++	–
	<i>Penicillium</i> sp.(2)	–	+	+
<b><i>Rhizopus</i></b>	<i>Rhizopus stolonifer</i>	+	++	+

(Ausencia –), (Leve +), (Moderado ++), (Abundante +++).

La población real de bacterias, depende del tipo de material básico, de las condiciones locales y de las enmiendas utilizadas. La comunidad microbiana en los sustratos de partida, unidos a los que colonizan la pila de compostaje, desde el entorno circundante, constituyen el conjunto de agentes biológicos responsables del proceso de biotransformación. Como menciona MORENO & MORAL (2008), el tipo predominante de microorganismo, en cada fase, depende de su eficacia competitiva y de su capacidad de supervivencia, frente a las condiciones imperantes.

Como mencionan INSAM *et al.* (2002), la interacción, entre varios grupos funcionales de microorganismos, depende de los nutrientes disponibles y de cambios, en los mecanismos bioquímicos, durante la transformación de materia orgánica e inorgánica. La población de actinomicetos, fue más abundante, que la de hongos, en parte porque estos microorganismos, adoptan formas filamentosas, que dan lugar, a un pseudomicelio, parecido al de los hongos, se desarrollan más

lentamente y tienen mayor capacidad para metabolizar compuestos orgánicos complejos, que las bacterias. Como indica MORENO & MORAL (2008), estos microorganismos, se detectan, en un número considerable, en todas las fases de compostaje, porque adicionalmente, incluyen representantes termófilos. PÉREZ *et al.* (2004), reportan que, en el análisis microbiológico, el grupo de actinomicetos, presentó menor variación, entre los sustratos de fuentes animales, con respecto, a los de fuentes vegetales. Los grupos mesofílicos, los hongos y levaduras, variaron más en las fuentes animales, con respecto a las vegetales.

ACUÑA *et al.* (2006), indican, que los valores de colonias de bacterias y actinomicetos, al final del compost, resultaron ser mayores que los hongos, posiblemente, porque son microorganismos participantes de la nitrificación y amonificación, necesaria para la biota del suelo, resultados comparables, a los obtenidos en esta investigación, donde las poblaciones de bacterias y actinomicetos, fueron mayores a las de los hongos.

La gallinaza, mezcla 1 y 3 (compuestos de gallinaza), presentaron la mayor abundancia y diversidad de microorganismos; este resultado, puede estar asociado al contenido de nutrientes, como: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro; así mismo, es necesario, tener en cuenta su origen (producción de aves en jaula vs producción en piso) y su aporte de materia orgánica. MELÉNDEZ (2003), menciona, que estos nutrientes, permiten el crecimiento de poblaciones microbiológicas, especialmente, las bacterianas.

## CONCLUSIONES

La gallinaza, fue el tratamiento, que más altos valores obtuvo, con respecto a abundancia y diversidad microbiológica, lo cual se asocia, probablemente, a su composición química.

Los microorganismos de mayor importancia, encontrados, tanto en sustratos simples, como en sus mezclas, fueron para el caso de las bacterias, los géneros *Pseudomonas* y *Bacillus*; para actinomicetos, los pertenecientes al género *Streptomyces* y para los hongos, los géneros *Aspergillus* y *Penicillium*.

En general, las mezclas, presentaron mayor diversidad y abundancia de poblaciones microbiológicas, lo cual pone de manifiesto, la importancia de realizar mezclas, a partir de sustratos simples para obtener mejores resultados y optimizar, el uso de residuos orgánicos.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos, al Centro de Investigaciones de la Universidad del Tolima, a la Red Alma Mater y a la Universidad de Cundinamarca, por las facilidades y financiamiento otorgado para los estudios básicos, que dieron origen al presente artículo.

## BIBLIOGRAFÍA

- ACUÑA, O., PEÑA, W., SERRANO, E., POCASANGRE, L., ROSALES, F., DELGADO, E., TREJOS J. & SEGURA, A., 2006.- *Importance of microorganisms for soils quality and health*. Universidad de Costa Rica. pp. 56-59.
- ADAMS, J. D. & FROSTICK, L. E., 2007.- Investigating microbial activities in compost using mushroom (*agaricus bisporus*) cultivation an experimental system. *Bioresource technology*, 99: 1097-1102.
- ADEGUNLOYE, D. V., ADETUYI, F. C., AKINYOSOYE, F. A. & DOYENI, M. O., 2007.- Microbial Analysis of Compost Using Cowdung as Booster. Pakistan. *Journal of Nutrition*, 6 (5): 506-510.
- AGUIRRE, E. & ULLOA, M., 1983.- Primer registro en México sobre la sucesión de hongos en el estiércol de vaca. *Bol. Soc. Mex. Mic.*, 76-88.
- ARBETT, R. D., ARTHUR, M., DUNN, R., KIM, C., SELANDER, R. K. & GOLDSTEIN, R., 2000.- Resolution of recent evolutionary divergence among *Escherichia coli* from related lineages: The application of pulsed field electrophoresis to molecular epidemiology. *J Infect Dis.*, 161: 230-235.
- ARENAS, R., 2003.- *Medical Micology*. McGraw Hill. México. 397 p.
- ATLAS, R. & BARTTHA, L., 2005.- *Ecología microbiana y microbiología ambiental*. Pearson Educación, S. A. Madrid. 677.
- CALBRIX, R., BARRAY, S., CHABRERIE, O., FOURRIE, L. & LAVAL, K., 2007.- Impact of organic amendments on the dynamics of soil microbial biomass and bacterial communities in cultivated land. *Appl. Soil Ecol.*, 35: 511-522.
- CASAS, G., 1989.- *Micología general*. Ediciones de la Biblioteca. 488 p.
- CASTRILLÓN, O., BEDOYA, O., MONTOYA, D. V., 2006.- Effect of pH on the growth of microorganisms during the maturation stage in static compost piles. *Producción + Limpia*, 1 (2): 8-12.
- ESTRADA, M. E. & PERALTA, J. R., 2001.- Evaluación de dos tipos de fertilizantes orgánicos (gallinaza y estiércol vacuna) y un mineral en el crecimiento y rendimiento del cultivo de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad DOR-364, postrera: Tesis, Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía, Nicaragua. pp. 29-34.
- FRANCO-CORREA, M., 1999.- Aislamiento, Caracterización y Evaluación de Actinomycetes inhibidores de algunos hongos fitopatógenos: Tesis, Maestría en Microbiología, Instituto de Biotecnología, Universidad Nacional de Colombia. 86 p.
- GOLUEKE, C. G., 1977.- *Biological reclamation of organic wastes*. Rodale press, Emmaus, Pennsylvania, 249 p.
- INSAM, H., RIDDECH, N. & KLAMMER, S., 2002.- *Microbiology of composting*. Springer second edition. pp. 9-108.
- KONEMAN, E. W., 2001.- *Diagnóstico Microbiológico: Texto y Atlas a Color*. Quinta Edición. Médica Panamericana. Argentina. pp. 10-16.
- LACEY, J., 1973.- Actinomycetes in soils, composts and fodders: 231-251 (in) SYKES, G., SKINNER, F. A. (eds.) *Actinomycetales: Characteristics and Practical Importance*. Academic Press, London.
- MACFADDIN, J. F., 2000.- *Biochemical tests for identification of medical bacteria*. Lippincott. pp. 112-115.
- MADIGAN, M., MARTINKO, J. M. & PARKER, J., 2000.- *Brock Biology of microorganisms*. Ninth edition. prentice hall. pp. 861-866.
- MÁRQUEZ, M., MARTÍNEZ, M. & FRANCO, M., 2003.- Aislamiento de *Trichoderma sp.* y actinomycetes a partir de suelos de clavel (*Dianthus caryophyllus*) y evaluación de su capacidad antagónica *in vitro* sobre *Fusarium oxysporum*. *Revista Agronomía Colombiana*, XIX (1-2): 81-88.
- MELÉNDEZ, G., 2003.- Indicadores químicos de calidad de abonos orgánicos: 50-63 (en) *Abonos orgánicos: principios, características e impacto en la agricultura*. Costa Rica.
- MORENO, J., MORAL, R., 2008.- *Compostaje*. Ediciones Mundi-prensa. Madrid. pp. 78-85.
- PÉREZ, A., CÉSPEDES, C. & NÚÑEZ, P., 2004.- Caracterización física-química y biológica de enmiendas orgánicas aplicadas en la producción de cultivos en República Dominicana. *R.C. Suelo Nutr. Veg.*, 2: 10-29.
- PETERS, S., KOSCHINSKY, S., SCHWIEGER, F. & TEBBE, C. C., 2000.- Succession of microbial communities during hot composting as detected by PCR-single-strand-conformation polymorphism-based genetic profiles of small-subunit rRNA genes. *Applied and environmen. microbial*, 66: 930-936.
- PRESCOTT, L. M., 2002.- *Microbiology*. Editorial McGraw-Hill. Boston, USA. pp. 524-528.
- REBOLLIDO, R., MARTÍNEZ, J., AGUILERA, Y., MELCHOR, K., KOERNER, R. & STEGMANN, R., 2008.- Microbial populations during composting process of organic fraction of municipal solid waste. *Applied ecology and environmental research*, 6 (3): 61-67.
- RODRÍGUEZ, N., 1999.- Manejo de residuos en la agroindustria cafetera. *Seminario internacional, gestión integral de residuos sólidos y peligrosos, siglo XXI*. Cenicafé. pp. 44-45.
- SALAZAR, E., LÓPEZ, J. D., ZÚÑIGA, R., VÁZQUEZ, C., FÓRTIZ, M. & SILVA, J., 2004.- Uso y aprovechamiento del estiércol como alternativa nutricional en invernadero. *Bol. Soc. Mex.*, 44-48.
- SYLVIA, D., FUHRMANN, J., HARTEL, P. & ZUBERER, D., 1999.- *Principles and applications of soil microbiology*. Prentice Hall. Nueva York. pp. 89-92.
- TOKALA, K., STRAP, C. & JUNG, D., 2002.- Novel plant-microbe rhizosphere interaction involving *Streptomyces lydicus* WYEC108 and the pea plant (*Pisum sativum*). *Applied and Environmental Microbiology*, 68: 2161-2171.
- VILLENA, G. & GUTIÉRREZ, M., 2003.- Biopelículas de *Aspergillus niger* para la producción de celulosas: algunos aspectos estructurales y fisiológicos. *Revista peruana de Biología*, 2: 12.
- YAÑEZ, P., LEVY, A. & AZERO, A., 2007.- Evaluación del compostaje de residuos de dos agroindustrias palmiteras del Trópico de Cochabamba en silos hiperventilados. *Acta Nova*, 3 (4): 20-24.



## EVALUACIÓN DE SUPLEMENTOS ALIMENTICIOS EN ADULTOS DEL PARASITOIDE *PROROPS NASUTA* (HYMENOPTERA: BETHYLIDAE)

Tito Bacca<sup>1</sup>, Juan Carlos López N.<sup>2</sup>, Pablo Benavides M.<sup>3</sup>

### Resumen

El uso de alimentos complementarios en la nutrición de los parasitoides, juega un papel importante en la supervivencia y fertilidad de estos insectos. Por esta razón, fue evaluado el efecto de la alimentación del parasitoide de la broca del café *Prorops nasuta*, utilizando diferentes soluciones de azúcares y proteínas. Los parasitoides fueron alimentados separadamente cada día, con 5 azúcares en dos concentraciones, así: fructosa 1M y 50 %, glucosa 1M y 50 %, sacarosa 1M y 50 %, maltosa 1M y 50 % y miel de abejas 25 % y 50 %, además de un testigo con agua. Las mayores supervivencias, se obtuvieron, al alimentar el parasitoide con: miel de abejas al 25 %, fructosa 1M y maltosa 1M; logrando una supervivencia entre 34 y 60 días en el 75 % de la población de avispas. Con las azúcares, fructosa 1M y maltosa 1M, fue posible obtener 3,15 y 3,04 estados del parasitoide respectivamente, que fueron estadísticamente diferentes al testigo con agua (1,67 estados). También, se evaluó el efecto de la alimentación de *P. nasuta*, utilizando 10 soluciones de proteínas; levadura torula 25 % y 12,2 %, caseína 25 % y 12,2 %, harina de soya 25 % y 12,2 %, germen de trigo 25 % y 12,25 % y polen de abejas 25 % y 12,25. El mayor tiempo de vida de *P. nasuta*, fue conseguido por la alimentación con harina de soya 12,2 % y germen de trigo 25 %, donde se alcanzaron entre 12 y 17 días de supervivencia, correspondientes al 75 y 50 % de la población, respectivamente. La fertilidad del *P. nasuta*, no fue influenciada con la alimentación de las soluciones con proteínas, debido a que el número de estados biológicos del parasitoide, fue igual al obtenido, al momento en que este, estuvo alimentado únicamente con agua o estuvo sin alimento. Las soluciones azucaradas pueden utilizarse para aumentar la supervivencia y fertilidad de la avispa en la cría masiva de *P. nasuta*, cuando exista carencia de estados biológicos de la broca del café o para potenciar la reproducción del parasitoide. La maltosa y fructosa, deben ser tenidas en cuenta, en la escogencia de arvenses que ofrecen nectarios con presencia de estos azúcares, en programas de conservación del parasitoide *P. nasuta*.

**Palabras clave:** control biológico, ecología nutricional, parasitoide de la broca del café.

## EVALUATION OF DIET SUPPLEMENTS IN ADULTS OF THE *PROROPS NASUTA* (HYMENOPTERA: BETHYLIDAE) PARASITOID

### Abstract

The use of complementary diets in parasitoids nutrition plays an important role in these insects' survival and fertility. For this reason, the effect of the diet in the coffee berry borer parasitoid *Prorops nasuta*, was evaluated using different sugar and protein solutions. The parasitoids were fed separately in a daily basis with 5 sugars in two concentrations as follows: 1M and 50% fructose, 1M and 50% glucose, 1M and 50% maltose, and 25 % and 50 % honey, in

\* FR: 14-II-2012. FA: 24-VII-2012.

<sup>1</sup> Profesor Asociado, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Torobajo, Pasto, Colombia. Email: titobacca@gmail.com.

<sup>2</sup> Investigador Científico I, Disciplina de Recursos Naturales y Conservación, Centro Nacional de Investigaciones de Café: CENICAFÉ, Chinchiná, Caldas, Colombia. Email: JuanCarlos.Lopez@cafedecolombia.com.

<sup>3</sup> Investigador Científico II, Disciplina de Entomología, Centro Nacional de Investigaciones de Café: CENICAFÉ, Chinchiná, Caldas, Colombia. Email: pablo.benavides@cafedecolombia.com.co.

addition to a control with water. The highest survival rates were obtained when the parasitoid was fed with: 25 % honey, 1M fructose, and 1M maltose, achieving a survival of 34 to 60 days in 75 % of the wasp population. With sugars 1M fructose and 1M maltose it was possible to obtain 3.15 and 3.04 stages of the parasitoid respectively, which was statistically different from the water control (1.67 stages). The effect of the diet on *P. nasuta* using 10 different protein solutions was also evaluated; 25 % and 12.2 % torula yeast, 25 % and 12.2 % casein, 25 % and 12.2 % soy flour, 25 % and 12.25 % wheat germ, and 25 % and 12.25 % bee pollen. The longest life span of *P. nasuta* was obtained when fed 12.2 % soy flour and 25 % wheat germ, and a survival of 12 to 17 days was observed in 75 % and 50 % of the population, respectively. *P. nasuta* fertility was not influenced by feeding with protein solutions, because the number of biological stages of the parasitoid was the same as that obtained when it was fed only with water or did not receive any food. The sweetened solutions can be used to increase the wasp survival and fertility in massive reproduction of *P. nasuta*, when there is a lack of biological stages of the coffee berry borer, or to foster the parasitoid reproduction. Maltose and fructose must be taken into account when choosing weeds that offer nectaries with the presence of these sugars for *P. nasuta* parasitoid conservation programs. .

**Key words:** biological control, nutritional ecology, coffee berry borer parasitoid.

## INTRODUCCIÓN

Muchos parasitoides utilizan el néctar de las plantas y la miel de rocío de algunos hemípteros, para satisfacer sus requerimientos energéticos como: locomoción, longevidad y fisiología reproductiva (WÄCKERS, 2005). El tiempo limitado de la vida libre de los adultos de los parasitoides, es beneficiado significativamente, por este tipo de recursos alimenticios, que aumentan la longevidad y el número de huevos maduros producidos por el parasitoides, además de aumentar el tiempo de búsqueda para el encuentro de su huésped y consecuentemente, incrementando el porcentaje de parasitismo. Los parasitoides se pueden alimentar de una amplia diversidad de azúcares de diferente origen, como son: la sacarosa, fructosa y glucosa (WÄCKERS, 2005), que son los principales componentes de los néctares y mieles de rocío (BAKER & BAKER, 1983). A pesar que estos recursos alimenticios son importantes para la dieta de los enemigos naturales, a su vez son escasos o limitados en los agroecosistemas, principalmente, en monocultivos donde la diversidad de especies es escasa (GURR *et al.*, 2004). Existen estrategias de control biológico de conservación como la siembra de plantas, que ofrecen las fuentes de azúcares y proteínas, como alimento suplementario de los enemigos naturales (GURR *et al.*, 2004). Otra forma de incrementar la disponibilidad de estos alimentos suplementarios, es la realización de una pulverización de estos productos, aumentando notablemente la eficiencia y población de enemigos naturales (MENASH & SINGLETON, 2003). El efecto positivo del néctar de las flores y de los diferentes azúcares sobre su supervivencia y reproducción, ha sido estudiado en varios parasitoides; entre ellos, en los parasitoides betúlidos de la broca del café *Hypothenemus hampei*. DAMON *et al.* (1999), comprobó que al alimentar *Cephalonomia stephanoderis* y *Prorops nasuta*, con soluciones de sacarosa 2,5M obtuvo una mayor supervivencia (58 y 28 días respectivamente), al ser comparado con diferentes soluciones de fructosa, sacarosa y glucosa en concentraciones de: 1M, 2,5M y 5M. Estos autores, también evaluaron el efecto del néctar de flores *Euphorbia hirta* L. (Euphorbiaceae), arvense, que crece comúnmente en los cafetales, sobre los *C. stephanoderis* y *P. nasuta*, obteniendo una supervivencia de 55 y 17 días, respectivamente. INFANTE *et al.* (2005) y MURPHY & RANGY (1991), demostraron que el parasitoides *P. nasuta*, tiene un efecto positivo en la supervivencia, cuando este se alimenta de los estados inmaduros de la broca del café y las soluciones de miel de abejas.

Para el manejo integrado de la broca del café *H. hampei* en Colombia, fueron introducidos varios parasitoides africanos entre ellos el *P. nasuta*, siendo el único que se estableció después de más de 15 años de su liberación, encontrándose en el 75 % de las fincas muestreadas, logrando el parasitismo hasta del 50 %, en un rango altitudinal amplio, entre los 1150 y 1840 msnm (MALDONADO & BENAVIDES, 2007).

La evaluación de alimentos alternos que posean fuentes de carbohidratos y proteínas en la biología del parasitoide *P. nasuta*, son la base en la implementación de programas de control biológico para la conservación de este enemigo natural. Con estas investigaciones, es posible seleccionar arvenses o arbustos, cuyas flores sirvan de reserva alimenticia y logren de esta manera, que el principal parasitoide de la broca en Colombia, aumente su presencia y eficiencia sobre el control de la broca del café.

Además, es posible que en los programas de cría masiva de este parasitoide, las fuentes de alimentación alterna, aumenten el éxito reproductivo, incrementando el éxito en la cría y las liberaciones de este insecto. Por tanto, el objetivo de la presente investigación, fue evaluar el efecto del suministro de soluciones de azúcares y proteínas en la longevidad y fertilidad del parasitoide *P. nasuta*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el Centro Nacional de Investigaciones de Café: CENICAFÉ, localizado en Chinchiná, Caldas (Colombia), en los laboratorios de la disciplina de entomología. La temperatura promedio en el laboratorio durante el experimento, fue de 25 °C y 80 %, de humedad relativa promedio. La dieta artificial para la cría de la broca del café, fue realizada según lo descrito en PORTILLA & STREET (2006), con una modificación en el incremento del formaldehído 2,65 ml por litro de dieta. Las brocas de café, fueron obtenidas del pie de cría de broca en dieta artificial, mantenidas en CENICAFÉ. Para la realización de esta actividad, se desarrollaron cuatro experimentos que se describen a continuación. En el primer experimento, se evaluó la alimentación del parasitoide *P. nasuta*, utilizando diferentes fuentes de azúcares. Los tratamientos consistieron en el ofrecimiento diario de diferentes soluciones de azúcares en preparadas, a concentración molar y concentración en porcentaje peso-volumen, preparadas con agua destilada estéril; 1. Fructosa 1M, 2. Fructosa 50 %, 3. Glucosa 1M, 4. Glucosa 50 %, 5. Sacarosa 1M, 6. Sacarosa 50 %, 7. Maltosa 1M, 8. Maltosa 50 %, 9. Miel de abejas 25 %, 10. Miel de abejas 50%, 11. Testigo con agua, 12. Testigo sin alimento.

En un segundo experimento, se evaluaron diferentes fuentes de proteínas en dos concentraciones, como alimentos suplementario de *P. nasuta*. Los tratamientos consistieron en soluciones de proteína, a dos concentraciones en relación peso-volumen, preparadas con agua destilada estéril; 1. Levadura *Torula* 25 %, 2. Levadura *Torula* 12,25 %, 3. Caseína 25 %, 4. Caseína 12,25 %, 5. Harina de Soya 25 %, 6. Harina de Soya 12,25 %, 7. Germen de trigo 25 %, 8. Germen de trigo 12,5 %, 9. Polen de abejas 25 %, 10. Polen de abejas 12,25 %, 11. Testigo con agua y 12. Testigo sin alimento.

Para los dos experimentos, se evaluó una población de 100 avispas por tratamiento, utilizando como unidad de muestreo un vial de 20 cc, donde se depositaron cinco

hembras de *P. nasuta*, recién emergidas. Los viales fueron tapados con una muselina, donde diariamente se depositó 10\_1 de cada azúcar o proteína, utilizando, una micro pipeta durante el tiempo que permanecieron vivas. Para cada tratamiento, fueron utilizadas 20 repeticiones. Las variables analizadas incluían el número de parasitoides vivos contabilizados diariamente, hasta la muerte de todos los insectos. Con la información obtenida para cada tratamiento, se construyeron curvas mediante el análisis de supervivencia de Kaplan-Meier (LANDAU & EVERITT, 2004), separadamente, para cada experimento y para determinar si existían diferencias estadísticas entre las curvas generadas, fue utilizada la prueba de Log-Rank ( $p < 0,05$ ) (LANDAU & EVERITT, 2004).

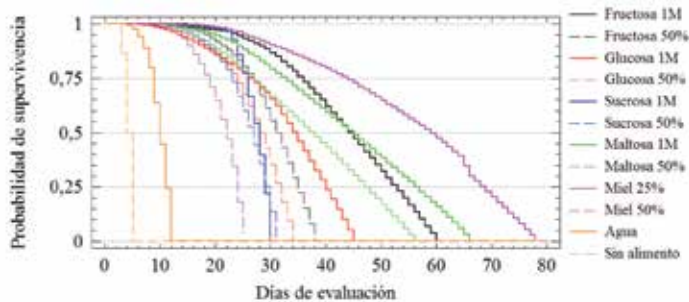
Una vez conocida la mayor supervivencia de las avispas, tanto de los azúcares, como en las proteínas, se escogió, solo una concentración para evaluar el efecto de estos alimentos sobre la fertilidad de *P. nasuta*, en experimentos separados. Por tanto, los tratamientos del tercer experimento, consistieron en la evaluación de cinco azúcares, más un testigo con agua, para un total de seis tratamientos. El cuarto experimento, consistió, en la evaluación de cinco soluciones de proteínas, más el testigo con agua, para un total de 6 tratamientos. Los parasitoides del tercer y cuarto experimento, se alimentaron durante 5 días, con 10\_1 de cada azúcar y durante 3 días para las proteínas (esto según experimentos preliminares, donde se obtuvo una alta mortalidad a los 5 días, en el caso de la proteína). La unidad experimental, consistió en un vial de 20 cc, con una hembra recién emergida del parasitoide, alimentado con azúcar o proteína y cuatro granos de café pergamino de 23 días de haber sido infestados con broca (en promedio 13,6 estados biológicos de broca, por cada grano de pergamino), permitiendo de esta forma, que la avispa tengan estados biológicos de la broca para ser parasitados. Se utilizó un diseño completamente al azar para cada experimento, en cada tratamiento, se utilizaron 30 repeticiones. A los 30 días después de haber depositado una avispa en cada vial, fueron evaluados los estados biológicos vivos de *P. nasuta*. Los datos obtenidos, fueron sometidos a un análisis de varianza ( $p \leq 0,05$ ) y posteriormente, se realizó una prueba de Dunnett, que comprobó el efecto de cada alimento suplementario comparado con el testigo con agua.

## RESULTADOS

Al evaluar las fuentes de azúcares, se compararon dos concentraciones en las diferentes fuentes, encontrando que las concentraciones más bajas 1M, son las que producen la mayor sobrevivencia del parasitoide, excepto, con la solución de miel de abejas al 25 % (Fig. 1).

Mediante la alimentación con los diferentes azúcares, fue posible mantener el 75 % de la población del parasitoide vivo durante 20 días. Con el testigo con agua, el 100 % de la población sobrevivió hasta los 11 días y sin alimento los parasitoides vivieron solamente 5 días (Fig. 1). Se destacan las soluciones de miel de abejas al 25 %, fructosa 1M y maltosa 1M, que mantuvieron vivos por más de 34 días el 75 % de la población de avispas (Fig. 1). La mayor supervivencia de *P. nasuta*, fue alcanzada con la solución de miel de abejas 25 %, que mantuvo vivos el 75 % de los parasitoides durante 45 días y el 50 % de la población durante 60 días (Fig. 1).

Según el análisis estadístico Long-Rank (Mantel-Cox) ( $p \leq 0,001$ ), que comparó las distribuciones de la supervivencia de *P. nasuta*, alimentadas con diferentes soluciones azucaradas, se obtuvo que, la mayoría de las sobrevivencias son estadísticamente diferentes, excepto, la supervivencia obtenida con la solución maltosa 1M y maltosa 50, que son estadísticamente iguales y a su vez, estas soluciones son iguales a miel de abejas 25 %. La solución de miel de abejas 50 %, es igual a sacarosa 1M (Tabla 1).



**Figura 1.** Curvas de supervivencia de *Prorops nasuta*, alimentadas con soluciones azucaradas.

Una vez conocida la mejor concentración de los alimentos suplementarios, correspondiente a la concentración, con la cual se consiguió la mayor supervivencia de parasitoide, se evaluó el efecto de las soluciones azucaradas en la capacidad reproductiva de *P. nasuta*.

**Tabla 1.** Estadístico Long-Rank (Mantel-Cox) y probabilidad de la comparación-distribución, de la supervivencia de *P. nasuta*, alimentadas con diferentes soluciones azucaradas.

Tratamientos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. Fructosa 1M											
2. Fructosa 50 %	76,160 0,000										
3. Glucosa 1M	8,438 0,004	31,395 0,000									
4. Glucosa 50 %	99,576 0,000	2,126 0,145	47,148 0,000								
5. Sacarosa 1M	302,194 0,000	60,867 0,000	185,503 0,000	36,689 0,000							
6. Sacarosa 50 %	166,331 0,000	17,281 0,000	92,704 0,000	6,943 0,008	10,637 0,001						
7. Maltosa 1M	27,925 0,000	177,245 0,000	60,461 0,000	198,103 0,000	450,442 0,000	277,164 0,000					
8. Maltosa 50 %	20,837 0,000	150,149 0,000	49,187 0,000	169,111 0,000	385,219 0,000	236,956 0,000	0,132 0,716				
9. Miel de abejas 25 %	19,040 0,000	212,284 0,000	63,525 0,000	247,938 0,000	564,691 0,000	351,265 0,000	1,191 0,275	0,474 0,491			
10. Miel de abejas 50 %	248,872 0,000	56,481 0,000	160,606 0,000	36,190 0,000	1,554 0,000	14,278 0,000	344,118 0,000	287,241 0,000	443,638 0,000		
11. Agua	271,861 0,000	117,702 0,000	181,400 0,000	94,991 0,000	64,489 0,000	71,734 0,000	317,481 0,000	247,829 0,000	415,120 0,000	36,803 0,000	
12. Sin alimento	286,846 0,000	159,626 0,000	200,727 0,000	136,577 0,000	113,593 0,000	119,331 0,000	321,593 0,000	263,688 0,000	402,695 0,000	85,028 0,000	15,749 0,000

Con respecto al efecto de la alimentación de los azúcares en la fertilidad de *P. nasuta*, únicamente, las soluciones de maltosa 1M y fructosa 1M, tuvieron un efecto significativo sobre la fertilidad de la avispa, logrando obtener en promedio 3,15 y 3,04 estados del parasitoide respectivamente, que fueron estadísticamente diferentes al testigo con agua 1,67 estados (Tabla 2).

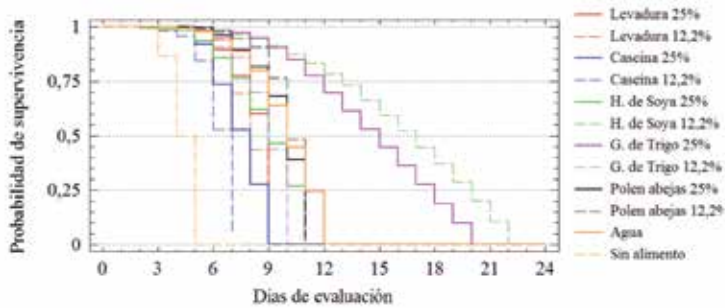
**Tabla 2.** Promedio del número de estados biológicos de *P. nasuta*, alimentados con diferentes soluciones azucaradas.

Tratamientos comparados con el testigo con agua	Promedios de estados biológicos de <i>P. nasuta</i> ± error estándar	Limites de confianza de la comparación con el testigo al 95 % (valor crítico de Dunnett =2,54).
Maltosa 1M	3,15 ± 0,57**	0,0194 2,9891
Fructosa 1M	3,04 ± 0,42**	0,0392 2,7059
Miel de abejas 25 %	2,75 ± 0,37	-0,3020 2,4687
Glucosa 1M	2,36 ± 0,42	-0,8932 2,2741
Sacarosa 1M	1,80 ± 0,31	-1,2196 1,5033
Agua (testigo)	1,67 ± 0,36	

\*\*Poseen diferencias significativas con el testigo, según la prueba de Dunnett.

Al evaluar el efecto de las proteínas en la supervivencia de *P. nasuta*, se obtuvo, que la mayor supervivencia del parasitoide, se logró mediante el suministro de la mayor concentración de caseína y germen de trigo. Para el caso de la levadura y el polen, en las dos concentraciones, no hubo diferencias en la supervivencia. Solo en el caso de la harina de soya 12,2 %, que fue la menor concentración, se obtuvo una mayor supervivencia (Fig. 2 y Tabla 3).

Cuando los parasitoides fueron alimentados con agua y la mayoría de las proteínas, se consiguió una supervivencia entre 7 y 10 días, que correspondió al 50 % de la población, exceptuando, las soluciones de harina de soya 12,2 % y germen de trigo 25 %, donde se alcanzó el mayor tiempo de vida de *P. nasuta*, que fluctuó entre 12 y 17 días correspondientes al 75 y 50 % de supervivencia respectivamente (Fig. 2 y Tabla 3). Cuando los parasitoides fueron alimentados con agua, se obtuvo una mayor sobrevivencia que con todas las proteínas, exceptuando, la supervivencia que se alcanzó con la harina de soya 12,2 % y el germen de trigo 25 % (Fig. 2 y Tabla 3). La menor supervivencia, ocurrió entre 3 y 5 días, la cual se obtuvo, cuando los parasitoides no fueron alimentados, está fue igual al tratamiento de caseína al 12,2 % y fue diferente al resto de tratamientos (Fig. 2 y Tabla 3).



**Figura 2.** Curvas de supervivencia de *P. nasuta*, alimentadas con soluciones con proteínas.

**Tabla 3.** Estadístico Long-Rank (Mantel-Cox) y probabilidad de la comparación de la distribución de la supervivencia de *P. nasuta* alimentadas con diferentes soluciones con proteínas.

Tratamientos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. Levadura Torula 25 %											
2. Levadura Torula 12,25 %	1,439										
3. Caseína 25 %	8,041	2,722									
4. Caseína 12,25 %	1,931	2,49	6,966								
5. Harina de Soya 25 %	20,449	8,601	1,065	18,236							
6. Harina de Soya 12,25 %	130,475	84,483	43,227	104,004	35,561						
7. Germen de trigo 25 %	103,564	64,631	30,631	83,661	24,890	0,033					
8. Germen de trigo 12,5 %	3,347	0,156	1,896	5,656	6,886	85,592	65,311				
9. Polen de abejas 25 %	7,989	1,578	0,379	11,277	4,354	80,880	62,334	0,543			
10. Polen de abejas 12,25	5,337	0,574	1,179	9,773	7,112	95,031	74,393	0,008	0,368		
11. Agua	21,090	8,481	0,864	19,799	0,000	37,319	27,303	7,24	4,911	7,95	
12. Sin alimento	3,035	3,035	3,835	0,025	12,900	69,246	57,585	6,164	10,404	10,153	15,749
	0,081	0,081	0,050	0,874	0,000	0,000	0,000	0,013	0,001	0,001	0,000

Al evaluarse el potencial reproductivo de la avispa, utilizando las soluciones de proteína, se observó que, estas no tuvieron un efecto significativo en la fertilidad del parasitoide, debido a que de acuerdo al análisis de varianza ( $p \leq 0,001$ ), el número de estados biológicos obtenidos sin alimentar las avispas y el tratamiento de alimentación con agua, fueron iguales al resto de tratamientos, donde se utilizaron las soluciones nutritivas con proteínas (Tabla 4).



**Tabla 4.** Promedios del número de estados biológicos de *P. nasuta* alimentados con diferentes soluciones con proteínas.

Tratamientos comparados con el testigo con agua	Promedios de estados biológicos de <i>P. nasuta</i> ± error estándar
Levadura torula 25 %	1,78 ± 0,28
Agua (testigo)	1,53 ± 0,22
Harina de soya 12,5 %	1,47 ± 0,28
Caseína 25 %	1,18 ± 0,23
Polen de abejas 12,5 %	1,34 ± 0,25
Germen de trigo 25 %	1,22 ± 0,21
Sin alimento	1,02 ± 0,29

## DISCUSIÓN

Según los resultados anteriores, existe un gran potencial de las soluciones azucaradas como alimento alternativo del parasitoide *P. nasuta*, debido a que aumentan considerablemente la supervivencia y la fertilidad de la avispa. Las soluciones con proteínas, no ofrecen una alternativa en la alimentación del parasitoide, debido a que no muestran un efecto positivo en la biología del insecto.

Las menores concentraciones de las soluciones azucaradas, proporcionaron mayor supervivencia del parasitoide, debido a que con una concentración 1M, se obtuvo mejores resultados, que con la concentración 50 % que corresponde 2,66M.

Estos resultados, son contrarios a los obtenidos por DAMON *et al.* (1999), quien obtuvo las mayores supervivencia del parasitoide *P. nasuta* y *C. stephanoderis*, en soluciones de 2,5M comparado con las concentraciones de 1M de fructosa, sacarosa y glucosa. AZZOUZ *et al.* (2004), encontró una respuesta lineal positiva en la supervivencia del parasitoide *Aphidius ervi*, con las concentraciones de 0, 10, 30, 50, y 70 % relación peso-volumen de la mezcla de glucosa-fructosa proporción 1:1. Es posible que por las condiciones del presente experimento, las mayores concentraciones de azúcares, produzcan algún efecto deletéreo en la biología del parasitoide *P. nasuta*, como fue encontrado en el experimento realizado por DAMON *et al.* (1999), al obtener menor supervivencia con la concentración 5M con respecto a 2,5M. En la mayor concentración evaluada 50 %, la viscosidad de las soluciones aumenta y posiblemente incrementa el número de veces de ingesta azúcar y se disminuye el consumo, como fue observado en las mayores concentraciones de azúcar suministradas al parasitoide *Aphidius ervi* (AZZOUS *et al.*, 2004).

Con respecto al efecto del tipo de azúcar asociado a la mayor supervivencia, se ha comprobado que la fructosa junto con la sacarosa, son los azúcares que ocasionan mayor supervivencia en el parasitoide *Cotesia glomerata*, quien fue alimentado con soluciones acuosas de 14 azúcares (WÄCKERS, 2001). En este sentido, la fructosa, parece desempeñar un papel fundamental en la nutrición de *P. nasuta* y esto es reflejado en su supervivencia y fertilidad. Consecuentemente, esto se observa en la miel de abejas que está constituida principalmente por fructosa y glucosa (BAKER & BAKER, 2003; DONER, 1977) y su efecto se refleja al alimentarse *P. nasuta* (Figura 1, Tabla 1).



El efecto positivo de diferentes azúcares, principalmente, fructosa y glucosa, se observa en el éxito reproductivo de los insectos, como ha sido comprobado en varias especies de parasitoides (ONAGBOLA *et al.*, 2007; WILLIAMS & ROANE, 2007).

La máximas supervivencias encontradas con *P. nasuta*, fueron con miel de abejas 25 % de 79 días, maltosa 1M de 65 días y fructosa 1M de 60 días (Figura 1.). Estos valores fueron muy superiores a las supervivencias de *P. nasuta*, encontradas por DAMON *et al.* (1999), que fue apenas de 28 días para solución de sacarosa 2,5M y 20 días para fructosa 2,5M, con estas soluciones a los 6 y 4 días, apenas se encontraba el 50 % de supervivencia del *P. nasuta*, respectivamente, muy contrastantes a los resultados encontrados en este experimento (Figura 1). La supervivencia de los parasitoides alimentados con soluciones azucaradas, depende de condiciones medio ambientales, debido a que las altas temperaturas, afectan la supervivencia de los insectos (WILLIAMS & ROANE, 2007), esta puede ser la causa al encontrar una menor supervivencia en el experimento de DAMON *et al.* (1999), quienes trabajaron con un rango de temperatura entre 25 y 30 °C, comparado con los 25 °C, que fue la temperatura del presente experimento.

Las hembras adultas de *P. nasuta* son sinovigénicas, es decir, necesitan de alimentarse de los estados inmaduros de *H. hampei*, para poder madurar sus huevos y poder aumentar su supervivencia (BATCHELOR *et al.*, 2005; INFANTE *et al.*, 2005), según lo anterior, las soluciones con proteína evaluadas, podrían tener un efecto al aumentar la fertilidad y supervivencia. Sin embargo, esto no ocurrió, posiblemente, porque estas soluciones son poco apetecidas por el parasitoide, tal como ocurre con *Anaphes iole*, que prefiere glucosa y fructosa, con respecto a otras azúcares evaluadas (WILLIAMS & ROANE, 2007). Una respuesta parecida, fue encontrada en el parasitoide *Trichogramma minutum*, quien no vio afectada su longevidad y fertilidad, cuando fue alimentado con soluciones de levadura, pero sí, cuando fue alimentado con fructosa o sacarosa (LEATEMIA *et al.*, 1995). Es posible encontrar un efecto positivo en *P. nasuta*, al alimentarse con las soluciones acuosas a base de proteína, si se utiliza una composición parecida a las larvas de *H. hampei*. Al respecto INFANTE *et al.* (2005), encontraron que cuando se ofrece larvas de *H. hampei* a *P. nasuta*, este tiene una mayor supervivencia comparada con la alimentación de los otros estados biológicos de la broca del café. Este comportamiento fue comprobado por NETTLES (1987), quien encontró mayor fecundidad del taquinido *Eucelatoria bryani*, quien fue alimentado con hemolinfa de su hospedero *Heliothis zea*, con respecto a soluciones de agua y sacarosa. La apetencia de la soluciones con proteínas, puede ser aumentada si se agrega una solución de azúcar.

Las soluciones de maltosa 1M y fructosa 1M, pueden ser utilizadas en las crías masivas de parasitoides, en periodos de escasez de estados biológicos, mientras se consigue los estados de su hospedero, para que se alimente y los parasite. También, es posible que estas soluciones ayuden y complementen la nutrición de los parasitoides, logrando aumentar la producción de número de avispas. Otra aplicación práctica de esta investigación, es que mediante esta información, es posible aumentar el éxito del establecimiento del parasitoide *P. nasuta*, en el campo. La identificación de las azúcares y otros compuestos que sirven como alimentos para los parasitoides, son importantes para el entendimiento de las interacciones insecto-planta, que tendrán implicaciones directas en programas de control biológico por conservación. Es necesario seguir explorando el tipo de azúcares presentes en las

arvenses que se encuentra en los ecosistemas cafeteros, para escoger plantas, que sirvan como fuente alterna de alimento, además de entender la ecología nutricional de *P. nasuta* y aumentar así, la eficiencia en el control biológico de la broca de café.

## BIBLIOGRAFÍA

- AZZOUZ, H., GIORDANENGO, P., WÄCKERS, F. L. & KAISER, L., 2004.- Effects of feeding frequency and sugar concentration on behavior and longevity of the adult aphid parasitoid: *Aphidius ervi* (Haliday) (Hymenoptera: Braconidae). *Biol. Control*, 31: 445-452.
- BAKER, H. G. & BAKER, I., 1983.- A brief historical review of the chemistry of floral nectar: 126-152 (in) BENTLEY, B. & ELIAS, T (eds.) *The Biology of Nectaries*. Columbia University Press. New York.
- BATCHELOR, T. M., HARDY, I. C. W., BARRERA, J. F. & PÉREZ-LACHAUD, G., 2005.- Insect gladiators II: Competitive interactions within and between bethylid parasitoid species of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). *Biol. Control*, 33: 194-202.
- DAMON, A., SEGURA-PACHECO, H., VALLE-MORA, J. & SANTIESTEBAN, A., 1999.- Effect of *Euphorbia hirta* nectar and its component sugars, upon the survival of bethylid parasitoids of the coffee berry borer. *Southwestern Entomol.*, 24: 49-59.
- DONER, L. W., 1977.- The sugars of honey. *J. Sci. Food Agric.*, 28 (5): 443-456.
- GURR, G. M., WRATTEN, S. D. & ALTIERI, M. A., 2004.- *Ecological engineering for pest management: Advances in habitat manipulation for arthropods*. CSIRO Publishing. Melbourne. 244 p.
- INFANTE, F., MUMFORD, J. & BAKER, P., 2005.- Life history studies of *Prorops nasuta*, a parasitoid of the coffee berry borer. *BioControl*, 50 (2): 259-270.
- LANDAU, S. & EVERITT, B., 2004.- *A Handbook of statistical analyses using SPSS*. Chapman & Hall/CRC. Boca Raton. 354 p.
- LEATEMIA, J. A., LAING, J. E. & CORRIGAN, J. E., 1995.- Effects of adult nutrition on longevity, fecundity, and offspring sex ratio of *Trichogramma minutum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Can. Entomol.*, 127 (2): 245-254.
- MENSAH, R. K., & SINGLETON, A., 2003.- Optimum timing and placement of a supplementary food spray Envirofeast® for the establishment of predatory insects of *Helicoverpa* spp. in cotton systems in Australia. *Int. J. Pest Manag.*, 49: 163-168.
- MURPHY, S. T. & RANGI, D. K., 1991.- The use of the African wasp *Prorops nasuta* for the control of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* in Mexico and Ecuador: The introduction programme. *Insect Sci. Appl.*, 12: 27-34.
- ONAGBOLA, E. O., FADAMIRO, H. Y. & MBATA, G. N. 2007.- Longevity, fecundity, and progeny sex ratio of *Pteromalus cerealellae* in relation to diet, host provision, and mating. *Biol. Control*, 40: 222-229.
- PORTILLA, M. & STREETT, D., 2006.- Nuevas técnicas de producción masiva automatizada de *Hypothenemus hampei* sobre la dieta artificial Cenibroca modificada. *Cenicafé*, 57: 37-50.
- MALDONADO, L. C. E. & BENAVIDES, M. P., 2007.- Evaluación del establecimiento de *Cephalonomia stephanoderis* y *Prorops nasuta*, controladores de *Hypothenemus hampei*, en Colombia. *Cenicafé*, 58: 333-339.
- NETTLES, W. C., 1987.- *Eucelatoria bryani* (Diptera: Tachinidae): Effect on fecundity of feeding on hosts. *Environ. Entomol.*, 16: 437-440.
- WÄCKERS, F. L., 2001.- A comparison of nectar- and honeydew sugars with respect to their utilization by the hymenopteran parasitoid *Cotesia glomerata*. *J. Insect Physiol.*, 47: 1077-1084.
- WÄCKERS, F. L., 2005.- Suitability of (extra-) floral nectar, pollen, and honeydew as insect food sources: 17-74. (in) WÄCKERS, F. L., VAN-RIJN, P. C. J. & BRUIN, J. (eds.) *Plant-provided food for carnivorous insects: A protective mutualism and its applications*. Cambridge University Press. Cambridge. 368 p.
- WILLIAMS, L. & ROANE, T. M., 2007.- Nutritional ecology of a parasitic wasp: Food source affects gustatory, response, metabolic utilization, and survivorship. *J. Insect Physiol.*, 53: 1262-1275.

## ACEITE ESENCIAL DE *PIPER CRASSINERVUM* PARA EL CONTROL DE *SITOPHILUS ZEAMAI* (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)\*

Natalia Salgado D.<sup>1</sup>, Lêda Rita D'Antonino Faroni<sup>2</sup>, Alberto Soto G.<sup>3</sup>

### Resumen

Se evaluó el efecto tóxico y repelente del aceite esencial de *P. crassinervum* sobre *S. zeamais*, a través de los métodos de contacto con granos, aplicando directamente el producto sobre en las concentraciones de 0,25; 0,5; 1,0; 2,0 y 4,0  $\mu\text{L/g}$  y el contacto en papel filtro, aplicando el producto sobre papel filtro y su posterior infestación con adultos, utilizando concentraciones de 0,08; 0,17; 0,35; 1,70 y 1,41  $\mu\text{L/cm}^2$ . Por el método de contacto en papel filtro se obtuvo una  $\text{CL}_{50}$  y  $\text{CL}_{95}$  de 0,07 y 0,63  $\mu\text{L/cm}^2$ , respectivamente. Cuando se evaluó la toxicidad del aceite en diferentes concentraciones, se obtuvo un  $\text{TL}_{50}$  y  $\text{TL}_{95}$  de 58,62 y 72,86 h, respectivamente. Por el método de contacto con granos la  $\text{CL}_{50}$  y  $\text{CL}_{95}$  fue de 0,72 y 3,99  $\mu\text{L/g}$  del producto y el  $\text{TL}_{50}$  y  $\text{TL}_{95}$  fue de 17,11 y 77,85 h, respectivamente. Se determinó el efecto de repelencia de *P. crassinervum*, encontrándose que a una concentración de 2 $\mu\text{L/g}$  se presentó el menor valor de preferencia (13,1%). De acuerdo con los resultados obtenidos, *P. crassinervum* presenta efecto tóxico y repelente sobre *S. zeamais*.

**Palabras clave:** efecto tóxico, gorgojo del maíz, granos almacenados, productos alternativos.

## ESSENTIAL OIL OF *PIPER CRASSINERVUM* TO CONTROL OF *SITOPHILUS ZEAMAI* (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)

### Abstract

Was evaluated the toxic and repellent effect of the essential oil of *P. crassinervum* on *S. zeamais* through methods of contact with grains, applying the product directly on to the grains using concentrations of 0,25; 0,5; 1,0; 2,0 and 4,0  $\mu\text{L/g}$ , and contact in filter paper, applying the product on filter paper and subsequent infestation with adults using concentrations of 0,08; 0,17; 0,35; 1,70 and 1,41  $\mu\text{L/cm}^2$ . By the method of contact paper filter was obtained a  $\text{CL}_{50}$  and  $\text{CL}_{95}$  of 0,07 and 0,63  $\mu\text{L/cm}^2$ , respectively. When the toxicity of the oil at different concentrations evaluated was obtained a  $\text{TL}_{50}$  and  $\text{TL}_{95}$  of 58,62 and 72,86 h, respectively. By the method of contact with grains the  $\text{CL}_{50}$  and  $\text{CL}_{95}$  it was 3,99 and 0,72  $\mu\text{L/g}$  product, respectively and the  $\text{TL}_{50}$  and  $\text{TL}_{95}$  was in 17,11 and 77,85 h, respectively. It was determined the effect of repellency of *P. crassinervum*, finding that a concentration of 2 $\mu\text{L/g}$  was presented the lowest value preference (13,1%). According to the results obtained, *P. crassinervum* presents toxic and repellent effect on *S. zeamais*.

**Key words:** toxic effect, maize weevil, stored grain, alternative products.

\* FR: 22-III-2012. FA: 29-VIII-2012.

<sup>1</sup> I.A., Estudiante de Maestría en Entomología, Universidade Federal de Viçosa. E-mail: natysalgado02@hotmail.com.

<sup>2</sup> I.A., M.Sc., Ph.D., Universidade Federal de Viçosa. E-mail: lfaroni@ufv.br.

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

## INTRODUCCIÓN

Los cereales son considerados, mundialmente, como las especies vegetales de mayor importancia para la alimentación de los seres humanos y animales domésticos. Por ello, su almacenamiento y conservación por largos periodos de tiempo, es esencial para disponer de alimento en forma constante (SILVA *et al.*, 2005).

Durante el almacenamiento, la masa de granos se comporta como un ecosistema dinámico, donde el deterioro de los granos se debe, principalmente, a la interacción entre agentes bióticos y abióticos (LOECK, 2002). *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) es una plaga que destruye los granos de cereales, con importancia económica reconocida en regiones tropicales. La hembra hace un orificio, generalmente en la región del embrión, para depositar sus huevos, los cuales son posteriormente cubiertos con una sustancia gelatinosa producida por la propia hembra (REES, 1996; ATHIÉ & PAULA, 2002; FARONI & SOUZA, 2006). Las larvas y adultos provocan pérdida de peso, desvalorización comercial, pérdida en el valor nutritivo y disminución del poder germinativo de las semillas (GARCIA *et al.*, 2000; LORINI, 2003; TAVARES & VENDRAMIN, 2005).

El control de *S. zeamais*, en granos de maíz almacenado, ha sido comúnmente realizado a gran escala utilizándose insecticidas sintéticos protectores y fumigantes, que a pesar de ser eficientes y económicos, pueden provocar efectos indeseables, como intoxicaciones a los aplicadores, presencia de residuos tóxicos en los granos, aumento de los costos en el almacenamiento y desarrollo de poblaciones de insectos resistentes (TAPONDJOU *et al.*, 2002; RIBEIRO *et al.*, 2003; OBENG-OFORI & AMITEYE, 2005).

En la actualidad, se están realizando diferentes estudios sobre insecticidas de origen vegetal que pueden llegar a ser menos tóxicos y fácilmente biodegradables, siendo apropiados para la aplicación en pequeña escala, con vista a la protección de granos y productos almacenados del ataque de insectos plaga (ISMAN, 2006). Estos productos presentan la ventaja de ser compatibles con otras opciones de bajo riesgo aceptables en el control de insectos, como son: feromonas, aceites, jabones, hongos entomopatógenos, depredadores y parasitoides, lo que aumenta enormemente sus posibilidades de integración a un programa de Manejo Integrado de Plagas (MOLINA, 2001; PRATES & SANTOS, 2002).

Diversas investigaciones han demostrado la viabilidad del uso de compuestos bioactivos obtenidos de plantas, en el control de plagas de granos almacenados, debido a su eficiencia, generalmente, de bajo costo, seguridad para los aplicadores, consumidores y medio ambiente (SHAAYA *et al.*, 1997; HUANG *et al.*, 2000; BOUDA *et al.*, 2001; DEMISSIE *et al.*, 2008). Pueden ser utilizados como: polvos, extractos acuosos u orgánicos, aceites esenciales y aceites emulsionables, presentando toxicidad por contacto, ingestión y fumigación (KARR & COATS, 1988; RAJENDRAN & SRIRANJINI, 2008). Estos productos provocan mortalidad, repelencia, inhibición de la alimentación y oviposición, afectando el desarrollo de los insectos (HUANG *et al.*, 1999; MARTÍNEZ & VAN EMDEN, 2001).

En el género *Piper*, los constituyentes químicos más comunes son las amidas, destacándose las isobutilamidas, piperidina y pirrolidina (SENGUPTA & RAY,

1987). Otro grupo de compuestos potencialmente activos y no menos importantes que están presentes en proporciones considerables, son los fenilpropanóides, incluyéndose entre ellos monolignólides, como el apiol, miristicina, eugenol, safrol, dímeros de fenilpropanóides y dilapiol (BERNARD *et al.*, 1995). La eficiencia de los aceites vegetales ha sido reportada exitosamente contra insectos de granos almacenados (GASTELLUM & RODRÍGUEZ, 1996). El modo de acción que se les atribuye, es principalmente, ovicida y larvicida en instares tempranos (AGUILERA, 1991).

Adultos de *S. zeamais*, son capaces de detectar aceites esenciales a través del olfato, evitándolos cuando tienen la opción de escoger (JAYASEKARA *et al.*, 2005). La capa del aceite que envuelve los granos después del tratamiento, tiene influencia sobre el comportamiento de los insectos. La toxicidad por contacto e ingestión de diversos aceites esenciales y de sus componentes químicos, mostró que muchos fueron efectivos como alternativa a los insecticidas sintéticos en el control de diversas plagas de granos almacenados (LEE *et al.*, 2004; JAYASEKARA *et al.*, 2005; ASAWALAM *et al.*, 2006; FAZOLIN *et al.*, 2007; MOREIRA *et al.*, 2007).

La búsqueda de alternativas que reduzcan el uso de agrotóxicos para el control de insectos es fundamental para plagas de granos almacenados. Con el fin de obtener información para implementar un protocolo sustentable para el control de *S. zeamais* en condiciones controladas de producción, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto tóxico y repelente del aceite esencial de *P. crassinervum* sobre *S. zeamais*, para lo cual se determinó el efecto de repelencia, y el tiempo y las concentraciones letales y subletales por los métodos de contacto en papel filtro y contacto en mezcla con granos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el laboratorio de Manejo Integrado de Plagas del Departamento de Ingeniería Agrícola de la Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil. Fueron estudiados el tiempo y las concentraciones letales y subletales y el efecto de repelencia del aceite esencial de *P. crassinervum*, sobre *S. zeamais*. Los insectos fueron criados en frascos de vidrio de 1,5 L con granos de maíz, con 13% de humedad, los cuales fueron mantenidos en cámaras climatizadas a 27 °C, H.R del 60% y fotofase de 12h. Para determinar el efecto del aceite por contacto en papel filtro sobre *S. zeamais*, se realizaron bioensayos utilizándose cajas petri de 9 cm de diámetro con papel filtro, sobre el cual se aplico el aceite en concentraciones de 0,08; 0,17; 0,35; 1,70 y 1,41  $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ , utilizando como solvente acetona. Después de esperar diez minutos para que se evaporara la acetona, se colocaron 20 adultos, no sexados, de *S. zeamais*. Se realizaron cinco repeticiones y para el control se aplicaron 100  $\mu\text{L}$  de acetona. El experimento fue evaluado en un tiempo de exposición de 1, 3, 6, 9, 12, 24, 48, 72 y 96 h de inicio del experimento (FAZOLIN *et al.*, 2007).

Para determinar el efecto del aceite con granos de maíz, se utilizaron 10 g de granos de maíz, los cuales se colocaron en caja petri de 9 cm de diámetro. En cada caja se aplicó el aceite en concentraciones de 0,25; 0,50; 1,0; 2,0 y 4,0  $\mu\text{L}/\text{g}$  de maíz, usando como solvente, acetona. Se utilizó la misma metodología citada para determinar el efecto del aceite por contacto en papel filtro.

En el bioensayo para evaluar el efecto del aceite por repelencia, se utilizaron cinco cajas plásticas circulares de 12 x 2 cm, colocando una placa central interligada a las otras por cilindros plásticos de 15 cm (MAZZONETTO & VENDRAMIM, 2003; PROCÓPIO *et al.*, 2003; TAVARES & VENDRAMIM, 2005; RESTELLO *et al.*, 2009). En dos de las cajas se colocaron 10 g de maíz en mezcla con el aceite esencial y en las otras dos cajas, se colocó la misma cantidad de maíz sin tratamiento (control). En el recipiente central, se liberaron 20 adultos de *S. zeamais*, no-sexados y con previo ayuno de 24 horas; después de 24 h, se contabilizó el número de insectos presentes por caja. El aceite se utilizó en concentraciones de 0,125; 0,25; 0,5; 1,0 y 2,0  $\mu\text{L/g}$  de maíz; cada concentración del producto fue repetida diez veces.

Los datos de mortalidad se corrigieron por la fórmula de ABBOTT (1925) y éstos fueron sometidos al análisis de Probit (FINNEY, 1971). Los datos de repelencia fueron comparados por el test "t" de Student al 5% de probabilidad; para todos los análisis se utilizó el programa estadístico SAS (SAS Institute, 2002).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Efecto del aceite por contacto en papel filtro

Para el aceite de *P. crassinervum*, a las 96 h después de su aplicación, fueron obtenidas  $CL_{50}$  y  $CL_{95}$  de 0,07 y 0,63  $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ , respectivamente. A las 72 h de aplicación, la  $CL_{50}$  y  $CL_{95}$  fue de 0,36 y 6,66  $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ , respectivamente (Tabla 1).

**Tabla 1.** Toxicidad del aceite esencial de *P. crassinervum*, en adultos de *S. zeamais* por contacto en papel filtro, con diferentes tiempos de exposición.

Tiempo (horas)	Inclinación $\pm$ error estándar	$CL_{50}^1$ (IC a 95%)	$CL_{95}^2$ (IC a 95%)	$X^2$	$P$
72	1,29 $\pm$ 0,24	0,36 (0,18 – 0,68)	6,66 (2,12 – 8,23)	7,07	0,07
96	1,75 $\pm$ 0,25	0,07 (0,04 – 0,09)	0,63 (0,45 – 1,08)	2,48	0,48

<sup>1</sup> Concentración letal media e intervalo de confianza al 95%.

<sup>2</sup> Concentración letal que causa 95% de mortalidad e intervalo de confianza al 95%.

Se observó que a medida que se aumenta la concentración del aceite esencial de *P. crassinervum*, el tiempo letal disminuye; mientras que con 0,08  $\mu\text{L}/\text{cm}^2$  el  $TL_{50}$  fue de 87,74 h, con 0,70  $\mu\text{L}/\text{cm}^2$  el  $TL_{50}$  disminuyó a 68,84 h. Para el  $TL_{95}$  se presentó el mismo comportamiento (Tabla 2).

**Tabla 2.** Toxicidad del aceite esencial de *P. crassinervum*, en adultos de *S. zeamais* por contacto en papel filtro, con diferentes concentraciones.

Concentración	Inclinación ± error estándar	TL <sub>50</sub> <sup>1</sup> (IC a 95%)	TL <sub>95</sub> <sup>2</sup> (IC a 95%)	X <sup>2</sup>	P
0,08	6,62 ± 1,03	87,74 (81,54 – 97,2)	155,50 (130,19 -214,79)	2,95	0,23
0,17	6,64 ± 1,04	80,53 (75,31 – 86,63)	142,49 (122,37 – 187,95)	0,09	0,77
0,35	6,67 ± 0,77	70,89 (66,46 -75,37)	124,89 (111,48 -148,28)	11,63	0,11
0,70	7,37 ± 0,86	68,84 (64,73 – 72,67)	115,07 (104,47 – 133,14)	0,13	0,71
1,41	10,98 ± 1,22	58,62 (55,44 – 61,61)	82,76 (77,32 – 91,13)	1,16	0,28

<sup>1</sup>Concentración letal media e intervalo de confianza al 95%.

<sup>2</sup>Concentración letal que causa 95%, de mortalidad e intervalo de confianza al 95%.

### Efecto del aceite con granos de maíz

A las 96 h después de la aplicación del aceite esencial, fueron obtenidas CL<sub>50</sub> y CL<sub>95</sub> de 0,72 y 3,99 µL/g del producto, respectivamente. A las 24 h de aplicación, la CL<sub>50</sub> y CL<sub>95</sub> fue de 3,73 y 12,19 µL/g del producto (Tabla 3).

**Tabla 3.** Toxicidad del aceite esencial de *P. crassinervum*, en adultos de *S. zeamais* por contacto con granos con diferentes tiempos de exposición.

Tiempo (horas)	Inclinación ± error estándar	CL <sub>50</sub> <sup>1</sup> (IC a 95%)	CL <sub>95</sub> <sup>2</sup> (IC a 95%)	X <sup>2</sup>	P
24	3,19 ± 0,57	3,73 (3,17 – 4,69)	12,19 (8,23 – 26,93)	0,85	0,35
48	2,11± 0,28	3,25 (2,64 – 4,30)	19,5 (11,84 – 44,39)	4,76	0,19
72	2,12 ± 0,32	1,63 (1,06 – 2,93)	9,77 (4,61 – 70,47)	7,11	0,07
96	2,22 ± 0,22	0,72 (0,59 – 0,87)	3,99 (2,99 – 5,96)	5,26	0,15

<sup>1</sup>Concentración letal media e intervalo de confianza al 95%.

<sup>2</sup>Concentración letal que causa 95% de mortalidad e intervalo de confianza al 95%.

La obtención del control de *S. zeamais* a bajas concentraciones, representa un gran avance en relación a los estudios que buscan el control de este insecto, considerado como una de las más importantes plagas de granos almacenados.

La literatura científica señala diversas plantas promisorias con propiedades biocidas sobre gorgojos de granos almacenados (OLIVEIRA *et al.*, 2003). Así, una concentración de 0,05% de semillas de plantas tropicales de *Basella alba* L. (Basellaceae), *Operculina turpethum* L. (Convolvulacea) y *Calotropis gigantea* (Asclepiadacea), retrasaron el desarrollo y redujeron la emergencia de adultos de *S. zeamais* en 62%, 95% y 70%, respectivamente. También se observó actividad biológica de estas plantas a una concentración menor de 0,01% (HAQUE *et al.*, 2000). Bajo condiciones de laboratorio, los polvos secos de hojas de *Chenopodium ambrosioides* L. evaluados sobre *S. zeamais* y *Sitophilus granarius* L. utilizando granos de maíz mezclados con polvo de hojas de *C. ambrosioides* a concentraciones de 0,05% al 0,08%, obtuvieron una mortalidad de 100% después de 48 h de exposición (TAPONDJOU *et al.*, 2002).

De acuerdo con los resultados obtenidos, con la concentración más alta (4 µL/g), los TL<sub>50</sub> y TL<sub>95</sub> fueron los más bajos en comparación con las demás concentraciones; de forma general, a mayor concentración, el tiempo de mortalidad disminuye y viceversa (Tabla 4).

**Tabla 4.** Toxicidad del aceite esencial de *P. crassinervum*, en adultos de *S. zeamais* por contacto con granos con diferentes concentraciones.

Concentración	Inclinación ± error estándar	TL <sub>50</sub> <sup>1</sup> (IC a 95%)	TL <sub>95</sub> <sup>2</sup> (IC a 95%)	X <sup>2</sup>	P
0,25	5,93 ± 1,63	123,19 (103,01 -210,02)	233,19 (158,39 – 820,72)	1,75	0,18
0,50	3,71 ± 0,73	118,25 (99,50 – 167,79)	327,98 (211,98 – 870,76)	3,40	0,18
1,0	3,08 ± 0,55	108,02 (90,39 – 147,23)	368,65 (233,32 – 930,89)	2,90	0,41
2,0	3,67 ± 0,53	65,98 (59,13 – 74,56)	185,33 (142,66 – 291,42)	2,66	0,26
4,0	2,54 ± 0,52	17,11 (8,42 – 23,91)	75,87 (60,12 – 115,38)	4,36	0,11

<sup>1</sup>Concentración letal media e intervalo de confianza al 95%.

<sup>2</sup>Concentración letal que causa 95% de mortalidad e intervalo de confianza al 95%.

ESTRELA (2006), evaluó el efecto de los aceites esenciales de *Piper aduncum* y *P. hispidinervum*, sobre *S. zeamais* y encontró que se presentó mortalidad de los adultos de la plaga y que la respuesta depende de la concentración y el método de exposición utilizados. Según los resultados obtenidos en el presente trabajo, *P. crassinervum* presenta un efecto tóxico, sobre los adultos de *S. zeamais* tanto por el método de contacto en papel filtro, como por contacto con granos. La toxicidad puede ser atribuida al dilapiol y lignina presente en gran cantidad en esta planta



(BERNARD *et al.*, 1995). La asociación de las ligninas al grupo metilendioxifenil, provoca inhibición de la monooxigenasa (enzima detoxificante), dependiente del citocromo P450 (MUKERJEE *et al.*, 1979; BERNARD *et al.*, 1990). El efecto insecticida del dilapiol puede también estar relacionado a la acción de otros compuestos bioactivos minoritarios como el safrol (HUANG *et al.*, 1999) y sarisan (BIZZO *et al.*, 2001).

Resultados similares fueron observados por TRIPATHI (2002), al evaluar la eficiencia de la acción tóxica de los aceites esenciales en el control de plagas de granos almacenados. Dicho autor observó un efecto insecticida en la oviposición, en la eclosión de huevos y en la acción alimentaria de los insectos evaluados. Estos trabajos refuerzan el potencial que presentan los aceites esenciales como una alternativa de manejo de plagas de importancia económica.

### Efecto del aceite esencial por repelencia

Los resultados obtenidos indican que *P. crassinervum* presenta efecto de repelencia sobre los adultos de *S. zeamais*, debido a que en las concentraciones usadas, el porcentaje de insectos atraídos fue menor que en los respectivos controles, dentro de estas se destaca como más efectiva la concentración de 2 $\mu$ L/g, al presentar el menor valor de preferencia (13,01%) (Tabla 5).

**Tabla 5.** Efecto repelente del aceite esencial *P. crassinervum*, en adultos de *S. zeamais*.

Concentraciones	Tratamientos	Insectos atraídos (%)	Valor de t	Prob.> t
0,125 $\mu$ L	Tratado	30,47	4,807	0,001
	Control	59,45		
0,25 $\mu$ L	Tratado	25,35	5,644	0,0003
	Control	74,58		
0,5 $\mu$ L	Tratado	26,02	4,552	0,0014
	Control	73,89		
1,0 $\mu$ L	Tratado	25,72	4,682	0,0011
	Control	74,09		
2,0 $\mu$ L	Tratado	13,01	9,306	< 0,0001
	Control	86,94		

Con la concentración de 0,125 $\mu$ L/g se obtuvo el mayor valor de preferencia (30,47%), sin embargo, las demás concentraciones no hubo diferencia estadística significativa, oscilando los valores entre 74,58 y 74,89% (Tabla 5).

Los adultos de *S. zeamais*, son capaces de detectar aceites esenciales a través del olfato, evitándolos cuando tiene oportunidad de escoger (JAYASEKARA *et al.*, 2005). La capa de aceite que envuelve los granos después del tratamiento, tiene influencia sobre el comportamiento de los insectos. En *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae), además de ejercer efecto repelente, también impide el acceso de los insectos a los granos de caupi (OBENG-OFORI & AMITEYE, 2005). El efecto repelente es una propiedad relevante a ser considerada al momento de

escoger un aceite esencial para el control de plagas de granos almacenados. De modo general, cuanto mayor es la repelencia, menor será la infestación, resultando en la reducción o supresión de la oviposición y consecuentemente, del número de insectos emergidos.

La aplicación del aceite esencial de *P. crassinervum* en granos de maíz almacenado representa una alternativa viable para el manejo de *S. zeamais* en el almacenamiento de semillas de maíz, el cual se puede incluir dentro de un programa de manejo integrado de dicha plaga.

## BIBLIOGRAFÍA

- ABBOTT, W.S., 1925.- A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18 (1): 255-267.
- AGUILERA, M., 1991.- Validación semicomercial de polvos vegetales y minerales para el combate de *Sitophilus zeamais* Motsch, *Prostephanus truncatus* (HORN) y *Rhyzopertha dominica* (FABR). México: Tesis, Magister en Ciencias. Colegio de Postgraduados. 138 p.
- ASAWALAM, E.F. EMOSAIRUE, S.O. & HASSANALI, A., 2006.- Bioactivity of *Xylopiya aetiopica* (Dunal) A. Rich essential oil constituents on maize weevil *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). *Electron Journal of Agricultural and Food Chemistry* 5 (2): 1195-1204.
- ATHIE, I. & PAULA, D.C., 2002.- *Insetos de grãos armazenados. Aspectos biológicos e identificação*. 2ª Ed. São Paulo: Livraria Varela. 244 p.
- BERNARD, C.B. ARNASON, J.T. PHILOGENE, B.J.R. LAM, J. & WADDEL, T., 1990.- In-vivo effect of mixtures of allelochemicals on de life cycle of de european corn borer, *Ostrinia nubilalis*. *Entomol. Exp. Appl.*, 57: 17-22.
- BERNARD, C.B. KRISHINAMURTY, H.G. CHAURET, D. DURST, T. PHILOGENE, B.J.R. SANCHÉS-VINDAS, P. HASBAUN, C. POVEDA, L. ROMAN, L.S. & ARNASON, J.T., 1995.- Insecticidal defenses of iperaceae from the neotropics. *Journal of Chemical Ecology*, 21 (6): 801-814.
- BIZZO, H.R. LOPES. D. ABDALA, R.V. PIMENTAL, F.A. DE SOUZA, J.A. PEREIRA, M.V.G. BERGTER, L. & GUIMARAES, E.F., 2001.- Sarisan from leaves of *Piper hispidinervum* C. DC (long pepper). *Flavour Frag. J.*, 16: 113-115.
- BOUDA, H. TAPONDJOU, L.A. FONTEM, D.A. & GUMEDZOE, M.Y.D., 2001.- Effect of essential oils from leaves of *Ageratum chrysoïdes*, *Lantana camara* and *Chromolaena odorata* on the mortality of *Sitophilus zeamais* Mots., 1865 (Coleoptera: Curculionidae). *Journal Stored Products Research*, 37: 103-109.
- DEMISSE, G. TESHOME, A. ABAKEMAL, D. & TADESSE, A., 2008.- Cooking oils and "Triplex" in the control of *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). *Journal Stored Products Research*, 44: 173-178.
- ESTRELA, J.L.V., 2006.- Toxicidade de óleos essenciais de *Piper aduncum* e *Piper hispidinervum* em *Sitophilus zeamais*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41 (2): 217-222.
- FARONI, L.R.D'A. & SOUZA, A.H., 2006.- Aspectos biológicos e taxonômicos dos principais insetos- praga de produtos armazenados: 371-402 (em) ALMEIDA, F.A.C. DUARTE, M.E.M. & MATA, M.E.R. *Tecnología de rmacenagem em sementes*. Campina Grande. UFCG.FAZOLIN, M. ESTRELA, J.L.V. CATANI, V. ALÉCIO, M.R. & LIMA, M.S., 2007.- Atividade inseticida do óleo de *Tanaecium nocturnum* (Barb. Rodr.) Bur. & K. Schum (Bignoneaceae) sobre *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera: Curculionidae). *Acta Amazonica*, 37: 599-604.
- FINNEY, D.J., 1971.- *Probit analysis*. Cambridge. Cambridge University Press. 333 p.
- GARCÍA, M.J. D.M. FERREIRA, W.A. BIAGGIONI, M.A.M. & ALMEIDA, A.M., 2000.- Desenvolvimento de insetos em milho armazenado em sistema vedado. *Arquivos do Instituto Biológico*, 72: 1-16.
- GASTELLUM, R. & RODRÍGUEZ, C., 1996.- Empleo de aceites y jabones como alternativas bioracionales para el control de plagas: 79-88 (en) RODRÍGUEZ, C. (d.) *Control Alternativo de insectos plaga*. Colegio de Postgraduados. Fundación mexicana para la educación ambiental A. C. Tepotzotlán. Edo de México. México. HAQUE, M. NAKAKITA, H. IKENANA, H. & SOTA, N., 2000.- Development inhibiting activity of some tropical plants against *Sitophilus zeamais*. *J. Stored Prod. Res.*, 36: 281- 287.
- HUANG, Y. HO, S.H. & KINI, R.M., 1999.- Bioactivities of safrole and isosafrole on *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Economic Entomology*, 92: 676-68.
- HUANG, Y LAM, S.L. & HO, S.H., 2000.- Bioactivities of essential oil from *Elettaria cardamomum* (L.) Maton. to *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Tribolium castaneum* (Herbst). *Journal Stored Products Research*, 36: 107-117.
- ISMAN, M.B., 2006.- Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annual Review of Entomology*, 51: 45-66.

- JAYASEKARA, T.K. STEVENSON, P. C. HALL, D.R. & BELMAIN, S.R., 2005.- Effect of volatile constituents from *Securidaca longepedunculata* on insect pests of stored grain. *Journal Chemical Ecology* 31: 303-313.
- KARR, L.L. & COATS, J.R., 1988.- Insecticidal properties of d-limonene. *Journal of Pesticide Science*, 13: 287-289.
- LEE, B. H. ANNIS, P.C. TUMAALLI, F. & CHOI, W.S., 2004.- Fumigant toxicity of essential oils from the Myrtaceae family and 1,8-cineole against 3 major stored-grain insect. *Journal Stored Products Research*, 40: 553-564.
- LOECK, A.E., 2002.- Principais pragas que atacam produtos armazenados: 35-59 (n) LOECK, A.E. *Pragas de produtos armazenados*. Pelotas: EGUPEL-LORINI, I., 2003.- *Manual técnico para o manejo integrado de pragas de grãos de cereais armazenados*. Passo Fundo. Embrapa Trigo. 80 p.
- MARTÍNEZ, S.S. & VAN EMDEN, H.F., 2001.- Growth disruption, abnormalities and mortality of *Spodoptera littoralis* (Boisduval) (Lepidoptera: Noctuidae) caused by azadirachtin. *Neotropical Entomology*, 30: 113-124.
- MAZZONETTO, F. & VENDRAMIM, J.D., 2003.- Efeito de pós de origem vegetal sobre *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae) em feijão armazenado. *Neotropical Entomology*, 32: 145-149.
- MOLINA, N., 2001.- Uso de extractos botánicos en el control de plagas y enfermedades: 56-59 (en) MOLINA, N. *Avances en el fomento de productos fitosanitarios no sintéticos. Manejo integrado de plagas*. CATIE, Costa Rica. MOREIRA, D. M. PIKANÇO, M.C. BARBOSA, L.C.A. GUEDES, R.N.C. CAMPOS, M.R. SILVA, G.A. & MARTINS, J.C., 2007.- Plant compounds insecticide activity against coleoptera pests of stored products. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 42: 909-915.
- MUKERJEE, S.K. SAXENA, V.S. & TOMAR, S.S., 1979.- New methylenedioxyphenyl synergists for pyrethrins. *J. Agric. Food. Chem.* 27: 1209-1211.
- OBENG-OFORI, D. & AMITEYE, S., 2005.- Efficacy of mixing vegetable oils with pirimiphos-methyl against the maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky in stored maize. *Journal Stored Products Research*, 41: 57-66.
- OLIVEIRA, S. VENDRAMIM, J.D. RIBEIRO, J.I. & DOS SANTOS, J.B., 2003.- Bioatividade de diversos pós de origem vegetal em relação a *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae). *Ciênc Agr.*, 27: 1231-1236.
- PRATES, H.T. & SANTOS, J.P., 2002.- Óleos essenciais no controle de pragas em grãos armazenados: 443-461 (em) LORINI, I., MIKE, L. H., SCUSSEL, V. M. (eds.) *Amazenagem de grãos*. Campinas, SP, IBG.PROCÓPIO, S.O. VENDRAMIM, J.D. RIBEIRO JÚNIOR J.I. & SANTOS, J.B., 2003.- Bioatividade de diversos pós de origem vegetal em relação à *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae). *Ciência e Agrotecnologia*, 27: 1231-1236.
- RAJENDRAN, S. & SRIRANJINI, V., 2008.- Plant products as fumigants for stored-product insect control. *Journal Stored Products Research*, 44: 126-135.
- REES, D.P., 1996.- Coleoptera: 1-39 (in) SUBRAMANYAN, B., HAGSTRUM, D. W. *Integrated management of insects in stored products*. Marcel Dekker. New York. RESTELLO, R.M. MENEGATT, C. & MOSSIA, J., 2009.- Efeito do óleo essencial de *Tagetes patula* L. (Asteraceae) sobre *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera, Curculionidae). *Revista Brasileira de Entomologia* 53: 304-307.
- RIBEIRO, B.M GUEDES, R.N.C OLIVEIRA, E.E. & SANTOS, J.P., 2003.- Insecticide resistance and synergism in Brazilian populations of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Stored Products Research*, 39: 21-31.
- SAS INSTITUTE., 2002.- *SAS User's Guide: Statistics, Version 9.0*. SAS Institute. Cary, NC.
- SENGUPTA, S. & RAY, A.B., 1987.- The chemistry of *Piper* species: A review. *Fitoterapia*, 58: 147-166.
- SHAAYA, E. KOSTJUKOVSKI, M. EILBERG, J. & SUKPRAKARN, C., 1997.- Plant oils as fumigants and contact insecticides for the control of stored-product insects. *Journal Stored Products Research*, 33: 7-15.
- SILVA, G.; KIGER, R.; HEPP, R. & TAPIA, M., 2005.- Control de *Sitophilus zeamais* con polvos vegetales de tres especies del género *Chenopodium*. *Pesq. Agropec. Bras.* 40 (10): 953-960.
- TAPONDJOU, L.A. ADLER, C. BOUDA, H. & FONTEM, D.A., 2002.- Efficacy of powder and essentials oil from *Chenopodium ambrosioides* leaves as post-harvest grain protectant against six-stored product beetles. *Journal of Stored Products Research*, 38: 395- 402.
- TAVARES, M.A.G.C. & VENDRAMIM, J.D., 2005.- Atividade inseticida da erva-de-santa-maria *Chenopodium ambrosioides* L. (Chenopodiaceae), em relação a *Sitophilus zeamais* Mots., 1855 (Coleoptera: Curculionidae). *Arquivos do Instituto Biológico*, 72: 51-55.
- TRIPATHI, A.K., 2002.- Bioactivities of the leaf essential oil of *Curcuma longa* (var. ch-66) on three species of stored-product beetles (Coleoptera). *Journal of Economic Entomology*, 95: 183-189.

# RESISTENCIA DE CINCO VARIEDADES DE (*SOLANUM* SPP., SOLANACEAE) AL ATAQUE DE *TECIA SOLANIVORA* (LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE)\*

María Fernanda Ordóñez Ch.<sup>1</sup>, Julio Fernando Rosero V.<sup>1</sup>, Tito Bacca<sup>2</sup>

## Resumen

Con el objetivo de buscar fuentes de resistencia, al ataque de la polilla de la papa *Tecia solanivora*, se evaluaron las variedades: tuquerreña, capiro, criolla amarilla, tornilla y mambra. Fueron estimados parámetros demográficos para esta plaga, encontrándose, que el ciclo de vida, se prolongó en la variedad tuquerreña en 75 días; 9 días más, que en las variedades susceptibles: criolla amarilla y capiro. El porcentaje de pupamiento y emergencia de adultos en las variedades mambra y tuquerreña, respectivamente, fueron estadísticamente menores, que en las demás variedades. Las mortalidades de larvas y pupas obtenidas en las variedades tuquerreña, mambra y tornilla, sobresalieron sobre las otras variedades. Cuando se evaluó la tasa de oviposición, se evidenciaron las propiedades de antixenosis en la variedad tuquerreña (129 huevos/hembra). El efecto antibiótico y de no preferencia encontrado en las variedades tuquerreña, mambra y tornilla, sobre la biología de la plaga, convierten a estos genotipos, en fuente de resistencia, que puede llegar a ser incorporada, en programas de mejoramiento de papa, frente al ataque de *T. solanivora*.

**Palabras clave:** antibiosis, antixenosis, parámetros demográficos, resistencia a insectos.

# EVALUATION OF RESISTANCE OF FIVE POTATO VARIETIES (*SOLANUM* SPP., SOLANACEAE) TO ATTACK BY *TECIA SOLANIVORA* (LEPIDOPTERA: GELECHIIDAE)

## Abstract

With the objective of finding resistance sources to the attack by the potato moth *Tecia solanivora*, five potato varieties, tuquerreña, capiro, criolla amarilla, tornilla, and mambra, were evaluated. The pest's demographic parameters were estimated, finding that its life cycle was extended to 75 days in the tuquerreña variety, which was 9 more days than in the susceptible criolla amarilla and capiro varieties. The percentage of pupation and adult emergence in the mambra and tuquerreña varieties were statistically lower than in the other varieties. Larval and pupal mortalities obtained in the tuquerreña, mambra, and tornilla varieties were above all other varieties. Antixenosis properties were observed in the tuquerreña variety (129 eggs/female) when oviposition rate was evaluated. The antibiotic and nonpreference effect on the pest's biology, found in the tuquerreña, mambra, and tornilla varieties, makes these genotypes a resistance source that could be incorporated in potato breeding programs to the attack by *T. solanivora*.

**Key words:** antibiosis, antixenosis, demographic parameters, resistance to insects.

\* FR: 14-II-2012. FA: 18-VIII-2012.

<sup>1</sup> Ingenieros Agrónomos, egresados del programa de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencia Agrícolas, Universidad de Nariño, Torobajo, Pasto, Nariño. Email: maferoch@gmail.com, juliorosero@gmail.com, respectivamente.

<sup>2</sup> Profesor Asociado, Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño, Torobajo, Pasto, Nariño, titobacca@gmail.com.

## INTRODUCCIÓN

En Colombia, el cultivo de la papa, constituye la principal actividad económica primaria del piso térmico frío, siendo fundamental para la nutrición de la población. En el año 2010, el cultivo de la papa en Colombia, se produjo 1,86 millones de toneladas y fue el séptimo cultivo en extensión con 143.110 ha (MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL, 2010). Alrededor de 90.000 familias, se encuentran vinculadas, con la explotación directa de este cultivo, que genera cerca de 20 millones de jornales al año, además, es el producto de origen agrícola que posee la mayor demanda por fungicidas e insecticidas y la segunda, de fertilizantes químicos, en el país (MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL, 2005).

Actualmente, *Tecia solanivora* (Lepidoptera: Gelechiidae), es una de las plagas de mayor importancia económica para el cultivo de papa en Colombia; en el departamento de Nariño, ha afectado la calidad del tubérculo, hasta en un 100 %, cuando se presentan altas poblaciones del insecto, especialmente, en épocas secas (HERRERA, 1998). Para el manejo de esta plaga, la principal herramienta utilizada, es el uso de insecticidas de categoría toxicológica I y II. Esto conlleva, a un desequilibrio del agroecosistema y tiene implicaciones nefastas para la salud humana, debido principalmente, al desconocimiento de estrategias de manejo oportuno para contribuir, a la sostenibilidad del sistema productivo. Por esto, es necesario establecer sistemas sostenibles en el cultivo de la papa, siendo prioridad, la disminución de los daños causados al ambiente y a la producción (BARRETO *et al.*, 2003).

Una de las prácticas de control, dentro del Manejo Integrado de Plagas (MIP), es el uso de variedades, con resistencia a insectos. Este tipo de control, es un componente ideal, debido a que proporciona un mecanismo natural de supresión de la plaga, es limpio, duradero y compatible dentro de los programas de MIP, que involucran controles biológicos, químicos, etológicos y culturales, con los cuales se busca, mantener la población de insectos plaga por debajo de niveles, que causen daño económico (CARDONA, 1998a; WISEMAN, 1999; SMITH, 2005).

A pesar que *T. solanivora*, está en Colombia, desde 1985, existen escasas evidencias, de la existencia de variedades de papa, con resistencia al ataque de esta plaga. Por esto, es importante considerar los resultados de investigaciones sobre germoplasma, destacando aquellos genotipos, que puedan presentar respuestas favorables, frente al ataque de plagas como medida de control. Al respecto, se tienen reportes de estudios como el de BEJARANO *et al.* (1997), quienes evaluaron la respuesta de 10 variedades de papa y tres híbridos inter-específicos, frente al ataque de *T. solanivora*, en condiciones de almacenamiento; encontrando que, las variedades mejoradas: monserate, capiro, parda pastusa, ica nariño, ica puracé e ica tequendama, fueron altamente susceptibles a la plaga, mientras que las variedades nativas: salentina, tuquerreña, argentina y los híbridos inter-específicos 88-21-1 (*Solanum iopetalum* x *Solanum phureja*), 88-35-7 (*Solanum tuberosum* x (*Solanum acaule* x *S. phureja*)) y 88-6-5 (*Solanum avilesii* x *S. phureja*), presentaron menor grado de susceptibilidad a la plaga, representada en los más bajos porcentajes de pupamiento (28-45 %). Así mismo, en estudios realizados por CADENA *et al.* (2005), se evaluaron la respuesta de 60 genotipos de *S. phureja*, al ataque de *T. solanivora*, comprobando que la mayoría de variedades, presentó niveles de daño

hasta del 100 %, lo cual indica, una alta susceptibilidad de este material a la plaga; sin embargo, el ataque fue considerablemente menor, en 13 genotipos, en los que se encontró, porcentajes inferiores al 25 %. Por tanto, según dichos autores, estos materiales son promisorios para ser incluidos en programas de MIP.

En la actualidad, el desarrollo de las plantas transgénicas de papa, que expresen genes Cry Bt (*Bacillus thuringiensis*), tiene buenas perspectivas en el control de *T. solanivora* (RODRÍGUEZ & ARANGO, 2000). Al respecto, en Colombia, VALDERRAMA *et al.* (2007), evaluó la resistencia de 43 líneas transgénicas obtenidas, a partir de tres variedades de papa (capiro, parda pastusa y pan de azúcar), a las cuales, se les introdujo el gen sintético Cry1Ab de Bt. Las larvas de *T. solanivora*, en los tubérculos de papa transgénica, mostraron una mayor mortalidad (83,7-100 %), con respecto, a las líneas no transgénicas (0-2,67 %) (VALDERRAMA *et al.* 2007). Estos resultados indican, la capacidad de la tecnología transgénica Bt para controlar la plaga, a la vez que genera una reducción en el uso de insecticidas químicos, siendo favorable para el desarrollo del MIP.

A nivel mundial, para el estudio de la resistencia de papa al ataque de lepidópteros perforadores del tubérculo, se tienen experiencias como las de CHÁVEZ *et al.* (1988) y ORTIZ *et al.* (1990), quienes evaluaron materiales de papa con resistencia a *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae) y encontraron, que genotipos provenientes de *Solanum sparsipilum* (material nativo), si bien, no poseen las características organolépticas deseables para su consumo, se convierten en fuentes de resistencia para la plaga y según estos autores, es importante adelantar estudios, que permitan determinar cruzamientos, entre dicho genotipo y variedades comerciales, que resulten favorables para el manejo de la plaga. En Colombia ESTRADA & VALENCIA (1988), evaluaron diferentes especies de papa silvestres y cultivadas, al ataque de *P. operculella*, encontrando, que de 38 genotipos evaluados, 28 son resistentes a la plaga, donde se destacan, el clon 82-3-5, proveniente de un cruce de *S. tuberosum* x *S. phureja*, que se caracterizó, por su alta resistencia a la plaga y rendimiento.

Todos estos análisis, corroboraron la necesidad de estudiar, la respuesta de genotipos de papa, al ataque de *T. solanivora*, que pudiesen ser incluidos en programas de mejoramiento genético y que aporten herramientas para el manejo integrado de la plaga. Ante la necesidad de identificar genotipos de papa, con posible resistencia a *T. solanivora*, este estudio, tuvo como objetivo, evaluar la antibiosis de cinco variedades de papa, al ataque del insecto, mediante la determinación de parámetros demográficos de la plaga.

## METODOLOGÍA

Esta investigación se llevó a cabo, en una casa de malla localizada en Pupiales (Nariño), ubicado a 2.950 msnm, con una temperatura promedio de 16 °C. Para evaluar la respuesta al ataque de *T. solanivora*, se utilizaron cinco variedades de papa, que pertenecen a tres especies: *Solanum andigenum* (tuquerreña), que tiene menor grado de susceptibilidad (BEJARANO *et al.*, 1997); *S. tuberosum* (Diacol capiro), considerada como susceptible (BEJARANO *et al.*, 1997); *S. phureja* criolla amarilla o yema de huevo, que es una variedad susceptible (CADENA *et al.* 2005); *S. phureja* tornilla y *S. phureja* mambera, variedades de las que se presume, tengan resistencia (C. ÑUSTEZ, com. per.).

Para realizar la cría de *T. solanivora*, se tomaron cinco bultos de papa, variedad capiro, afectada por la plaga y se mantuvieron, en la casa de malla, hasta obtener las pupas, las cuales fueron sexadas, utilizando las características descritas por RINCÓN & LÓPEZ (2004). Posteriormente, las pupas se colocaron en parejas de 20 individuos, sobre recipientes plásticos, cubiertos por tul, en cuya base, tenían papel servilleta como sustrato para la oviposición y una vez emergieron los adultos, se colocó un vaso con agua y miel al 10 %, para su alimentación. Luego, para continuar la cría, hasta obtener el material suficiente para la instalación del experimento, se cortaron las porciones circulares, con colonias de huevos y se llevaron, a nuevos recipientes que contenían tubérculos de cada genotipo, con perforaciones hechas, por medio de un alfiler estéril para facilitar la entrada de las larvas recién emergidas.

Para evaluar la antibiosis de las cinco variedades de papa, se realizaron dos experimentos: en el primero, se siguió el desarrollo de estados inmaduros y en el segundo, se utilizó hembras adultas de 5 días de edad.

En la evaluación de inmaduros, se siguió el desarrollo de los estados jóvenes para estimar los parámetros demográficos y determinar, los porcentajes de pupamiento y emergencia de adultos de *T. solanivora*. Para esto, se establecieron cinco cohortes, cada uno de 450 huevos obtenidos, a partir de las crías. La unidad de muestreo (UM), correspondió a un tubérculo que se lavó y se ubicó, en un recipiente plástico de 137 cm<sup>3</sup>, sobre una pequeña cantidad de aserrín, el cual favoreció, la fase de pupa del insecto. Se colocaron 15 huevos sobre el tubérculo y el recipiente, se cubrió, con tul transparente para permitir una adecuada aireación. Se usaron 30 UM por cada variedad evaluada. Cada cinco días, se tomaron aleatoriamente tres UM por variedad, hasta completar 10 evaluaciones, para contar los estados inmaduros del insecto, hasta que se presentó, la mayor frecuencia de adultos. Los estados que fueron tomados para muestreo, se descartaron para posteriores lecturas. Los porcentajes de pupamiento y emergencia de adultos, se analizaron mediante análisis de varianza y para comparación de los promedios, se utilizó la prueba de Duncan ( $p < 0,05$ ).

En la evaluación de hembras adultas, se determinó la supervivencia y reproducción, de *T. solanivora*, usando hembras de 5 días de edad. Para esto, se ubicaron individualmente, cinco cohortes, cada una de 30 hembras adultas recién copuladas, en recipientes plásticos que contenían un tubérculo de cada genotipo y que fueron cubiertos con tul transparente. En total, se utilizaron 30 unidades de muestreo por cada variedad evaluada. Cada cinco días, se tomaron aleatoriamente, tres unidades de muestreo de cada material evaluado y se registró, el número de hembras vivas y el número de huevos. Se estimaron las funciones de oviposición, a través del tiempo, en los materiales evaluados. Se calculó la proporción de sexos de la progenie de las hembras fundadoras, hallando la proporción entre hembras y machos adultos, encontrados en la última evaluación. Las funciones de oviposición, fueron comparadas mediante pruebas estadísticas de curvas de tendencia cuadráticas ( $p < 0,05$ ) y la proporción de sexos, se analizó mediante análisis de varianza ( $p < 0,05$ ) y para comparación de promedios, se utilizó la prueba de Duncan ( $p < 0,05$ ).

Para medir la resistencia por antibiosis, también fueron utilizadas tablas de vida, donde se ordenó la información de sobrevivencia y mortalidad de los individuos de la población clasificados por edad (RABINOVICH, 1990). Los datos para la construcción de las tablas de vida, se obtuvieron de las observaciones hechas en cada monitoreo de los estados biológicos de *T. solanivora*.

## Parámetros demográficos

En la evaluación de estados inmaduros, se registró el número de individuos para cada fase de desarrollo ( $N$ ) y la duración promedio en días ( $X$ ), a partir de los cuales, se pudo calcular los demás parámetros de la tabla de vida de *T. solanivora* (RABINOVICH, 1990), así:

$N_x$  = Número de individuos vivos a cada una de las edades

$X$  = Estado de desarrollo o categoría de edad

$I_x$  = Proporción de supervivientes a la edad  $x = N_x / N_0$

$d_x$  = N° de individuos que mueren en el transcurso de cada estado =  $N_x - N_{x+1}$

$q_x$  = Probabilidad de morir entre  $x$  y  $x+1 = d_x / N_x$

$L_x$  = Promedio de sobrevivientes entre dos estadios consecutivos =  $[I_x + I_{x+1}] / 2$

$T_x$  = N° de días que quedan por vivir a los sobrevivientes en edad  $x = \sum_m^x L_x$

$e_x$  = Esperanza de vida =  $T_x / I_x$

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis de estados inmaduros

La duración del ciclo total de *T. solanivora*, en las variedades capiro y criolla amarilla, fue similar (65 días), mientras que, en las variedades mamberra y tornilla, fue de 70 días y en la variedad tuquerreña, fue de 75 días. La prolongación del ciclo de vida de la plaga, es un indicativo de resistencia, en estas variedades, ocurrieron menos generaciones por año, que en la variedad susceptible (SHARMA, 1993.; CARDONA, 1998b; SMITH, 2005).

El cuarto estado larval, se presentó, con mayor rapidez en las variedades mamberra y criolla amarilla (20 y 25 días después de la infestación (DDI)), con frecuencias entre 43 y 35 %, mientras que, en las variedades tornilla y tuquerreña, se presentó a los 30 días, con frecuencias entre 50 y 36 % (Tabla 1). En las variedades criolla amarilla y capiro, más del 50 %, de los individuos, alcanzaron el estado de pupa a los 30 y 40 DDI, mientras que el pupamiento en mamberra, tornilla y tuquerreña, se presentó a los 45 DDI (80, 80 y 60 %). A los 50 días DDI, más del 80 %, de los individuos, alcanzaron el estado de adulto en criolla amarilla y capiro (90 y el 86 %), mientras que, en tuquerreña, mamberra y tornilla el 40, 38 y 33 %, de los individuos, aún eran pupas. Lo anterior, evidencia que, en las variedades susceptibles, los ciclos se acortan, lo que conlleva, a la generación de altas poblaciones de la plaga. La expresión de resistencia en estas variedades antibióticas, puede deberse al efecto deletéreo de químicos presentes en la planta atacada por el insecto o por la falta de nutrientes esenciales (caroteno, vitaminas, carbohidratos, proteínas, glucosa, sucrosa, entre otros) o por la dureza extrema de tejidos (SMITH, 2005). Es posible, que la substancia que causa la antibiosis a *T. solanivora*, en las variedades evaluadas, corresponda, a algún tipo de alcaloide, tal como fue evidenciado por FLANDERS *et al.* (1992), quienes encontraron que el glicoalcaloide, tomatina, está asociado, a la resistencia de variedades de papa, al ataque del escarabajo del Colorado y al saltahojas de la papa.



**Tabla 1.** Frecuencia de individuos de *T. solanivora*, en cada estado de desarrollo, a través del tiempo, en cinco materiales de papa.

DDI	ESTADO	CAPIRO %	CRIOLLA %	MAMBERA %	TORNILLA %	TUQUERREÑA %
0	HUEVOS	100	100	100	100	100
5	LARVAS I	56	29	60	36	50
	LARVAS II	44	71	40	64	50
10	LARVAS I	50	0	40	40	33
	LARVAS II	29	61	40	60	67
	LARVAS III	21	39	20	0	0
15	LARVAS I	0	0	25	18	17
	LARVAS II	29	0	25	36	58
	LARVAS III	36	91	50	45	17
	LARVAS IV	36	9	0	0	8
20	LARVAS II	11	19	29	7	8
	LARVAS III	28	24	14	<b>27</b>	<b>33</b>
	LARVAS IV	22	19	<b>43</b>	40	33
	PREPUPAS	<b>39</b>	38	14	27	25
25	LARVAS III	0	0	25	10	5
	LARVAS IV	25	<b>35</b>	50	10	19
	PREPUPAS	30	18	<b>25</b>	50	33
	PUPAS	45	47	0	30	43
30	LARVAS III	24	0	25	0	36
	LARVAS IV	29	27	50	<b>50</b>	<b>36</b>
	PREPUPAS	24	20	13	13	18
	PUPAS	24	<b>53</b>	13	38	9
35	LARVAS IV	40	24	25	60	50
	PREPUPAS	20	35	0	0	<b>17</b>
	PUPAS	40	41	75	40	33
40	PREPUPAS	0	0	0	<b>25</b>	14
	PUPAS	<b>57</b>	33	67	25	43
	ADULTOS	43	<b>67</b>	33	50	43
45	PREPUPAS	0	10	0	0	0
	PUPAS	11	20	<b>80</b>	<b>80</b>	<b>60</b>
	ADULTOS	89	70	20	20	40
50	PUPAS	14	10	<b>38</b>	<b>33</b>	<b>40</b>
	ADULTOS	<b>86</b>	<b>90</b>	63	67	60

DDI: días después de la infestación.

## Parámetros demográficos

El número de sobrevivientes ( $I_x$ ), decreció en forma paulatina, en las cinco variedades. En las cohortes desarrolladas, en tuquerreña, se presentó, la mayor probabilidad de muerte para el primer instar larval ( $q_x = 33\%$ ) (Tabla 2). Cabe mencionar, que la resistencia por antibiosis, se produce cuando la planta causa efectos negativos sobre la biología del insecto y pueden variar de leves a letales, en cuyo caso, afectan los estados jóvenes (huevos y larvas) del insecto (SMITH, 2005).

El efecto de la mortalidad evidenciada en tuquerreña, se debe entre otras causas, a que como lo indican LUJAN & ARÉVALO (1992), este genotipo, es una variedad nativa que no es resultado de programas de fitomejoramiento y corresponde, a una selección hecha por nuestros antepasados y mantenida en el tiempo por agricultores de algunas regiones del país, por lo cual, esta variedad se caracteriza, por presentar tubérculos de piel oscura y alta gravedad específica, que les proporciona una consistencia dura y particular, que podría, de alguna manera, estar explicando la respuesta observada del material frente a la plaga; los músculos de su aparato bucal y su tracto digestivo, apenas empieza a acostumbrarse a penetrar en los tubérculos y a formar galerías alimentándose de la pulpa (HERRERA, 1998).

Los valores más altos de probabilidad de muerte ( $q_x$ ), para el tercer instar larval, se presentaron en las variedades tornilla y tuquerreña, con valores de 22,8 % y 10,5 %, frente a criolla amarilla, mambra y capiro, donde se exhibieron, porcentajes de mortalidad de 1,1 %, 4,2 % y 9,7 %, para el mismo estado (Tabla 2). Es importante enunciar, que las larvas de tercer instar *T. solanivora*, son consideradas las más voraces (ÁLVAREZ & TRILLOS, 1999), lo que podría reflejar, la capacidad antibiótica de las variedades. La tasa de mortalidad de las pupas en tuquerreña y tornilla, fue la más alta ( $d_x = 41,5$  y 40,8) (Tabla 2), este estado, es inmóvil y gasta gran parte de su energía para convertirse en adulto, haciéndolo, más sensible a factores externos (TÓRRES *et al.*, 1995).

**Tabla 2.** Parámetro demográficos de *T. solanivora* en cinco variedades de papa.

VARIEDAD	X	$N_x$	$D_x$	$I_x$	$Dx$	$q_x$	$L_x$	$T_x$	$e_x$
CAPIRO	HUEVO	1351	10	1000	814,2	81,4	592,9	10916,0	10,9
	LARVA I	251	10	186	27,4	14,7	172,1	4987,0	26,8
	LARVA II	214	5	158	28,1	17,8	144,3	3266,1	20,6
	LARVA III	176	5	130	12,6	9,7	124,0	2544,4	19,5
	LARVA IV	159	10	118	17,8	15,1	108,8	1924,5	16,4
	PUPA	135	10	100	32,6	32,6	83,6	836,4	8,4
	ADULTO	91	15	67	67,4	100,0			
CRIOLLA AMARILLA	HUEVO	1500	10	1000	811,3	81,1	594,3	10260,0	10,3
	LARVA I	283	3	189	39,3	20,8	169,0	4316,7	22,9
	LARVA II	224	3	149	28,7	19,2	135,0	3894,2	26,1
	LARVA III	181	15	121	1,3	1,1	121,3	3556,7	29,5
	LARVA IV	183	10	122	36,7	30,1	103,7	1736,7	14,2
	PUPA	128	10	85	30,7	35,9	70,0	700,0	8,2
	ADULTO	82	15	55	54,7	100,0			



VARIEDAD	X	N <sub>x</sub>	D <sub>x</sub>	I <sub>x</sub>	D <sub>x</sub>	q <sub>x</sub>	L <sub>x</sub>	T <sub>x</sub>	e <sub>x</sub>
MAMBERA	HUEVO	800	15	1000	802,5	80,3	598,8	13212,5	13,2
	LARVA I	158	5	198	15,0	7,6	190,0	4231,3	21,4
	LARVA II	146	5	183	33,8	18,5	165,6	3281,3	18,0
	LARVA III	119	5	149	6,3	4,2	145,6	2453,1	16,5
	LARVA IV	114	5	143	65,0	45,6	110,0	1725,0	12,1
	PUPA	62	20	78	37,5	48,4	58,8	1175,0	15,2
	ADULTO	32	15	40	40,0	100,0			
TORNILLA	HUEVO	858	15	1000	828,7	82,9	585,7	13024,5	13,0
	LARVA I	147	5	171	7,0	4,1	167,8	4239,5	24,7
	LARVA II	141	5	164	5,8	3,5	161,4	3400,3	20,7
	LARVA III	136	5	159	36,1	22,8	140,4	2593,2	16,4
	LARVA IV	105	10	122	43,1	35,2	100,8	1891,0	15,5
	PUPA	68	15	79	40,8	51,5	58,9	882,9	11,1
	ADULTO	33	15	38	38,5	100,0			
TUQUERREÑA	HUEVO	386	10	1000	725,4	72,5	637,3	11975,4	12,0
	LARVA I	106	10	275	90,7	33,0	229,3	5602,3	20,4
	LARVA II	71	5	184	36,3	19,7	165,8	3309,6	18,0
	LARVA III	57	5	148	15,5	10,5	139,9	2480,6	16,8
	LARVA IV	51	5	132	49,2	37,3	107,5	1781,1	13,5
	PUPA	32	20	83	41,5	50,0	62,2	1243,5	15,0
	ADULTO	16	20	41	41,5	100,0			

X: Estado de desarrollo; N<sub>x</sub>: Número de individuos vivos a cada una de las edades, D<sub>x</sub>: duración del estado; I<sub>x</sub>: Supervivencia; d<sub>x</sub>: Número de individuos que mueren durante el transcurso de cada estado; q<sub>x</sub>: Probabilidad de morir entre x y x+1; L<sub>x</sub>: Promedio de individuos vivos entre dos estadios consecutivos; T<sub>x</sub>: Número total de días que quedan por vivir a los sobrevivientes que han alcanzado la edad x; e<sub>x</sub>: Esperanza de vida.

La curva de supervivencia, correspondió, a una de tipo III (Figura 1), el cual representa un sistema, donde hay una fracción constante de individuos vivos, que muere, en cada uno de los intervalos de edad, es decir, que el número de individuos que muere, a medida que la población envejece, es cada vez menor (RABINOVICH, 1990). En este sentido, se evidenció un efecto de los genotipos, en una reducción sustancial de la población de *T. solanivora*, a lo largo del tiempo y dicha mortalidad, fue mayor, en la variedad tuquerreña (Figura 1).

### Porcentaje de pupamiento

Para esta variable, se presentaron diferencias estadísticamente significativas, entre los promedios de las variedades mambera y capiro (Figura 2). El promedio general de pupamiento, fue de 25,46 %. Estos resultados se ajustan, con los valores encontrados por BEJARANO *et al.* (1997), en las variedades de papa, con menor grado de susceptibilidad (28-45 %).

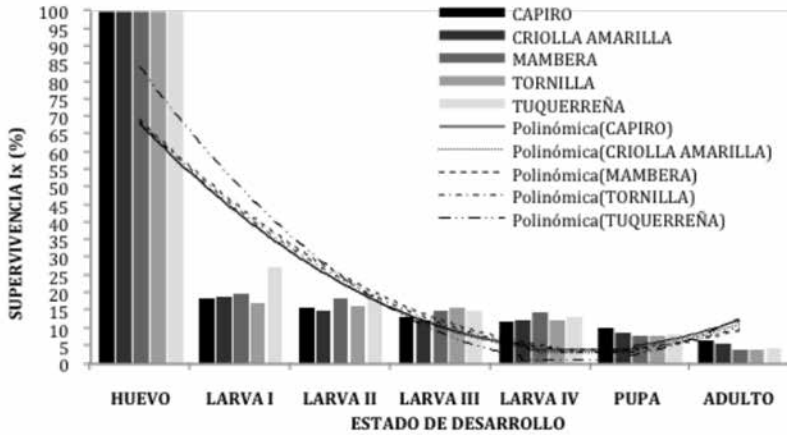


Figura 1. Curva de supervivencia de *T. solanivora*, en cinco variedades de papa.

### Porcentaje de emergencia de adultos

Para esta variable, se encontraron diferencias significativas, entre el promedio de tuquerreña (23,45 %) y capiro (37,57 %) (Figura 2). En esta variable, se refleja los efectos antibióticos de la variedad tuquerreña, sobre la biología de *T. solanivora*, que fueron observados, en las anteriores variables.

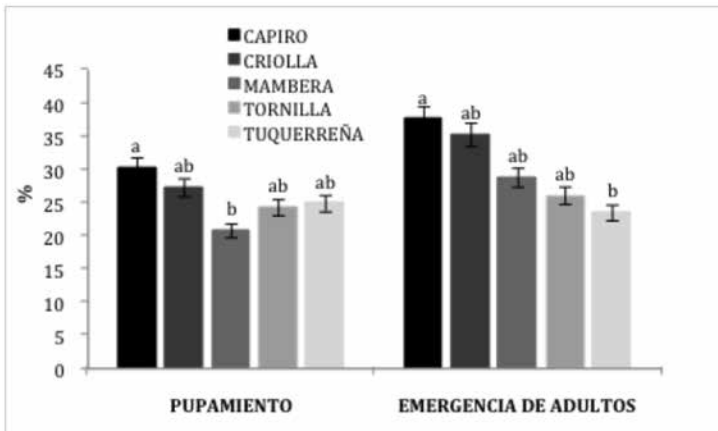


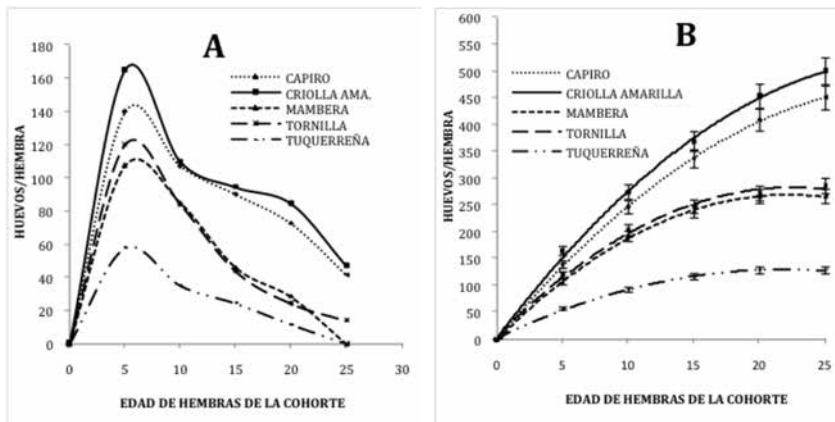
Figura 2. Porcentajes de pupamiento y emergencia de adultos de *T. solanivora*, en cinco variedades de papa. Las líneas verticales, representan los intervalos de confianza del promedio. Las letras diferentes, sobre las barras, indican diferencias significativas, prueba de Duncan ( $p \leq 0,05$ ).

## Hembras adultas

### Oviposición

Entre los 5 y los 10 días después de la infestación, se presentó el pico más alto en la oviposición de *T. solanivora*, en todas las variedades. A los cinco DDI, en las variedades tuquerreña, se produjeron 58 huevos por hembra (Figura 3A), siendo el menor promedio de los cinco genotipos evaluados, seguido de las variedades tornilla y mambra. En este sentido RAMAN (1986), menciona, que una variedad resistente, actúa sobre la fisiología del insecto y se manifiesta, entre otras características, en una baja fecundidad de este.

Al final, se obtuvo que, el total de huevos puestos por hembra, en cada una de las variedades, fue en promedio 326 huevos/hembra, siendo la variedad criolla amarilla, donde se encontró, la mayor cantidad (500), seguida de capiro (450), tornilla (286), mambra (267) y tuquerreña, con la menor proporción (129) (Figura 3B). Estos datos concuerdan, con los estudios realizados por TORRES *et al.* (1995), según los cuales, más del 90 %, de los huevos de *T. solanivora*, son puestos en los primeros 15 días de edad de la hembra y el número total, puede llegar a 490 huevos/hembra. Resultados similares, han sido señalados por otros autores (TORRES *et al.*, 1995; HERRERA, 1998). La reducción en la tasa de oviposición observada en las variedades evaluadas, posiblemente, es atribuida a un mecanismo de defensa de la planta y es un tipo de comportamiento conocido, como no preferencia o antixenosis y se refiere, a características (olor, color, entre otras), que hacen que una variedad, sea menos preferida por el insecto para los procesos de alimentación o de oviposición (CARDONA, 1998b; SMITH, 2005), como sucedió en las variedades tuquerreña, tornilla y mambra.



**Figura 3.** Oviposición de hembras de *T. solanivora*, en cinco variedades de papa. A. Promedio de huevos puestos por intervalo de edades. B. Funciones de oviposición acumulada para la variedad: capiro  $H(t) = -0,450t^2 + 29,25t + 1,226$  ( $R^2 = 0,99$ ; gl: 4,10;  $p \leq 0,05$ ) criolla amarilla  $H(t) = -0,495t^2 + 32,14t + 5,321$  ( $R^2 = 0,98$ ; gl: 4,10;  $p \leq 0,05$ ), mambra  $H(t) = -0,545t^2 + 24,24t + 0,452$  ( $R^2 = 0,99$ ; gl: 4,10;  $p \leq 0,05$ ), tornilla  $H(t) = -0,549t^2 + 24,75t + 4,690$  ( $R^2 = 0,96$ ; gl: 4,10;  $p \leq 0,05$ ) y Tuquerreña  $H(t) = -0,272t^2 + 11,84t + 1,821$  ( $R^2 = 0,99$ ; gl: 4,10;  $p \leq 0,05$ ).

## Proporción de sexos

Según la prueba de Duncan ( $p < 0,05$ ), las proporciones sexuales de *T. solanivora*, fueron estadísticamente iguales, para las variedades mambra, tornilla y capiro 0,9, 1 y 1,2 hembras/macho, mientras que, se presentaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre la variedad tuquerreña (0,5 hembras/macho) y la variedad criolla amarilla (2 hembras/macho). Según estudios realizados por OKUNAGA & OCHOA (1987), ÁLVAREZ & TRILLOS (1999), la proporción de hembras de *T. solanivora* y de otros gelechidos, plagas de papa, son ligeramente superior, a los machos, aunque en otros estudios, señalan igual proporción de hembras y machos. La proporción de sexos puede ser un factor importante, que evidencia la resistencia en las plantas, debido que contribuyen en la reducción de poblaciones de futuras generaciones de la plaga, donde la proporción de sexos favorece a los machos (PANDA & KHUSH, 1995).

Los parámetros reproductivos como: tasa neta reproductiva, tasa intrínseca de crecimiento; entre otros parámetros, no fueron estimados, debido a la gran variabilidad encontrada en los datos obtenidos. Se recomienda, por tanto, aumentar el número de unidades de muestreo para disminuir el error experimental y con esto, poder calcular estos parámetros de la plaga, que son de gran importancia para complementar los datos demográficos, cuando se evalúa la resistencia de la plantas a insectos (SMITH, 2005).

Los resultados de este trabajo, permiten visualizar, que la mejor fuente de resistencia al ataque de *T. solanivora*, lo constituye la variedad tuquerreña, la cual tuvo, el mayor efecto antibiótico y de no preferencia, sobre la biología de la plaga. Además, estos efectos fueron observado en menor grado, en las variedades mambra y tornilla, que potencializan, a estos genotipos, también en programas de mejoramiento para encontrar resistencia del cultivo de la papa, frente al ataque de *T. solanivora*.

## AGRADECIMIENTOS

A Juan Vicente Romero, del Centro Nacional de Investigaciones de Café: CENICAFÉ, por la asesoría, en la realización de algunos análisis estadísticos; a FEDEPAPA-Obonuco, por el suministro del material de la variedad tuquerreña y a los profesores de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño: Claudia Salazar, Oscar Checa Coral y Tulio Lago, por su asesoría en esta investigación.

## BIBLIOGRAFÍA

- ÁLVAREZ, G. & TRILLOS, O., 1999.- *Estudio sobre la biología y cría de la polilla de la papa Tecia solanivora Povolny*. Universidad Nacional de Colombia, FEDEPAPA, IICA. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Bogotá. 29 p.
- BARRETO, N., ESPITIA, E., GALINDO, R., GORDO, E., CELY, L., MARTÍNEZ, L., LOZANO, F. & LÓPEZ-ÁVILA, A., 2003.- *Estudios de fluctuación de poblaciones de la polilla guatemalteca de la papa Tecia solanivora en tres intervalos de altitud en Cundinamarca y Boyacá*. CEVIPAPA. Bogotá. p. 119-122.
- BEJARANO, V., ÑUSTEZ, C. & LUQUE, E., 1997.- Respuesta de 10 variedades de papa (*Solanum tuberosum*) y 3 híbridos interespecíficos al ataque de *Tecia solanivora* en condiciones de almacenamiento. *Agron. Colom.*, 15 (2): 138-143.

- CADENA, M., NARANJO, A. & ÑUSTEZ, C., 2005.- Evaluación de la Respuesta de 60 genotipos de *Solanum phureja* al ataque de la Polilla Guatemalteca (*Tecia solanivora* Povolny). *Agron. Colomb.*, 23 (1): 112-116.
- CARDONA, C., 1998a.- *Entomología económica y manejo de plagas*. Universidad Nacional de Colombia. Palmira. 98 p.
- CARDONA, C., 1998b.- *Resistencia varietal a insectos*. Universidad Nacional de Colombia, Palmira. 86 p.
- CHÁVEZ, R., SCHMIEDICHE, P. E., JACKSON, M. T. & RAMAN, K. V., 1988.- The breeding potential of wild potato species resistant to the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller). *Euphytica*, 39: 123-13.
- ESTRADA, N. R. & VALENCIA, L. V., 1988.- Desarrollo de cultivares de papa resistentes a la palomilla *Phthorimaea operculella* (Zeller), en Colombia. *Rev. Latinoam. Papa*, 1: 64-73.
- HERRERA, F., 1998.- *La polilla guatemalteca de la papa: biología, comportamiento y prácticas de manejo integrado*. Programa Regional Agrícola, Reg. 1, CORPOICA. p. 10.
- FLANDERS, K. L., HAWKES, J. G., RADCLIFFE, E. B. & LAUER, F. I., 1992.- Insect resistance in potatoes: sources, evolutionary relationships, morphological and chemical defenses, and ecogeographical associations. *Euphytica*, 6 (2): 83-111.
- LUJAN, L. & ARÉVALO, H., 1992.- Variedades de papa colombiana. *Rev. Latinoam. Papa*, 4: 9-20.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL., 2005.- Observatorio Agro cadenas de Colombia, Cadena de la Papa en Colombia. [En línea]. Disponible en: [http://www.agrocadenas.gov.co/documentos/coyuntura/Inf\\_Coyuntura\\_papa\\_4.pdf](http://www.agrocadenas.gov.co/documentos/coyuntura/Inf_Coyuntura_papa_4.pdf). 1p.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL., 2010.- Oferta agropecuaria cifras 2010 [En línea]. Disponible en: [http://www.agronet.gov.co/www/htm3b/public/ena/ENA\\_2010.pdf](http://www.agronet.gov.co/www/htm3b/public/ena/ENA_2010.pdf)
- OKUNAGA, Y. & OCHOA, R., 1987.- Estudios de la dinámica reproductiva en palomilla de la papa *Scrobipalposis solanivora* y relación natalidad mortalidad para *S. solanivora* y *Phthorimaea operculella*. XIII Reunión ANAP. Panamá. p. 402-418.
- ORTIZ, R., IWANAGA, M., RAMAN, K. V. & PALACIOS, M., 1990.- Breeding for resistance to potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller), in diploid potatoes. *Euphytica*, 50: 119-125.
- PANDA, N. & KHUSH, G. S., 1995.- *Host plant resistance to insects*. CAB, Oxon, UK. 431p.
- RABINOVICH, J., 1990.- *Introducción a la ecología de poblaciones de animales*. Centro de Ecología del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas. Editorial Continental S. A. México. p. 114-244
- RAMAN, K. V., 1986.- Nuevas estrategias en el control de plagas de papa. *Memorias del curso sobre control integrado de plagas de papa*. Bogotá, Colombia. p. 69.
- RINCÓN, D. F. & LÓPEZ, A., 2004.- Dimorfismo sexual en pupas de *Tecia solanivora* (Povolny) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Rev. Corpoica*, 5 (1): 41-42.
- RODRÍGUEZ, E. & ARANGO, R., 2000.- Mejoramiento no tradicional de semilla de papa (*S. tuberosum*) mediante desarrollo de líneas resistentes a *Tecia solanivora*. [En línea]. Disponible en <http://www.cevipapa.org.co/verproyectos.php?id=4>.
- SHARMA, H. C., 1993.- Host-plant resistance to insects in sorghum and its role in integrated pest management. *Crop. Prot.*, 12: 11-34.
- SMITH, C.M., 2005.- *Plant Resistance to Arthropods, molecular and conventional approaches*. Editorial Springer. Manhattan. 421p.
- TÓRRES, F., NOTZ, A. & VALENCIA, L., 1995.- Ciclo de vida y otros aspectos de la biología de la Polilla de la papa *Tecia solanivora* (Povolny) (Lepidoptera: Gelechiidae) en el estado de Táchira, Venezuela. *Bol. Entomol. Venez.*, 12 (1): 81-94
- VALDERRAMA, A. M., VELÁSQUEZ, N., RODRÍGUEZ, E., ZAPATA, A., ZAIDI, M. A., ALTOSAAR, I. & ARANGO, R., 2007.- Resistance to *T. solanivora* in three transgenic andean varieties of potato expressing *Bacillus thuringiensis* Cry1Acv protein. *J. Econ. Entomol.* 1: 172-9.

## EFECTO LETAL Y SUBLETAL DE PRODUCTOS ALTERNATIVOS CONTRA *TETRANYCHUS EVANSI* (ACARI: TETRANYCHIDAE)

Alberto Soto G.<sup>1</sup>, Madelaine Venzon<sup>2</sup>, Angelo Pallini<sup>3</sup>

### Resumen

El ácaro fitófago *Tetranychus evansi* posee una alta capacidad reproductiva, llevándolo a alcanzar altas poblaciones en muy corto tiempo, ocasionando daños económicos. El objetivo de este trabajo fue evaluar productos comerciales a base de Azadirachtina y caldo sulfocálcico para el control de *T. evansi* en invernadero. Fueron estudiados en el laboratorio: la toxicidad letal y los efectos subletales en el crecimiento poblacional ( $r_i$ ) de *T. evansi*, de los productos Neem Pro (0,08 y 0,07 mg i.a/L de azadirachtina), Natuneem (1,4 y 0,89 mg i.a/L), Organic Neem (0,37 y 0,28 mg i.a/L) y caldo sulfocálcico (1,0 y 0,6% a 31,5 °Bé). Posteriormente, en invernadero, se evaluó el potencial de control de dosis correspondientes a  $CL_{95}$  de los productos y aquellos donde el crecimiento de la población quedo estable ( $r_i = 0$ ). El diseño experimental utilizado, fue completamente al azar, con tres repeticiones. Después de 1, 5, 7 y 10 días de la aplicación de los productos, fueron realizadas las evaluaciones poblacionales de los ácaros en las plantas y los debidos análisis de mortalidad. La aplicación de los productos resultó en una mayor eficiencia de control a lo largo del tiempo y dicha eficiencia aumento con el periodo de exposición. El porcentaje de reducción poblacional del ácaro fitófago, fue superior a 98%, después de diez días de la aplicación. El manejo de *T. evansi* en tomate con productos alternativos a base de Azadirachtinay el caldo sulfocálcico.

**Palabras clave:** ácaros fitófagos, *Azadirachta indica*, azufre, manejo integrado de plagas, tomate.

## LETHAL AND SUBLETHAL EFFECTS OF ALTERNATIVES AGAINST *TETRANYCHUS EVANSI* (ACARI: TETRANYCHIDAE)

### Abstract

The phytophagous mite *Tetranychus evansi* is characterized by its high reproductive capacity which allows for its ability to attain high populations in a short time and cause economic damage. The objective of this study was to evaluate commercial products based on Azadirachtina and syrup sulfocálcico to control *T. evansi* in greenhouses. Lethal toxicity and sublethal effects on population growth ( $r_i$ ) of *T. evansi* products Neem Pro (0.08 and 0.07 mg/L of Azadirachtina), Natuneem (1.4 and 0.89 mg ai/L), Organic Neem (0.37 and 0.28 mg ai/L) and lime sulphur (1.0 and 0.6% to 31.5 °Bé) were initially studied in the laboratory. Lethal toxicity and sublethal effects on population growth ( $r_i$ ) of *T. evansi* products Neem Pro (0.08 and 0.07 mg/L of Azadirachtina), Natuneem (1.4 and 0.89 mg ai/L), Organic Neem (0.37 and 0.28 mg ai/L) and lime sulphur (1.0 and 0.6% to 31.5 °Bé) were initially studied in the laboratory. Later in a greenhouse, the control potential for concentrations corresponding to the  $LC_{95}$  of the products was evaluated and those where population growth was stable ( $r_i = 0$ ). Experimental design, was completely randomized, with three replicates. Application of the products resulted in the improved efficiency of control over time, and this efficiency increased with the duration of exposure. The reduction percentage of phytophagous mite population was over 98%, after ten days of application. The management of *T. evansi* on tomatoes could be made possible by the use of products based on Azadirachtina and syrup sulfocálcico.

\* FR: 22-III-2012. 16-VIII-2012.

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

<sup>2</sup> I.A., M.Sc., Ph.D. Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, Viçosa, Brasil. Email: venzon@epamig.ufv.br

<sup>3</sup> I.A., M.Sc., Ph.D. Universidade Federal de Viçosa, Brasil. Email: pallini@ufv.br.



**Key words:** phytophagous mites, *Azadirachta indica*, sulfur, integrated pest management, tomato.

## INTRODUCCIÓN

**T***tetranychus evansi* Baker & Pritchard (Acari: Tetranychidae), es considerado una plaga importante en las regiones africanas productoras de tomate, con reducciones hasta del 90% de la productividad (KNAPP *et al.*, 2003). Los daños causados por este artrópodo, son directos, ocasionando: secamiento de las hojas, defoliación, disminución en el tamaño y número de frutos; además de inducción a la maduración precoz (BOLLAND & VALA, 2000; FERRAGUT & ESCUDERO, 2002; MIGEON, 2005; MORAES & FLECHTMANN, 2008).

*T. evansi* se caracteriza por su alta capacidad reproductiva, especialmente en cultivos de tomate bajo invernadero (MORAES & MCMURTRY, 1986), lo que lleva a esta especie a alcanzar elevadas poblaciones en corto tiempo y ocasionar daños económicos (VENZON *et al.*, 2007). Adicionalmente, produce gran cantidad de telaraña sobre las plantas infestadas, lo que dificulta la acción de sus enemigos naturales (MORAES & FLECHTMANN, 2008).

Dada la dificultad de controlar a *T. evansi* biológicamente, productores y técnicos ven como la única salida eficiente la aspersión con plaguicidas sintéticos convencionales (MORAES & FLECHTMANN, 2008). Sin embargo, el control químico, a pesar de su eficiencia, presenta aspectos negativos, como: la selección de individuos resistentes debido al uso continuo de los mismos ingredientes activos, la reducción o supresión de especies benéficas, la alta toxicidad de los productos a los aplicadores, la presencia de residuos en los alimentos y en el medio ambiente, la fitotoxicidad, entre otros.

Asociado a todo esto, se suma la falta de cumplimiento de los plazos de carencia, lo que puede causar un efecto negativo en la salud de los consumidores (FILGUEIRA, 2000; EASTERBROOK *et al.*, 2001; FRAGOSO *et al.*, 2002; PICANÇO *et al.*, 2007). Una alternativa viable a los problemas ocasionados por el uso excesivo de plaguicidas sintéticos en el cultivo de tomate, es la utilización de métodos de control que deben priorizar la seguridad ambiental y social, además que sean eficientes en el control de *T. evansi*. En la búsqueda de tales métodos, los productos alternativos a los plaguicidas convencionales, como los caldos fitoprotectores y los extractos de plantas, han sido usados por productores de hortalizas para el control de plagas y enfermedades, especialmente, en los sistemas de producción ecológicos y orgánicos (CAMPANHOLA & BETTIOL, 2003; VENZON *et al.*, 2007).

Dentro de estos productos se encuentra el caldo sulfocálcico, que es obtenido por el tratamiento térmico del azufre y la cal. Este producto es conocido, principalmente, debido a su acción fungicida (SMILANICK & SORENSON, 2001; MONTAG *et al.*, 2005), además de ser utilizado como acaricida e insecticida (GUERRA, 1985; PENTEADO, 2000; GUIRADO, 2001). El efecto tóxico del caldo sulfocálcico en los insectos y ácaros, se da por la reacción de los compuestos del producto aplicado sobre la planta, con el agua y el gas carbónico, resultando en gas sulfídrico y azufre coloidal (ABBOT, 1945).

El efecto acaricida de este producto sobre otras especies de ácaros, fue verificado en el trabajo realizado por GUIRADO (2001), quien evaluó la efectividad del caldo sulfocálcico en el control del ácaro de la leprosis *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae). Este producto es eficiente en el control del ácaro rojo del café *Oligonychus ilicis* (Acari: Tetranychidae) (CHAGAS *et al.*, 2001) y de la araña roja *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) (SOTO *et al.*, 2011).

Otro importante ingrediente activo utilizado en agricultura orgánica es la azadirachtina, que es extraído de la planta de (*Azadirachta indica* A. Juss.) (MARTÍNEZ, 2002); este compuesto ocasiona sobre las plagas inhibición de la alimentación, repelencia, disminución de la oviposición, interrupción de la ecdisis, reducción de la fertilidad y fecundidad, alteración en el comportamiento y aumento de la mortalidad (SCHUMUTTERER, 1987; DIMETRY *et al.*, 1993; MORDUE & NISBET, 2000; CASTIGLIONI *et al.*, 2002).

Trabajos realizados con el Nim en el control de *T. urticae*, mostraron que este producto también causa mortalidad (MOMEN *et al.*, 1997; CASTIGLIONI *et al.*, 2002; VENZON *et al.*, 2007) y posterior reducción de la fecundidad (DIMETRY *et al.*, 1993). Adicionalmente, algunos trabajos han demostrado que el extracto de semillas de Nim, tiene efecto selectivo para diversos enemigos naturales (SPOLLEN & ISMAN, 1996; MANSOUR *et al.*, 1997; MOMEN *et al.*, 1997; BRITO *et al.*, 2006, SOTO *et al.*, 2011).

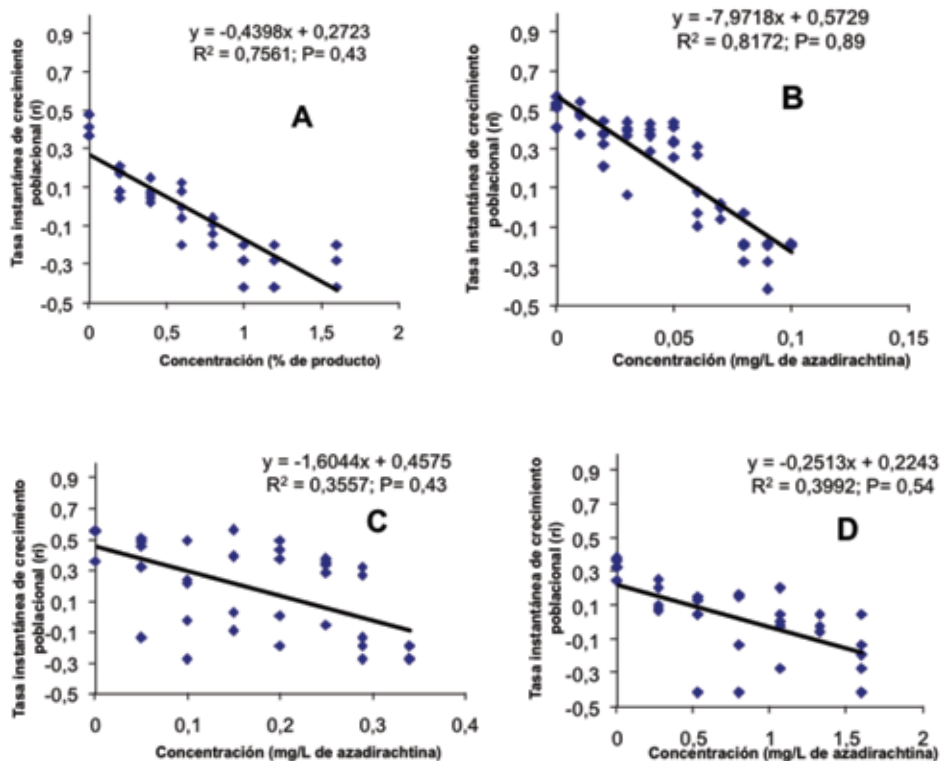
En este trabajo se evaluó el potencial del caldo sulfocálcico y de las formulaciones comerciales a base de Nim para el control de *T. evansi*. Inicialmente se avaluó la toxicidad letal, a través de la estimativa de la concentración letal (CL) de los productos; sin embargo, como la CL es una medida incompleta de los efectos de los productos sobre poblaciones, debido a que sólo analiza la mortalidad como parámetro de toxicidad (STARK & BANKS, 2003), se estimaron también, los efectos subletales de los productos a través de la estimativa de la tasa instantánea de crecimiento poblacional ( $r_i$ ). Posteriormente, fue evaluado en invernadero, el potencial de control de dosis letales y subletales de los productos sobre *T. evansi*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio, se realizó en la Empresa de Pesquisa Agropecuaria de Minas Gerais, Unidad Regional EPAMIG da Zona de Mata (URZM), Viçosa, Brasil. Fueron estudiados los efectos letales y subletales del caldo sulfocálcico a 31,5 °Baumé y de los productos comerciales a base de N, con la concentración de: ®Neem Pro (10mg/L de azadirachtina), ®Natuneem (1,5mg) y ®Organic Neem (3,262mg) sobre *T. evansi*. Los efectos letales fueron estimados a través de test de toxicidad aguda con obtención de curvas dosis-respuesta y sus respectivas concentraciones letales (CL) y los efectos subletales a través de la estimativa de la tasa instantánea de crecimiento poblacional ( $r_i$ ).

Fueron estimadas las concentraciones letales del caldo sulfocálcico y de los productos a base de para hembras adultas de *T. evansi*. Las concentraciones evaluadas fueron escogidas a través de bioensayos iniciales y se situaron entre el límite inferior, donde el producto no causo mortalidad y el límite superior de respuesta, donde generó 100% de mortalidad para cada especie. Los bioensayos

de concentración-respuesta fueron realizados utilizándose hembras del ácaro *T. evansi* al inicio de la fase reproductiva. Los productos fueron pulverizados en discos ( $\varnothing=3,0\text{cm}$ ) de hojas de tomate, acondicionados en caja de Petri, a través de torre de Potter, Burkard, Rickmansworth, UK (POTTER, 1952), sobre la presión de  $5\text{lb}/\text{pul}^2$  y con la aplicación de un volumen igual a  $2,5\text{ mL}$  por dosis, lo que corresponde a un depósito de  $1,70 \pm 0,07\text{mg}/\text{cm}^2$ , sobre la superficie tratada. Esta cantidad aplicada está de acuerdo con lo recomendado por la IOBC/WPRS (Internacional Organization for Biological Control of Noxious Animals and Plants/ West Palearctic Regional Section) (OVERMEER & VAN ZON, 1982) y representa lo que ocurre en situación de campo (REIS *et al.*, 1998). Para la fijación del disco en la placa, fue preparada una solución de carragenina ( $30\text{g}/300\text{mL}$  de agua) siendo que el disco fue colocado antes que la solución se solidificara.



**Figura 1.** Tasa instantánea de crecimiento poblacional ( $r_i$ ) del ácaro *T. evansi*, en función de la aplicación de concentraciones de: A. Caldo sulfocálcico, B. Neem Pro, C. Organic Neem, D. Natuneem.

Los discos asperjados con los productos y con agua (testigo) fueron expuestos al ambiente por una hora, para el secado del producto; posteriormente, 20 hembras del ácaro *T. evansi* fueron colocadas sobre cada disco; cada concentración del producto fue repetida cinco veces. Los discos de hojas tratados fueron mantenidos en cámara climatizada ( $25 \pm 2\text{ C}$ ,  $60 \pm 10\%$  HR y 13h de luz); la mortalidad

fue evaluada 24h después a la aplicación de los productos y las curvas de concentración-mortalidad fueron estimadas por el análisis Probit (FINNEY, 1971).

La evaluación de la acción subletal de los productos sobre el ácaro fitófago *T. evansi*, fue aplicada, utilizándose la misma metodología citada para la evaluación de la acción letal de los productos; el tiempo de evaluación fue de cinco días.

Para cada concentración de cada producto fueron realizadas cinco repeticiones, donde cada repetición estuvo representada por un disco, con ocho hembras de *T. evansi*. Los ácaros fueron mantenidos en cámaras climatizadas, sobre las mismas condiciones descritas en los experimentos de toxicidad letal. La evaluación del efecto subletal, se realizó, a través de la estimativa de la tasa instantánea de crecimiento ( $r_i$ ), por la siguiente fórmula (STARK & BANKS, 2003):

$$r_i = \ln (N_f / N_0) / \Delta t$$

Donde  $N_f$ , es el número final de individuos;  $N_0$ , es el número inicial de individuos;  $\Delta t$ , es la variación de tiempo (duración del experimento 5 días). El valor positivo de  $r_i$ , significa, que la población está en crecimiento;  $r_i = 0$ , indica que la población está estable, mientras que, un valor negativo de  $r_i$ , señala que la población está en descenso y en vías de extinción. El análisis de regresión, se aprovechó para la evaluación de  $r_i$ , en función de las concentraciones utilizadas.

Para los experimentos en invernadero, plantas de tomate, variedad Santa Clara fueron infestadas con 100 hembras adultas de *T. evansi* por planta. Ocho días después de la infestación, se realizó una evaluación para verificar la población de ácaros en cada planta; posteriormente, los productos fueron aplicados en las concentraciones correspondientes a la  $CI_{95}$  y cuando la tasa instantánea de crecimiento poblacional ( $r_i$ ) indicó que la población estaba estable ( $r=0$ ): Neem Pro (0,08 y 0,07mg i.a/L), Natuneem (1,4 y 0,89mg), Organic Neem (0,37 y 0,28mg) y caldo sulfocálcico (1,0 y 0,6% a 31,5°B). Las aplicaciones fueron realizadas con una aspersora manual Brudden® modelo S.S. con capacidad de cinco litros, provisto de una boquilla de cono regulable y presión máxima de trabajo de 14Kgf/cm<sup>2</sup> o 200lb/pul<sup>2</sup>.

Los tratamientos estuvieron representados por los cuatro productos en las dos concentraciones y por el testigo (plantas de tomate asperjadas con agua). Los nueve tratamientos fueron repetidos tres veces, siendo cada repetición representada por cuatro plantas acondicionadas en bandejas plásticas (60 x 40 x 10 cm) y el diseño experimental utilizado fue completamente al azar.

Después de uno, cinco, siete y diez días de la aplicación de los productos, se realizaron evaluaciones poblacionales de los ácaros en las plantas por medio del conteo directo con la ayuda de lupa 20x. La mortalidad de los ácaros fue calculada de acuerdo con la fórmula propuesta por HENDERSON & TILTON (1955):

$$\% \text{ Mortalidad} = 100 \times \left( 1 - \frac{Ta \times Cb}{Tb \times Ca} \right)$$

Donde  $T_a$ , es el número de ácaros después del tratamiento;  $T_b$ , es el número de ácaros antes del tratamiento;  $C_a$ , es el número de ácaros en el testigo después del tratamiento;  $C_b$ , es el número de ácaros en el testigo, antes del tratamiento.

Los datos de mortalidad, fueron transformados para  $\arcsen\sqrt{x/100}$  y sometidos a análisis de varianza del Modelo Linear General. Este tipo de análisis fue realizado usando el indicador Wilks' Lambda (SAS Institute 1989) versión 9.0, con especificación PROFILE. Para el análisis de varianza, las dosis correspondientes a  $CL_{95}$  de los productos, fueron agrupadas como "concentraciones altas" y las concentraciones correspondientes a ausencia de crecimiento poblacional del ácaro ( $r_i=0$ ), como las "concentraciones bajas".

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Toxicidad letal:

Para el caldo sulfocálcico fueron obtenidas  $CL_{50}$  de 0,20% y la  $CL_{95}$  de 1,03% de concentración del producto a 31,5'B. Para el Neem Pro se obtuvieron:  $CL_{50}$  de 0,02mg/L y la  $CL_{95}$  de 0,08mg/L de azadirachtina del producto comercial. Para el Organic Neem fueron obtenidas  $CL_{50}$  de 0,14mg/L y la  $CL_{95}$  de 0,37mg/L de azadirachtina. Para el Natuneem se obtuvieron:  $C_{50}$  de 0,69mg/L y la  $CL_{95}$  de 1,41mg/L de azadirachtina (Tabla 1).

**Tabla 1.** Toxicidad de los productos alternativos, al ácaro rojo *T. evansi*, utilizados en agricultura orgánica.

Producto	N <sup>1</sup>	Coficiente Angular $\pm$ EP <sup>2</sup>	$CL_{50}$ <sup>3</sup> (I.C. a 95 %)	$CL_{95}$ <sup>4</sup> (I.C. a 95 %)	X <sup>2</sup>	P
Caldo sulfocálcico	140	0,17 $\pm$ 0,04	0,20 (0,15-0,27)	1,03 (0,74-1,57)	0,61	0,43
Neem Pro	120	0,18 $\pm$ 0,14	0,02 (0,01-0,04)	0,08 (0,07-0,11)	0,34	0,89
Organic Neem	125	0,15 $\pm$ 0,07	0,14 (0,10-0,20)	0,37 (0,29-0,44)	0,71	0,43
Natuneem	260	0,33 $\pm$ 0,12	0,69 (0,51-1,27)	1,41 (1,21-2,05)	0,98	0,54

<sup>1</sup>Número de ácaros evaluados.

<sup>2</sup>Coficiente angular y error patrón de la media.

<sup>3</sup>Concentración letal media e intervalo de confianza, a 95%.

<sup>4</sup>Concentración letal, que causa 95%, de mortalidad e intervalo de confianza, a 95%.

### Tasa instantánea de crecimiento poblacional:

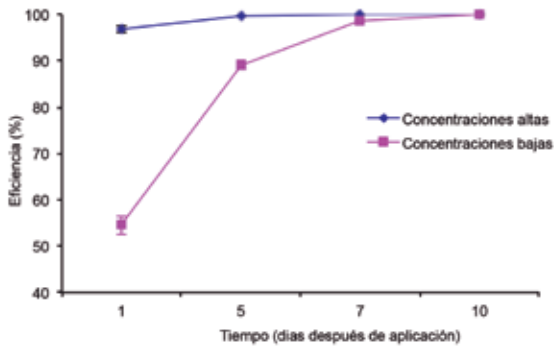
La tasa instantánea de crecimiento poblacional de *T. evansi* fue igual a cero, indicando que la población está estable, en las dosis de 0,62%, 0,07mg i.a/L, 0,28mg

de i.a/L y 0,89mg de i.a/L para los productos, caldo sulfocálcico, Neem Pro, Organic Neem y Natuneem, respectivamente (Figuras 1A, 1B, 1C y 1D).

### Control de *T. evansi*:

El análisis de varianza con medidas repetidas en el tiempo, indicó efectos significativos de concentración de los productos ( $F_{1,16} = 396,91$ ;  $P < 0,0001$ ), de la interacción producto x concentración ( $F_{3,16} = 5,25$ ;  $P = 0,01$ ), del tiempo (Wilks' Lambda = 0,0780;  $F = 55,12$ ;  $GLnum = 3$ ;  $GLden = 14$ ;  $P < 0,0001$ ) y de las interacciones producto x tiempo (Wilks' Lambda = 0,2138;  $F = 3,36$ ;  $GLnum = 9$ ;  $GLden = 34,22$ ;  $P = 0,004$ ), concentración x tiempo (Wilks' Lambda = 0,2599;  $F = 13,28$ ;  $GLnum = 3$ ;  $GLden = 14$ ;  $P = 0,0002$ ) y producto x concentración x tiempo (Wilks' Lambda = 0,1288;  $F = 5,02$ ;  $GLnum = 9$ ;  $GLden = 34,22$ ;  $P = 0,0002$ ).

Las concentraciones altas de los productos ( $CL_{95}$ ), resultaron en mayor eficiencia de control, a lo largo del tiempo, independientemente del producto utilizado y esta eficiencia aumento con el período de exposición (Figura 2, Anexo 1). Aunque la eficiencia de los productos en las concentraciones bajas ( $r_i = 0$ ) hayan sido significativamente inferior a las concentraciones altas, el porcentaje de reducción poblacional del ácaro en plantas asperjadas, con las concentraciones bajas, fue superior a 95%, después de cinco días de la aplicación (Figura 2).



**Figura 2.** Porcentaje de eficiencia de los productos alternativos para el control de *T. evansi*, en concentraciones altas ( $CL_{95}$ ) y bajas ( $r_i = 0$ ), a través del tiempo. Se presentó diferencia significativa, entre las concentraciones altas y bajas de los productos ( $F = 396,91$ ;  $GLerror = 16$ ;  $P < 0,0001$ ) y entre el tiempo después de la aplicación de los productos (Wilks' Lambda = 0,780;  $F = 55,12$ ;  $GLnumerador = 3$ ;  $GLdenominador = 14$ ;  $P < 0,0001$ ), basado en análisis de varianza, con medidas repetidas en el tiempo.

En experimentos en invernadero, la mortalidad de este ácaro varió de 96,7 a 100%, en el período de uno a siete días después de la aplicación de los productos (Anexo 1). Esto demuestra, que este producto, representa una alternativa viable a

los agroquímicos sintéticos, debido a que se observó que a bajas concentraciones controla al ácaro *T. evansi* en plantas de tomate.

Con relación a la concentración del caldo sulfocálcico requerida para control de *T. evansi*, las concentraciones letales y subletales fueron menores que las recomendadas y utilizadas en sistemas de cultivo orgánico. Estas concentraciones varían del 2 a 4% de un caldo que posee una densidad de 29 a 32 °Bé (PENTEADO, 2000; D'ANDRÉA, 2001), aproximadamente, 0,58 a 1,28% de polisulfuros de calcio en el producto de aspersión.

Otro punto importante, a ser considerado, consiste en que para aplicaciones cuyos ácaros no presentaron mortalidad inmediata, debido a la concentración aplicada, fueron estudiados los efectos retardados de este producto, esto es, efectos subletales, que representan cual es la concentración que lleva a la parálisis del crecimiento poblacional. El crecimiento poblacional de *T. evansi*, fue interrumpido, cuando se uso el caldo sulfocálcico en concentración de 0,62%.

La obtención del control de *T. evansi*, a bajas concentraciones, representa un gran avance en relación a los estudios, que buscan el control de este ácaro, debido a que *T. evansi* produce gran cantidad de tela, lo que dificulta la acción de depredadores y lleva, al rápido crecimiento poblacional de la plaga (SABELIS & BAKKER, 1992).

Los efectos de dosis subletales de los productos en la población, se ven manifestados, a través de: la reducción en el período de vida, disminución de la fertilidad, reducción de la fecundidad, cambios en la relación sexual y en el comportamiento de alimentación (STARK *et al.*, 1992). Esto demuestra la importancia de utilizar concentraciones subletales de los productos alternativos para el manejo de *T. evansi*, lo cual a pesar de ejercer un control más lento de la población, a través del tiempo, logra casi que igualar el control ejercido en las concentraciones mayores.

Uno de los inconvenientes relatados para el caldo sulfocálcico, es la baja selectividad a enemigos naturales; sin embargo, es posible utilizar dosis del producto, que sean eficientes en el control de la plaga y que sean selectivas a los principales enemigos naturales de éstos (VENZON *et al.*, 2007). La concentración de 0,5% del producto (31,5 °Bé) controla eficientemente la población del ácaro rojo del café *O. ilicis* y corresponde a  $CL_{11}$  para el ácaro predador *Iphiseiodes zuluagai* (Acari: Phytoseiidae), uno de los principales enemigos naturales de *Oligonychus ilicis* (MCGREGOR, 1917) (SOTO, 2009). La utilización de productos considerados selectivos, o sea, aquellos capaces de controlar eficientemente las plagas, causando poco o ningún impacto negativo sobre los enemigos naturales, es de suma importancia para que se pueda realizar un manejo racional de los organismos-plaga, con el fin de minimizar los daños al cultivo de forma económica y armoniosa con el ambiente (MOURA & ROCHA, 2006). Estas características son encontradas en los productos alternativos evaluados en este trabajo, que demostraron eficiencia de control de plagas y persistencia en el tiempo, después de ser aplicados.

El uso de concentraciones más bajas de los productos alternativos, esto es, concentraciones que mantienen el equilibrio de la población, inferiores a las normalmente utilizadas y recomendadas por las casas productoras, ayudan a preservar el medio ambiente y a evitar riesgos para la salud de los agricultores y consumidores, además de ejercer un control satisfactorio de los ácaros fitófagos, sin afectar los enemigos naturales.

Los productos a base de nim fueron eficientes en controlar por lo menos del 82% de la población de *T. evansi* un día después de la aplicación de los mismos (Anexo 1) en condiciones de invernadero. Con esta alta eficiencia para controlar poblaciones de *T. evansi* asociado a su biodegradabilidad, esos productos se presentan como una alternativa viable económica y ambiental para el control de estos fitófagos.

SOTO *et al.* (2011), estudió el efecto de los productos Neem Pro, Organic Neem y Natuneem, sobre el ácaro fitófago *T. urticae* y su predador *Phytoseiulus macropilis* (Acari: Tetranychidae) en fresa, encontrando que, a bajas concentraciones de estos productos, se controló al ácaro fitófago y no se afectó al predador, lo que indica que estos productos se podrían utilizar en concentraciones de azadirachtina que posibiliten efectos negativos sobre el ácaro fitófago *T. urticae*, sin afectar al ácaro predador *P. macropilis*.

Datos aun más concluyentes fueron obtenidos cuando se evaluó los efectos de la aplicación de nim diez días después de la aplicación de los mismos (Anexo 1). En esa fecha, la menor tasa de mortalidad observada fue de 98,7% (Neem Pro 0,07 mg de i.a/L) y la mayor fue de 100% (Neem Pro 0,08 mg de i.a/L, Natuneem 1,4 mg de i.a/L, Organic Neem 0,37 mg de i.a/L). En ese mismo período, la población testigo llegó a 593 ácaros por planta (Anexo 1) en cuanto que la media de las plantas tratadas con nim fue de 2,41 ácaros por planta. Esos resultados demuestran la eficiencia de la aplicación de productos a base de nim en el control de poblaciones de *T. evansi*.

Sin embargo, la eficiencia de los productos a base de Nim en el control de plagas, así como la selectividad de enemigos naturales, está relacionada con la dosis y la formulación empleada (MANSOUR & ASCHER, 1983; MANSOUR *et al.*, 1987; CASTIGLIONI *et al.*, 2002; MOURÃO *et al.*, 2004). Es necesario tener conocimiento técnico sobre el producto a ser utilizado para que sea obtenido el control satisfactorio de las poblaciones de plagas, de manera que no sean afectados los enemigos naturales asociados a éstas (VENZON *et al.*, 2008).

La aplicación del caldo sulfocálcico, como de los productos a base de Nim, en las concentraciones adecuadas, representan una alternativa viable al control del ácaro fitófago *T. evansi*, sobre plantas de tomate cuando son aplicados en dosis letal, como en dosis subletal.

En la utilización de dosis subletales, es importante considerar el tiempo para la acción acaricida de estos productos, especialmente, de productos a base de Nim. La decisión de usar concentraciones letales o subletales de los productos alternativos, depende de la población de la plaga al momento de la aplicación y de la presencia de predadores. Los resultados obtenidos en esta investigación, pueden ser utilizados como alternativa para involucrarlos en el manejo integrado de esta plaga.

## AGRADECIMIENTOS

A la Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), Brail, por el financiamiento de la investigación.



## IBLIOGRAFÍA

- ABBOT, C.E., 1945.- The toxic gases of lime-sulfur. *J Econ* 38 (5): 618-620.
- BOLLAND, H.R., VALA, F., 2000.- First record of the spider mite *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae) from Portugal. *Entomologische Berichte*, 60:180-186.
- BRITO H.M., GUEDES, M., VARGAS, J. & GOMES, C.A., 2006.- Toxicidade de Natuneem sobre *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) e ácaros predadores da família Phytoseiidae. *Ciência e Agrotecnologia*, 30: 75-78.
- CAMPANHOLA, C. & BETTIOL, W., 2003.- Panorama sobre o uso de agrotóxicos no Brasil: 13-51 (in) CAMPANHOLA, C., BETTIOL, W. (ed.) *Métodos alternativos de controle fitossanitário*. Jaguariúna. Embrapa Meio Ambiente.CASTIGLIONI, E., VENDRAMIM, J.D., TAMAI, M.A., 2002.- Evaluación del efecto tóxico de extractos acuosos y derivados de meliáceas sobre *Tetranychus urticae* (Koch) (Acari: Tetranychidae). *Agrociência*, 6: 75-82.
- CHAGAS, P.R.R., TOKESHI, H. & ALVES, M.C., 2001.- Efficiency of lime sulfur in the control of the two-spotted mite in papaya in conventional and organic (Bokashi- EM) systems: 255-258 (in) CONFERENCE ON KYUSEI NATURE FARMING, 6. Pretoria. Proceedings Japan/Atami: INFRC. P. 255-258.
- D'ANDRÉA, P.A., 2001.- Aspectos práticos e tendências no uso dos fertiprotetores: 97- 101 (in) HEIN, M. (org.) *Resumos do Encontro de Processos de Proteção de Plantas: controle ecológico de pragas e doenças*. Agroecológica Botucatu.DIMETRY, N.Z.,AMER, S.A.A. & REDA, A.S., 1993.- Biological activity of two neem seed kernel extracts against the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch. *Journal of Applied Entomology*, 116: 308-312.
- EASTERBROOK, M.A., FITZGERALD, J.D. & SOLOMON, M.G., 2001.- Biological control of strawberry tarsonemid mite *Phytonemus pallidus* and two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* on strawberry in the UK using species of *Neoseiulus* (*Amblyseius*) (Acari: Phytoseiidae). *Experimental and Applied Acarology*, 25: 25-36.FERRAGUT, F. & ESCUDERO, L.A., 2002.- La araña roja del tomate *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae) en España: distribución, biología y control. *Phytoma*, 25: 11-113.
- FILGUEIRA, F.A.R., 2000.- *Novo manual de olericultura-agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. Viçosa: UFV, Brasil. 402 p.
- FINNEY, D.J., 1971.- *Probit analysis*. Cambridge: Cambridge University Press. 333 p.
- FRAGOSO, D.B., GUEDES, R.N.C., PISCANÇO, M.C. & ZAMBOLIM, L., 2002.- Insecticide use and organophosphate resistance in the coffee leaf miner *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae). *Bulletin of Entomological Research*, 92: 203-212.
- GUERRA, M.S., 1985.- *Receituário caseiro: alternativa para o controle de pragas e doenças de plantas cultivadas e seus produtos*. Brasília: EMATER. 166 p.
- GUIRADO, N., 2001.- Extrato de plantas no controle da leprose dos citros: 147-159 (n) HEIN, M. (org.) *Primer Encontro de Processos Proteção Plantas: Controle ecológico de pragas e doenças*. Agroecológica, Botucatu.HENDERSON, C.F. & TILTON, E.W., 1955.- Tests with acaricides against the brown wheat mite. *Journal of Economic Entomology*, 48: 157-161.
- KNAPP, M., WAGENER, B. & NAVAJAS, M., 2003.- Molecular discrimination between the spider mite *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard, an important pest of tomatoes in southern Africa and the closely related species *T. urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *African Entomology*, 2: 300-304.
- MANSOUR, F.A., ASCHER, K.R.S. & OMARI, N., 1997.- Effects of neem (*Azadirachta indica*) seed kernel extracts from different solvents on the predacious mite *Phytoseiulus persimilis* and the phytophagous mite *Tetranychus cinnabarinus*. *Phytoparasitica*, 15: 125-130.
- MANSOUR, F.A. & ASCHER, K.R.S., 1983.- Effects of neem (*Azadirachta indica*) seed kernel extracts from different solvents on the carmine spider mite, *Tetranychus cinnabarinus*. *Phytoparasitica*, 11: 177-185.
- MARTINEZ, S.S., 2002.- *O nim Azadirachta indica: Natureza, Usos Múltiplos, Produção*. Londrina, IAPAR- Instituto Agronômico do Paraná. 142 p.
- MIGEON, A., 2005.- Un nouvel acarien ravageur en France: *Tetranychus evansi* Baker et Pritchard. *Phytoma, La Défense des Végétaux*, 579: 38-42.
- MOMEN, F.M., REDA, A.S. & AMER, S.A.A., 1997.- Effect of Neem Azal-F on *Tetranychus urticae* and three predacious mites of the family Phytoseiidae. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 32: 355-362.
- MONTAG, J., SCHREIBER, L. & SCHONHERR, J., 2005.- An in vitro study on the infection activities of hydrated lime and lime sulphur against apple scab (*Venturia inaequalis*). *Journal of Phytopathology*, 153: 485-491.
- MORAES, G.J. & MCMURTRY, J.A., 1986.- Suitability of the spider mite *Tetranychus evansi* as prey for *Phytoseiulus persimilis*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 40: 109-115.
- MORAES, G.J. & FLECHTMANN, C.H.W., 2008.- *Manual de Acarologia: acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil*. Ribeirão Preto: Holos. 288 p.
- MORDUE, A.J. & NISBET, A.J., 2000.- Azadirachtin from the neem tree *Azadirachta indica*: its action against insects. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, 29: 615-632.
- MOURA, A.P. & ROCHA, L.C., 2006.- Seletivos e eficientes. Culturas Horticola e Frutas. *Revista Brasileira De Agrociência Pelotas*, 6 (36): 6-8.

- MOURÃO, S.A., SILVA, J.C.T., GUEDES, R.N.C., VENZON, M., JHAM, G.N., OLIVEIRA, C.L. & ZANUNCIO, J.C., 2004.- Seletividade de extratos de nim (*Azadirachta indica* A. Juss.) ao ácaro predador *Iphiseiodes zuluagai* (Denmark & Muma) (Acari: Phytoseiidae). *Neotropical Entomology*, 33: 613-617.
- OVERMEER, W.P.J. & VAN ZON, A.Q., 1982.- A standardized method for testing the side effect of pesticides on the predaceous mite, *Amblyseius potentillae* (Acari: Phytoseiidae). *Entomophaga*, 27: 357-364.
- PENTEADO, S.R., 2000.- *Controle alternativo de pragas e doenças com as caldas bordalesa, sulfocálcica e Viçosa*. Buena Mendes Gráfica e Editora, Campinas. 95 p.
- PICANÇO, M.C., SOTO, A., BACCI, L., FIDELIS, E.G., SILVA, G.A. & DE SENA, M.E., 2007.- Controle biológico das principais pragas de hortaliças no Brasil: 505-537 (n) ZAMBOLIM, L. (d.) *Manejo integrado de doenças e pragas hortaliças*. Viçosa: UFV.
- POTTER, C., 1952.- An improved laboratory apparatus for applying direct sprays and surface films, with data on the electrostatic charge on atomized spray films. *Annals of Applied Biology*, 39: 1-29.
- REIS, P.R., CHIAVEGATO, L.G., MORAES, G.J., ALVES, E.B. & SOUSA, E.O., 1998.- Seletividade de agroquímicos ao ácaro predador *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae). *Anais da Sociedade Entomologica do Brasil*, 27: 265-274.
- SABELIS, M.W. & BAKKER, F.M., 1992.- How predatory mites cope with the web of their tetranychid prey: a functional view on dorsal chaetotaxy in the Phytoseiidae. *Experimental and Applied Acarology*, 16: 203-225.
- SCHMUTTERER, H., 1987.- Insect growth-disrupting and fecundity reducing ingredients from the neem and chinaberry trees 119-170 (In) MORGAN, E. D. & MANDAVA, N.B. (eds.) *CRC Handbook of natural pesticides*. Florida, CRC series in naturally occurring pesticides. 453 p.
- SOTO, A., 2009.- Control del ácaro *Oligonychus ilicis* con calda sulfocálcica. *Revista Agronomía*, 17 (1): 7-11.
- SOTO, A., VENZON, M. & PALLINI, A., 2011.- Integración de control biológico y de productos alternativos contra *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Revista U.D.C.A. Actualidad y Divulgación Científica*, 14 (1): 23-29.
- SPOLEN, K.M. & ISMAN, M.B., 1996.- Acute and sublethal effects of a neem insecticide on the commercial biological control agents *Phytoseiulus persimilis* and *Amblyseius cucumeris* (Acari: Phytoseiidae) and *Aphidoletes aphidimyza* (Diptera: Cecidomyiidae). *Journal of Economic Entomology*, 89: 1379-1386.
- STARK, J.D. & BANKS, J.E., 2003.- Population-level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. *Annual Review of Entomology*, 48: 505-519.
- STARK, J.D., VARGAS, R.I., MESSING, R.H. & PURCELL, M., 1992.- Effects of cyromazine and diazinon on three economically important Hawaiian tephritid fruit flies (Diptera: Tephritidae) and their endoparasitoids (Hymenoptera: Braconidae). *Journal of Economic Entomology*, 85: 1687-1694.
- SMILANICK, J.L. & SORENSON, D., 2001.- Control of postharvest decay of citrus fruit with calcium polysulfide. *Postharvest Biology and Technology*, 21: 157-168.
- VENZON, M., TUELHER, E.S., SOTO, A., OLIVEIRA, H.G. & PALLINI, A., 2008.- Controle of coffee red mit *Oligonychus ilicis* with lime sulphur at three different scales: 257 (in) *Abstracts of 22 International Conference on Coffee Science*. Campinas: ASIC. VENZON, M., PALLINI, A., FADINI, M.A.M., OLIVEIRA, H., MIRANDA, V.S., DE ANDRADE, A.P.S., 2007.- Controle alternativo de ácaros em hortaliças: 607-625 (n) ZAMBOLIM, L. (d.) *Manejo integrado de doenças e pragas hortaliças*. Viçosa: UFV.

**Anexo 1.** Población media (ácaros/planta) y porcentaje de reducción poblacional (RP), del ácaro rojo *Tetranychus evansi*, en plantas de tomate después de la aplicación de diferentes productos alternativos.

Tratamientos	Evaluación Previa	1 DDA <sup>3</sup>	RP (%) <sup>4</sup>	5 DDA	RP (%)	7 DDA	RP (%)	10 DDA	RP (%)
Testigo	336,78 ± 67,01	448,11 ± 63,85	--	647,89 ± 123,99	--	611,33 ± 43,53	--	593,00 ± 136,84	--
Neem Pro <sup>1</sup> 0,08	292,78 ± 48,88	11,22 ± 3,42	97,11 ± 0,07	3,89 ± 2,42	99,30 ± 0,09	0,11 ± 0,33	99,98 ± 0,03	0,00 ± 0,00	100,00 ± 0,00
Neem Pro <sup>1</sup> 0,07	299,00 ± 49,39	28,56 ± 7,60	92,78 ± 1,80	18,78 ± 7,10	96,54 ± 1,78	8,56 ± 2,24	98,36 ± 0,53	6,67 ± 2,65	98,65 ± 0,78
Natuneem <sup>1</sup> 1,4	326,44 ± 66,49	8,67 ± 2,35	98,00 ± 0,30	2,22 ± 1,79	99,55 ± 0,39	0,00 ± 0,00	100,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	100,00 ± 0,00
Natuneem <sup>1</sup> 0,89	276,44 ± 47,60	64,00 ± 22,55	82,70 ± 1,98	18,22 ± 8,14	96,63 ± 0,90	12,67 ± 6,20	97,52 ± 0,47	3,78 ± 2,60	99,17 ± 0,42
Organic Neem <sup>1</sup> 0,37	311,11 ± 46,57	9,56 ± 3,64	97,69 ± 0,03	2,22 ± 1,86	99,66 ± 0,30	0,00 ± 0,00	100,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	100,00 ± 0,00
Organic Neem <sup>1</sup> 0,28	283,11 ± 26,88	31,56 ± 8,09	91,57 ± 1,54	13,11 ± 4,48	97,60 ± 0,31	9,33 ± 3,40	98,17 ± 0,56	4,00 ± 3,00	99,25 ± 0,38
Caldo sulfoc <sup>2</sup> 1,0	299,78 ± 38,49	12,89 ± 6,37	96,76 ± 0,83	1,22 ± 1,56	99,80 ± 0,06	0,00 ± 0,00	100,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	100,00 ± 0,00
Caldo sulfoc <sup>2</sup> 0,6	332,00 ± 49,35	38,33 ± 11,92	91,30 ± 1,18	13,56 ± 4,93	97,80 ± 0,70	7,11 ± 1,69	98,77 ± 0,40	3,67 ± 2,35	99,34 ± 0,39

<sup>1</sup>mg/de azadirachtina.

<sup>2</sup>Porcentaje de producto a 31,5 <sup>03</sup>Días después de la aplicación.

<sup>4</sup>Porcentaje de reducción poblacional, calculada por la fórmula de HENDERSON & TILTON (1955).

# EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE ACTIVIDADES ANTRÓPICAS EN EL ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN BIOMASA VEGETAL EN ECOSISTEMAS DE ALTA MONTAÑA DE COLOMBIA

*Alba M. Torres G.<sup>1</sup>, Enrique J. Peña S.<sup>1</sup>, Orlando Zúñiga E.<sup>2</sup>, Julián A. Peña O.<sup>2</sup>*

## Resumen

Se evaluó el impacto, de las actividades antrópicas, sobre el almacenamiento de carbono en la biomasa vegetal, de bosques intervenidos y no intervenidos, mediante parcelas permanentes, en los ecosistemas de páramo y bosque alto andino, en el Parque Nacional Natural Chingaza y en el Parque Nacional Natural Los Nevados, de Colombia. Se midió directamente, el carbono almacenado en biomasa de pastizales de páramo de forma indirecta, en biomasa de bosques, utilizando ecuaciones calibradas (metodología no destructiva) y se modelaron, ecuaciones de regresión estadística para estimar de forma indirecta, la biomasa de arbustos de páramo. Los resultados muestran que, los bosques altos andinos más conservados, tienen el mayor contenido de carbono, el cual se reduce drásticamente, debido a la fragmentación y la tala. Por consiguiente, es muy importante conservar el bosque alto andino, en el estado más natural posible, porque éste, es el bosque que posee, una mayor reserva de carbono.

**Palabras clave:** bosque alto andino, estimación indirecta de biomasa, páramo, Parque Nacional Natural Chingaza, Parque Nacional Natural Los Nevados.

## IMPACT ASSESSMENT OF ANTHROPIC ACTIVITIES ON CARBON IN PLANT BIOMASS STORAGE IN COLOMBIAN HIGH SIERRA ANDEAN ECOSYSTEMS

### Abstract

The impact of anthropic activities on carbon storage in plant biomass was evaluated in intervened and non-intervened forests through the establishment of permanent plots in the moor and Andean high forests in the Colombian Chingaza National Natural Park and in the Snow-covered Mountains National Natural Park. Carbon stored in plant biomass was measured directly in moor grasslands. Indirectly it was measured in forest biomass using calibrated equations (non-destructive methodology) and statistical regression equations were modeled to estimate indirectly the moor biomass. The results show that the most preserved high Andean forests have a higher carbon content which can be reduced drastically because of fragmentation and felling. Therefore, it is very important to maintain the high Andean forest in the most natural state possible, because this is the forest with the highest carbon reserve.

**Key words:** high Andean forest, indirect estimation of plant biomass, moor, Chingaza National Park, Snow-covered Mountains National Park.

\* FR: 10-IV-2012. FA: 10-IX-2012.

<sup>1</sup> Departamento de Biología, Universidad del Valle. Email: alba.torres@correounivalle.edu.co. enrique.pena@correounivalle.edu.co.

<sup>2</sup> Departamento de Física, Universidad del Valle. Email: orlando.zuniga@correounivalle.edu.co. julianpo@univalle.edu.co.

## INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas de alta montaña (páramo y bosque alto andino), como sumideros y fuente de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono), han ganado gran interés e importancia, debido a la creciente preocupación mundial, sobre el medio ambiente y el calentamiento global, gracias a su capacidad de transformación de CO<sub>2</sub>, al ser considerado éste, como un gas de efecto invernadero (GEI). Se ha calculado un aumento del 80 %, de la concentración de CO<sub>2</sub>, en la atmósfera, entre 1970 y 2004, mientras que para el 2005, se alcanzó los 379 ppm., excediendo, por mucho, el intervalo natural de valores de los últimos 650.000 años (IPCC, 2007).

El páramo es la zona con vegetación abierta, semiabierta, arbustiva y boscosa baja; que se extiende más allá, del límite altitudinal del bosque alto andino y tiene su límite, en las nieves perpetuas (VAN DER HAMMEN, 1997). Los bosques altos andinos, son áreas de cobertura boscosa, que se encuentran naturalmente, desde 2200 msnm, hasta aproximadamente, los 3500 msnm (IDEAM, 2002). Las bajas temperaturas y humedad alta, hacen que el ecosistema de páramo y bosque alto andino, tengan bajas tasas de mineralización y reciclaje de nutrientes (BRADY & WEIL, 2002; LAL, 2004), lo cual favorece, una lenta, pero continua absorción neta de CO<sub>2</sub> atmosférico, que es acumulado como parte de la materia orgánica en sus suelos.

A pesar de la topografía abrupta de los ecosistemas de alta montaña, las condiciones climáticas de las cordilleras, han resultado bastante favorables para el establecimiento de la mayor cantidad de la población humana, lo que ha provocado, la disminución progresiva de escenarios naturales, debido a la adecuación de tierras para sistemas agropecuarios y por la expansión de las ciudades. La deforestación, el ascenso del límite de la agricultura, el pastoreo y las quemas, son los problemas más graves que enfrentan los ecosistemas de alta montaña (VAN DER HAMMEN 1995; CASTAÑO *et al.*, 2002; VERWEIJ *et al.*, 2003).

El informe, Primera Comunicación Nacional (CN1), del gobierno colombiano, para la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático, determinó, que uno de los tipos de ecosistemas en Colombia, más vulnerables a los efectos del cambio climático, serían los de alta montaña. Con un aumento proyectado para el 2050, de la temperatura media anual del aire para el territorio nacional, entre 1°C y 2°C; y una variación en la precipitación  $\pm$  15 %, esperándose que el 78 % de los nevados y el 56 % de los páramos, desaparezcan (MAVDT *et al.*, 2001).

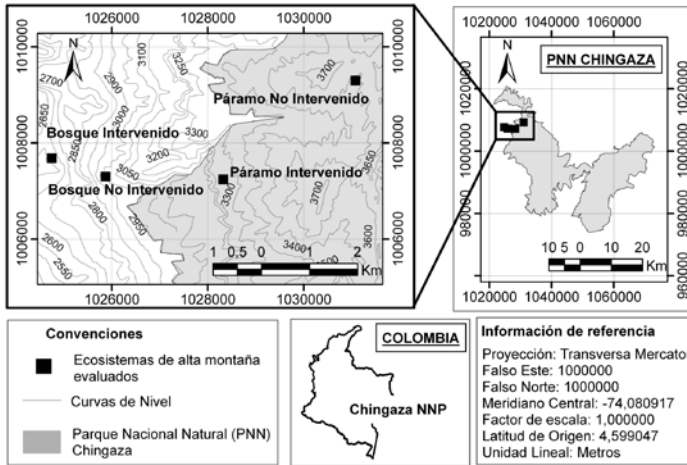
El monitoreo del contenido de carbono en ecosistemas de alta montaña, ha cobrado una gran importancia global en la actualidad, dado el papel potencial, que éstos, pueden desempeñar como sumideros o fuentes del mismo y consecuentemente, como reductores de la emisión de gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub>) (WATSON *et al.*, 2000; HOUGHTON *et al.*, 2001).

En este estudio, se evaluó el impacto de las actividades antrópicas, en el almacenamiento de carbono en biomasa vegetal, de ecosistemas de alta montaña en Colombia, especialmente, en el Parque Nacional Natural (PNN) Chingaza y el Parque Nacional Natural (PNN) Los Nevados, en diferentes zonas de páramo y bosque alto andino, en sus variaciones intervenido y no intervenido.

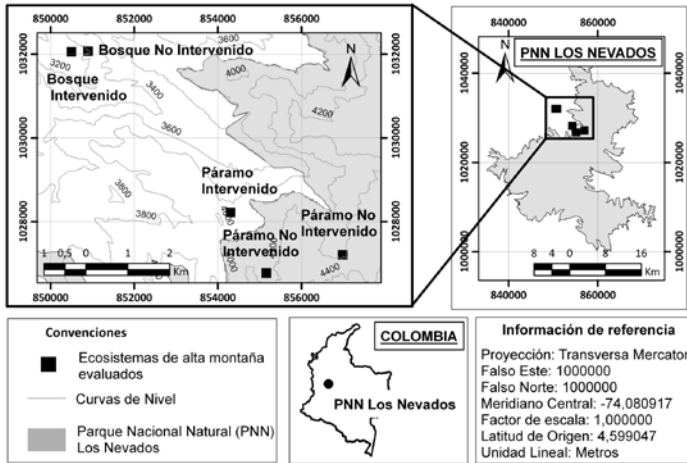
## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El páramo y el bosque alto andino, fueron los ecosistemas de alta montaña colombianos, seleccionados para la evaluación de la intervención, de las actividades antrópicas en el almacenamiento de carbono en biomasa vegetal del PNN Chingaza (Figura 1) y en el PNN Los Nevados (Figura 2).



**Figura 1.** Ecosistemas de alta montaña evaluados para la acumulación de carbono en biomasa vegetal, en el PNN Chingaza, Colombia.



**Figura 2.** Ecosistemas de alta montaña evaluados para la acumulación de carbono en biomasa vegetal, en el PNN Los Nevados, Colombia.

## Parcelas permanentes

Se establecieron nueve parcelas permanentes rectangulares, de 500 m<sup>2</sup> ó 0,05 ha (20 m x 25 m), con 20 sub-parcelas de 5 m x 5 m, y sus vértices se marcaron con tubos de PVC. Cada parcela, se ubicó de manera que quedara rodeada de una franja de vegetación igual a la existente, para reducir los efectos de borde.

En los ecosistemas de alta montaña, se establecieron cuatro parcelas permanentes: una en bosque intervenido (N 1032072 - E 850502, 3152 msnm) y una en bosque no intervenido (N 1032058 - E 850900, 3194 msnm), en el PNN Los Nevados; una en bosque intervenido (N 1007649 - E 1024726, 2650 msnm), y una en bosque no intervenido (N 1007292 - E 1025851, 3041 msnm), en el PNN Chingaza. En el ecosistema de páramo, se establecieron cinco parcelas permanentes: una en páramo intervenido, en el PNN Los Nevados (N 1028219 - E 854298, 3900 msnm), una en páramo intervenido, en el PNN Chingaza (N 1007239 - E 1028298, 2291 msnm); dos en páramo no intervenido, en el PNN Los Nevados (N 1027210 - E 856984, 4250 msnm y N 1026769 - E 855193, 4173 msnm) y una en páramo no intervenido, en el PNN Chingaza (N 1009290 - E 1031116, 3611 msnm), (UNIVALLE & IDEAM, 2008).

Se midieron todos los individuos en las parcelas (altura total, altura de fuste, diámetro del tallo a la altura del pecho: DAP, densidad de la madera). Para las mediciones, se utilizaron cintas métricas y tubos de PVC, de 3 m. La densidad de la madera, se midió, tomando cilindros de 10 cm de longitud. A estos cilindros, se les quitó la peridermis, se pulieron en un torno de ebanistería y finalmente, se secaron en un horno a 70 °C, hasta que perdieron toda la humedad. El peso seco, fue tomado en una balanza de precisión PL-I502-S Mettler Toledo.

## Cálculo de biomasa y carbono

Conceptualmente, la biomasa es la cantidad total de materia orgánica seca (SATO & MADGWICK, 1982) y se calcula, de forma directa, secando la muestra de vegetación en un horno a 70 °C, hasta obtener el peso constante de la muestra.

La biomasa se estima indirectamente (metodología no destructiva), mediante ecuaciones de regresión, que establecen una relación estadística entre una o más variables independientes, de la planta (e.g. altura total, DAP, densidad de la madera, entre otras). Por su parte, el peso seco, se midió, sobre una muestra de vegetación de la misma especie, tomada fuera de las parcelas permanentes. Todos los métodos, implican la destrucción de las plantas durante la medición del peso seco. Es por esto, que las mediciones de peso, se deben efectuar fuera de las parcelas permanentes, pero dentro del mismo tipo de vegetación. Posteriormente, con base en la ecuación de regresión construida, se estima el peso seco de la vegetación, dentro de las parcelas permanentes, a partir de las variables medidas directamente en la vegetación (altura, diámetro, densidad, entre otras) (VALLEJO *et al.*, 2005).

La biomasa de un bosque y la vegetación de páramo, está distribuida, en una gran variedad de componentes agrupados como biomasa aérea (biomasa de tallos, ramas, hojas de árboles, arbustos, lianas y hierbas) y biomasa subterránea (biomasa de raíces gruesas y finas). Para obtener la cantidad de carbono en la

vegetación, se multiplica el valor obtenido de la biomasa, por un factor de 0,5. Este factor, es el resultado de un gran número de estudios, que han demostrado que, en promedio, la materia vegetal, contiene un 50 % de carbono, una vez, se ha removido el agua (MACDICKEN, 1977; FEARNESIDE *et al.*, 1999).

### Biomasa aérea de bosque

Se utilizó la metodología no destructiva o indirecta, de medición de la biomasa aérea de árboles. De esta manera, se aplicó la ecuación de estimación de la biomasa de tipo exponencial propuesta por BROWN *et al.* (1989), con parámetros estimados para bosque húmedo montano (bh-M) en Colombia, por ALVAREZ *et al.* (2011, 2012).

$$BAA = e^{-2.450 + 0.932 \ln(d^2 * h * D)} \quad (\text{ecuación 1}).$$

Donde:

BAA = Biomasa aérea de árbol (kg); d = diámetro a la altura del pecho (cm); e = base de logaritmo natural (2,718271); h = altura total del árbol (cm); D = densidad básica de la madera (kg cm<sup>-3</sup>).

### Biomasa subterránea de bosque

Se utilizó el método no destructivo para evaluar la biomasa subterránea de raíces gruesas (> 5 mm de grosor) de cada árbol marcado, con base en su diámetro. Se utilizó la ecuación 3 calibrada por SIERRA *et al.* (2003), la cual fue desarrollada con muestras de árboles en bosques secundarios y primarios, debido a que puede ser utilizada en ambos casos. Este modelo es considerado adecuado para bosques de alta montaña, debido a que LEUSCHNER *et al.* (2007), encontraron que la biomasa total de raíces, tuvo un incremento no significativo entre 1050 y 3060 m.s.n.m., en los andes ecuatorianos.

$$BSA = - \exp(-4,394 + 2,693 \ln(d)) \quad (\text{ecuación 2}).$$

Donde:

BSA = Biomasa subterránea de árbol, > 5 mm (kg); d = diámetro a la altura del pecho (cm).

### Biomasa total de arbustos de páramo

Debido a la ausencia de ecuaciones para estimar la biomasa de arbustos de páramo en forma indirecta, en la literatura disponible, fue necesario establecer las ecuaciones 3 y 4, que permitieron estimar la biomasa aérea y la biomasa subterránea. Se midió la biomasa en forma directa, en los cuatro géneros más frecuentes de arbustos de páramo (i.e. *Baccharis*, *Diplostephium*, *Espeletia* y *Gynoxys*). Para cada especie se tomaron muestras fuera de la parcela permanente. La ecuación de regresión fue modelada con la altura total de la planta en centímetros y, por tanto, es la unidad de entrada de esta variable para la ecuación.



$$\text{BAP} = -2074,48 + 24,49 * h \quad (\text{ecuación 3}).$$

$$\text{BSP} = -920,51 + 10,83 * h \quad (\text{ecuación 4}).$$

Donde:

BAP = Biomasa aérea de arbusto de páramo (kg). Parámetros estimados con n=10;  $R^2 = 0.6874$ ;  $P = 0,003$ ; cuadrado medio error 588450.

BSP = Biomasa subterránea de arbusto de páramo (kg). Parámetros estimados con n=10;  $R^2 = 0.5763$ ;  $P = 0,0177$ , cuadro medio del error 190221.

h = altura total de la planta (cm).

### Biomasa de pastizales de páramo

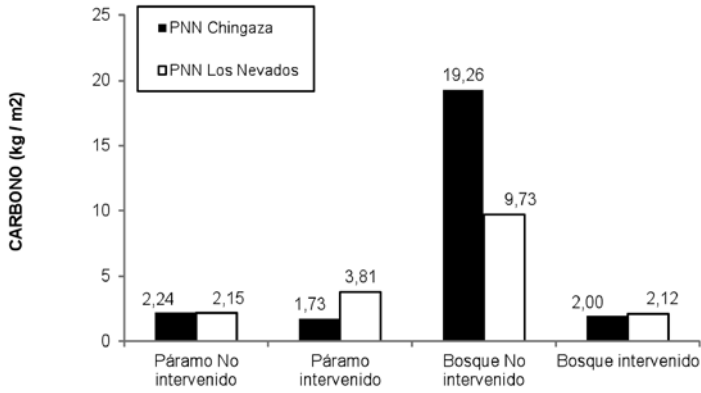
La biomasa aérea y subterránea de pastizales, se midió de forma directa, en transectos de 100 m, con 5 parcelas temporales de 1 m<sup>2</sup>. El transecto, se efectuó fuera y paralelo, a la parcela permanente, pero dentro del mismo tipo de vegetación. El promedio de la biomasa de pastizales, se adicionó, a la biomasa estimada en las parcelas permanentes de páramo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La vegetación del bosque alto andino, en el PNN Chingaza, está representada por los géneros *Clusia*, *Weinmannia* y especies de *Melastomataceae*, *Meliaceae* y *Rubiaceae*. La vegetación del bosque alto andino, en el PNN Los Nevados, está representada principalmente, por los géneros: *Saurauia*, *Oreopanax*, *Cyathea* y especies de *Melastomataceae*.

Es bastante claro, la mayor capacidad de fijación de carbono, en el bosque alto andino no intervenido, en el PNN Chingaza, comparada con el PNN Los Nevados, la cual, es un poco inferior, a la mitad (Figura 3). Lo anterior, se presenta, porque el origen de los suelos del conjunto montañoso del PNN Chingaza, está enriquecido por depósitos de origen submarino, con abundantes fósiles del cretácico; valles planos de origen glaciario y precipitación promedio, superior a 3000 mm (GARCÉS & DE LA ZERDA, 1994), que albergan la vegetación existente, en contraste, con el conjunto montañoso, en el PNN Los Nevados, de relieve abrupto y precipitación promedio, entre 1000 y 2000 mm.

El carbono acumulado por el bosque alto andino intervenido, representa, tan solo el 10 y 20 %, del carbono acumulado, en el bosque alto andino no intervenido, en el PNN Chingaza y PNN Los Nevados, respectivamente (Figura 3). Esto demuestra, una mayor presión de intervención en el PNN Chingaza, comparada con el PNN Los Nevados. Esto se debe a que, en el PNN Chingaza, el uso de los suelos, entre los 3000 y 3500 msnm, ha estado, quizás, por más de 300 años, orientado principalmente, hacia actividades agrícolas y pecuarias, como el cultivo de papa y la ganadería extensiva, prácticas que en algunos casos, implican la introducción de pastos mejorados (VARGAS & PEDRAZA, 2004).



**Figura 3.** Carbono acumulado por la vegetación, en el PNN Chingaza y PNN Los Nevados, Colombia (Kg / m<sup>2</sup>).

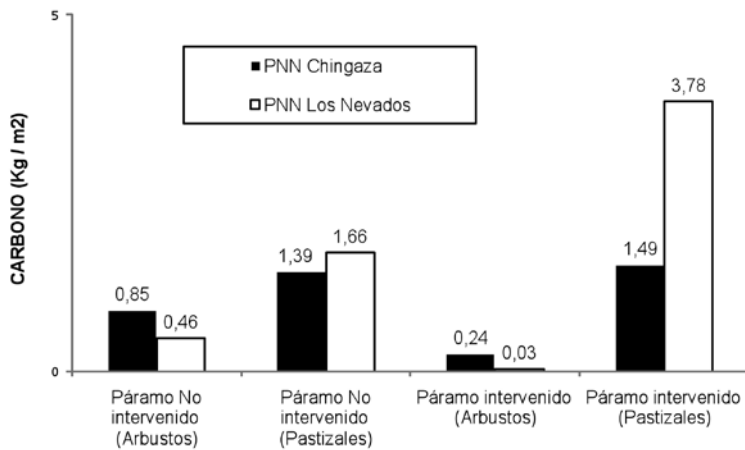
Una vez, se han alcanzado altos niveles de intervención del bosque, la acumulación de carbono, es bastante baja (Figura 3). Esta misma situación, la documentó LAPEYRE *et al.* (2004), en el Perú, donde los sistemas de bosques intervenidos evaluados, tienen los contenidos más bajos de captura de carbono, comparado con los ecosistemas no intervenidos.

La vegetación leñosa o arbustiva, en el páramo del PNN Chingaza, está representada por arbustos como: *Hypericum goyanesii* Cuatrc., *Espeletia argentea* Bonpl., *Espeletia grandiflora* Bonpl., *Bejaria resinosa* Mutis, *Berberis glauca* DC., y *Aragoa* sp. En el páramo del PNN Los Nevados, las especies más comunes son: *Baccharis latifolia* (Ruiz & Pav.) Pers., *Escallonia myrtoidea* Bertero, *Diplostephium* sp., *Gynoxys* sp., y *Espeletia* spp. Los pastizales, en páramos no intervenidos, están representados principalmente, por géneros de: Poaceae, como *Agrostis* y *Calamagrostis*, mientras que, en los pastizales del páramo intervenido, además de estas especies, hay poblaciones de Poaceae de porte alto *Cortaderia* sp., y de una Poaceae, introducida, de las tierras altas de África, *Pennisetum clandestinum* Hochst., la cual es más abundante en el PNN Los Nevados. Este pasto forrajero, es muy apetecido por los ganaderos, debido a su alta producción de biomasa, que repercute, positivamente, en la producción de leche. Tiene además, un crecimiento rizomatoso, bastante agresivo, que hace más fácil, su proliferación y más difícil, su erradicación.

Los resultados de carbono acumulado, por la vegetación de bosque y páramo no intervenidos, en los dos parques nacionales naturales (Figura 3), presentan similitudes, con la tendencia mostrada en el trópico americano por HOFSTEDE (1999), en el cual, la vegetación de bosques, acumula un promedio de 25 kg/m<sup>2</sup> y la vegetación de páramo, acumula un promedio 2 kg/m<sup>2</sup>.

La mayor acumulación de carbono en vegetación arbustiva de páramo, en el PNN Chingaza (Figura 4), se explica, probablemente, por las condiciones climáticas

más húmedas, que favorecen el establecimiento y crecimiento, más exitoso de la vegetación leñosa en este ambiente, con una precipitación media anual de 2700 mm, para esta zona de estudio, que comprende las alturas, entre 3000 y 3800 msnm (VARGAS & PEDRAZA, 2004), comparado con el ambiente más seco en el PNN Los Nevados, con una precipitación media anual, de 1500 mm para esta zona de estudio, que comprende las alturas, entre 3800 y 4500 msnm (LOTERO *et al.*, 2006). Este aspecto, es muy importante, cuando se comparan las parcelas de páramo intervenido, debido a que, la acumulación de carbono, en vegetación arbustiva, es notoriamente menor, en el PNN Los Nevados. Si a este factor climático natural, se le agrega la intervención antropogénica, se observa que, el resultado, es una pobre acumulación de carbono en este ambiente seco e intervenido. Con lo anterior, podemos concluir, que la vegetación arbustiva de páramo del PNN Los Nevados, es más frágil, a la intervención antropogénica y esto, repercute directamente, en una disminución de la capacidad de acumular carbono.



**Figura 4.** Carbono acumulado por la vegetación de páramo, en el PNN Chingaza y PNN Los Nevados, Colombia (Kg / m<sup>2</sup>).

La producción de biomasa y por ende, el aporte de carbono, por parte de la vegetación arbustiva de los páramos, son mucho más bajos, que la producción de biomasa y fijación de carbono, en los pastizales de páramos (Figura 4). Esto se explica, debido a que la vegetación arbustiva, tiene un crecimiento más lento en el páramo, debido a las condiciones ambientales extremas, como son: la escasa densidad del aire; humedad del aire, con cambios rápidos y bruscos; por la acción de los vientos; ambiente seco por la fuerte radiación solar, como consecuencia de la poca densidad de la atmósfera en grandes alturas; baja temperatura media y heladas nocturnas, que inducen latencia en los tejidos (GUHL, 1982).

El aporte de carbono por la vegetación de pastizales, fue inverso al aporte de carbono por la vegetación arbustiva, en el páramo de ambos parques nacionales

naturales (Figura 4). Este aporte, es mucho más alto en el PNN Los Nevados, que en el PNN Chingaza. Esto debido a que, la cobertura vegetal de pastizales en el páramo de PNN Los Nevados, sobrepasa la cobertura de vegetación arbustiva. Este alto nivel de carbono en los pastizales del páramo intervenido del PNN Los Nevados, es aportado por especies robustas de Poaceae, como *Cortaderia* y especies de crecimiento agresivo, que forman grandes masas de vegetación seca y verde, como el pasto forrajero *Pennisetum clandestinum*.

En el páramo intervenido del PNN Chingaza, la acumulación de carbono, fue menor que en el páramo no intervenido (Figura 3), posiblemente, porque la intervención, ha sido muy fuerte, en detrimento de la vegetación y su dinámica. Esto se debe, a la práctica de quemas, que ocurren en estos páramos para introducir la generación de pajonales jóvenes y tiernos, que sirven de alimento al ganado (LAEGAARD, 1992; VARGAS, 2000; VARGAS *et al.* 2002).

En el PNN Los Nevados, la acumulación de carbono en el páramo intervenido, fue sorprendentemente, más alta, que en el páramo no intervenido, debido a un componente del pastizal del páramo, que tiene características diferentes, a los pastos nativos. Se trata del pasto *Pennisetum clandestinum*, nativo de África, que al igual que la mayoría de Poaceae introducidas a América desde el continente africano, tiene una biomasa mucho más elevada, que se va acumulando en forma aérea y en forma subterránea, debido a su exitoso crecimiento rizomatoso.

## CONCLUSIONES

En el páramo intervenido del PNN Chingaza, la acumulación de carbono, fue menor, que en el páramo no intervenido, se observa que, la intervención, ha sido más fuerte, en detrimento de la vegetación y su dinámica.

En el PNN Los Nevados, la acumulación de carbono en el páramo intervenido, fue sorprendentemente, más alta, que en el páramo no intervenido, debido a la presencia del pasto *Pennisetum clandestinum*, introducido en América, por sus cualidades forrajeras para el ganado, el cual tiene una biomasa mucho más elevada. Debido a las condiciones ambientales extremas en el páramo, esta vegetación, tiene una biomasa menor, que la vegetación de bosque alto andino.

Los bosques altos andinos más conservados, tienen la mayor capacidad medida en este estudio para acumular carbono, la cual se puede minimizar, drásticamente, por la intervención de los bosques, como la fragmentación y tala. Por esta razón, es muy importante conservar el bosque alto andino en el estado más natural posible, debido a que éste, posee un mayor reservorio de carbono.

## AGRADECIMIENTOS

Esta investigación, se realizó gracias a la donación japonesa, al “Proyecto Piloto Nacional Integrado de Adaptación al Cambio Climático: ecosistemas colombianos de alta montaña, áreas insulares del Caribe y salud humana”; gracias al trabajo del Grupo Técnico y Científico del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios

Ambientales (IDEAM); al Grupo de Ecosistemas de Alta Montaña (ECOALMO) y el Grupo de Biología Vegetal Aplicada de la Universidad del Valle. Los autores, agradecen los aportes realizados por Esteban Álvarez, que contribuyeron a mejorar este manuscrito.

## BIBLIOGRAFÍA

- ÁLVAREZ, E., SALDARRIAGA, J. G., DUQUE, A. J., CABRERA, K. R., YEPES, A. P., NAVARRETE, D. A., PHILLIPS, J. F., 2011.- *Selección y validación de modelos para la estimación de la biomasa aérea en los bosques naturales de Colombia*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM- Bogotá, Colombia. 26 p.
- ÁLVAREZ, E., DUQUE, A., SALDARRIAGA, J., CABRERA, K., SALAS DE LAS, G., VALLE DEL, I., LEMA, A., MORENO, F., ORREGO, S. RODRÍGUEZ, L., 2012.- Tree above-ground biomass allometries for carbon stocks estimation in the natural forests of Colombia. *Forest Ecology and Management*, 267: 297-308.
- BRADY, N. & WEIL, R., 2002.- *The nature and properties of soils*. 13 ed. Prentice-Hall, New Jersey.
- BROWN, S., GILLESPIE, A. J., LUGO, A. E., 1989.- Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data. *Forest Science*, 35 (4).
- CASTAÑO, C., CARRILLO, R. & SALAZAR, F., 2002.- Sistema de Información Ambiental de Colombia, Tomo III. *Perfil del estado de los recursos naturales y del medio ambiente en Colombia 2001*. IDEAM. Ministerio del Medio Ambiente.
- DAUBER, E., TERÁN, J., GUZMÁN, R., 2000.- Estimaciones de biomasa y carbono en bosques naturales de Bolivia. *Revista Forestal Iberoamérica*, 1(1): 1-10.
- FEARNESIDE, P. M., GRACA, P. M. L., NILHO, N. L., RODRIGUES, F. J. A., ROBINSON, J. M., 1999.- Tropical forest burning in Brazilian Amazonia: Measurement of biomass loading, burning efficiency and charcoal formation at Altamira, Pará. *Forest Ecology and Management*, 123: 65-79.
- GARCÉS, D., DE LA ZERDA, S., 1994.- *Gran libro de los parques nacionales de Colombia*. Intermedio Editores, Bogotá. 230 p.
- GUHL, E., 1982.- *Los páramos circundantes de la Sabana de Bogotá*. Jardín Botánico José Celestino Mutis. Bogotá.
- HOFSTEDE, R., 1999.- El páramo como espacio para la fijación de carbono atmosférico (en) MEDICINA, G. & MENA, P. (ed.) *El páramo como espacio para la fijación de carbono atmosférico. Serie Páramo 1*. GTP/Abya Yala, Quito.
- HOUGHTON, J. T., DING, Y., GRIGGS, D. J., NOGUER, M., VAN DER LINDEN, P. J., DAI, X., MASKELL, K., JONHNSON, C. A., 2001.- *The scientific basis: IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change*. Contribution of Working Group 1 to the IPCC Third Assessment. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 944 p.
- IDEAM, 2002.- *Páramos y ecosistemas alto andinos de Colombia en Condición HotSpot & Global Climatic Tensor*. IDEAM (Instituto de Meteorología, Hidrología y Estudios Ambientales), Bogotá, Colombia.
- IPCC, 2000.- *Land use, land-use change, and forestry special report*. Cambridge University Press. 377 p.
- IPCC, 2007.- *Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. IPCC, Ginebra, Suiza, 104 p.
- LAL, R., 2004.- Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma*, 123: 1-22.
- LAPEYRE, T., ALEGRE, J., ARÉVALO, L., 2004.- Determinación de las reservas de carbono de biomasa aérea, en diferentes sistemas de uso de la tierra en San Martín, Perú. *Ecología Aplicada*, 3 (1, 2): 35-44.
- LAEGAARD, S., 1992.- Influence of fire in the grass páramo vegetation of Ecuador: 151-170 (en) BALSLEV, H. & LUTEYN, J. L. (eds.) *Paramo: An andean ecosystem under human influence*. Academic Press, San Diego.
- LEUSCHNER, C., MOSER, G., BERTSCH, C., RÖDERSTEIN, M., HERTEL, D., 2007.- Large altitudinal increase in tree root/shoot ratio in tropical mountain forests of Ecuador. *Basic and Applied Ecology*, 8 (3): 219-230.
- LOTERO J., DOSSMAN, M., CASTILLO, C. & GIRALDO, M., 2006.- *Plan básico de manejo 2006-2010. Parque Nacional Natural Los Nevados*. Documento preparado por Parques Nacionales Naturales de Colombia Dirección Territorial Noroccidente, Colombia, Medellín.
- MACDICKEN, K. G., 1997.- *A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects. Forest Carbon Monitoring Program*. Winrock International Institute for Agricultural Development. 91 p.
- MAVDT, IDEAM, PNUD., 2001.- *Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Bogotá, Colombia.
- SATOO, T., MADGWICK, H. A. I., 1982.- *Forest biomass*. Junk, The Hague. 152 p.

- SIERRA, C. A., DEL VALLE, J.I., ORREGO, S.A., 2003.- Ecuaciones de biomasa de raíces en bosques primarios intervenidos y secundarios: 169-189 (en) ORREGO, S. A., DEL VALLE, J. I. & MORENO, F. H. (eds.) *Medición de la captura de carbono en ecosistemas forestales tropicales de Colombia: Contribuciones para la mitigación del cambio climático*. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, Centro Andino para la Economía en el Medio Ambiente, Bogotá. 314 p.
- UNIVALLE, IDEAM, 2008.- *Validación del protocolo para la caracterización de los ciclos de agua y carbono en ecosistemas de alta montaña y diseño, instalación y puesta en operación de la red de monitoreo para determinar los impactos del cambio climático en dichos ciclos*: 456 (en) UNIVALLE, Instituto de Meteorología, Hidrología y Estudios Ambientales (IDEAM), Cali, Colombia.
- VALLEJO-JOYAS, M. I., LONDOÑO-VEGA, A. C., LÓPEZ-CAMACHO, R., GALEANO, G., ÁLVAREZ-DÁVILA, E., DEVIA-ÁLVAREZ, W., 2005.- *Establecimiento de parcelas permanentes en bosques de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt*. Bogotá. 310 p.
- VAN DER HAMMEN, T., 1995.- La dinámica del medio ambiente en la alta montaña colombiana: historia, cambio global y biodiversidad: 11-15 (en) LOZANO, J. A., PABÓN, J. D. (eds.) *Memorias del Seminario Taller sobre alta montaña Colombiana*. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Colección Memorias No. 3. Bogotá.
- VAN DER HAMMEN, T., 1997.- Ecosistema terrestre: Páramo: 9-37 (en) CHAVES, M. E. & ARANGO, N. (eds.) *Informe nacional sobre el estado de la biodiversidad*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Instituto Humboldt, PNUMA, Minambiente.
- VARGAS, O., 2000.- Sucesión regeneración del páramo después de quemas. Colombia: Tesis, Maestría. Universidad Nacional de Colombia. Departamento de Biología. Bogotá.
- VARGAS, O., PREMAUER, J. & ZALAMEA, M., 2002.- *Impacto de fuego y ganadería sobre la vegetación de páramo*. Ministerio del Medio Ambiente, CAR, IDEAM, Conservación Internacional. pp. 819-841.
- VARGAS O., PEDRAZA, P., 2004.- *Parque Nacional Natural Chingaza*. Gente Nueva Editorial. Bogotá. 197 p.
- VERWEIJ, P. A., KOK, K. & BUDDE, P. E., 2003.- Aspectos de la transformación del páramo por el hombre (en) VAN DER HAMMEN, T., DOS SANTOS, A. G. (eds.) *Estudios de ecosistemas tropoandinos Volumen 5. La Cordillera Central Colombiana. Transecto Parque Los Nevados*. Berlin-Stuttgart.
- WATSON, R. T., NOBLE, I. R., BOLIN, B., RAVINDRANATH, N. H., VERARDO, D. J., DOKKEN, D. J., 2000.- *IPCC Special Report, Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, 377 p.

# COLECCIONES BIOLÓGICAS: UNA ALTERNATIVA PARA LOS ESTUDIOS DE DIVERSIDAD GENÉTICA

Paula A. Ossa L.<sup>1</sup>, Javier Mauricio Giraldo M.<sup>1</sup>, Germán Ariel López G.<sup>1</sup>, Lucimar G. Díaz<sup>1</sup>, Fredy A. Rivera P.<sup>1</sup>

## Resumen

Actualmente, las técnicas moleculares han ganado protagonismo en el estudio de la biodiversidad, y se han privilegiado los estudios genéticos con ADN de muestras frescas, procedentes de poblaciones naturales. Sin embargo, teniendo en cuenta el inmenso potencial de información que reposa en las colecciones biológicas, se han realizado esfuerzos por obtener ADN de buena calidad, a partir de estos ejemplares algunas veces olvidados, lo que se ha convertido en alternativa para los estudios de biodiversidad en países como Colombia. A pesar de la dificultad reportada en la literatura para realizar investigaciones genéticas con los ejemplares de museo, por el efecto de las soluciones fijadoras sobre la integridad del ADN, en este estudio, se evaluó la viabilidad del ADN extraído de tejidos de serpientes de la especie *Bothriechis schlegelii*, con algunas muestras, que tienen más de 70 años de conservación en los museos colombianos. Se analizaron 60 muestras pertenecientes, a colecciones biológicas de tres museos: Serpentario y Colección Biológica de la Universidad del Cauca (Popayán), Museo de Historia Natural de la Universidad de Caldas (Manizales) y la Colección Biológica del Colegio San José del Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín. El ADN, fue extraído por dos métodos: a) Kit comercial Qiagen DNeasy blood and tissue y b) Fenol-Cloroformo-Alcohol-Isoamílico. La calidad y cantidad de ADN, en ambos casos, se evaluó por espectrofotometría y amplificación por PCR de los genes mitocondriales 12S, 16S y COI y los ribosomales 18S y 28S. Con el kit comercial Qiagen DNeasy blood and tissue, se obtuvo el mejor resultado de extracción. Los iniciadores correspondientes a los genes 18S y 28S, presentaron la mayor eficiencia de amplificación. Se concluye que, los organismos conservados en las colecciones biológicas, son un material con alto potencial de uso en estudios moleculares, independientemente, del tiempo de preservación.

**Palabras clave:** *Bothriechis*, colecciones biológicas, diversidad genética, PCR.

## BIOLOGICAL COLLECTIONS: AN ALTERNATIVE FOR GENETICS DIVERSITY STUDIES

### Abstract

Recently, molecular techniques have gained the lead in the study of biodiversity, and have privileged genetic studies with fresh DNA samples from natural populations. Nevertheless, considering the great potential of information that lies in the biological collections, efforts have been made to obtain good quality DNA from these sometimes forgotten exemplars which have become an alternative for biodiversity studies in countries such as Colombia. Despite the literature reported difficulty in carrying out genetic investigations with museum exemplars due to the effect of fixing solutions on DNA integrity, in this study, DNA extracted from

\* FR: 24-V-2012. FA: 24-VIII-2012.

<sup>1</sup> Grupo de investigación: Genética, Biodiversidad y Fitomejoramiento: GEBIOME, Departamento de Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Caldas, Manizales, Caldas, Colombia. E-mail: paulaandrea\_ossa@hotmail.com, plamao43@hotmail.com, german.lopez@ucaldas.edu.co, lucimar.dias@ucaldas.edu.co, fredy.rivera@ucaldas.edu.co.

serpent tissues of the species *Bothriechis schlegelii* was evaluated in terms of its viability, of which some samples had more than 70 years of conservation in Colombian museums. Sixty samples from the biological collections of three museums were analyzed: the Serpentario y Colección Biológica de la Universidad del Cauca (Popayán), Museo de Historia Natural de la Universidad de Caldas (Manizales), and the Colección Biológica del Colegio San José del Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín. The DNA was extracted by two methods: a) Qiagen DNeasy Blood and Tissue commercial kit and b) phenol-chloroform-isoamyl alcohol. The DNA quality and quantity were evaluated, in both cases, by spectrophotometry and PCR amplification of the mitochondrial 12S, 16S, and COI genes and the ribosomal 18S and 28S genes. The best extraction results were obtained from the Qiagen DNeasy Blood and Tissue kit. The corresponding primers of the 18S and 28S genes showed the best amplification efficiency. It is concluded that organisms conserved in biological collections are material with high potential for use in molecular studies, independently of their preservation time.

**Key words:** *Bothriechis*, biological collections, genetic diversity, PCR.

## INTRODUCCIÓN

Colombia es reconocida internacionalmente, como un país megadiverso, el cual alberga el 10 % de la biodiversidad del planeta, representando actualmente, un 20 % del total de aves del mundo, 7 % de mamíferos terrestres y 6 % del total de reptiles (FIERRO, 2012). El Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), reporta que, hasta el 2009, se habían evaluado en Colombia, 47.677 especies de las cuales, el 36 %, se considera en peligro de extinción, según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), (SECRETARÍA DEL CONVENIO SOBRE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA, 2010).

Según el IAvH (2010), en Colombia, se registran 1.971 especies de plantas y animales amenazadas, que precisan de esfuerzos para la implementación de estrategias de conservación y uso sostenible de estos recursos biológicos. Este panorama de impacto, sobre la biodiversidad, se ve influenciado por diferentes acciones antropogénicas, que afectan áreas, con elementos bióticos diversos, aún sin descubrir a lo largo del territorio colombiano, con gran número de especies de fauna y flora, caracterizada por una restringida distribución geográfica, lo cual implica, una alta tasa de endemismos y por consiguiente, una alta vulnerabilidad de estas especies (FIERRO, 2012). No obstante, los estudios sobre biodiversidad (inventarios, monitoreos, estudios de línea base, entre otros), realizados por universidades nacionales, grupos o centros de investigación, que generalmente, capturan ejemplares, que luego son preservados (voucher specimens), en colecciones científicas públicas o privadas (PÁEZ, 2004; VALLEJO & ACOSTA, 2005; CRISTÍN & PERRILLIAT, 2011). Estas colecciones biológicas, han sido de especial relevancia para la profundización, de estudios biológicos, ecológicos, sistemáticos, que son aprovechados por investigadores nacionales o extranjeros, incluso, para el intercambio de especímenes (MESA, 2005).

Las colecciones biológicas, han sido fundamentales para la conservación del patrimonio biológico, al promover el conocimiento de la biodiversidad y sus usos, además apoyan, el desarrollo de investigaciones, que contribuyen con el inventario nacional de biodiversidad (SIMMONS & MUÑOZ-SABA, 2005; DELGADILLO & GÓNGORA, 2009; CRISTÍN & PERRILLIAT, 2011). Tradicionalmente, estas colecciones, se han utilizado como herramientas de docencia, para realizar



comparaciones morfológicas/biométricas y/o para identificación de especies. Son escasas las investigaciones moleculares, que se han adelantado utilizando ejemplares de colecciones biológicas colombianas. La mayoría de estos estudios, se han desarrollado en las áreas de: sistemática clásica, ecología y biogeografía (PÁEZ, 2004; MESA, 2005; DELGADILLO & GÓNGORA, 2009).

Las investigaciones moleculares, registran dificultad para realizar estudios que involucren especímenes de museo, debido al notable deterioro de biomoléculas como el ADN y las proteínas, por efecto de las sustancias fijadoras, como: el formaldehído, parafina, alcohol etílico; utilizadas comúnmente, para la preservación de los ejemplares. Además, en algunos casos, se carece de la información de campo (geográfica y ambiental), en el trabajo curatorial y registro de la información detallada (SHEDLOCK *et al.*, 1997; SRINIVASAN *et al.*, 2002; BOSCH *et al.*, 2005; CAUDRON *et al.*, 2007).

La obtención de muestras de especies silvestres para la realización de estudios moleculares, sigue siendo una de las principales limitaciones, para el avance de este tipo de investigación, debido a que muchas veces, requieren el sacrificio del animal (muestras destructivas); en otras ocasiones, es necesario la captura, para realizar la extracción de sangre o hacer la biopsia (muestra invasiva); mientras que, en otros casos, se puede obtener el ADN, sin capturar, ni fatigar al animal (plumas sueltas, escamas de muda, heces, entre otras) o recolectando las muestras de tejido muscular, de cadáveres de animales encontrados en el campo (muestra no-invasiva) (TABERLET *et al.*, 1999). Se considera que las muestras de las colecciones biológicas de museos, pertenecen a ésta última categoría (BOSCH *et al.*, 2005). Por consiguiente, es evidente, que las colecciones biológicas, deben permanecer bajo un enfoque de conservación preventiva, con un gran potencial para profundizar en el conocimiento de la biodiversidad, incluso, en el nivel molecular (SIMONS & MUÑOZ, 2005; DELGADILLO & GÓNGORA, 2009).

Esta investigación, exploró la viabilidad de utilizar como fuente de extracción de ADN, especímenes conservados en las colecciones biológicas de tres museos colombianos, que facilite, la obtención de información, en el estudio de la variabilidad genética de la especie *B. schlegelii*. Este tipo de análisis, puede ser un elemento fundamental para adelantar estudios: filogenéticos, biogeográficos, ecológicos y toxicológicos, con especímenes depositados en museos. Para el caso *B. schlegelii*, el estudio tiene una importancia destacada, debido a que la especie, presenta, además de discrepancias taxonómicas, una variación en la composición del veneno, sumado a que los accidentes por esta especie, ocupan el primer lugar en las zonas cafeteras y en el norte de Antioquia (QUINTANA *et al.*, 2000; CASTOE & PARKINSON, 2006; ARIKAN *et al.*, 2008). De esta forma, con la caracterización molecular de las diferentes poblaciones de *B. schlegelii*, es posible asociar la composición del veneno, además de realizar investigaciones toxicológicas y bioquímicas (ALAPE-GIRÓN *et al.*, 2008).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se revisaron las colecciones biológicas de tres museos colombianos (Anexo 1), durante los meses de septiembre, octubre y noviembre, de 2010: Serpentario y Colección Biológica de la Universidad del Cauca (MHNUC-Se), Colección Biológica

del Colegio San José del Instituto Tecnológico Metropolitano (CSJ-H) y Museo de Historia Natural de la Universidad de Caldas (MHN-UC). Se analizaron 60 individuos (18 del MHN-UC-Se, 38 de la CSJ-H y 4 de MHN-UC), de la especie *B. schlegelii*, fijados en formaldehído al 10 % y posteriormente, en alcohol etílico, al 75 % (MESA, 2005; SIMMONS & MUÑOZ-SABA, 2005), de cada espécimen, se obtuvieron fragmentos de escamas ventrales (2 cm<sup>2</sup> de muestra, equivalentes aproximadamente, a seis escamas de un organismo adulto). Cada muestra, se rotuló y almacenó, en tubos Eppendorf de 1,5 mL, con etanol al 70 %, según lo recomendado por SALOMÃO *et al.* (1999) y CAMPBELL-STATON (2008).

Las muestras se limpiaron con una solución tampón fosfato salina (conocida por sus siglas en inglés como PBS; pH= 7,2), que remueve o elimina el fijador y disminuye la probabilidad de inhibir la reacción de PCR, según el protocolo comercial de QIAGEN (2006). La extracción del ADN, se realizó por los métodos Fenol-Cloroformo-Alcohol-Isoamílico (KOCHER *et al.*, 1989, BELLO *et al.*, 2001) y el *DNeasy blood and tissue kit* de Qiagen (VIDAL *et al.*, 2007), macerando una o dos escamas, de cada organismo (25 mg de muestra).

La cantidad y calidad de ADN, se determinó mediante un espectrofotómetro, marca NanoVue, utilizando la razón de absorbancia de 260/280 nm, donde valores entre 1,6 y 1,9 se consideran indicadores de buena calidad del ADN y muestras con valores < 1,6 pueden indicar la presencia de proteínas u otros elementos absorbentes de UV en la muestra, tales como compuestos orgánicos, entre ellos el fenol. Los valores > 1,9 indican la presencia de ARN (AMARU *et al.*, 2006; LOPERA-BARRERO *et al.*, 2008).

La amplificación por PCR para el estudio de regiones correspondientes a los genes mitocondriales 12S, 16S y COI (Citocromo Oxidasa I), se evaluaron con los iniciadores 12Sai-12Sbi; 16Sa-16Sb (SIMON *et al.*, 1994; OGDEN & WHITING, 2005; SHEKHAR *et al.*, 2005), LCO1490-HCO2198 (FOLMER *et al.*, 1994). Además, se diseñaron dos parejas de iniciadores (18Sf-18Sr y 28Sf-28Sr), para los genes 18S y 28S del ADN ribosomal (Tabla 1), utilizando las secuencias del *GenBank* EF125058, de la especie *Cerastes cerastes* y M59413, de la especie *Heterodon platirrhinos*. El diseño de iniciadores, se realizó con el programa Primer-BLAST.

La mezcla de reacción para PCR, se llevó a cabo en 20 µL, que contenían de 2 a 4 µL de ADN, 0,8 mM de la mezcla de dNTP's, 1 unidad de Taq polimerasa, 1,5 mM de MgCl<sub>2</sub>, 0,4 µM, de cada iniciador y 2 µL del buffer 10X para PCR. La amplificación, se realizó en un termociclador (Bio-Rad PTC-100), con el siguiente perfil térmico: desnaturalización inicial de 95 °C x 5 min, seguido de 30 ciclos de desnaturalización, a 94 °C x 30 s, anillamiento a 50 °C x 30 s, extensión a, 72 °C x 1 min y una elongación final de 72 °C por 5 minutos. Los amplicones, se visualizaron, en geles de poliacrilamida al 6 %, coloreados con nitrato de plata (SANGUINETTI *et al.*, 1994; GARCÍA, 2000).

Conociendo las limitaciones y dificultades, que pueden presentarse en la amplificación de ADN procedente de muestras obtenidas, de las colecciones biológicas (TABERLET *et al.*, 1999; BOSCH *et al.*, 2005), los iniciadores de PCR, se evaluaron utilizando como controles positivos, el ADN obtenido de escamas y mudas (almacenadas posteriormente, en alcohol al 70 %, sin pasar por un proceso de fijación con formol) de tres organismos vivos de *B. schlegelii* y otro del género *Clelia*. Para la prueba piloto, sobre tejido fijado en formol, se utilizó un ejemplar

del género *Bothrops*, que fue fijado por el método tradicional con formalina (formol o formaldehído) al 10 % y preservado en alcohol al 70 %, según los protocolos para la preservación y el manejo de las colecciones biológicas colombianas (MESA, 2005; SIMMONS & MUÑOZ-SABA, 2005). Los productos de amplificación por PCR, fueron visualizados en geles de poliacrilamida al 6 %, coloreados con nitrato de plata (SANGUINETTI *et al.*, 1994; GARCÍA, 2000).

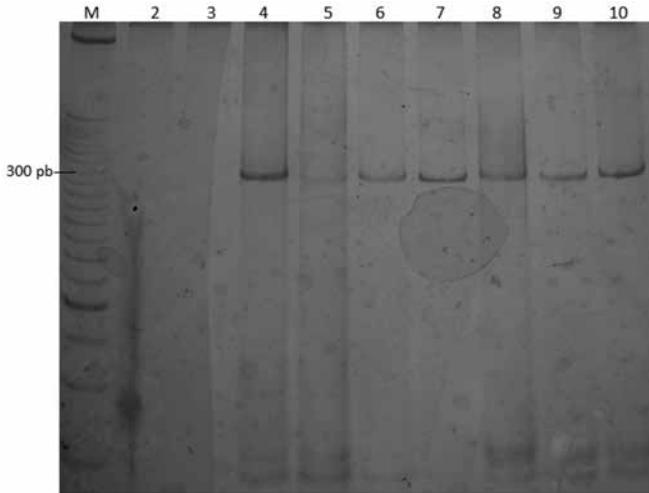
**Tabla 1.** Iniciadores utilizados para la caracterización molecular de *Bothriechis schlegelii*.

Gen	Iniciadores	Secuencia de los iniciadores (5' - 3')
18S <sub>r</sub>	18Sforward	ACAAACGTTTACATGGATAACCGTGGT
	18Sreverse	CGCGCCTGCTGCCTTCCTTA
28S <sub>r</sub>	28Sforward	CGGTAACGCGACCGATCCCG
	28Sreverse	CCTCTCTCGGGGCGAACCCA
COI <sub>mt</sub>	LCO1490	GGTCAACAAATCATAAAGATATTGG
	HCO2198	TAAACTTCAGGGTGACCAAAAAATCA
16S <sub>mt</sub>	16Sa	GCCTGTTTATCAAAAACAT
	16Sb	CTCCGGTTTGAACTCAGATCA
12S <sub>mt</sub>	12Sai	AACTACGATTAGATACCCTATTAT
	12Sbi	AAGAGCGACGGGCGATGTGT

## RESULTADOS

Si se tiene en cuenta la evaluación de ADN planteada por AMARU *et al.* (2006) y LOPERA-BARRERO *et al.* (2008), con el protocolo de extracción tradicional con Fenol-Cloroformo-Alcohol-Isoamílico, se logró extraer ADN de buena calidad, 11 de 60 muestras estudiadas (18,33 %), las concentraciones variaron entre 31 y 130,5 ng/μL. Con el kit comercial Qiagen *DNeasy blood and tissue*, se logró extraer ADN de buena calidad a partir de 54 muestras (90 %), con concentraciones, que oscilaron entre 103 y 160,5 ng/μL. El ADN procedente de muestras de organismos vivos, fue de buena calidad (a excepción de la muestra de *Bothrops asper*), independientemente, del método de extracción utilizado y con un rango de variación en la concentración del ADN entre 110 y 125,5 ng/μL.

Las amplificaciones del ADN por PCR, mostraron iniciadores muy sensibles para ser utilizados en estas muestras (Figura 1 y Tabla 2) y otros, se ven limitados para utilizarlos en la amplificación de ADN procedente de colecciones biológicas. La evaluación de los dos métodos de extracción, mostraron diferencias en la eficiencia de extracción del ADN a favor del kit comercial de Qiagen, lo cual se ve reflejado también, en la eficiencia de la amplificación por PCR (Tablas 2 y 3).



**Figura 1.** Amplificación del gen 18S del ADN<sub>r</sub>, con los iniciadores 18Sf-18Sr, en gel de poliacrilamida al 6 %, coloreado con nitrato de plata. Carril 1, Marcador de peso molecular (incrementos cada 25 pb); Carril 2, Control de reacción; Carril 3, Control negativo; Carril 4, Control positivo *Bothriechis schlegelii* (muestra Bs-061); Carriles 5 a 10, *Bothriechis schlegelii* (muestras Bs-001, Bs-002, Bs-006, Bs-019, 020 y Bs-022, respectivamente).

**Tabla 2.** Comparación de métodos de extracción de ADN de *Bothriechis schlegelii* de tres colecciones biológicas colombianas a través de amplificación por PCR.

Iniciador	MÉTODO DE EXTRACCIÓN DE ADN					
	Fenol- Cloroformo-Alcohol Isoamílico			<i>DNeasy blood and tissue Kit</i>		
	A	NA	% de eficiencia	A	NA	% de eficiencia
16Sa-16Sb	25	35	<b>41,7</b>	22	38	<b>36,7</b>
12Sa-12Sb	0	60	<b>0</b>	4	56	<b>6,7</b>
28Sf-28Sr	24	36	<b>40</b>	60	0	<b>100</b>
18Sf-18Sr	27	33	<b>45</b>	54	6	<b>90</b>

A: Amplificó, NA: No amplificó.

**Tabla 3.** Peso molecular aproximado en pares de bases (pb) de las muestras amplificadas con los diferentes marcadores moleculares.

Gen	Iniciador	<i>Bothriechis schlegelii</i>	<i>Clelia clelia</i>	<i>Bothrops asper</i>
16Smt	16Sa-16Sb	600	600	600
12Smt	12Sai-12Sbi	380	380	380
COImt	LCO1490-HCO2198	890	890	---
28r	28Sf-28Sr	115	115	115
18r	18Sf-18Sr	300	300	300

## DISCUSIÓN

El porcentaje de eficiencia en la extracción de ADN, a partir de muestras de especímenes de *Bothriechis schlegelii*, depositados en colecciones biológicas, fue superior ( $\approx 72\%$  más efectivo) con el kit comercial *DNeasy blood and tissue*, frente al método tradicional Fenol-Cloroformo-Alcohol-Isoamílico. Los resultados, apoyan la hipótesis que, es posible extraer ADN, eficientemente, a partir de muestras depositadas, en museos o en colecciones biológicas, con aplicación en estudios moleculares, que impliquen la amplificación posterior por PCR, de genes mitocondriales y nucleares, permitiendo obtener un elevado número de copias de una región concreta de este ácido nucleico; incluso, partiendo de una mínima cantidad inicial, ha facilitado extraordinariamente, el estudio con muestras que contienen poco ADN. Estos resultados, son concomitantes, con lo reportado por JIMÉNEZ *et al.* (2007), quienes extrajeron ADN, de material biológico parafinado en muestras patológicas, como: tumor congénito de pulmón, tumor de base del hígado, osteosarcomas, entre otros.

La cantidad y calidad del ADN obtenido de los ejemplares de museo, fue suficiente para optimizar reacciones de PCR (Tabla 2). En este sentido, CAMPBELL-STATION (2008), obtuvieron resultados similares, a partir de muestras de ADN procedente de piel de reptil, con concentraciones de ADN, dentro del rango de 4,2 a 95,9 ng/ $\mu$ L. Así mismo, SHEDLOCK *et al.* (1997), obtuvieron más de un 82 %, de éxito, al amplificar fragmentos de ADN mitocondrial de tamaños inferiores a 500 pb, a partir de muestras de tejido fijados en formol y posteriormente, preservados en alcohol, las cuales fueron extraídas, con el método clásico Fenol-Cloroformo-Alcohol-Isoamílico, con algunas modificaciones.

Se ha reportado, que las muestras procedentes de organismos fijados en formol, conservan la arquitectura del tejido y que, aunque es posible extraer ADN, su calidad se ve disminuida por la solución fijadora, debido a que ésta, produce entrecruzamiento (*cross-linkage*), entre los ácidos nucleicos e hidroliza los puentes fosfodiéster del ADN (DOUGLAS & ROGERS, 1998; GARCÍA *et al.*, 2006; JIMÉNEZ *et al.*, 2007). SRINIVASAN *et al.* (2002) y VILLALOBOS (2006), indican que el tiempo de almacenamiento (a menor tiempo, menor ruptura del ADN), tamaño del tejido y el pH del fijador utilizado para la conservación de especímenes de museo, son cruciales para la obtención de un ADN de buena calidad. FRANK *et al.* (1996), reportan que el control del pH, no era una práctica común en décadas pasadas, por

tanto, puede que el fijador, afecte en mayor medida las muestras más antiguas. Por otra parte, BEN-EZRA *et al.* (1991), registran que los tejidos fijados en formalina, permiten recuperar ADN de baja calidad, lo que hace difícil la amplificación por PCR. NOGUCHI *et al.* (1997) y JIMÉNEZ *et al.* (2007), publicaron que la amplificación por PCR de ADN aislado de muestras parafinadas y en formalina, es inconsistente, debido a la baja cantidad, ausencia o degradación, casi completa del ADN causada por la formalina o la presencia de inhibidores de extracción, incluso por el PCR, aunque esto, también se ve influenciado por las diferencias del método de extracción.

En el presente estudio, la amplificación por PCR, mostró variación en el rango de eficiencia: entre 6,7 % y 100 %. Estas diferencias se pueden asociar con: 1) número de repeticiones mayores de los genes mitocondriales por célula, con respeto al genoma nuclear, fenómeno reportado por DÍAZ & BRADY (1997) y COOMBS *et al.* (1999). 2) tamaño del fragmento de ADN amplificado, observado por GARCÍA *et al.* (2006) y VILLALOBOS (2006), quienes reportaron amplificaciones exitosas con tamaños < 500 pb, independientemente, de las soluciones fijadoras utilizadas (incluida la formalina ácida). Asimismo, FRANK *et al.* (1996), GIANNELLA *et al.* (1997) y NARDELLI *et al.* (2011), reportaron amplificaciones < 420 pb. GARCIA *et al.* (2006), argumentan, que el rompimiento del ADN, generalmente, en fragmentos cortos por el formaldehído, puede generar problemas en la obtención de material genético de buena calidad, necesario para la amplificación por PCR, por lo cual, sugieren la utilización de iniciadores que generen amplicones cuyos pesos esperados sean bajos. 3) el estado de preservación y almacenamiento de las muestras, tal como lo afirman FRANK *et al.* (1996), BERNSTEIN *et al.* (2002), JIMÉNEZ (2005) y MESA (2005), quienes lo atribuyen al efecto de las características y propiedades de la solución fijadora en la calidad del ADN obtenido. BEN-EZRA *et al.* (1991), mencionan que la magnitud del daño del ADN, es mayor con el paso de los años de preservación, todo lo cual, pone en evidencia, el alto riesgo de fragmentación del ADN, con el paso del tiempo, cambios de temperatura y la solución fijadora utilizada.

MESA (2005), indica que en Colombia, son pocas las colecciones biológicas que consideran la conservación de tejidos, de tal forma que, se maximice la factibilidad y que puedan ser utilizados más adelante para análisis moleculares. En este estudio, se hizo evidente, la posibilidad de amplificación de ADN por PCR, independientemente, del tiempo de preservación, de ejemplares de colecciones biológicas, conservadas en formol (en algunos casos con más de 70 años de preservación).

En conclusión, este estudio sugiere la viabilidad, de utilizar muestras de material biológico procedente de especímenes de museo o colecciones biológicas, como una alternativa para los análisis de biodiversidad, basados en pruebas moleculares y de diversidad genética, sin tener que realizar, esfuerzos de muestreo que implique mayor costo, riesgo y esfuerzo de colecta, ni tampoco, el sacrificio de animales silvestres, especialmente, especies en peligro de extinción o bajo alguna categoría de amenaza.

## AGRADECIMIENTOS

Vicerrectoría de Investigaciones y Posgrados de la Universidad de Caldas por la financiación de este proyecto. Fundación Alejandro Ángel Escobar, por el auxilio, a

través del fondo de apoyo a la investigación, Beca Colombia Biodiversa convocatoria 2010. Serpentario y Colección Biológica de la Universidad del Cauca. Museo de Historia Natural de la Universidad de Caldas. Colección Biológica del Colegio San José del Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín (ITM-San José). Centro de Investigación y Asesoría Ofidica "Ophidia" de Manizales, Caldas.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALAPE-GIRÓN, A., SANZ, L., ESCOLANO, J., FLORES-DÍAZ, M., MADRIGAL, M., SASA, M., CALVETE, J. J., 2008.- Snake venomomics of the lancehead pit viper *Bothrops asper*: geographic, individual, and ontogenetic variations. *J. Proteome Res.*, 7 (8): 3556-71.
- AMARU, R., MIGUEZ, H., PEÑALOZA, R., TORRES, G., SILVESTRE, J., CUEVAS, H., 2006.- DNA-UMSagen, extracción de DNA genómico para diagnóstico molecular: método rápido y económico. *Cuadernos*, 2: 11-15.
- ARIKAN, H., GÖÇMEN, B., KUMLUTAŞ, Y., ALPAGUT-KESKIN, N., ILGAZ, Ç., YILDIZ, M., 2008.- Electrophoretic characterisation of the venom samples obtained from various Anatolian snakes (Serpentes: Colubridae, Viperidae, Elapidae). *J. Zoology*, 4 (1): 16-28.
- BELLO, N., FRANCINO, O., SÁNCHEZ, A., 2001.- Isolation of genomic DNA from feathers. *J. Veterinary Diagnostic Investigation*, 13: 162-164.
- BEN-EZRA, J., JOHNSON, D. A., ROSSI, J., COOK, N., WU, A., 1991.- Effect of fixation on the amplification of nucleic acids from paraffin-embedded material by the polymerase chain reaction. *J. Histochem Cytochem*, 39: 351-4.
- BERNSTEIN, J., THOMPSON, W., CASEY, G., DICIOCCIO, R., WHITTEMORE, A., DIEP, A., THAKORE, S., VAZIRI, S., XUE, S., HAILE, R., 2002.- Comparison of techniques for the successful detection of *BRCA1* mutations in fixed paraffin-embedded tissue. *Cancer Epidem., Biomarkers Prevention*, 11: 809-814.
- BOSCH, M., MARMI, M., FERRANDO, A., LÓPEZ-GIRÁLDEZ, F., ANDRÉS, O., GARCÍA-FRANQUESA, E., PONSÀ, M., KELLERMANN, T., BRUNO GUALLAR, B., BISBAL, F., DOMINGO-ROURA, X., 2005.- Genotipar sin capturar. *Galemys*, 17: 81-102.
- CAMPBELL-STATON, S., 2008.- Un modificado sistema de purificación de ADN genómico, protocolo para purificar el ADN genómico de reptil. [En línea]. Disponible en: <http://www.promega.com/enotes/applications/ap0089.htm>.
- CASTOE, T. A. & PARKINSON, C. L., 2006.- Bayesian mixed models and the phylogeny of Pit vipers (Viperidae: Serpentes). *Mol., Phylogenet. Evol.*, 39: 91-110.
- CAUDRON, A. K., NEGRO, S. S., MÜLLER, C. G., BOREN, L. J., GEMMELL, N. J., 2007.- Hair sampling and genotyping from hair follicles: a minimally-invasive alternative for genetics studies in small, mobile pinnipeds and other mammals. *Mar. Mamm. Sci.*, 23: 184-192.
- COOMBS, N., GOUGH, A., PRIMROSE, J., 1999.- Optimization of DNA and RNA extraction from archival formalin-fixed tissue. *Nucleic Acids Res.*, 27 (16): 12-14.
- CRISTÍN, A. & PERRILLIAT, M. C., 2011.- Las colecciones científicas y la protección del patrimonio paleontológico. *Bol. Soc. Geol. Mex.*, 63 (3): 421-427.
- DELGADILLO, I. & GÓNGORA, F., 2009.- Estrategias didácticas en la enseñanza-aprendizaje de la biología. *Bio-grafía: Escritos sobre la Biología y su Enseñanza*, 2 (3): 148-157.
- DÍAZ, S. & BRADY, S., 1997.- DNA extraction from formalin-fixed, paraffin embedded tissues: protein digestion as a limiting step for retrieval of high quality DNA. *Diagnostic Mol. Pathol.*, 6: 342-346.
- DOUGLAS, M. P. & ROGERS, S. O., 1998.- DNA damage caused by common cytological fixatives. *Mut. Res.*, 401: 77-88.
- FIERRO, M. J., 2012.- *Políticas mineras en Colombia*. Digiprint Editores, E. U.
- FOLMER, O., BLACK, M., HOEH, W., LUTZ, R., VRIJENHOEK, R., 1994.- DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. *Mol. Mar. Biol. Biotechnol.*, 5: 294-299.
- FRANK, T., SVOBODA, S., HSI, E., 1996.- Comparison of methods for extracting DNA from formalin-fixed paraffin sections for nonisotopic PCR. *Diagnostic Mol. Pathol.*, 3: 220-224.
- GARCÍA, M. P., BENAVENTE, M. F., MELO, A. A., ROA, E. I., ROA, S. J. C., 2006.- Efecto de la fijación en la calidad del ADN: estudio controlado con cinco fijadores. *Esp. Patol.*, 3: 175-179.
- GARCÍA, P. H. M., 2000.- Electroforesis en geles de poli(acrilamida): fundamentos, actualidad e importancia. *Univ. Diag.*, 1 (2): 31-41.
- GIANNELLA, C., ZITO, F. A., COLONNA, F., PARADISO, A., MARZULLO, F., ALAIBAC, M., 1997.- Comparison of formalin, ethanol, and histochoice fixation on the PCR amplification from paraffin-embedded breast cancer tissue. *Eur. J. Clin. Chem. Clin. Biochem.*, 35: 633-5.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE RECURSOS BIOLÓGICOS ALEXANDER VON HUMBOLDT, 2010.- Amenazas sobre la biodiversidad. [En línea]. Disponible en: <http://www.humboldt.org.co/iavh/component/k2/item/131-amenazas-sobre-la-biodiversidad>.

- JIMÉNEZ, A. G., VILLALOBOS, Q. M. J., JIMÉNEZ, M. E., PLATERO, P. W., 2007.- Determinación de la efectividad de cinco protocolos de extracción de ADN a partir de material parafinado para estudios moleculares. *Rev. Méd. Univ. Costa Rica.*, 1 (1): 10-19.
- JIMÉNEZ, G., 2005.- *Diagnóstico molecular de los linfomas no Hodgkin*. Centro de Investigación en Hematología y Trastornos Afines. Universidad de Costa Rica, Vicerrectoría de Investigación. Unidad de Genética y Biología Molecular.
- KOCHER, T. D., THOMAS, W. K., MEYER, A., EDWARDS, S. V., PAABO, S., VILLABLANCA, F. X., WILSON, A. C., 1989.- Dynamics of mitochondrial DNA evolution in animals: amplification and sequencing with conserved primers. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 86: 6196-6200.
- LOPERA-BARRERO, N. M., POVH, J. A., RIBEIRO, R. P., GOMES, P. C., JACOMETO, C. B., DA SILVA, L. T., 2008.- Comparación de protocolos de extracción de ADN con muestras de aleta y larva de peces: extracción modificada con cloruro de sodio. *Cien. Inv. Agr.*, 35 (1): 77-86.
- MESA, R. D. P., 2005.- Protocolos para la preservación y manejo de colecciones biológicas. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 10: 117-148.
- NARDELLI, M., TÚNEZ, J. I., CENTRÓN, D., 2011.- Técnicas de muestreo no invasivas aplicadas al estudio genético de mamíferos. *Interciencia*, 36: 404-411.
- NOGUCHI, M., SHUICHIROH, F., TAKEUCHI, T., HIROHASHI, S., 1997.- Modified formalin and methanol fixation methods for molecular biological and morphological analyses. *Pathol. Internat.*, 47: 685-691.
- OGDEN, T. H. & WHITING, M. F., 2005.- Phylogeny of Ephemeroptera (mayflies) based on molecular evidence. *Mol. Phylogenet. Evol.*, 37: 625-643.
- PÁEZ, V., 2004.- El valor de las colecciones biológicas. *Actualidades Biológicas*, 26 (81): 2 pp.
- QIAGEN., 2006.- DNeasy blood and tissue handbook. [En línea]. Disponible en: [www.qiagen.com](http://www.qiagen.com).
- QUINTANA, J. C., OTERO, R., NÚÑEZ, V., TORO, F., 2000.- Estudio de la variabilidad en el veneno de dos poblaciones de *Bothriechis schlegelii* del suroeste y norte de Antioquia y correlación morfométrica. *Iatreia*, 13 (2): 107-107.
- SALOMÃO, M. G., WÜSTER, W., THORPE, R. S. 1999.- ADNmt phylogeny of neotropical pit vipers of the genus *Bothrops* (Squamata: Serpentes: Viperidae). *Kaupia Darmstadt. Beit. Naturgeschichte*, 8: 127-134.
- SANGUINETTI, C. J., DIAS, N., SIMPSON, A. J., 1994.- Rapid silver staining and recovery of PCR products separate on polyacrylamide gels. *BioTechniques*, 17: 914-921.
- SECRETARÍA DEL CONVENIO SOBRE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA., 2010.- *Perspectiva mundial sobre la diversidad biológica 3*. Progress Press Ltd.
- SHEDLOCK, A. M., MARGO, M. G., PIETSCH, T. W., BENTZEN, P., 1997.- Enhanced DNA extraction and PCR amplification of mitochondrial genes from formalin-fixed museum specimens. *BioTechniques*, 22: 394-400.
- SHEKHAR, M. S., GOPIKRISHNA, G., AZAD, I. S., 2005.- PCR-RFLP analysis of 12s and 16s mitochondrial rRNA genes from brackishwater, finfish and shellfish species. *Asian Fisheries Sc.*, 18: 39-48.
- SIMON, C., FRATI, F., BECKENBACH, A., CRESPI, B., LIU, H., FLOOK, P., 1994.- Evolution, weighting, and phylogenetic utility of mitochondrial gene sequences and a compilation of conserved polymerase chain reaction primers. *Annals Entomolog. Soc. America*, 87: 651-701.
- SIMMONS, J. & MUÑOZ-SABA, Y., 2005.- Tipos de Colecciones: 31-43 (en) SIMMONS, J. & MUÑOZ, Y (ed.) *Cuidado, manejo y conservación de las colecciones biológicas*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- SRINIVASAN, M., SEDMAK, D., JEWELL, S., 2002.- Effect of fixatives and tissue processing on the content and integrity nucleic acids. *Am. J. Pathol.*, 161: 1961-1971.
- TABERLET, P., WAITS, L. P., LUIKART, G., 1999.- Noninvasive genetic sampling: look before you leap. *Trends Ecol. Evol.*, 14: 323-327.
- VALLEJO, M. Y. & ACOSTA, A., 2005.- Aplicación de indicadores de conocimiento sobre biodiversidad para el diagnóstico y comparación de colecciones biológicas. *Nova Publ. Cient.*, 3 (4): 48-57.
- VIDAL, N. DELMAS, A-S., PATRICK, D., CRUAUD, C., COULOUX, A. S., HEDGES, B. S., 2007.- The phylogeny and classification of caenophidian snakes inferred from seven nuclear protein-coding genes. *C. R. Biologies*, 330: 182-187.
- VILLALOBOS, Q. M.J., 2006.- Implementación de un Protocolo de Extracción de ADN a Partir de Biopsias Humanas y Determinación de su Calidad para PCR: Tesis, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Biología Ingeniería en Biotecnología.



**Anexo 1.** Ejemplares de *Bothriechis schlegelii* (fijados en formol al 10 % y posteriormente, en alcohol etílico al 75 %), de tres museos colombianos.

Código de Colección	Procedencia	Colector	Año de Colecta
MHNUC-Se-000371	Cauca, Totoró	*	1960
MHNUC-Se-000132	Cauca, Piendamó	Santiago Ayerbe MD.	1991
MHNUC-Se-000442	Cauca, Cajibío, Corregimiento La Capilla, Vereda La Unión, Vertiente Oriental de la Cordillera Occidental	Andrés Cortés	2004
MHNUC-Se-000038	Cauca, Popayán, Km 2, vía Popayán-Totoró	Santiago Ayerbe MD.	*
MHNUC-Se-000372	Cauca, El Tambo, Vía Popayán-López de Micay, Vertiente Pacífica de la Cordillera Occidental, Km 81	Fernando Campo	*
MHNUC-Se-000384	Cauca, Popayán, de la Panamericana vía a la Hacienda Calibío	Francisco José López	2001
MHNUC-Se-000129	Cauca, El Tambo, Vereda La Playa, Vertiente Pacífica de la Cordillera Occidental	Santiago Ayerbe MD.	1994
MHNUC-Se-000127	Cauca, Popayán, La Cabuyera	Santiago Ayerbe MD.	1993
MHNUC-Se-000133	Cauca, Popayán, Río Palacé	Santiago Ayerbe MD.	1985
MHNUC-Se-000130	Cauca, El Tambo, Vereda La Playa, Vertiente Pacífica de la Cordillera Occidental	Santiago Ayerbe MD.	*
MHNUC-Se-000131	Cauca, El Tambo, La Playa, Vertiente Pacífica de la Cordillera Occidental	Santiago Ayerbe MD.	1998
MHNUC-Se-000015	Cauca, El Tambo, Hacienda Las Torres, Río San Joaquín, Vertiente Pacífica de la Cordillera Occidental	Santiago Ayerbe MD.	*
MHNUC-Se-000134	Cauca, Totoró, Novirao	Santiago Ayerbe MD.	1995
MHNUC-Se-000128	*	*	*
MHNUC-Se-000037	Cauca, El Tambo, Hacienda La Primavera, Río San Joaquín, Vertiente Pacífica de la Cordillera Occidental	*	*
MHNUC-Se-000117	Córdoba, Alto Quimará	Kjell von Sneidern	1949
MHNUC-Se-000216	Cauca, Popayán, Julumito	Santiago Ayerbe MD.	2000
MHNUC-Se-NR	Risaralda, Pereira Finca El Cedral (Finca de Cartón de Colombia)	Edwin Royer	2010
CSJ-H-4761	Antioquia, Sonsón	*	1986



Código de Colección	Procedencia	Colector	Año de Colecta
CSJ-H-4759	Chocó	*	1941
CSJ-H-4758	Antioquia, Santo Domingo	*	1989
CSJ-H-4757	Antioquia, La Ceja	*	*
CSJ-H-4760	Antioquia, Andes	*	1951
CSJ-H-4771	*	*	*
CSJ-H-4769	Antioquia, Medellín, El Poblado	*	1969
CSJ-H-4768	Antioquia, San Pedro	*	1937
CSJ-H-4767	Antioquia, San Pedro	*	1933
CSJ-H-4766	Antioquia, San Pedro	*	1965
CSJ-H-4764	Antioquia, San Pedro	*	1965
CSJ-H-4762	Antioquia, San Pedro	*	1960
CSJ-H-4765	Antioquia, San Pedro	*	*
CSJ-H-4778	Antioquia, San Pedro	*	*
CSJ-H-4777	Antioquia, Andes	*	*
CSJ-H-4776	Antioquia, Medellín, Los Caunces	*	1956
CSJ-H-4808	Antioquia, San Pedro	*	*
CSJ-H-4775	Antioquia, San Pedro	*	*
CSJ-H-4774	Antioquia, Medellín, Santa Elena	*	1964
CSJ-H-4773	Antioquia, Medellín, Santa Elena	*	*
CSJ-H-4772	Antioquia, La Ceja	*	1957
CSJ-H-4784	Risaralda, Santa Rosa de Cabal	*	1972
CSJ-H-4770	Antioquia, San Carlos	*	
CSJ-H-4782	Antioquia, San Pedro	*	1985
CSJ-H-4783	Antioquia, Yolombó, La Cancana	*	1988
CSJ-H-4755	Antioquia, Amalfi, Río Riachón	*	1988
CSJ-H-4754	Antioquia, Santa Rosa de Osos	*	1966
CSJ-H-4750	Antioquia, La Ceja	*	
CSJ-H-4749	Antioquia, Belmira	*	1964
CSJ-H-4807	Antioquia, San Pedro, La Lana	*	1994
CSJ-H-4752	Antioquia, Sopetran	*	1999
CSJ-H-4753	Antioquia, Santa Rosa de Osos, San Isidro	*	1998
CSJ-H-4751	Antioquia, Andes	*	*
CSJ-H-4747	Antioquia, Sonsón	*	*
CSJ-H-4748	Antioquia, La Ceja	*	*



<b>Código de Colección</b>	<b>Procedencia</b>	<b>Colector</b>	<b>Año de Colecta</b>
CSJ-H-4780	Antioquia, San Pedro	*	1984
CSJ-H-4779	Antioquia, Medellín, Santa Elena	*	1960
CSJ-H-4781	Antioquia, San Pedro	*	1965
MHN-UC-0082	Caldas, Manizales, Barrio Centenario	Gina María Duque	2002
MHN-UC-0057	Caldas, Manizales	*	*
MHN-UC-R-0001	Caldas, Samaná, Selva de Florencia	José Vicente Rueda	1992
MHN-UC-0081	Caldas, Manizales	Jesús Vélez Estrada	1985

\* No se tiene información.

# MONOGRAFÍA DE PROTOCOLOS PARA OBTENER POBLACIONES MONOSEXO DE TILAPIA NILÓTICA (*Oreochromis niloticus*; TREW. 1983)

Christine M. Hahn von-Hessberg<sup>1</sup>, Alberto Grajales-Quintero<sup>2</sup>, Martín A. Restrepo-Murillo<sup>3</sup>

## Resumen

El manejo de poblaciones monosexo de machos de tilapias es una solución para las dificultades productivas mostradas por esta especie gracias a su precocidad reproductiva y menores tasas de desarrollo de las hembras. Una población monosexo controla la reproducción indeseada y brinda mayor uniformidad a los lotes, repercutiendo en los ciclos productivos, ganancias superiores y mayor rentabilidad. Se recogen los diferentes protocolos en los campos investigativos y productivos, por los cuales es posible desarrollar poblaciones monosexo de machos de tilapia, como la androgénesis, ginogénesis y GMT, reversión sexual.

**Palabras claves:** androgénesis, Cichlidae, ginogénesis, GMT, reversión sexual.

# PROTOCOLS MONOGRAPH TO OBTAIN MONSEXUAL TILAPIA NILÓTICA POPULATIONS (*Oreochromis niloticus*; TREW. 1983)

## Abstract

The management of male monosexual tilapia population is a solution to the production difficulties showed by this species due to its reproductive precociousness and low rates of female development. A monosexual population controls non-desired reproduction and provides higher levels of uniformity in each lot, having an impact on the productive cycles, higher profit and better profitability. Different protocols in the research and productive fields which allow monosexual tilapia male populations such as androgenesis, gynogenesis and GMT are gathered.

**Key Words:** androgenesis, Cichlidae, gynogenesis, GMT, sex reversion.

## INTRODUCCIÓN

Las tilapias están ligados a regiones tropicales con temperaturas entre los 25°C y 30°C (HEPHER, 2005; INCODER, 2006; CCI, 2007), pueden resistir cambios de temperatura con bajos niveles de oxígeno, baja calidad del

\* FR: 10-II-2012. FA: 16-IV-2012.

<sup>1</sup> Profesora del Departamento de Producción Agropecuaria, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia.  
E-mail: christine.hahn@ucaldas.edu.co

<sup>2</sup> Profesor del Departamento de Producción Agropecuaria, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia.  
E-mail: alberto.grajales@ucaldas.edu.co

<sup>3</sup> Estudiante de Medicina Veterinaria, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia. E-mail: atanadir2@hotmail.com

agua, considerados eurihalinas, producen carne de buena calidad (BEARDMORE *et al.*, 2001), características que favorecen su distribución mundial y permite encontrarlos en más de 85 países (GUPTA & ACOSTA, 2004; PERÚ MINCETUR, 2004; ARBOLEDA-OBREGÓN, 2005; CHARO-KARISA *et al.*, 2005; HURTADO, 2005). La madurez sexual de esta especie se encuentra influenciada por la edad, talla, factores ambientales y presencia o ausencia del sexo opuesto (FLÓREZ-MUÑOZ, 1994; POPMA & MASSER, 1999). Con la manipulación del fotoperíodo es posible regular la reproducción, contribuyendo con el control de la sobrepoblación de los sistemas dulceacuícolas (CAMPOS-MENDOZA *et al.*, 2004; BISWAS *et al.*, 2005). Según Peña-Mendoza *et al.* (2005), las tilapias presentan una madurez sexual entre los 3 y 6 meses con un promedio de 30 a 40 g. Una vez los huevos son fecundados pasan a cumplir con un proceso de cuidado hasta el nacimiento que varía para los géneros *Tilapia*, *Oreochromis*, *Sarotherodon* (SURESH, 2000; HEPHER, 2005; POPMA & MASSER, 1999; MACINTOSH & LITTLE *apud* MACINTOSH, 2008). La precocidad reproductiva de las tilapias trae como consecuencia bajos niveles de producción y rentabilidad (ARBOLEDA-OBREGON, 2005; GALE *et al.*, 1999; HEPHER, 2005; MAIR *et al.*, 1997b; MARJANI *et al.*, 2009; MATEEN & AHMED, 2007; PHELPS *et al.*, 1999; PHELPS & POPMA, 2000; SHEEHAN *et al.*, 1999; SURESH, 2000). Las hembras en los estanques de producción aumenta la biomasa, disminuyendo la concentración ppm de oxígeno y espacio (PHELPS *et al.*, 2000; PILLAY, 2004; BISWAS *et al.*, 2005; HOMKLIN *et al.*, 2009; CHAKRABORTY, 2010). La búsqueda de mejores rendimientos en el cultivo de peces comerciales se basa en resistencia a enfermedades, altas tasas de crecimiento, eficiente conversión alimenticia, resistencia a cambios en el medio ambiente (temperatura, salinidad, oxígeno), desarrollo de tecnologías como el manejo de poblaciones monosexo de peces (PANDIAN & SHEELA, 1995; MACLEAN, 1998; POPMA & MASSER, 1999; BEARDMORE *et al.*, 2001; CHAKRABORTY & BANERJEE, 2009; CHAKRABORTY, 2010). Poblaciones monosexo de machos en tilapia muestran mejor rendimiento, uniformidad, conversión alimenticia al momento de la cosecha (MAIR *et al.*, 1997b; MAIR *et al.*, 1997a; TUAN *et al.*, 1998; PHELPS *et al.*, 1999; PHELPS *et al.*, 2000; PHELPS & POPMA, 2000; HERRERA *et al.*, 2001; DABROWSKI *et al.*, 2004; DABROWSKI *et al.*, 2005; LOGATO *et al.*, 2004; MANOSROI *et al.*, 2004; MACINTOSH, 2008; DRUMMOND *et al.*, 2009; SURESH, 2000; MACLEAN, 1998; BEARDMORE *et al.*, 2001; HEPHER, 2005).

### Protocolos para la obtención de poblaciones monosexo

**Sexaje manual:** Separación de las hembras de los machos basados en su anatomía, observando sus papilas urogenitales (BAROILLER & JALABERT, 1989) la hembra presenta ano, oviducto y uretra en posición caudal a craneal mientras el macho presenta ano y uretra, posición caudal a craneal, para su visualización, se colorean con violeta de genciana, azul de metileno o colorante alimentario, se requiere que los alevinos estén en un peso promedio de 20 a 50 g. El grado de error de este protocolo es del 10% - 20%, dicho método es laborioso y poco preciso (POPMA & MASSER, 1999; LOGATO *et al.*, 2004; PERÚ MINISTERIO DE LA PRODUCCIÓN, 2004; MAIR *et al.*, 1997a; TUAN *et al.*, 1998; BEARDMORE *et al.*, 2001; PILLAY, 2004).

**Hibridación:** Obtenidos a partir del cruce de dos o más especies puras, genéticamente diferentes, para obtener progenies monosexo e incrementar vigor híbrido (BEARDMORE *et al.*, 2001; BARTLEY *et al.*, 2001; EZAZ, 2002; PERÚ MINISTERIO DE LA PRODUCCIÓN, 2004). Las tilapias, a partir del desarrollo de hibridación, han mostrado altos porcentajes de poblaciones sólo machos (Tabla

1). Según Beardmore *et al.* (2001), *O. niloticus*, considerada la especie de mejor característica para hibridación, las progenies resultantes indican un nivel de rendimiento menor que la especie original debido a la mezcla genética con otras especies, planteamiento contrario a lo propuesto por Pillay (2004) y Hephher (2005), quienes afirman que el uso de híbridos, con una descendencia monosexo (95%), brinda mejores características de adaptabilidad y producción. Las líneas genéticas empleadas en los protocolos de hibridación deben permanecer puras, de lo contrario los porcentajes de hembras en la progenie se incrementa (PHELPS & POPMA, 2000; LOGATO *et al.*, 2004; LOVSHIN *apud* PILLAY, 2004).

**Tabla 1.** Diferentes hibridaciones de especies conocidas para producir progenies monosexo de machos de Tilapia (Adaptada de Beardmore *et al.*, 2001).

Línea materna	Línea paterna	Nota
<i>O. niloticus</i>	<i>O. aureus</i>	Usado comercialmente, resultados inconsistentes 85–99% efectividad INCODER (2006); LIAO & CHEN, 1983; WOHLFARTH (1994) efectividad del 59-81%; DEVLIN & NAGAHAMA (2002) arroja 50-100% machos
<i>O. niloticus</i>	<i>O. macrochir</i>	
<i>O. niloticus</i>	<i>O. u. hornorum</i>	Progenie machos (100%), alguna aplicación comercial.
<i>O. niloticus</i>	<i>O. variabilis</i>	Progenie 100% monosexo macho
<i>O. mossambicus</i>	<i>O. aureus</i>	85 – 99% machos
<i>O. mossambicus</i>	<i>O. u. hornorum</i>	Progenie (100%) monosexo macho
<i>O. spilurus niger</i>	<i>O. macrochir</i>	
<i>O. spilurus niger</i>	<i>O. u. hornorum</i>	Progenie (100%) monosexo macho
<i>O. aureus</i>	<i>O. u. hornorum</i>	
<i>T. zillii</i>	<i>O. andersonii</i>	Progenie (100%) monosexo macho

**Reversión Sexual:** Técnica de manipulación genética no transgénica. El más común para la obtención de poblaciones monosexo en acuicultura (machos para tilapias), basado en productos hormonales (MAIR *et al.*, 1997a; MACLEAN, 1998; PHELPS & POPMA, 2000; LÓPEZ *et al.*, 2007; MATEEN & AHMED, 2007; MACINTOSH, 2008; DRUMMOND *et al.*, 2009; MARJANI, *et al.*, 2009), es el cambio generado en el fenotipo de la población de peces, conservando su genotipo original intacto (PHELPS & POPMA, 2000). Yamamoto (1951), APUD PHELPS & POMPA (2000), concluyeron que el uso de hormonas sexuales cambia las características sexuales secundarias de los peces y altera las gónadas. En la fase inicial de desarrollo tanto machos como hembras producen los mismos esteroides, la diferencia está en la capacidad de algunos de ellos por influir sobre la actividad celular, demarcando el desarrollo de la diferenciación sexual (ROWELL *et al.*, 2002). Existen dos formas de definición sexual en peces, hermafroditas y gonocóricos, aspectos que hacen posible que el sexo sea manipulable por medio de hormonas (HURTADO, 2005). Las tilapias son gonocóricas indiferenciadas (sistema de determinación del sexo XX/XY), sus órganos sexuales durante los primeros días de vida no están determinados, independiente de su genotipo. Durante los días 5 y 6 pos eclosión se presenta una manifestación de genes (en ambas gónadas XX y XY) que influye sobre el paso de gónadas indiferenciadas a diferenciadas (IJIRI *et al.*, 2008; LÓPEZ *et al.*, 2007). Antes que el tejido gonadal de

la hembra se diferencie en ovarios, el sexo de los animales no se ha determinado y es inestable, siendo susceptible a factores fisiológicos y ambientales (PHELPS & POPMA, 2000; DEVLIN & NAGAHAMA, 2002; HEPHER, 2005; LÓPEZ *et al.*, 2007). El procedimiento de reversión sexual puede desarrollarse por inyección, inmersión o alimento (PANDIAN & SHEELA, 1995; MACLEAN, 1998; GALE *et al.*, 1999).

**Reversión por alimento hormonado:** El mecanismo más efectivo y práctico es la administración de un andrógeno (generalmente 17 $\alpha$ -metiltestosterona) en el alimento que se suministra a las larvas en sus primeros 20 a 30 días de vida, iniciando a partir del tercer día pos eclosión (BAROILLER & JALABERT, 1989; BEARDMORE *et al.*, 2001; CONTRERAS-SÁNCHEZ *et al.*, 2001d; TACHIBANA *et al.*, 2004; MATEEN & AHMED, 2007; MACINTOSH, 2008; MARJANI *et al.*, 2009; HOMKLIN *et al.*, 2009). Los factores determinantes son: densidad, temperatura, presencia o ausencia de alimento vivo, dosis de hormona, tamaño, momento de inicio y duración (PHELPS & POPMA, 2000; MANOSROI *et al.*, 2004; TACHIBANA *et al.*, 2004; AGROCADENAS, 2005; HURTADO, 2005), uniformidad de la hormona en el alimento (ARSLAN & PHELPS, 2004; YASUI *et al.*, 2007), y características genéticas de los individuos (TACHIBANA *et al.*, 2004). Altas densidades en las poblaciones tratadas por el método de inmersión conllevan a una disminución en los porcentajes de reversión (FITZPATRICK *et al.*, 1999). La duración del proceso se relaciona con la talla inicial, condiciones para su crecimiento (promedio ideal: 14 días de tratamiento, entre los 12 a 18 mm de talla), al iniciar el tratamiento hormonal o presencia del saco vitelino, es efectivo hasta los 18 a 20 mm (20 a 30 días de edad) de los animales (PHELPS & POPMA, 2000; HURTADO, 2005; BEARDMORE *et al.*, 2001). Los rangos de temperatura adecuados están entre 28,5°C y 31°C; para mayor supervivencia y ganancia de peso (DRUMMOND *et al.*, 2009), rangos menores a 24°C afectan niveles de crecimiento, predisposición a enfermedades. Los animales revertidos sexualmente, por mecanismos hormonales, presentan mayor tasa de crecimiento que sin tratamiento, por sus efectos androgénicos y anabólicos (CHAKRABORTY, 2010; PANDIAN & SHEELA, 1995; RON *et al.*, 1995; PHELPS & POPMA, 2000; MATEEN & AHMED, 2007; MACINTOSH, 2008; MARJANI *et al.*, 2009). La acción androgénica de las hormonas implementadas para el proceso de reversión está determinada en la producción de tejido gonadal germinal y en la repoblación del tejido testicular por gonocitos (MANOSROI *et al.*, 2004). No existe un valor de referencia estándar para la dosis de hormona necesaria en la producción de población monosexo de machos, está relacionada con las condiciones ambientales y tiempo de implementación (MATEEN & AHMED, 2007; PHELPS & POPMA, 2000) (Tabla 2.).

**Tabla 2.** Tabla de resumen de investigaciones realizadas para la obtención de poblaciones monosexo de machos de tilapias.

REFERENCIA	ESPECIE	ESTEROIDE Y DOSIS (mg/kg de alimento)	TIEMPO (días)	RESULTADO
Clemens e Inslee (1968)	<i>O. mossambica</i>	Metiltestosterona 30 y 60 Mg	69	100% machos
Nakamura y Takahashi (1973)	<i>O. mossambica</i>	MT 50-100 Mg	19 – 40	100% hembras



REFERENCIA	ESPECIE	ESTEROIDE Y DOSIS (mg/kg de alimento)	TIEMPO (días)	RESULTADO
Jalbert et al. (1974)	<i>O. nilotica</i>	MT 40 Mg	60	100% machos
Guerrero (1975)	<i>O. aurea</i>	MT 15-30-60 Mg	21	85-96-100% machos
Nakamura (1975)	<i>O. mossambica</i>	Etinilestradiol 50 Mg	10 - 25	100% hembras
Guerrero (1976)	<i>O. mossambica</i>	MT	14 - 21 -28	69-93-98% machos
Guerrero (1976)	<i>O. mossambica</i>	MT 50 Mg	40	100% machos
Tayamen & Shelton (1978)	<i>O. nilotica</i>	MT 60 mg/kg de alimento, al 10% de biomasa	25, 35 y 59	100% machos
Hopkins (1979)	<i>O. aurea</i>	Etinilestradiol 25 Mg	42	50 % hembras
Jansen (1979)	<i>O. aurea</i>	Estrona y 17 estradiol 30-60-120 Mg	21 - 35	62-50-42% hembras
Shelton (1981)	<i>O. aurea</i>	MT 60 Mg	16 - 19 21 - 28	83 - 93% machos 98 - 97% machos
Nakamura (1981)	<i>O. mossambicus</i>	200 µg 11-ketosterona/kg, 23-25°C	19	55,5% machos
Owusu-Frimpong & Nijjhar, 1981;	<i>O. niloticus</i>	50 mg de MT /kg,	30 o mas	Cerca de 100%
Macintosh (1985)	<i>O. mossambica</i>	MT 30 Mg al 10-20% de la biomasa	30 - 60	79 - 94% machos
Quintero (1985)	<i>O. mossambica</i>	MT 60 Mg	21	96 -100% machos
Mainardes-Pinto et al. (2000)	<i>O. niloticus</i>	60 mg de MT /kg	3 día de eclosión	98% machos
Hahn et al. (2001)	<i>O. niloticus</i>	60 mg de MT /kg de alimento (40% prot), 24±1°C	21	98% machos
Hahn et al. (2001)	<i>O. niloticus</i>	100 mg/kg de citrato de tamoxifen, 24°C	21	67,75% machos
Desprez et al. (2003a)	Tilapia roja ( <i>Oreochromis spp</i> )	11β-hidroxiandrostenediona (11βOHA4)/ kg, 26,5°-30,1°C	* 21 a 35 días * 35	99.1% -100% machos 79- 99% machos
Logato et al. (2004)	<i>O. niloticus</i>	*40 mg (11βOHA4)/kg 37,5 mg de MT /kg (56% de prot.)		100% machos
Manosroi et al. (2004)	<i>O. niloticus x O. mossambicus</i>	40 mg de fluoximesterona /kg	21	96,1% de machos
Jay-Yoon et al. (1988) apud Mateen & Ahmed (2007)	<i>O. niloticus</i>	10 mg de MT/kg		97% machos
Mateen & Ahmed (2007)	<i>O. niloticus</i>	70 mg de MT /kg (40% prot)	25	95,4% dosis inferiores < de machos
Yasui et al. (2007)	tres linajes de <i>O. niloticus</i>	60 mg de MT /kg, (27±1°C)	28	97% machos
López et al. (2007)	<i>Oreochromis spp</i>	60 mg de MT /kg	3 día de eclosión	100% machos





REFERENCIA	ESPECIE	ESTEROIDE Y DOSIS (mg/kg de alimento)	TIEMPO (días)	RESULTADO
Marjani <i>et al.</i> (2009)	<i>O. mossambicus</i>	75 mg de MT /kg, 28±1°C	21	98,01% machos
Chakraborty & Banerjee (2009)	<i>O. niloticus</i>	10 mg de MT /kg	30	cercanas al 100%
Drummond <i>et al.</i> , (2009)	<i>O. niloticus</i>	40 mg de MT /kg, 30°C	28	89% machos
Chakraborty & Banerjee (2009)	<i>O. niloticus</i>	10 mg MT/kg	21	100% machos

Altas dosis de MT, o tratamientos prolongados, pueden llevar a la presencia de porcentajes elevados de hembras en las poblaciones tratadas (PIFERRER *et al.*, 1994 *apud* LI *et al.*, 2006), lo que puede deberse al paso de andrógenos exógenos a estrógenos por el mecanismo de aromatización o por la inhibición de la biosíntesis de andrógenos endógenos en los machos genéticos (LI *et al.*, 2006). (Tabla 3.)

**Tabla 3.** Resultados obtenidos mediante la implementación de MT a diferentes dosis por un período de 25 días (Adaptada de Mateen & Ahmed, 2007).

Tratamiento	% de Machos	% de Hembras	% Intersexo
Control	51.0	49.0	0.0
50 mg MT/kg alim	80.0	13.8	6.2
60 mg MT/kg alim	89.0	8.3	2.7
70 mg MT/kg alim	95.4	1.00	3.6
80 mg MT/kg alim	90.7	4.0	5.3

Al incrementar la dosis de fluocimesterona en el alimento, los porcentajes de machos en la progenie disminuyen y las tasas de intersexualidad incrementan (Tabla 4). La fluocimesterona, a diferencia de la MT, presenta eficiencia en cuanto a la reversión sexual de tilapias a dosis menores (MANOSROI *et al.*, 2004).

**Tabla 4.** Efecto de la fluocimesterona en la reversión sexual de la tilapia roja (Adaptado de MANOSROI *et al.*, 2004).

Concentración de la fluocimesterona (mg/kg de alimento)	Machos (%)	Hembras (%)	Intersexo (%)
0 (control)	46.50	53.50	0.00
40	96.10	2.25	1.65
60	68.54	3.58	19.10
80	54.42	3.15	23.85

La exposición de hembras genéticas a inhibidores de la aromataasa durante el período de diferenciación gonadal puede desencadenar el desarrollo de machos funcionales debido a la interrupción de la producción de los estrógenos endógenos a partir de

las gónadas no diferenciadas de las hembras XX, necesarios para la formación de los caracteres fenotípicos propios de éstas (KOBAYASHI *et al.*, 2003; DABROWSKI *et al.*, 2005). Abad *et al.* (2007) utilizaron dosis de 100 mg de 17 $\beta$ -estradiol/kg de alimento disueltos en 0.8 L de etanol (95%), obtuvieron 77.1% de reversión sexual a hembras. Para obtener poblaciones de machos se han empleado aproximadamente 16 tipos de andrógenos (sintéticos y naturales) en unas 35 especies diferentes, el más implementado es la 17 $\alpha$ -metilttestosterona (MT), diluyente en alcohol de alta pureza, utilizada en salmónidos, ciprínidos, cíclidos, entre otros (PANDIAN & SHEELA, 1995; PHELPS & POPMA, 2000; BEARDMORE *et al.*, 2001; MACINTOSH, 2008). El alimento debe ser con buenos niveles de proteína ( $\geq$  32-40%), molido y tamizado a 250 micras. La hormona en etanol se mezcla con el alimento, se seca a temperatura ambiente, sin rayos solares directos o en horno con temperatura promedio de 60°C (POPMA & GREEN, 1990; DESPREZ *et al.*, 2003b; LOGATO *et al.*, 2004; HURTADO, 2005; HAHN *et al.*, 2001; MATEEN & AHMED, 2007; LÓPEZ *et al.*, 2007; PHELPS & POPMA, 2000). La preparación del alimento debe realizarse a una relación de 250 a 400 g por 1000 alevinos (PERÚ MINISTERIO DE LA PRODUCCIÓN, 2004; POPMA & GREEN, 1990). El alimento hormonado refrigerado a 4°C garantiza la estabilidad de la hormona por tres meses; bajo condiciones de congelamiento (-20 a -40°C) por 6 meses (BARRY *et al.*, 2007); a temperatura ambiente de una semana (HURTADO, 2005; POPMA & GREEN, 1990). La hormona, por ser administrada en la etapa inicial del desarrollo de los peces, presenta eliminación rápida después de cesar el tratamiento, no acarrea problemas sobre la salud humana o el medio ambiente, siempre y cuando se implemente en las dosis recomendadas y en las primeras etapas de desarrollo de los peces (CONTRERAS-SÁNCHEZ *et al.*, 2001c; MACINTOSH, 2008; JOHNSTONE *et al.*, 1983; PIFERRER & DONALDSON, 1994; MANOSROI *et al.*, 2004). Pero falta claridad en cuanto al proceso y tiempo de eliminación de los derivados de la biotransformación hormonal (CRAVEDI *et al.*, 1993). Los residuos hormonales son biodegradables por microorganismos (bacterias y hongos) bajo condiciones aerobias (HOMKLIN *et al.*, 2009) afectados por factores como temperatura y alta intensidad lumínica (PHELPS *et al.*, 2000). POPMA & GREEN (1990) y PHELPS & POPMA (2000) plantearon que los alevinos deben ser alimentados durante 7 días de la semana a un 15%-20% de la biomasa. Para Shelton (APUD HURTADO, 2005) el alimento debe ser del 10% al 12% de la biomasa y DESPREZ *et al.* (2003a), sugiere el 30% de la biomasa la primera semana, 15% la segunda, 12% la tercera, y 10% las siguientes tres semanas. El margen de error permisible se ubica entre el 3% y el 5% de hembras (BEARDMORE *et al.*, 2001).

**La Reversión por inmersión:** en soluciones que contengan andrógenos, con reducción de riesgos para el operario y el medioambiente (CONTRERAS-SÁNCHEZ *et al.*, 2001b), concentraciones hormonales bajas, menor presencia de residuos y menor tiempo de exposición de los peces a la hormona (LÓPEZ *et al.*, 2007). (Tabla 5.)

**Temperatura y poblaciones monosexo.** A pesar del efecto de la genética sobre la determinación del sexo de las tilapias (XX/XY), existen factores medioambientales, como la temperatura, en el que la acción coincide con el efecto de los factores hormonales, ya que inhiben el componente genético de la determinación sexual e invierten el sexo de la especie, generando fenotipos funcionales (ABUCAY *et al.*, 1999; BARAS *et al.*, 2001; TESSEMA *et al.*, 2006; AZAZA *et al.*, 2008; BAROILLER *et al.*, 2009). La comprensión real del efecto de la temperatura sobre la determinación del sexo en las especies de tilapias, se ve obstaculizado por la falta de caracterización de los mecanismos de determinación de sexo de estas especies, estudios genéticos,

fisiológicos o ecológicos, las tilapias presentan alta sensibilidad a la temperatura en el período de diferenciación sexual (BAROILLER *et al.*, 1995; BEZAULT *et al.*, 2007). Baroiller *et al.* (1995) lograron obtener 81% machos funcionales de *O. niloticus* a partir de poblaciones 100% hembras (XX) sometiendo los alevinos a temperaturas de 36°C por 10 días a partir de los 13 días pos fertilización. Abucay *et al.* (1999), obtuvo de 100% hembras de *O. niloticus*, sometidas a altas temperaturas ( $36,54 \pm 0,39^\circ\text{C}$ ) por 21 días luego del primer alimento exógeno, 89,58% de machos (grupo control: 8,46%) a temperatura ambiente ( $27,87 \pm 1,40^\circ\text{C}$ ). Baras *et al.* (2001) sometieron alevinos de *O. niloticus*, a  $37^\circ\text{C}$  durante 28 días posteriores a la primera alimentación exógena, obteniendo 91% de machos, cuestionan la viabilidad del proceso por la cercanía entre los niveles de temperatura necesarios para la masculinización de las poblaciones y los índices de temperatura letales ( $38,5-39^\circ\text{C}$ ), no tan manifiesta en protocolos con temperaturas de  $18^\circ\text{C}$  (AZAZA *et al.*, 2008; TESSEMA *et al.*, 2006). Altas temperaturas pueden masculinizar poblaciones de *O. niloticus*, *O. mossambicus*, *O. aureus* de manera eficaz iniciando el procedimiento del día 10 pos fertilización durante 10 días (TESSEMA *et al.*, 2006; BAROILLER *et al.*, 2009; BEZAULT *et al.*, 2007; TSAI *et al.*, 2007; AZAZA *et al.*, 2008). Rangos de temperaturas de 18 a  $19^\circ\text{C}$  no afectan las tasas de sexo de las progenies (ABUCAY *et al.*, 1999; BARAS *et al.*, 2001; TESSEMA *et al.*, 2006; AZAZA *et al.*, 2008), pero rangos de temperatura inferiores a  $17,5^\circ\text{C}$  desatan altas tasas de mortalidad. Al incrementarse los rangos de temperatura en los primeros 10-20 días de la tilapia, la aromatasa cerebral aumenta, pero los receptores a estrógenos no se afectan, factor que puede asociarse con un proceso cerebral de diferenciación sexual (masculinización) (TSAI *et al.*, 2003). Azaza *et al.* (2008) obtuvieron 80% de machos a  $36,83^\circ\text{C}$ , durante 20 días, iniciando al ser absorbido el saco vitelino, con tasas de supervivencia del 60%. La sensibilidad de la tilapia nilótica a la temperatura durante el período de diferenciación sexual no se manifiesta en toda la progenie, pero dicha sensibilidad (hembras genéticas a machos funcionales) puede ser heredable en un 90 a 93%, pudiendo ser seleccionado para este carácter (WESSELS & HÖRSTGEN-SCHWARK, 2007; TESSEMA *et al.*, 2006; BAROILLER *et al.*, 2009). Rougeot *et al.* (2008) obtuvieron 27,6% de machos a partir de poblaciones 100% hembras de *O. mossambicus*, con implementación de temperaturas entre los  $34^\circ\text{C}-36^\circ\text{C}$  durante el período comprendido entre la incubación de los huevos y su eclosión (51 h). Los peces triploides, obtenidos en procedimientos basados en choques térmicos realizados a las ovas, previamente fertilizadas con espermia normal, con los cuales se genera retención del segundo cuerpo polar durante la división celular, el desarrollo gonadal es interrumpido o ausente (IHSEN *et al.*, 1990; GALBREATH & SAMPLES, 2000). Se ha determinado que en casos de triploidía se presenta un menor número de células en órganos y tejidos aunque de tamaño mayor (proporcional al incremento de ADN en su núcleo) a las de los diploides, esta relación celular demarca que no hay diferencias en cuanto a la talla de un pez triploide y uno diploide, pero el mecanismo responsable de la reducción del número celular en los peces triploides es desconocido (BENFEY, 1999; INSTITUTO DE ACUICULTURA DE STIRLING, 2007), pueden presentar mayor susceptibilidad a afecciones virales o bacterianas, en relación a los diploides, quizás debido a falencias en las células de defensa (menor número) o por el estrés (BENFEY, 1999). Introducir en la producción de peces ejemplares triploides estériles puede ser un mecanismo viable y útil para inhibir la reproducción precoz (FELIP *et al.*, 2001b; INSTITUTO DE ACUICULTURA DE STIRLING, 2007). Según Sheehan *et al.* (1999) la triploidía en los peces disminuye considerablemente el desarrollo gonadal sin generar efectos adversos sobre la calidad de la carne, presentando mayor desarrollo somático. Dicha alteración en el desarrollo gonadal, según Benfey

(1999), se da tempranamente en la gametogénesis en fase de meiosis. Una de las técnicas empleadas para la inducción de la triploidía consiste en la aplicación de un shock frío, caliente o de presión, suprimiendo la segunda meiosis, teniendo en cuenta el grado de desarrollo de los oocitos, la talla de los huevos, tiempo pos-fertilización cuando se inicia el shock (en minutos o intervalos de mitosis), la intensidad y duración del shock ( $T^0$ ) (GALBREATH & SAMPLES, 2000), además encontraron que el incremento de la temperatura y el tiempo de duración del shock térmico reducen el porcentaje de supervivencia e incrementa los porcentajes de triploidía; al incrementar el tiempo de inicio del shock térmico (de 10 minutos pos fertilización a 22 minutos) el porcentaje de supervivencia incrementaba y el de triploidía disminuía.

**Tabla. 5.** Diferentes ensayos de reversión por inmersión en la reversión sexual de tilapia.

REFERENCIA	ESPECIE	ESTEROIDE Y DOSIS (mg/kg de alimento)	TIEMPO (días)	RESULTADO
López <i>et al.</i> (2007)	<i>Oreochromis spp</i>	MT: 1,8 mg/L de agua (60 L/720 larvas)	2 inmersiones: 4h c/u, al día 10 y 14 pos eclosión	91,8% machos
Bombardelli & Hayashi (2005)	<i>O. niloticus</i>	MT: 2 mg/L de agua (0.5 L/50 larvas)	5, 7, 9, 11, 13 y 15 días pos eclosión, por 36h c/u, 27°C a 28,3°C	85,19% machos para el grupo corresp. a 15 días pos eclosión
Wassermann & Afonso (2003),	<i>O. niloticus</i>	17a metildihidrotestosterona (MDHT): 1800 µg/l, MT bajo las mismas condiciones	día 14 pos eclosión por 4 h, a 28 y 30°C	100% machos  91,6% machos.
Phelps <i>et al.</i> (1999)	<i>O. niloticus</i>	Acetato de Trembolona (TBA): 500 mg/L de etanol (33 peces/L)	9 a 15 días de edad pos eclosión, 6 h, 28 a 32°C	Grupo estudio 43.7% a 54.3% machos. Grupo control 49.1% machos
Contreras Sánchez <i>et al.</i> (2001a)	<i>O. niloticus</i>	Acetato de Trembolona: 500 µg/L	11 y 13 días pos fertilización, 3 h, 28±1°C	70% machos

**Androgénesis:** Sólo se hereda el genoma paterno. Se requiere varios procedimientos: Inactivar o eliminar el genoma de los huevos, activar el inicio del desarrollo embrionario mediante los espermatozoides y restaurar la diploidía, inhibiendo la primera división mitótica (PANDIAN & KOTEESWARAN, 1998; SHELTON, 2000; KIRANKUMAR & PANDIAN, 2003; KOMEN & THORGAARD, 2007). A partir de la androgénesis es posible el desarrollo de: supermachos (YY) viables de especies de machos heterogaméticos, líneas isogénicas (líneas consanguíneas isogénicas) y conservación de germoplasma (PANDIAN & KOTEESWARAN, 1998). La naturaleza genética de los espermatozoides, la calidad de los huevos y el adecuado manejo

del proceso de irradiación UV, el método inductor empleado para la diploidización son factores importantes en la inducción satisfactoria de androgénesis y su rendimiento (BONGERS *et al.*, 1994; PANDIAN & KOTEESWARAN, 1998). La androgénesis se ha trabajado en especies como *Oncorhynchus mykiss* (SCHEERER *et al.*, 1986; THORGAARD *et al.*, 1990), *Ctenopharyngodon idella* (STANLEY & JONES, 1976); y *O. niloticus* x *O. Aureus* (MYERS *et al.*, 1995). Para llevar a cabo la inhibición del genoma materno es necesaria la implementación de irradiación con rayos Gamma, UV o X sobre las ovas. Los rayos Gamma y X desencadenan daños como la desnaturalización de las proteínas, así la tendencia son rayos UV para asegurar una mayor viabilidad (PANDIAN & KOTEESWARAN, 1998; SHELTON, 2000). Los huevos infértiles son cubiertos con agua y se agitan al tiempo que son irradiados con luz UV, buscando inactivar el genoma nuclear materno (EZAZ *et al.*, 2004). Inadecuados procesos de irradiación y/o la misma anatomofisiología de las ovas conllevan a fallas en la inactivación del genoma materno, obteniéndose progenies contaminadas con el ADN materno (MYERS *et al. apud* PANDIAN & KOTEESWARAN, 1998; KIRANKUMAR & PANDIAN, 2003). Bongers *et al.* (1994), empleando irradiación UV sobre huevos de *Cyprinus carpio* sumergidos en fluido ovárico sintético a razón de 250 mJ/cm<sup>2</sup>, reportaron 100% de inactivación del genoma materno. La implementación de un shock (calor, presión o frío) reestablece la diploidía de huevos sometidos a radiación UV para inhibir el genoma materno y posteriormente son activados con semen normal, la confirmación del genoma paterno se puede realizar mediante la determinación de marcadores genotípicos como el color, la expresión del gen PFG, cariotipificación o test de progenie, en peces donde los machos son heterogaméticos (XY) el desarrollo de androgénesis favorece el desarrollo de grupos de supermachos (YY), base para el desarrollo de stocks comerciales de solo machos (PANDIAN & KOTEESWARAN, 1998; EZAZ *et al.*, 2004; SHELTON, 2000; KIRANKUMAR & PANDIAN, 2003).

**Ginogénesis:** inducción sólo de la herencia del material genético materno en la descendencia. Para la obtención de poblaciones ginogenéticas viables es necesario producir peces ginogenéticos haploides mediante la eliminación de los cromosomas paternos sin alterar su supervivencia y motilidad (TVEDT *et al.*, 2006; KOMEN & THORGAARD, 2007; JOHNSTONE & STET, 1995; PANDIAN & KOTEESWARAN, 1998; CAL *et al.*, 2006). Se encuentra la restauración de la diploidía mediante la implementación de un shock, de presión o térmico, para duplicar los cromosomas maternos de los huevos al retener el segundo cuerpo polar (ginogénesis meiótica) o suprimir la primera división mitótica del cigoto (ginogénesis mitótica) (PANDIAN & KOTEESWARAN, 1998; LUCKENBACH *et al.*, 2004; IHSEN *et al., apud* TVEDT *et al.*, 2006; LIN & DABROWSKI, 1996). Sarder *et al.* (1999) plantean que tras la implementación de semen irradiado y la manipulación de la primera división mitótica mediante choque de calor (41 a 42°C durante 4 min), 27 a 29 min después de fertilización, es posible conseguir tilapias nilóticas ginogenéticas completamente homocigóticas. Por su parte, CAMPOS-RAMOS *et al.* (2003) con *O. mossambicus*, lograron producir ginogénesis al fertilizar ovas normales con semen irradiado, las cuales luego de 4,5 minutos pos-fertilización fueron sometidas a 39°C durante tres minutos, obteniendo machos ginogenéticos desde hembras XX. En algunas ocasiones se ha evidenciado el desarrollo del síndrome de haploidía en la descendencia de peces teleósteos (sometidos a procesos de irradiación) (ARIAS-RODRÍGUEZ *et al.*, 2004; PIFERRER *et al.*, 2004; *apud* TVEDT *et al.*, 2006), exceptuando la *O. niloticus*, los peces haploides mueren quizá a causa de la falta de parejas cromosómicas normales o manifestación de genes dañinos recesivos (TVEDT *et al.*, 2006). La inactivación del

genoma paterno por irradiación del DNA del núcleo consiste en inhibir el genoma paterno conservando su efectividad en cuanto a las tasas de fertilidad (JOHNSTONE & STET, 1995; PANDIAN & KOTEESWARAN, 1998; KOMEN & THORGAARD, 2007). Para una destrucción efectiva del DNA paterno mediante irradiación, debe tenerse en cuenta la intensidad de irradiación, tiempo de exposición, concentración de los espermatozoides (TVEDT *et al.*, 2006; ARIAS-RODRÍGUEZ *et al.*, 2004). Algunos autores reconocen los rayos gamma como los más efectivos por su homogeneidad, lo que favorece que la cantidad de espermatozoides a la cual se fracciona el DNA sea mayor, disminuyendo los riesgos de contaminación (THORGAARD *et al.* APUD KOMEN & THORGAARD, 2007). La irradiación UV presenta condiciones de manejo más simples y el rendimiento de los animales es superior, es necesario manipular la emisión de los rayos UV, su intensidad y tiempo. Al emplear rayos UV a 254 nm, es posible manipular muestras de 10 ml (PALTI, *et al.* *apud* KOMEN & THORGAARD, 2007; FOISIL & CLOUROS *apud* KOMEN & THORGAARD, 2007; KOMEN & THORGAARD, 2007). Según Johnstone & Stet (1995) el procedimiento para la irradiación del semen consiste en diluirlo, refrigerarlo y agitarlo constantemente. A dosis inferiores a 720 J/m<sup>2</sup> durante 2 min el material genético no es completamente destruido acarreado bajos niveles de supervivencia y malformación embrionaria, y tiempos superiores a 8 minutos reduce la habilidad de inseminación del esperma (LIN & DABROWSKI, 1996; ARIAS-RODRÍGUEZ *et al.*, 2004). Los mayores porcentajes de fertilización se obtienen cuando se aplica presión a los huevos por 15 min pos activación (TVEDT *et al.*, 2006). Los espermatozoides donantes, para desarrollar el procedimiento de activación de los huevos, pueden ser homólogos o heterólogos, siendo el semen de *Cyprinus carpio* el más empleado (PANDIAN & KOTEESWARAN, 1998). Para la duplicación del genoma materno, según Bohm (*apud* IHSEN *et al.*, 1990), la primera división meiótica en huevos maduros es llevada a cabo antes del proceso de fertilización, la segunda división meiótica se completa posterior a la ovulación, y la fertilización puede ser inhibida al aplicar shock térmico sobre los huevos; base de la búsqueda de peces triploides, diploides y desarrollo de ginogénesis en laboratorio (IHSEN *et al.*, 1990; KOMEN & THORGAARD, 2007; CHOURROUT *et al.* *apud* PANDIAN & KOTEESWARAN, 1998). La ginogénesis meiótica produce ginogenéticos heterocigóticos, mientras que la ginogénesis mitótica ginogenéticos homocigóticos (PANDIAN & KOTEESWARAN, 1998). Una desventaja de la producción ginogenética es la ausencia de pureza genética, para establecer líneas de peces isogenéticos y homocigóticos, para la regulación genética del desarrollo y construcción de mapas genéticos, incrementar la producción de especies y la identificación de determinación del sexo (PANDIAN & KOTEESWARAN, 1998; SARDER *et al.*, 1999; LUCKENBACH *et al.*, 2004; CAL *et al.*, 2006; TVEDT *et al.*, 2006; CAL *et al.*, 2006; TVEDT *et al.*, 2006). Factores ambientales y densidad poblacional, pueden alterar las tasas de sexo obtenidas en ginogénesis (PANDIAN & KOTEESWARAN, 1998). El protocolo para producir ginogenéticos diploides es la dilución del semen en plasma seminal a proporciones de 1:80, inactivación de espermatozoides utilizando rayos UV a razón de 65 mJ/cm<sup>2</sup>, implementación de tratamiento a presión para los huevos por 5 min a 8500 psi iniciando 15 min pos activación de los huevos a una temperatura de 5 a 6°C. (TVEDT *et al.*, 2006). La temperatura óptima para la duplicación del genoma depende de cada especie (KOMEN & THORGAARD, 2007). Para Cal *et al.* (2006), el choque de frío es aplicado cerca de los 0°C para especies de aguas frías y temperaturas entre 8 y 11°C para especies de aguas cálidas como la *Tilapia sp* y *Cyprinus carpio* (IHSEN *et al.*, 1990). El choque de presión (562 kg/cm<sup>2</sup> por unos cuantos minutos) arroja resultados más contundentes que el choque de temperatura para la obtención de

descendencias ginogenéticas meióticas diploides y triploides, un valor agregado es la esterilidad en los peces triploides (IHSEN *et al.*, 1990). La ginogénesis y la androgénesis favorece la obtención de individuos homocigóticos en la primera generación y líneas clonales puras en la segunda, por tanto, se disminuye el número de generaciones necesarias para obtener una línea pura y favorece la obtención de líneas homocigóticas diferenciándose con la hibridación tradicional. Las líneas clonales pueden ser conseguidas a partir de hembras homocigóticas sometidas a un proceso de ginogénesis o de machos homocigóticos sometidos a androgénesis (SARDER *et al.*, 1999). Karayücel *et al.* (2004) produjeron líneas clonales de *O. niloticus* a partir de la ginogénesis en hembras encontrando presencia de machos en sus resultados lo cual fue asociado a influencia de locus durante el procedimiento.

**Tilapias Genéticamente Machos (GMT) y/o Supermachos.** En 1958 Yamamoto (APUD HERRERA, 2001) planteó el desarrollo de machos YY en peces, trabajando con *Oryzias latipes* mediante la implementación de la reversión sexual hormonal y la clasificación de las progenies. BAROILLER & JALABERT (1989) plantearon la obtención de stocks sólo machos de tilapia sin necesidad de realizar tratamiento hormonal directo, proceso replanteado por Mair *et al.* (1997b) y Toguyeni *et al.* (2002). Mair *et al.* (1997b) propuso obtener poblaciones GMT así: crear un grupo de tilapias monosexo de hembras mediante reversión sexual empleando estrógenos, de los cuales 50% son hembras fenotípicamente, pero con genotipo masculino (XY), una vez identificadas se cruzan con machos normales (XY), obteniéndose 25% hembras (XX), 50% machos (XY) y 25% machos (YY). A esta descendencia con el test de progenie se separan los machos con doble cromosoma Y (YY), éstos se deben cruzar con hembras masculinizadas (XY). De este apareamiento resultará una descendencia 100% machos (50% XY y 50% YY), descendencia que se somete a reversión sexual hormonal empleando estrógenos para obtener una población monosexo de hembras con genotipo masculino (XY, YY), se aplica el test de progenie para separar las hembras (YY) que serán reproducidas con los machos YY obtenidos en el primer cruce, para conseguir un stock 100% machos (YY), que al ser cruzado con una hembra normal (XX) dará una descendencia 100% machos (XY) conocidos como tilapias genéticamente machos (GMT). Según TOGUYENI *et al.* (2002), MAIR *et al.* (1997b), PERSCHBACHER (2007) y HERRERA *et al.* (2001) el rendimiento de las poblaciones monosexo de machos XY es superior al presentado por poblaciones YY. El conteo espermático de machos androgenéticos (YY) es superior a los de machos normales (XY) (KIRANKUMAR & PANDIAN, 2003). HERRERA *et al.* (2001) y MAIR *et al.* (1997a) concluyeron que los machos XY que poseen un cromosoma Y, presentan mayores rendimientos que las hembras XX que no poseen cromosoma Y en su genotipo. Esta tecnología de machos YY tiene gran potencial para el mejoramiento de producción y su aplicación en los sistemas de cultivo de tilapia.

## BIBLIOGRAFÍA

- ABAD, Z.; GONZÁLEZ, R.; MENDOZA, I.; OLIVA, A.; PIMENTEL, E.; PIMENTEL, R.; MARTÍNEZ, R.; ESTRADA, M.P.; RAMÍREZ, Y. & ARENAL, A. 2007.- Production of a high percentage of male offspring in growth-enhanced transgenic tilapia using *Oreochromis aureus* selected pseudofemales. *Journal Aquaculture*, 270: 541-545.
- ABUCAY, J.S.; MAIR, G.C.; SKIBINSKI, D.O.F. & BEARDMORE, J.A. 1999.- Environmental sex determination: the effect of temperature and salinity on sex ratio in *Oreochromis niloticus* L. *Journal Aquaculture*, 173: 219-234.
- AGROCADENAS. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. 2005.- La cadena de la piscicultura en Colombia, una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005. Documento de trabajo N° 106. Bogotá D.C., Colombia.

- ARBOLEDA-OBREGON, D.A. 2005.- Reversion sexual de la tilapia roja (*Oreochromis sp*), una guía básica para el acuicultor. *Revista electrónica de veterinaria*, 6 (12). Desde <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n121205.html>
- ARIAS-RODRÍGUEZ, L.; RODRÍGUEZ-IBARRA, L.E. & DEL VALLE- PIGNATARO, G. 2004.- Efecto de la radiación UV en la inactivación genética del esperma de Botete diana *Sphaeroides annulatus* (Jenyns, 1842). *Journal Ciencias marinas*, 30 (003): 391-402.
- AZAZA, M.S.; DHRAÏEFA, M.N. & KRAÏEMA, M.M. 2008.- Effects of water temperature on growth and sex ratio of juvenile Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus) reared in geothermal waters in southern Tunisia. *Journal of Thermal Biology*, 33 (2): 98-105.
- BARAS, E.; JACOBS, B. & MELARD, C. 2001.- Effect of water temperature on survival, growth and phenotypic sex of mixed (XX-XY) progenies of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Journal Aquaculture*, 192: 187-199.
- BAROILLER, J.F. & JALABERT, B. 1989.- Contribution of research in reproductive physiology to the culture of tilapias. *Journal Aquai. Liring Resour*, 2 (2): 105-116.
- BAROILLER, J.F.; CHOURROUT, D.; FOSTIER, A. & JALABERT, B. 1995.-Temperature and sex chromosomes govern sex ratios of the mouthbrooding Cichlid fish *Oreochromis niloticus*. *Journal of Experimental Zoology*, 273 (3): 216-223.
- BAROILLER, J.F.; D'COTTA, H.; BEZAULT, E.; WESSELS, S.; & HOERSTGEN-SCHWARK, G. 2009.- Tilapia sex determination: Where temperature and genetics meet. *Journal Comparative Biochemistry and Physiology, Part A*, 153: 30-38.
- BARRY, T.P.; MARWAH, A. & MARWAH, P. 2007.- Stability of 17 $\alpha$  methyltestosterone in fish feed. *Journal Aquaculture*, 271: 523-529.
- BARTLEY, D.M.; RANA, K. & IMMINK, A.J. 2001.- The Use of inter-specific hybrids in aquaculture and fisheries. *Journal Reviews in fish biology and fisheries*, 10 (3): 325-337.
- BEARDMORE, J.A.; MAIR, G.C. & LEWIS, R.I. 2001.- Monosex male production in finfish as exemplified by tilapia: applications, problems, and prospects. *Journal Aquaculture*, 197: 283-301.
- BENFEY, T. 1999.- The physiology and behavior of triploid fishes. *Reviews in fisheries science*, 7(1): 39-67.
- BEZAULT, E.; CLOTA, F.; DERIVAZ, M.; CHEVASSUS, B. & BAROILLER, J.F. 2007.- Sex determination and temperature-induced sex differentiation in three natural populations of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) adapted to extreme temperature conditions. *Journal Aquaculture*, 272 (1):3-16.
- BISWAS, A.K.; MORITA, T.; YOSHIZAKI, G.; MAITA, M. & TAKEUCHI, T. 2005.- Control of reproduction in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) by photoperiod manipulation. *Journal Aquaculture*, 243: 229-239.
- BOMBARDELLI, R.A. & HAYASHI, C. 2005.- Masculinização de larvas de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.) a partir de banhos de imersão com 17  $\alpha$ -metilttestosterona .R. *Bras. Zootec.*, 34 (2): 365-372.
- BONGERS, A.B.J.; VELD, E.P.C.; ABO-HASHEMA, K.; BREMMER, I.M.; EDING, E.H.; KOMEN, J. & RICHTER, C.J.J. 1994.- Androgenesis in common carp (*Cyprinus carpio* L.) using UV irradiation in a synthetic ovarian fluid and heat shocks. *Journal Aquaculture*, 122: 119-132.
- CAL, R.M.; VIDAL, S.; MARTÍNEZ, P.; ÁLVAREZ-BLÁZQUEZ, B.; GÓMEZ, C.; & PIFERRER, F. 2006.- Growth and gonadal development of gynogenetic diploid *Scophthalmus maximus*. *Journal of Fish Biology*, 68: 401-413.
- CAMPOS-MENDOZA, A.; MCANDREWA, B.J.; COWARD, K. & BROMAGEA, N. 2004.- Reproductive response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to photoperiodic manipulation; effects on spawning periodicity, fecundity and egg size. *Journal Aquaculture*, 231: 299-314.
- CAMPOS-RAMOS, R.; HARVEY, S.C.; McANDREW, B.J. & PENMAN D.J. 2003.-An investigation of sex determination in the Mozambique tilapia, *Oreochromis mossambicus*, using synaptonemal complex analysis, FISH, sex reversal and gynogenesis. *Journal Aquaculture*, 221: 125-140.
- CHAKRABORTY, S.B. 2010.- Comparative Growth Performance of Mixed-Sex and Monosex Nile Tilapia Population in Freshwater Cage Culture System under Indian Perspective. *International Journal of Biology*, 2 (1) .
- CHAKRABORTY, S.B. & BANERJEE, S. 2009.- Culture of monosex Nile tilapia under different traditional and non-traditional methods in India. *World Journal of Fish and Marine Sciences*, 1 (3): 212-217.
- CHARO-KARISA, H.; REZKC, M.A.; BOVENHUISB, H. & KOMEN, H. 2005.- Heritability of cold tolerance in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, juveniles. *Journal Aquaculture*, 249: 115-123.
- CONTRERAS-SÁNCHEZ, W.M.; FITZPATRICK, M.S. & SCHRECK, C.B. 2001a.- Masculinization of tilapia by immersion in trenbolone acetate: growth performance of trenbolone acetate-immersed tilapia. In: A. Gupta, K. McElwee, D. Burke, J. Burrignt, X. Cummings, and H. Egna (Editors), Eighteenth Annual Technical Report. Pond Dynamics/Aquaculture CRSP, Oregon State University, 43-46.
- CONTRERAS-SÁNCHEZ, W.M.; FITZPATRICK, M.S. & SCHRECK, C.B. 2001b.- Masculinization of tilapia by immersion in trenbolone acetate: detection of trenbolone acetate after treatment. In: A. Gupta, K. McElwee, D. Burke, J. Burrignt, X. Cummings, and H. Egna (Editors), Eighteenth Annual Technical Report. Pond Dynamics/Aquaculture CRSP, Oregon State University, 47-49.
- CONTRERAS-SÁNCHEZ, W.M.; FITZPATRICK, M.S. & SCHRECK, C.B. 2001d.-Fate of methyltestosterone in the pond environment: impact of MT-contaminated soil on tilapia sex differentiation. In: A. Gupta, K. McElwee, D. Burke, J. Burrignt, X. Cummings, and H. Egna (Editors), Eighteenth Annual Technical Report. Pond Dynamics/Aquaculture CRSP, Oregon State University, 83-86.
- CONTRERAS-SÁNCHEZ, W.M.; FITZPATRICK, M.S. & SCHRECK, C.B. 2001c.- Fate of methyltestosterone in the pond environment: detection of MT in pond soil from a CRSP site. In: A. Gupta, K. McElwee, D. Burke, J. Burrignt, X. Cummings, and H. Egna (Editors), Eighteenth Annual Technical Report. Pond Dynamics/Aquaculture CRSP, Oregon State University, pp. 79-82.



- CORPORACIÓN COLOMBIA INTERNACIONAL (CCI). 2007.- Sembramos a Colombia para el mundo. Cartilla sistemas agropecuarios. Encuesta nacional agropecuaria.
- CRAVEDI, J.P.; DEOUS, G.; DEBRAUWER, L.; RAO, D. & PROMÉ, D. 1993.- Liquid chromatographic separation and gas-chromatographic mass-spectrometric determination of 17-alpha-methyltestosterone. *Anal. Chim. Acta* 275, 1-2: 89-94.
- DABROWSKI, K.; RODRÍGUEZ, G.; ABIADO, M.A.; CONTRERAS-SÁNCHEZ, W. & CONTRERAS-GARCA, M. 2005.- Use of phytochemicals as an environmentally friendly method to sex reverse Nile tilapia. In: Burright, J, Flemming, C. and Egna, H. (Editors), Twenty-Second Annual Technical Report. Aquaculture CRSP, Oregon State University, 287-303.
- DABROWSKI, K.; RODRÍGUEZ, G.; LEE, K.J.; ABIADO, M.A.G.; CONTRERAS-SÁNCHEZ, W.; MARQUEZ-COUTURIER, G. & PHELPS, R. 2004.- Studies on fate of methyltestosterone and its metabolites in tilapia and on the use of phytochemicals as an alternative method to produce a monosex population of tilapia. In: R. Harris, I. Courter, and H. Egna (Editors), Twenty-First Annual Technical Report. Aquaculture CRSP, Oregon State University, 53-60.
- DESPREZ, D.; GÉRAZ, E.; HOAREAU, M.C.; MÉLARD, C.; BOSCH, P. & BAROILLER, J.F. 2003a.- Production of a high percentage of male offspring with a natural androgen, 11 $\beta$ -hydroxyandrostenedione (11 $\beta$ OHA4), in Florida red tilapia. *Journal Aquaculture*, 216: 55-65.
- DESPREZ, D.; MÉLARD, C.; HOAREAU, M.C.; BELLEMÉNE, Y.; BOSCH, P. & BAROILLER, J.F. 2003b.- Inheritance of sex in two ZZ pseudofemale lines of tilapia *Oreochromis aureus*. *Journal Aquaculture*, 218: 131-140.
- DEVLIN, R.H. & NAGAHAMA, Y. 2002.- Sex determination and sex differentiation in fish: an overview of genetic, physiological, and environmental influences. *Journal Aquaculture*, 208: 191-364.
- DRUMMOND, C.D.; SOLIS-MURGAS, L.D. & VICENTINI, B. 2009.- Growth and survival of tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) submitted to different temperatures during the process of sex reversal. *Journal Ciência e Agrotecnologia*, 33(3): 895-902.
- EZAZ, M.T. 2002.- Analysis of sex determination in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.): A molecular genetics approach: Thesis, University of Stirling, Stirling, Scotland, UK.
- EZAZ, M.T.; MYERS, J.M.; POWELL, S.F.; McANDREW, B.J. & PENMAN, D.J. 2004.- Sex ratios in the progeny of androgenetic and gynogenetic YY male Nile tilapia, (*Oreochromis niloticus*) L. *Journal Aquaculture*, 232: 205-214.
- FELIP, A.; PIFERRER, F.; CARRILLO, M. & ZANUY, S. 2001a.- Comparison of the gonadal development and plasma levels of sex steroid hormones in diploid and triploid sea bass, *Dicentrarchus labrax* L. *Journal of Experimental Zoology*, 290: 384-395.
- FELIP, A.; ZANUY, S.; CARRILLO, M. & PIFERRER, F. 2001b.- Induction of triploidy and gynogenesis in teleost fish with emphasis on marine species. *Journal Genetica*, 111: 175-195.
- FITZPATRICK, M.S.; CONTRERAS-SÁNCHEZ, W.M.; MILSTON, R.H.; HORNICK, FEIST, R.W. & SCHRECK, C.B. 1999.- Effect of fish density on efficacy of masculinization by immersion in MDHT. In: K. McElwee, D. Burke, M. Niles, and H. Egna (Editors), Sixteenth Annual Technical Report. Pond Dynamics Aquaculture CRSP, Oregon State University, pp. 75-77.
- FLÓREZ-MUÑOZ, V.F. 1994.- Desarrollo científico y tecnológico de un banco de genoma de tilapia. Universidad autónoma Metropolitana.
- GALBREATH, P.F. & SAMPLES, B.L. 2000.- Optimization of thermal shock protocols for induction of triploidy in brook trout. *North American journal of aquaculture*, 62: 249-259.
- GALE, W.L.; FITZPATRICK, M.S.; LUCERO, M.; CONTRERAS-SÁNCHEZ, W.M & SCHRECK, C.B. 1999.- Masculinization of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) by immersion in androgens. *Journal Aquaculture*, 178: 349-357.
- GUPTA, M.V. & ACOSTA, B.O. 2004.- A review of global tilapia farming practices. *Journal Aquaculture Asia*, 9 (1): 7-12.
- HAHN, C.M.; GIRALDO, C.E.; GRAJALES, A. & MARTÍNEZ, J.A. 2001.- Utilización de Citrato de Tamoxifen para obtención de machos en tilapias (*Oreochromis niloticus*, Trewavas, 1981). Santagueda, Caldas, Colombia: Tesis, Universidad de Caldas, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de sistemas de Producción, Manizales.
- HEPHER, B. 2005.- Cultivo de peces comerciales. Mexico, D.F.: Editorial Limusa S.A, pp. 63-94.
- HERRERA, A.A.; CRUZ, R.R. & THE FISH GENETICS BREEDING PROGRAM GENETIC MANIPULATION FOR IMPROVED TILAPIA PROJECT. 2001.- Developmental biology of the supermale YY tilapia (*Oreochromis niloticus*): Histogenesis of the reproductive system. *Journal Science Diliman*, 13 (1): 33-40.
- HOMKLIN, S.; WATTANODORN, T.; KEE-ONG, S. & LIMPIYAKORN, T. 2009.- Biodegradation of 17 $\alpha$ -methyltestosterone and isolation of MT-degrading bacterium from sediment of Nile tilapia masculinization pond. *Journal Water Science & Technology*, 59 (2).
- HURTADO, N. 2005.- Inversión sexual en tilapias. Revisión bibliográfica. Ingenierosconsultores. Lima-Perú.
- IHSSEN, P.E.; MCKAY, L.R.; McMILLAN, I. & PHILLIPS, R.B. 1990.- Ploidy manipulation and gynogenesis in fishes: Cytogenetic and fisheries applications. *American Fisheries Society*, 119: 698-717.
- IJIRI, S.; KANEKO, H.; KOBAYASHI, T.; WANG, D.S.; SAKAI, F.; PAUL- PRASANTH, B.; NAKAMURA, M. & NAGAHAMA, Y. 2008.- Sexual dimorphic expression of genes in gonads during early differentiation of a teleost fish, the Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Journal Biology of Reproduction*, 78 (2): 333-341.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE DESARROLLO RURAL-INCODER. 2006.- Guía práctica de piscicultura en Colombia. Bogotá D.C., 37 -42.

- INSTITUTO DE ACUACULTURA DE STIRLING. 2007.- Producción de Tilapia. *Panorama acuicola magazine*. Mayo-Junio. Desde [http://www.panoramaacuicola.com/ediciones/pam\\_12-4/48-55.pdf](http://www.panoramaacuicola.com/ediciones/pam_12-4/48-55.pdf)
- JOHNSTONE, R. & STET, R.J.M. 1995.- The production of gynogenetic Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Journal Theor. Appl. Genet.*, 90: 819-826.
- JOHNSTONE, R.; MACINTOSH, D.J. & WRIGHT, R.S. 1983.- Elimination of orally administered 17 $\alpha$ -methyltestosterone by *Oreochromis mossambicus* (Tilapia) and *Salmogairdneri* (Rainbow trout) juveniles. *Journal Aquaculture*, 35: 249-257.
- KARAYÜCEL, I.; EZAZ, T.; KARAYÜCEL, S.; MCANDREW, B.J. & PENMAN, D.J. 2004.- Evidence for two unlinked "sex reversal" loci in the Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, and for linkage of one of these to the red body colour gene. *Journal Aquaculture*, 234: 51-63.
- KOBAYASHI, T.; KAJIURA-KOBAYASHI, H. & NAGAHAMA, Y. 2003.- Induction of XY sex reversal by estrogen involves altered gene expression in a teleost, tilapia. *Journal Cytogenetic and Genome Research*, 101: 89-294.
- KOMEN, H. & THORGAARD, G. 2007.- Androgenesis, gynogenesis and the production of clones in fishes: A review. *Journal Aquaculture*, 269: 150-173.
- LI, G.L.; LIU, X.C. & LIN, H.R. 2006.- Effects of aromatizable and nonaromatizable androgens on the sex inversion of red-spotted grouper (*Epinephelus akaara*). *Journal Fish Physiology and Biochemistry*, 32: 25-33.
- LIAO, I.C. & CHEN, T.P. 1983.- Status and prospects of tilapia culture in Taiwan. Proceedings of the first international symposium on Tilapia in aquaculture, 8-13 May, Nazareth, Israel, Tel Aviv University, Israel.
- LOGATO, P.V.R.; MURGAS, L.D.S. & DE SOUZA, F.O. 2004.- Estudio del efecto de la relación macho hembra en la puesta natural y dosis de 17- $\alpha$ -metiltestosterona en la reversión sexual de tilapia-del-nilo (*Oreochromis niloticus*) linaje tailandés. *Journalan. Vet. (murcia)*, 20: 95-103.
- LÓPEZ, C.A.; CARVAJAL, D.L. & BOTERO, M.C. 2007.- Masculinización de tilapia roja (*Oreochromis spp*) por inmersión utilizando 17 alfa-metiltestosterona. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 20: 318-326.
- LUCKENBACH, J.A.; GODWIN, J.; DANIELS, H.V.; BEASLEY, J.M.; SULLIVAN, C.V. & BORSKI, R.J. 2004.- Induction of diploid gynogenesis in southern flounder (*Paralichthys lethostigma*) with homologous and heterologous sperm. *Journal Aquaculture*, 37: 499-516.
- MACINTOSH, D.J. 2008.- Risks associated with using methyl testosterone in tilapia farming. Desde [http://media.sustainablefish.org/MT\\_WP.pdf](http://media.sustainablefish.org/MT_WP.pdf)
- MACINTOSH, D.J.; VARGHESE, T.J. & RAO-SATYANARAYANA, G.P. 1985.- Hormonal sex reversal of wild-spawned tilapia in India. *Journal of Fish Biology*, 26(2): 87-94.
- MACLEAN, N. 1998.- Genetic Manipulation of Farmed Fish In: *Biology of Farmed Fish*, Black, K & Pickering, A. Sheffield Academic Press.
- MAINARDES-PINTO, C.S.R.; FENERICH-VERANI, N.; DE CAMPOS, B.E.S. E LIVRAMENTO-DA SILVA, A. 2000.- Masculinização da tilápia do nilo, *Oreochromis niloticus*, utilizando diferentes rações e diferentes doses de 17  $\alpha$ -metiltestosterona. *Rev. Bras. Zootec.*, 29 (3): 654-659.
- MAIR, G.C.; ABUCAY, J.S.; SKIBINSKI, D.O.F.; ABELLA, T.A. & BEARDMORE, J.A. 1997. Genetic manipulation of sex ratio for the large scale production of all-male tilapia *Oreochromis niloticus* L. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 54(2): 396-404.
- MAIR, G.C.; DAHLIG, L.R.; MORALES, E.J.; BEARDMORE, J.A. & SKIBINSKI, D.O.F. 1997. Application of genetic techniques for the production of monosex male tilapia in aquaculture: Early experiences from the Philippines. Proceedings of the Fourth Central America Symposium on Aquaculture, Tegucigalpa, Honduras, April 22-24, 225-227.
- MANOSROI, J.; PETCHJUL, K. & MANOSROI, A. 2004.- Effect of Fluoxymesterone Fish Feed Granule on Sex Reversal of the Hybrid, Thai Red Tilapia (*Oreochromis niloticus* Linn. x *Oreochromis mossambicus* Linn.). *Journal Asian Fisheries Science*, 17: 323-331.
- MARJANI, M.; JAMILI, S.; MOSTAFAVI, P.G.; RAMIN, M. & MASHINCHIAN, A. 2009.- Influence of 17-alpha methyl testosterone on masculinization and growth in tilapia (*Oreochromis mossambicus*). *Journal of fisheries and aquatic science*, 4 (1): 71-74.
- MATEEN, A. & AHMED, I. 2007.- Effect of androgen on sex reversal and growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal Pak. J. Agri. Sci.*, 44 (2): 272-276.
- MYERS, J.M.; PENMAN, D.J.; RANA, J.K.; BROMAGE, N.; POWELL, S.F. & MCANDREW, B.J. 1995.- Applications of induced androgenesis with tilapia. *Journal Aquaculture*, 137: 150.
- NAKAMURA, M. 1981.- Effects of 11-ketotestosterone on gonadal sex differentiation in *tilapia mossambica*. *Japanese Society of Scientific Fisheries*, 47(10): 1323-1327.
- NGUYEN, H.N.; KHAW, H.L.; PONZONI, R.W.; HAMZAH, A. & KAMARUZZAMAN, N. 2007.- Can sexual dimorphism and body shape be altered in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) by genetic means?. *Journal Aquaculture*, 272: 38-46.
- OWUSU-FRIMPONG, M. & NIJJHAR, B. 1981.- Induced sex reversal in tilapia nilotica (cichlidae) with methyl testosterone. *Journal Hydrobiologia*, 78: 157-160.
- PANDIAN, T.J. & KOTEEWARAN, R. 1998.- Ploidy induction and sex control in fish. *Journal Hydrobiologia*, 384: 167-243.
- PANDIAN, T.J. & SHEELA, G. 1995.- Hormonal induction of sex reversal in fish. *Journal Aquaculture*, 138: 1-22.

- PEÑA-MENDOZA, B.; J.L. GÓMEZ-MÁRQUEZ, I.H.; SALGADO-UGARTE & D. RAMÍREZ-NOGUERA. 2005.- Reproductive biology of *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) at Emiliano Zapata dam, Morelos, Mexico. *Rev. Biol. Trop.*, 53 (3-4): 515-522.
- PERSCHBACHER, P.W. 2007.- Growth Performance of GMT and Mixed Sex Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* on Natural and Supplemental Feeds. *Journal Asian Fisheries Science*, 20: 425-431.
- PERÚ. MINISTERIO DE COMERCIO EXTERIOR Y TURISMO DEL PERÚ - MINCETUR. 2004.- Perfil de mercado y competitividad exportadora de la tilapia. 2004. Desde <http://www.mincetur.gob.pe/comercio/otros/pexn/pdfs/Tilapia.pdf>
- PHHELPS, R.P. & POPMA, T.J. 2000.- Sex reversal of tilapia. In: Costa-Pierce, B.A. & Rakocy, J.E. (Editors). *Tilapia Aquaculture in the Americas. The World Aquaculture Society*, 2: 34-59.
- PHHELPS, R.P.; ARNDT, J.T. & WARRINGTON, R.L. 1999.- Masculinization of tilapia fry by immersion in trenbolone acetate (TBA) at a production level. In: K. McElwee, D. Burke, M. Niles, and H. Egna (Editors), Sixteenth Annual Technical Report. Pond Dynamics/Aquaculture CRSP, Oregon State University., pp.79-80.
- PHHELPS, R.P.; FITZPATRICK, M.S.; CONTRERAS-SÁNCHEZ, W.M.; WARRINGTON, R.L. & ARNDT, J.T. 2000.- Detection of mt in pond water after treatment with MT food. In: K. McElwee, D. Burke, M. Niles, X. Cummings, and H. Egna (Editors), Seventeenth Annual Technical Report. Pond Dynamics/Aquaculture CRSP, Oregon State University, pp. 57-59.
- PIFERRER, F. & DONALDSON, E.M. 1994.- Uptake and clearance of exogenous estradiol-17-beta and testosterone during the early development of coho salmon *Oncorhynchus kisutch*, including eggs, alevins and fry. *Journal Fish Physiol Biochem*, 13(3): 219-232.
- PILLAY, T.V.R. 2004.- Acuicultura Principios y Prácticas. México D.F.: Editorial Limusa, 445-462.
- POPMA, T.J. & GREEN, B.W. 1990.- Aquaculture production manual: sex reversal of tilapia in earthen ponds. Research and Development Series No. 35. International Center for Aquaculture, Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, AL, USA.
- POPMA, T. & MASSER, M. 1999.- Tilapia Life History and Biology. Southern Regional Aquaculture Center (SRAC), Publication No. 283.
- RON, B.; SHIMODA, S.K.; IWAMA, G.K. & GRAU, E.G. 1995.- Relationships among ration, salinity, 17 $\alpha$ -methyltestosterone and growth in the euryhaline tilapia, *Oreochromis mossambicus*. *Journal Aquaculture*, 135: 185-193.
- ROUGEOT, C.; PRIGNON, C.; VALENCE, C.; KENGNE, N. MÉLARD, C. 2008.- Effect of high temperature during embryogenesis on the sex differentiation process the Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Journal Aquaculture*, 276: 205-208.
- ROWELL, C.B.; WATTS, S.A.; WIBBELS, T.; HINES, G.A. MAIR, G. 2002.- Androgen and estrogen metabolism during sex differentiation in mono-sex populations of the Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Journal General and Comparative Endocrinology*, 12: 151-162.
- SARDER, M.R.; PENMAN, D.J.; MYERS, J.M. & MCANDREW, B.J. 1999.- Production and propagation of fully inbred clonal lines in the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L). *Journal of experimental zoology*, 284: 675-685, 1999.
- SCHEERER, P.D.; THORGAARD, G.H.; ALLENDORF, F.W. & KNUDSEN, K.L. 1986.- Androgenetic rainbow trout produced from inbred and outbred sperm sources show similar survival. *Journal Aquaculture*, 57: 289-298.
- SHEEHAN, R.; SHASTEEN, S. & SURESH, A. 1999.- Better growth in all-female diploid and triploid rainbow trout. *Journal American fisheries society*, 128: 491-498.
- SHELTON, W.L. 2000.- Methods for androgenesis techniques applicable to tilapia. In: K. McElwee, D. Burke, M. Niles, X. Cummings, and H. Egna (Editors), Seventeenth Annual Technical Report. Pond Dynamics/Aquaculture CRSP, Oregon State University, pp. 51-55.
- STANLEY, J.G. & JONES, J. B. 1976.- Morphology of androgenetic and gynogenetic grass carp, *Ctenopharyngodon idella* (Valenciennes). *Journal Fish Biology*, 9: 523-528.
- SURESH, V. 2000.- Últimos avances en el manejo de reproductores de tilapia. *Revista acuatic*, 10.
- TACHIBANA, L.; CASTAGNOLLI, N.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M.; DE BARROS-VALLE, J. E SIQUEIRA, M.R. 2004.- Desempenho de diferentes linhagens de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) na fase de reversão sexual. *Maringá*, 26 (3): 305-311.
- TAYAMEN, M.M. & SHELTON, W.L. 1978.- Inducement of sex reversal in *Sarotherodon niloticus* (Linnaeus). *Journal Aquaculture*, 14 (4): 349-354.
- TESSEMA, M.; MÜLLER-BELECKE, A. & HÖRSTGEN-SCHWARK, G. 2006.- Effect of rearing temperatures on the sex ratios of *Oreochromis niloticus* populations. *Journal Aquaculture*, 258: 270-277.
- THORGAARD, G.H.; SCHEERER, P.D.; HERSHBERGER, W.K. & MYERS, J.M. 1990.- Androgenetic rainbow trout produced using sperm from tetraploid males show improved survival. *Journal Aquaculture*, 85: 215-221.
- TOGUYENI, A.; FAUCONNEAU, B.; FOSTIER, A.; ABUCAY, J.; MAIR, G. & BAROILLER, J.F. 2002.- Influence of sexual phenotype and genotype, and sex ratio on growth performances in tilapia *Oreochromis niloticus*. *Journal Aquaculture*, 207: 249-261.
- TSAI, C.L.; CHANG, S.L.; WANG, L.H. & CHAO, T.Y. 2003.- Temperature influences the ontogenetic expression of aromatase and oestrogen receptor mRNA in the developing tilapia (*Oreochromis mossambicus*) brain. *Journal of Neuroendocrinology*, 15: 97-102.

- TSAI, C.L.; WANG, L.H.; CHANG, C.F. & KAO, C.C. 2000.- Effects of Gonadal Steroids on Brain Serotonergic and Aromatase Activity During the Critical Period of Sexual Differentiation in Tilapia, *Oreochromis mossambicus*. *Journal of Neuroendocrinology*, 49: 894-898.
- TSAI, C.L.; WANG, L.H.; SHIUE, Y.L. & CHAO, T.Y. 2007.- Influence of temperature on the ontogenetic expression of neural development-related genes from developing tilapia brain expressed sequence tags. *Journal Marine Biotechnology*, 9: 243-261.
- TUAN, P.A.; LITTLE, D.C. & MAIR, G.C. 1998.- Genotypic effects on comparative growth performance of all-male tilapia *Oreochromis niloticus* (L.). *Journal Aquaculture*, 59: 293-302.
- TVEDT, H.B.; BENFEY, T.J.; MARTIN-ROBICHAUD, D.J.; MCGOWAN, C. & REITH, M. 2006.- Gynogenesis and sex determination in Atlantic Halibut (*Hippoglossus hippoglossus*). *Journal Aquaculture*, 252: 573-583.
- WASSERMANN, G.J. & AFONSO, L.O.B. 2003.- Sex reversal in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus) by androgen immersion. *Journal Aquaculture Research*, 34: 65-71.
- WESSELS, S. & HÖRSTGEN-SCHWARK, G. 2007.- Selection experiments to increase the proportion of males in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) by means of temperature treatment. *Journal Aquaculture*, 272 (1): 80-87.
- WOHLFARTH, G.W. 1994.- The unexploited potential of tilapia hybrids in aquaculture. *Journal Aquacult fish manage*, 25: 781-788.
- YASUI, G.S.; DOS SANTOS, L.C.; SHIMODA, E.; PINTO-RIBEIRO-FILHO, O.; CALADO, L.L.; SARAIVA-FREITAS, A.; VAZQUEZ-VIDAL JR, M. E BARILE-FERREIRA, E. 2007.- Masculinização de três linhagens de tilápias do Nilo utilizando o andrógeno sintético 17- $\alpha$ -metil-testosterona. *Journal Zootecnia Tropical*, 25 (4): 307-310.

# ZOOLOGÍA VERTEBRADOS

Vertebrate Zoology





## COMPARACIÓN DEL PERFIL LIPÍDICO DE *FELIS CATUS* LINNAEUS, 1758 (CARNIVORA: FELIDAE) POR GÉNERO Y EDAD

José Henry Osorio<sup>1</sup>, Eliana Zulay Cañas<sup>2</sup>, Jorge Enrique Pérez<sup>3</sup>

### Resumen

Se compara y analiza, la correlación, entre las concentraciones lipídicas séricas de 6 grupos de felinos criollos o sus cruces (hembras jóvenes vs machos jóvenes; hembras adultas vs machos adultos; hembras jóvenes vs hembras adultas; machos jóvenes vs machos adultos; hembras vs machos y jóvenes vs adultos). Se obtuvieron, 96 muestras sanguíneas de gatos en estado de ayuno, diferenciados por género y edad (48 gatos menores de dos años: 19 hembras y 29 machos; y 48 gatos mayores de dos años: 18 hembras y 30 machos). Se determinaron los niveles de triglicéridos (TG), colesterol total (CT) y colesterol ligado a lipoproteínas de alta densidad (HDL-C), mediante el método enzimático colorimétrico; el colesterol ligado a lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL-C) y de baja densidad (LDL-C), se determinaron usando las fórmulas de Friedewald. La media  $\pm$  desviación estándar para los niveles de CT, TG, HDL-C, VLDL-C y LDL-C, en mg/dl, fueron de:  $125,882 \pm 48,775$ ;  $46,356 \pm 74,987$ ;  $63,801 \pm 24,425$ ;  $9,095 \pm 14,973$ ;  $52,985 \pm 26,313$ ; respectivamente. Para el grupo de los felinos jóvenes vs adultos, hubo una diferencia estadísticamente significativa, en las variables CT y LDL-C, con P valores inferiores a 0,05 (0,0118 para CT y 0,0090 para LDL-C), con una confianza del 95 %, así mismo, para el grupo de los machos adultos vs machos jóvenes, también hubo una diferencia estadísticamente significativa para CT y LDL, con un P-valor de 0,0125 y 0,0065, respectivamente. Para los demás grupos, los TG, HDL-C y VLDL-C, no fue significativo ( $P \geq 0,05$ ). Los resultados mostrados por los machos adultos, sugieren mayor predisposición, a presentar altas concentraciones en su perfil lipídico, el cual tiende a incrementarse con el paso del tiempo.

**Palabras clave:** colesterol, gatos, lípidos, metabolismo, obesidad, triglicéridos.

## COMPARISON OF LIPID PROFILE IN DOMESTIC CAT BY GENDER AND AGE

### Abstract

The correlation between serum lipid concentrations of 6 groups native-born cats or their crosses (females young vs. young males, adult females vs. adult males, young females vs. adult females, young males vs. adult males, females vs. males and young vs. adults) are compared and analyzed. Blood samples on an empty stomach from 96 cats differentiated by gender and age (48 cats under two years: 19 females and 29 males and 48 cats over two years: 18 females and 30 males) were obtained. The levels of triglycerides (TG), total cholesterol (CT), and high density lipoprotein cholesterol (HDL-C) were measured using the enzymatic-colorimetric method; very

\* FR: 7-IV-2012. FA: 27-VII-2012.

<sup>1</sup> Laboratorio de Bioquímica Clínica y Patología Molecular, Departamento de Ciencias Básicas de la Salud, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia. Email: jose.osorio\_o@ucaldas.edu.co.

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia.

<sup>3</sup> Laboratorio de Microbiología, Departamento de Ciencias Básicas de la Salud, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia.

low-density lipoprotein cholesterol (VLDL-C) and low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C) were determined using the Friedewald equation. Mean  $\pm$  standard deviation for CT, TG, HDL- C, VLDL-C and LDL- C in mg/dl were: 125,882 $\pm$ 48,775;46,356 $\pm$ 4,987;63,801 $\pm$ 24,425;9,095 $\pm$ 14,973;52,985 $\pm$ 26,313; respectively. For the young vs adult cats group there was a statistically significant difference in the CT y LDL- C variables with P values lower than 0,05 (0,0118 by CT and 0,0090 to LDL-C), with a confidence level of 95 %; likewise for the group of adult males vs. young males there was a statistically significant difference for CT and LDL- C with P value of 0,0125 and 0,0065, respectively. For the other groups the TG, HDL-C and VLDL-C were not significant ( $P \geq 0,05$ ). The results showed by adult males, suggest a greater trend to have high concentrations in lipid profile, which tends to increase overtime.

**Key words:** cats, cholesterol, lipids, metabolism, obesity, triglycerides.

## INTRODUCCIÓN

El felino doméstico es una especie fisiológicamente adaptada, al alto consumo de grasas como fuente de energía, además de proporcionar palatabilidad, a los alimentos (BAUER, 1997). Su digestión comienza en el estómago, lugar donde las grasas, entran en contacto con el jugo gástrico y son sometidas a un proceso de agitación, conduciendo a la formación de glóbulos de grasa (CUNNINGHAM, 1999). De esta manera, los lípidos pasan al duodeno, incluidos en el quimo y allí, estimulan la secreción de la colecistocinina, hormona que provoca la expulsión de los ácidos biliares, con los cuales, se mezclan los lípidos haciéndolos solubles en agua y digeribles enzimáticamente. La colecistocinina, induce además, a la secreción del jugo pancreático, donde van incluidas las lipasas pancreáticas, fosfolipasas y colesterol éster hidrolasas, encargadas de la degradación de los lípidos de la dieta (FEINLE *et al.*, 2001; RÍOS, 1997).

Para el transporte lipídico, es necesaria la re-esterificación de los ácidos grasos, a triglicéridos dentro del enterocito para la posterior formación, de los quilomicrones, los cuales viajan, a través del sistema linfático, desembocando en el sistema circulatorio (CUNNINGHAM, 1999). En este sitio, la lipoproteína lipasa, actúa sobre los triglicéridos, liberando ácidos grasos que se dirigen, hacia los diferentes tejidos periféricos.

Los carbohidratos por el contrario, no hacen parte de la dieta habitual del gato doméstico, debido a la baja capacidad enzimática para digerirlos y aprovechar su ingestión: ausencia de alfa-amilasa salival, reducida actividad de amilasas y disacaridasas pancreáticas e intestinales (QUINTANA, 2006); baja actividad a nivel hepático de glucocinasa (TAKEGUCHI *et al.*, 2005); fructoquinasa (SPRINGER *et al.*, 2009) y glucógeno sintetasa (ZORAN, 2002).

Los niveles de glucosa sanguínea en el felino, se encuentran provistos gracias a la liberación de pequeñas, pero persistentes tinuous boluses over a longer time frame as a result of cantidades de glucosa a largo plazo, como resultado del gluconeogenic catabolism of proteins. aporte gluconeogénico, a partir de las proteínas (ZORAN, 2002), un aporte muy activo y constante, en las especies carnívoras, a diferencia de otros animales, donde es activado únicamente, por una baja cantidad de carbohidratos (CASE *et al.*, 2001).



El metabolismo proteico del gato es muy acelerado, es decir, las enzimas encargadas de catabolizar los compuestos nitrogenados, tienen una alta actividad, aún cuando la cantidad de proteína en la dieta sea baja (AMINLARI *et al.*, 2007; RUSSELL *et al.*, 2000), esta alta actividad, no permite la conservación del nitrógeno, por lo cual debe recurrir, al abastecimiento continuo de proteínas, a través de la ingesta.

La arginina, taurina, metionina, cisteína y carnitina, son aminoácidos elementales, en la dieta de estos carnívoros para el correcto funcionamiento de actividades, como: eliminación del nitrógeno (GOY-THOLLOT & ELLIOTT, 2008); emulsificación de los lípidos, a nivel intestinal (YANG *et al.*, 2010); función cardiaca, retiniana y reproductiva (DAVENPORT, 2007). La carnitina, tiene un rol importante en el metabolismo lipídico, al mediar el transporte de ácidos grasos de cadena larga, a través de la membrana interna de la mitocondria para su oxidación (LACERA, 2004).

La obesidad, además de ser el trastorno nutricional más común en los animales de compañía (HATANO *et al.*, 2010; MICHEL *et al.*, 2005), se presenta, cuando el consumo de energía es mayor al requerido (CASE *et al.*, 2001; HOENIG *et al.*, 2006; NEVES & TUDURY, 2006), es un factor predisponente para la diabetes mellitus (HOENIG, 2002; RAND *et al.*, 2004) y la lipidosis hepática (KOLOFFON *et al.*, 2001), patologías, que cada día, ganan más fuerza en la especie felina, como respuesta a los cambios en el estilo de vida: incluidos la forma de alimentación, el ámbito social y la actividad física, influenciados, en gran medida por sus propietarios.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Toma de muestras

Se tomaron 96 muestras sanguíneas de felinos domésticos criollos o cruzados, en la ciudad de Manizales y en el municipio de Riosucio, del departamento de Caldas. 48 gatos menores de dos años (19 hembras y 29 machos) y 48 gatos mayores de dos años (18 hembras y 30 machos). Las muestras fueron tomadas por venopunción, en estado de ayuno de 12 horas y recolectadas en tubos de ensayo. Posteriormente, se centrifugaron las muestras a 3500 rpm durante 5 minutos, se obtuvieron los sueros y se conservaron, a -30 °C, hasta su análisis. Los niveles de colesterol total (CT), fueron determinados, por medio del método enzimático colorimétrico, el colesterol ligado a lipoproteínas de alta densidad (HDL-C), fue precipitado en presencia de ácido fosfotúngstico y determinado, mediante el método enzimático-colorimétrico.

### Procedimiento

Los sueros felinos y los reactivos, fueron expuestos a temperatura ambiente, durante 10 minutos para su descongelación, luego las muestras fueron homogenizadas. Para el cálculo de triglicéridos (TG), fueron pipeteados 10 µl de las muestras, los cuales se mezclaron con 1000 µl de reactivo de TG referencia 11529, después de agitar bien, se llevaron a baño maría a 37 °C por cinco minutos y finalmente, se realizó, la lectura. Para la medición de CT, se llevó a cabo el mismo procedimiento, variando únicamente, el reactivo utilizado: Colesterol referencia 11506. Para calcular el HDL-C, fueron pipeteados 200 µl del suero de las muestras y mezclados con 500 µl de reactivo Col HDL referencia 11649, después de homogenizadas las muestras, se dejaron a temperatura ambiente por 15 min y ulteriormente, se centrifugaron

a 4000 rpm, durante 15 min, para luego ser pipeteados 100  $\mu$ l de sobrenadante de cada muestra. Este último, se mezcló con 1000  $\mu$ l del reactivo Col referencia 11506, a continuación, se dejó a baño maría a 37 °C por 10 min para finalmente, realizar su lectura.

Las determinaciones del colesterol ligado a lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL-C) y de baja densidad (LDL-C), se estimaron mediante la fórmula de Friedewald:  $VLDL-C = TG/5$  y para  $LDL-C = CT - (HDL-C + VLDL-C)$  (FRIEDEWALD *et al.*, 1972). Este procedimiento, también ha sido aprobado en otras especies con patrón HDL, como: caninos, equinos, bovinos y ovinos (OSORIO & URIBE-VELÁZQUEZ, 2011). Se utilizaron los reactivos de la casa comercial BioSystems.

### Análisis estadístico

Los resultados fueron analizados, a través del programa STATGRAPHICS Plus 5.1. Se establecieron 6 grupos de acuerdo al género y a la edad, de la siguiente manera: hembras jóvenes vs machos jóvenes; hembras adultas vs machos adultos; hembras jóvenes vs hembras adultas; machos jóvenes vs machos adultos; hembras vs machos y jóvenes vs adultos. La comparación entre determinados grupos, se llevó a cabo, por medio del análisis de varianza ANOVA simple, con el cual, se obtuvo: el promedio, la varianza, la desviación estándar y el rango mínimo y máximo, para cada una de las siguientes variables: CT, TG, HDL-C, LDL-C y VLDL-C, en cada uno de los 6 grupos. Se aceptaba diferencia estadísticamente significativa, cuando P valor es  $< 0,05$ .

## RESULTADOS

Los valores equivalentes a la media  $\pm$  desviación estándar, expresados en mg/dl para cada fracción lipídica correspondieron a:  $125,882 \pm 48,775$  para CT;  $46,356 \pm 74,987$  para TG;  $63,801 \pm 24,425$  para HDL-C;  $52,985 \pm 26,313$  para LDL-C; y  $9,095 \pm 14,973$  para VLDL-C. De acuerdo con los valores obtenidos por los grupos descritos anteriormente, se encontró que los gatos adultos (hembras y machos), tenían mayores concentraciones séricas de TG, comparados con los gatos jóvenes, pero sin una diferencia estadísticamente significativa ( $57,4767$  vs  $35,2447$  mg/dl). Sin embargo, este mismo grupo de gatos adultos, manifestó valores mayores que el de los gatos jóvenes para CT y LDL-C, con diferencias estadísticamente significativas, con el P- valor del test F inferior a 0,05 equivalente a 0,0118 para CT y 0,0090 para LDL-C (Tabla 1). Así mismo, el grupo de los machos adultos, alcanzó valores superiores, al grupo de machos jóvenes ( $65,186$  vs  $34,7558$  mg/dl), para TG, sin una diferencia estadísticamente significativa, mientras que, para CT y LDL, si la hubo, con un P- valor de 0,0125 y 0,0065, respectivamente (Tabla 2). Adicional a esto, los machos adultos, obtuvieron valores superiores, a los de las hembras adultas ( $149,49$  vs  $119,652$  mg/dl) para CT, pero sin una diferencia estadísticamente significativa.

## DISCUSIÓN

En este estudio, las concentraciones más altas de las fracciones lipídicas: CT, TG, HDL-C, LDL-C y VLDL-C, se presentaron en los machos adultos, pero únicamente, con diferencia estadísticamente significativa para CT y LDL-C. En otras investigaciones,

también se reportan valores más altos para CT y TG, en los gatos adultos (HATANO *et al.*, 2010). Algunos autores reportan, además del incremento de CT y TG, el aumento de LDL-C, en animales mayores y una disminución para HDL-C (MURANAKA *et al.*, 2010). En otra publicación, se evaluaron las concentraciones de TG y CT, sin hallar correlación entre el peso, edad, sexo o dieta. A pesar de que los gatos más viejos (mayores de 7 años), de tal investigación, expresaron menor actividad de lipoproteína lipasa (LPL) y lipasa hepática, este hecho, no tuvo ninguna repercusión en las concentraciones de TG (KLUGER *et al.*, 2009). Aunque la menor actividad de estas enzimas, podría ser una causa de los valores más altos de TG en el presente estudio, se requieren pruebas posteriores. En los gatos la dislipidemia más conocida, es un defecto genético relativo a la deficiencia de LPL, causante de trigliceridemia postprandrial, en animales homocigotos. En los heterocigotos, sólo se puede diferenciar de gatos normales, después de realizar una prueba de tolerancia de grasa oral (KLUGER *et al.*, 2010). Comparando los resultados de este estudio, con otros ensayos realizados en gatos obesos, encontramos, que para el CT y TG, los valores son mayores para los animales obesos, tanto jóvenes, como adultos. Cuando la comparación es entre gatos obesos jóvenes, con gatos sanos adultos, se hallan valores muy similares, entre ambos grupos. Esta situación sugiere, que la obesidad, acelera un fenómeno natural, donde las concentraciones lipídicas aumentan con el tiempo. En los animales obesos, se encuentran frecuentemente, alteraciones en el metabolismo lipídico, los niveles de glucosa y la resistencia a la insulina (MURANAKA *et al.*, 2010). El uso de dietas altas en carbohidratos, junto con la falta de ejercicio y la esterilización, han conducido al desarrollo de la obesidad y a su vez, al desarrollo de diabetes mellitus (MAZZAFERRO *et al.*, 2003). El aumento en la ingestión de alimentos, se ve influida por la alta palatabilidad, las influencias sociales o los cambios de las hormonas sexuales, producto de la gonadectomía (FETTMAN *et al.*, 1998). Algunos autores, evaluaron el efecto de la castración y se encontró, que machos y hembras esterilizados, alcanzaron un importante aumento de peso corporal y de tejido adiposo acompañados además, por un aumento de TG, después de tres meses, a diferencia de machos y hembras intactos sexualmente. Este incremento de TG, coincide con la mayor ingesta de alimentos y mayor grasa corporal, después de la gonadectomía, debido a que éstas, favorecen ampliamente su síntesis hepática (HATANO *et al.*, 2010) e intestinal (FETTMAN *et al.*, 1997); mientras que, en otro estudio, también se evidenció, un aumento del peso corporal en gatas esterilizadas, que posteriormente desarrollaron obesidad, al recibir alimentación *ad libitum*. Cuando el felino es gonadectomizado, su tasa metabólica y sus necesidades energéticas, se reducen, pero aumenta el consumo de alimentos, aumentando a su vez, el peso corporal. Aún después de varias semanas, la ingesta alimentaria puede reducirse y el peso corporal, sigue aumentando (BLANCHARD *et al.*, 2004). El autor de esta publicación, considera que la alimentación de los felinos debería ser *ad libitum*, debido a que en su estudio, cuando las gatas comían una vez al día, exponían valores de CT mayores, sugiriendo mayor sensibilidad de los gatos al ritmo de la dieta. Otros autores por el contrario, no encuentran ninguna diferencia, entre tres y nueve comidas durante el día, en pacientes hipercolesterolémicos (BLANCHARD *et al.*, 2004). Como ya se mencionó, la obesidad es un factor de riesgo para la diabetes mellitus en gatos, ambas enfermedades, están asociadas con alteraciones en el metabolismo de los lípidos en los seres humanos; en las personas obesas, los cambios en las lipoproteínas, están asociados con la resistencia a la insulina. En los gatos ya fue comprobado que 1 kg de peso corporal, conduce a una disminución de la sensibilidad a la insulina, alrededor de un 30 % (JORDAN *et al.*, 2008). La insulina cumple un papel elemental, al suprimir la producción de

VLDL hepática postprandial y actuar sobre la LPL. De esta manera, debido a que la obesidad produce resistencia a la insulina, interfiere entonces, con la hidrólisis de los quilomicrones (QM), por parte de la LPL y conduce, a un mayor cumulo de VLDL y, por tanto, a una prolongada lipemia. Los gatos birmanos mayores de 6 años, han demostrado una tendencia a la intolerancia de la glucosa en comparaciones hechas con gatos de otras razas de la misma edad (KLUGER *et al.*, 2009). Pacientes obesos humanos y felinos, han manifestado un incremento de TG, VLDL y LDL, de esta última, principalmente, partículas pequeñas, las cuales, han sido asociadas en humanos con enfermedad arterial coronaria. El aumento de HDL, en gatos obesos, ha sido considerado benéfico, debido a que la aterosclerosis, no se ha reportado en esta especie, sin embargo, las partículas pequeñas de HDL, también se han asociado con enfermedades cardiovasculares. En una publicación, se sugiere que mayor cantidad de partículas pequeñas HDL<sub>3</sub> y menor de partículas HDL<sub>2</sub>, son una característica de obesidad, pero no de aterosclerosis en los felinos (JORDAN *et al.*, 2008). En contraste, otros autores asocian la obesidad con un incremento de la concentración de HDL<sub>2</sub>. Además, explican que, la aterosclerosis, ha sido inducida en gatos alimentados con un alto contenido de colesterol en la dieta (BLANCHARD *et al.*, 2004). En la comparación de nuestros resultados, con ensayos realizados sobre lipidosis hepática (LH), se evidencian mayores valores para los gatos con esta enfermedad y con significativos incrementos de TG (BROWN *et al.*, 2000), VLDL y LDL (BLANCHARD *et al.*, 2004). Estos resultados, son equivalentes a los reportados en seres humanos con síndrome del hígado graso, donde los ácidos grasos y los TG, son las fracciones lipídicas, que más se incrementan. Anteriores estudios han confirmado, que los TG, son los lípidos predominantes que se acumulan en los hepatocitos de gatos con LH (BROWN *et al.*, 2000). Esta enfermedad, también es asociada con la disminución de HDL<sub>3</sub>, enriquecidas en colesterol, sugiriendo cantidades bajas de la proteína transportadora de ésteres de colesterol (CETP), no obstante, ya había sido reportado en gatos sanos, este hecho influye en la poca susceptibilidad de los gatos a la aterosclerosis (BLANCHARD *et al.*, 2004).

**Tabla 1.** Concentraciones de fracciones lipídicas séricas en gatos clasificados por género y edad. Valores presentados como Media±Desviación Estándar.

Parámetros (mg/dl)	Machos (n=59)	Hembras (n=37)	Adultos (>2 años) (n=48)	Jóvenes (<2 años) (n=48)
CT	132,903 ± 52,636	114,687 ± 40,057	138,301 ± 57,053*	113,464 ± 35,193*
TG	50,228 ± 93,138	40,192 ± 28,389	57,476 ± 103,63	35,244 ± 19,483
HDL-C	65,825 ± 25,038	60,573 ± 23,386	67,224 ± 27,129	60,378 ± 21,119
VLDL-C	10,044 ± 18,623	7,582 ± 5,387	11,142 ± 20,722	7,048 ± 3,896
LDL-C	57,033 ± 26,115	46,530 ± 25,663	59,933 ± 27,843*	46,036 ± 22,926*

\*Indica diferencia estadísticamente significativa con P valor < 0,05

**Tabla 2.** Concentraciones de fracciones lipídicas séricas, en gatos ayunados clasificados por género y edad. Valores presentados como Media  $\pm$  Desviación Estándar.

Parámetros (mg/dl)	Machos Jóvenes (n=29)	Machos Adultos (n=30)	Hembras Jóvenes (n=19)	Hembras Adultas (n=18)
CT	115,744 $\pm$ 35,961*	149,49 $\pm$ 60,939*	109,983 $\pm$ 34,659	119,652 $\pm$ 45,554
TG	34,755 $\pm$ 18,659	65,186 $\pm$ 128,618	35,990 $\pm$ 21,180	44,627 $\pm$ 34,513
HDL-C	60,983 $\pm$ 22,752	70,506 $\pm$ 26,607	59,453 $\pm$ 18,916	61,755 $\pm$ 27,864
VLDL-C	6,951 $\pm$ 3,731	13,034 $\pm$ 25,717	7,198 $\pm$ 4,236	7,989 $\pm$ 6,490
LDL-C	47,809 $\pm$ 22,129*	65,949 $\pm$ 26,905*	43,331 $\pm$ 24,451	49,906 $\pm$ 27,169

\*Indica diferencia estadísticamente significativa con P valor < 0,05.

## CONCLUSIONES

De acuerdo a estos resultados, se puede concluir que, los machos felinos, están predispuestos a presentar mayores concentraciones en su perfil lipídico y éste, tiende a incrementar con el paso del tiempo. Aunque los rangos de edades utilizados en los diferentes estudios y los objetivos de los mismos, apuntaban en direcciones diferentes a las nuestras, de todos modos, fueron de gran utilidad para esclarecer todos los factores que influyen en el metabolismo lipídico, entre ellos, enfermedades, como: obesidad, diabetes mellitus, lipidosis hepática y las alteraciones, que éstas acarrearán, como: aumento del peso corporal, la resistencia a la insulina y la intolerancia a la glucosa, así como la castración y el mayor consumo de alimentos que ésta, trae consigo. Siendo probablemente, algunos de estos trastornos, los causantes de los mayores valores, en nuestro estudio. El perfil lipídico al revelar la condición del metabolismo lipídico, es una valiosa herramienta diagnóstica de los trastornos concernientes a éste, incluyendo, las enfermedades antes mencionadas. De igual manera, las mediciones de componentes bioquímicos, como: la insulina, la glucosa, la adiponectina y los ácidos grasos, son de especial interés en el diagnóstico de los mismos.

Las variaciones en los resultados, frente a las demás investigaciones, obedecen a: las diferentes técnicas de laboratorio, composiciones dietarias, patrones de alimentación, razas, ámbitos sociales, esterilización, entre otros. Por tanto, se hace necesario llevar a cabo, investigaciones exhaustivas, que incluyan estas variables.

## BIBLIOGRAFÍA

- AMINLARI, M., SHAHBAZKIA, H. R., ESFANDIARI A., 2007.- Distribution of arginase in tissues of cat (*Feliscatus*). *J Feline Med Surg.*, 9 (2): 133-139.
- BAUER, J. E., 1997.- Fatty acid metabolism in domestic cats (*Feliscatus*) and cheetahs (*Acinonyx jubatas*). *Proc Nutr Soc.*, 56 (3): 1013-1024.

- BLANCHARD, G., PARAGON, B. M., SÉROUGNE, C., FÉRÉZOU, J., MILLIAT, F., LUTTON, C., 2004.- Plasma lipids, lipoprotein composition and profile during induction and treatment of hepatic lipidosis in cats and the metabolic effect of one daily meal in healthy cats. *J Anim Physiol Anim Nutr.*, 88 (3-4): 73-87.
- BROWN, B., MAULDIN, G. E., ARMSTRONG, J., MOROFF, S. D., MAULDIN, G. N., 2000.- Metabolic and hormonal alterations in cats with hepatic lipidosis. *J Vet Intern Med.*, 14 (1): 20-26.
- CASE, L. P., CAREY, D. P., HIRAKAWA, D. A., DARISTOTLE, L., 2001.- *Nutrición canina y felina*. Harcourt, Madrid. pp. 211-320.
- CUNNINGHAM, J., 1999.- *Fisiología veterinaria*. Interamericana McGraw-Hill, México. pp. 81-123.
- DAVENPORT, G. M., 2007.- Alimentar a los gatos como carnívoros (II). *Argos.*, (90): 44.
- FEINLE, C., RADES, T., OTTO, B., FRIED, M., 2001.- Fat digestion modulates gastrointestinal sensations induced by gastric distention and duodenal lipid in humans. *Gastroenterology.*, 120 (5): 1100-1107.
- FETTMAN, M. J., STANTON, C. A., BANKS, L. L., HAMAR, D. E., JOHNSON, D. E., HEGSTAD, R. L. *et al.*, 1997.- Effects of neutering on body weight, metabolic rate and glucose tolerance of domestic cats. *Res Vet Sci.*, 62 (2): 131-136.
- FETTMAN, M. J., STANTON, C. A., BANKS, L. L., JOHNSON, D. E., HAMAR, D. W., HEGSTAD, R. *et al.*, 1998.- Effects of weight gain and loss on metabolic rate, glucose tolerance, and serum lipids in domestic cats. *Res Vet Sci.*, 64 (1): 11-16.
- FRIEDEWALD, W., LEVY, R., FREDRICKSON, D., 1972.- Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clin Chem.*, 18: 499-502.
- GOY-THOLLOT, I. & ELLIOTT, D. A., 2008.- Nutrición y cuidados intensivos del gato: 408 (en) PIBOT, P., BLOURGE, V., ELLIOTT, D. (eds.) *Enciclopedia de la nutrición clínica felina*. Royal Canin, Paris.
- HATANO, Y., MORI, N., ASADA, M., MORI, A., YAMAMOTO, I., MURANAKA, S. *et al.*, 2010.- Hypertriglyceridemia with increased plasma insulin concentrations in cats. *Res Vet Sci.*, 88 (3): 458-460.
- HOENIG, M., 2002.- Comparative aspects of diabetes mellitus in dogs and cats. *Mol Cell Endocrinol.*, 197 (1-2): 221-229.
- HOENIG, M., MCGOLDRICK, J. B., DEBEER, M., DEMACKER, P. N., FERGUSON, D. C., 2006.- Activity and tissue-specific expression of lipases and tumor-necrosis factor  $\alpha$  in lean and obese cats. *Domest Anim Endocrinol.*, 30 (4): 333-344.
- JORDAN, E., KLEY, S., LE, N. A., WALDRON, M., HOENIG, M., 2008.- Dyslipidemia in obese cats. *Domest Anim Endocrinol.*, 35 (3): 290-299.
- KLUGER, E. K., HARDMAN, C., GOVENDIR, M., BARAL, R. M., SULLIVAN, D. R., SNOW, D. *et al.*, 2009.- Triglyceride response following an oral fat tolerance test in Burmese cats, other pedigree cats and domestic crossbred cats. *J Feline Med Surg.*, 11 (2): 82-90.
- KLUGER, E. K., CASLAKE, M., BARAL, R. M., MALIK, R., GOVENDIR, M., 2010.- Preliminary postprandial studies of Burmese cats with elevated triglyceride concentrations and/or presumed lipid aqueous. *J Feline Med Surg.*, 12 (8): 621-630.
- KOLOFFON, S., TRIGO, F. J., LÓPEZ, A., 2001.- Lipidosis hepática idiopática felina. *Vet Méx.*, 32 (2): 109-116.
- LACERA, A., 2004.- Roles alimenticios y metabólicos de la taurina y la L-carnitina. *Intropica.*, 1: 105-120.
- MAZZAFERRO, E. M., GRECO, D. S., TURNER, A. S., FETTMAN, M. J., 2003.- Treatment of feline diabetes mellitus using an alpha-glucosidase inhibitor and a low-carbohydrate diet. *J Feline Med Surg.*, 5 (3): 183-189.
- MICHEL, K. E., BADER, A., SHOFER, F. S., BARBERA, C., OAKLEY, D. A., GIGER, U., 2005.- Impact of time-limited feeding and dietary carbohydrate content on weight loss in group-housed cats. *J Feline Med Surg.*, 7 (6): 349-355.
- MURANAKA, S., MORI, N., HATANO, Y., SAITO, T. R., LEE, P., KOJIMA, M. *et al.*, 2010.- Obesity induced changes to plasma adiponectin concentration and cholesterol lipoprotein composition profile in cats. *Res Vet Sci.*, 91 (3): 358-361.
- NEVES, A. L., TUDURY, E. A., 2006.- Etiologías, conseqüências e tratamentos de obesidades em cães e gatos - Revisão. *Vet Not.*, 12 (1): 29-41.
- OSORIO, J. H., URIBE-VELÁZQUEZ, L. F., 2011.- Comparison of direct versus Friedewald methods for determining LDL cholesterol levels in the horse. *Rev MVZ Córdoba.*, 16 (2): 2549-2553.
- QUINTANA, H., 2006.- Alimentación y nutrición del felino doméstico. Asociación argentina de medicina felina. [En línea] Disponible en: [http://www.aamefe.org/alimentacion\\_nutricion\\_quintana.htm](http://www.aamefe.org/alimentacion_nutricion_quintana.htm).
- RAND, J. S., FLEEMAN, L. M., FARROW, H. A., APPLETON, D. J., LEDERER, R., 2004.- Canine and feline diabetes mellitus: nature or nurture? *J Nutr.*, 134 (8): 2072S-2080S.
- RÍOS, J., 1997.- *Lípidos*. Centro Editorial Universidad de Caldas, Manizales. p 23.
- RUSSELL, K., LOBLEY, G. E., RAWLINGS, J., MILLWARD, D. J., HARPER, E. J., 2000.- Urea kinetics of a carnivore, *Felis silvestris catus*. *Br J Nutr.*, 84 (5): 597-604.
- SPRINGER, N., LINDBLOOM-HAWLEY, S., SCHERMERHORN, T., 2009.- Tissue expression of ketohexokinase in cats. *Res Vet Sci.*, 87 (1): 115-117.
- TAKEGUCHI, A., URABE, S., TANAKA, A., SAKO, T., WASHIZU, T., MORINAGA N. *et al.*, 2005.- Activities of enzymes in some types of peripheral leucocytes may reflect the differences in nutrient metabolism between dogs and cats. *Res Vet Sci.*, 78 (1): 21-24.
- YANG, S., TZANG, B., YANG, K., HSIAO, Y., CHANG, Y., CHAN, C. *et al.*, 2010.- Taurine alleviates dyslipidemia and liver damage induced by a high-fat/cholesterol-dietary habit. *Food Chem.*, 120 (1): 156-162.
- ZORAN, D. L., 2002.- The carnivore connection to nutrition in cats. *J Am Vet Med Assoc.*, 221(11): 1559-1567.

# PRINCIPALES PROBLEMAS DE SALUD DE *FELIS CATUS* LINNAEUS, 1758 (CARNIVORA: FELIDAE) RELACIONADOS CON SU METABOLISMO

José Henry Osorio<sup>1</sup>, Eliana Zulay Cañas<sup>2</sup>

## Resumen

La presente revisión analiza y actualiza al lector a cerca de los principales problemas de salud relacionados con el metabolismo en el felino doméstico, mediante el análisis de los siguientes aspectos: obesidad, diabetes mellitus, efecto de las hormonas incretinas en el gato doméstico y lipidosis hepática felina

**Palabras Clave:** felinos, enfermedades, etiología, lípidos, metabolismo

## CAPITAL HEALTH PROBLEMS OF *FELIS CATUS* LINNAEUS, 1758 (CARNIVORA: FELIDAE) RELATED TO ITS METABOLISM.

## Abstract

The present review analyses and updates the reader about the capital health problems related to domestic feline metabolism through the analysis of the following aspects: obesity, diabetes mellitus, and effect of incretins hormones in domestic feline and hepatic lipidosis in feline.

**Key words:** housecat, diseases, metabolism, health.

## INTRODUCCIÓN

Los lípidos son importantes por su alto valor energético, por ser componentes estructurales de membranas celulares, por actuar como aislantes térmicos cuando se almacenan en el tejido subcutáneo (OSORIO y FLÓREZ, 2011) y por su gran palatabilidad, entre muchas otras funciones. Todos los lípidos son transportados a través de lipoproteínas, macromoléculas con un núcleo hidrófobo, compuesto por triglicéridos y ésteres de colesterol, y una superficie externa anfipática compuesta por fosfolípidos, colesterol no esterificado y proteínas (XENOULIS y STEINER, 2010). La especie felina hace parte del patrón HDL, en donde el colesterol es transportado por éstas (COPPO *et al.*, 2003). Tal característica se debe a que el gato doméstico al igual que el perro, tienen muy bajas concentraciones de CETP (proteína transportadora de ésteres de colesterol) encargada de transferir los ésteres de colesterol incluidos en las HDL provenientes de las células periféricas, a

\* FR: 7-IV-2012. FA: 14-VIII-2012.

<sup>1</sup> Laboratorio de Bioquímica Clínica y Patología Molecular, Departamento de Ciencias Básicas de la Salud, Universidad de Caldas, Manizales (Colombia). E-mail: jose.osorio\_o@ucaldas.edu.co

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Caldas.

las LDL, ya su vez los triglicéridos son transferidos de las LDL a las HDL. Finalmente son las HDL las que conducen el colesterol hasta el hígado para su posterior metabolismo (SCHENCK, 2008). El paso del tiempo y las variaciones en el estilo de vida de nuestros animales de compañía, entre éstas, la forma de alimentación, el espacio donde se desenvuelven y las actividades habituales; han conducido a una mayor presentación de diversas enfermedades como la obesidad (MURANAKA *et al.*, 2010; RUSSELL *et al.*, 2000), la diabetes mellitus (HOENIG, 2002; RAND *et al.*, 2004) y la lipodosis hepática (BROWN *et al.*, 2000; GARCÍA, 2003), patologías en donde el metabolismo lipídico juega un papel fundamental y que es necesario comprender, puesto que tienden a incrementar su incidencia cada día. La presente revisión analiza el curso de varias enfermedades, sus principales factores de riesgo, la interacción metabólica en cada proceso, así como la interrelación entre las mismas.

## OBESIDAD

La obesidad es definida como la acumulación de una cantidad excesiva de tejido adiposo en el cuerpo (HATANO *et al.*, 2010; LAFLAMME, 2006; ROBERTSON, 1999), presentada en condiciones de balance energético positivo, es decir cuando el consumo de energía es mayor que el requerido, de esta manera esa energía sobrante se almacena como tejido adiposo (HOENIG *et al.*, 2006; LAFLAMME, 2008; NEVES y TUDURY, 2006). Esto puede ser el resultado del mayor consumo de alimentos, disminución de la actividad física (MICHEL *et al.*, 2005) o reducción de la tasa metabólica por alteraciones hormonales o un aumento de la eficiencia en la utilización de los nutrientes (FETTMAN *et al.*, 1997; ROBERTSON, 1999).

Se habla de sobrepeso cuando se tiene hasta un 15% por encima del peso ideal (COLLIARD *et al.*, 2009) y de obesidad cuando alcanza el 20% o más (COURCIER *et al.*, 2010). La incidencia de la obesidad felina está aumentando cada año y se ha considerado en más del 35% según estudios a nivel mundial (MURANAKA *et al.*, 2010), lo que la convierte en el trastorno nutricional más común en los animales de compañía (HATANO *et al.*, 2010; MICHEL *et al.*, 2005). Existen dos tipos de obesidad la hipertrófica y la hiperplásica. La primera se refiere a la presencia de adipocitos aumentados de tamaño, y la segunda es causada por un enorme número de ellos. La forma de presentación menos frecuente es la hiperplásica, la cual se da normalmente durante la etapa de crecimiento y ocasionalmente en la pubertad (NEVES y TUDURY, 2006).

La obesidad ha sido asociada con trastornos endocrinos como el hipotiroidismo, al producir disminución del metabolismo basal y el hiperadrenocorticismo debido a la gran cantidad de corticoides sintéticos. Pero estas alteraciones sólo representan el 5% de la población canina y felina (NEVES y TUDURY, 2006). Cuando se presentan alteraciones en el hipotálamo, se puede manifestar un consumo excesivo de alimentos, ya que éste interviene en la regulación del apetito, conduciendo posiblemente a obesidad (NEVES y TUDURY, 2006). Los principales factores de riesgo para esta incluyen el sexo (COLLIARD *et al.*, 2009), la edad, la forma de alimentación, la esterilización y la disminución de los niveles de actividad (ALLAN *et al.*, 2000; MICHEL *et al.*, 2005; RUSSELL *et al.*, 2000; ZORAN, 2002). En los animales adultos a medida que incrementa la edad se origina una disminución de la masa corporal magra, llevando a una reducción en el metabolismo basal, los requerimientos diarios de energía y la actividad física (NEVES y TUDURY, 2006). En cuanto a la



castración, en un estudio se evidenció un incremento del peso corporal tanto en machos y hembras castrados en comparación con gatos sexualmente activos, probablemente debido al descenso de la tasa metabólica de reposo, la reducción de las concentraciones de las hormonas sexuales o mediante el mayor consumo de alimentos, además la castración provoca cambios en la concentración de hormonas tiroideas (FETTMAN *et al.*, 1997). La ausencia de andrógenos testiculares en los machos castrados pueden conducir a algunos cambios en las concentraciones de lípidos, por influir en algunas vías de su metabolismo al disminuir los ácidos grasos libres, triglicéridos, fosfolípidos, colesterol total y HDL (THIESS *et al.*, 2004). Muchos de estos animales son castrados entre los seis meses y un año de edad, tiempo en el que hay una caída de la tasa de crecimiento y de las necesidades energéticas, razón por la cual es necesario establecer ajustes en la dieta y evitar un exceso de peso (NEVES y TUDURY, 2006).

El elevado consumo de alimentos está relacionado con la alta palatabilidad de las dietas, junto con la disposición del alimento a voluntad (COURCIER *et al.*, 2010; FETTMAN *et al.*, 1998). Además los animales que son alimentados con dietas caseras son más propensos al desarrollo de la obesidad que aquellos alimentados con dietas comerciales (NEVES y TUDURY, 2006). El aumento en el consumo de alimentos y de grasa corporal después de la castración, contribuye al aumento en la síntesis de triglicéridos a nivel hepático e intestinal (FETTMAN *et al.*, 1997).

La obesidad en gatos implica un trastorno perjudicial al ser capaz de aumentar la incidencia de algunas enfermedades: 3.9 veces más probabilidades de desarrollar diabetes, 4.9 veces más probabilidades de desarrollar cojeras y más de 2.3 veces de presentar condiciones alérgicas de la piel, en comparación con los gatos sanos, además también es un factor de riesgo para la lipodosis hepática (ALLAN *et al.*, 2000) y el uso de anestesia (RUSSELL *et al.*, 2000). El exceso de peso conduce a la aparición de problemas articulares y locomotores (LAFLAMME, 2006), haciendo que el animal se muestre intolerante al ejercicio, además el peso adicional en la pared torácica y/o la acumulación de grasa en el mediastino restringen la ventilación resultando en disnea, por otro lado ese peso excesivo produce un aumento del trabajo cardíaco necesario para la perfusión de mayor masa corporal (NEVES y TUDURY, 2006).

La obesidad también incluye una serie de cambios a nivel bioquímico que la caracterizan, entre ellos un incremento de triglicéridos y ácidos grasos no esterificados, lo que se traduce en el aumento en la producción de lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL) (HOENIG *et al.*, 2006; KLUGER *et al.*, 2009), además de la disminución de la adiponectina a nivel plasmático (HATANO *et al.*, 2010), una hormona sintetizada por el tejido adiposo y que tiene un papel decisivo en el metabolismo energético y lipídico (MURANAKA *et al.*, 2010; NIEMINEN *et al.*, 2010), al mejorar la sensibilidad a la insulina (ZORAN, 2010). La composición del colesterol también se ve alterada, las LDL aumentan significativamente, mientras que las HDL disminuyen (MURANAKA *et al.*, 2010). Al parecer la obesidad está relacionada no con la concentración total de una lipoproteína, sino con las subclases de éstas y el tamaño de las partículas, siendo las más pequeñas características de la obesidad en los gatos, pues en un estudio se halló una disminución de partículas HDL<sub>2</sub> grandes e incremento de HDL<sub>3</sub> pequeñas, en los gatos con obesidad a largo plazo, mientras que en los gatos con obesidad reciente hubo un aumento de ambas (JORDAN *et al.*, 2008). De acuerdo con esto, la hiperlipidemia puede ser un

indicador útil para evaluar el grado de obesidad (HATANO *et al.*, 2010). En muchos estudios se menciona la no presencia de aterosclerosis en el gato, puesto que “El riesgo aterogénico es directamente proporcional al aumento de LDL e inversamente proporcional a los niveles de HDL” (COPPO *et al.*, 2003). Sin embargo en un grupo de gatos mantenidos con una dieta alta en grasas, la aterosclerosis fue inducida satisfactoriamente (BLANCHARD *et al.*, 2004).

En un estudio se mostró una tendencia de los gatos machos obesos hacia una mayor concentración de ácidos grasos no esterificados en comparación con gatos magros, esta mayor concentración podría deberse a un aumento en la hormona muscular-lipasa sensible, la cual tiene mayor expresión en los machos. En ese mismo estudio se encontró mayor glucólisis en los gatos magros que en los obesos, ante una respuesta a la infusión de insulina, sin embargo dentro de los animales obesos, los machos oxidaron la glucosa de forma similar que los gatos magros, mientras que las hembras obesas oxidaron más grasa que glucosa. Lo que lleva a pensar que la disminución en la oxidación de lípidos podría ser un factor predisponente de la obesidad y la resistencia a la insulina, sugiriendo que los machos almacenan grasa a un ritmo más acelerado, esto podría explicar el mayor riesgo de gatos machos castrados de desarrollar diabetes mellitus (HOENIG *et al.*, 2007). Por el contrario otra publicación menciona que la obesidad es más común en las hembras que en los machos, debido a la menor tasa metabólica basal por la baja concentración de hormonas androgénicas, predisponiendo al aumento de peso (NEVES y TUDURY, 2006). El hecho de que disminuya la tasa metabólica de reposo, equivalente al 60-70% del gasto energético diario, hace que el peso corporal se incremente si no se adecua la ingestión alimenticia. Se considera que al incrementar la masa grasa y debido a que el tejido adiposo es menos activo metabólicamente, se reduce la tasa de producción de calor en la obesidad, lo que contribuye a una mayor eficiencia metabólica, almacenando más calorías por alimento ingerido.

La obesidad altera la homeostasis de la glucosa y la insulina. Las células pancreáticas beta todavía pueden producir insulina, pero existe una insensibilidad de las células corporales periféricas a la hormona causando hiperinsulinemia y algunos estados de intolerancia a la glucosa, esta hiperinsulinemia es probablemente un factor desencadenante de la diabetes mellitus (NEVES y TUDURY, 2006). La resistencia a la insulina se manifiesta con frecuencia en los gatos a diferencia de los perros (HATANO *et al.*, 2010). La magnitud de esta resistencia puede ser afectada por la duración y por la gravedad de la ganancia de peso. En un estudio sobre los patrones de la diabetes mellitus en gatos, se demostró un aumento en el riesgo de 4.9 veces para aquellos animales que pesen más de 6.9 kg (FETTMAN *et al.*, 1998). La obesidad también puede alterar receptores de la glucosa con un aumento en el metabolismo de los lípidos, conllevando a mayores niveles de ácidos grasos libres, que a su vez inhiben las actividades de la piruvato deshidrogenasa y la fosfato fructoquinasa y por lo tanto la oxidación de la glucosa. Por fortuna la reducción del peso corporal ayuda en la normalización de la producción, liberación y sensibilidad de la insulina, así como de la tolerancia a la glucosa (FETTMAN *et al.*, 1998; HALL *et al.*, 2009; KIL y SWANSON *et al.*, 2010). La mejor forma de manejar la obesidad es a través del uso de dietas bajas en calorías, teniendo en cuenta las necesidades calóricas diarias, divididas en dos o tres comidas al día, con restricciones energéticas del 20 al 50% (NEVES y UDURY, 2006). En un estudio encontraron que cuando los gatos ingerían sólo una comida al día, incrementaban sus niveles de colesterol, lo que lo llevo a considerar que la alimentación de los gatos debe ser *ad libitum* (BLANCHARD *et al.*,

2004). El ayuno total nunca debe hacerse en los gatos debido a que produce una pérdida exagerada de tejido magro y un mayor almacenamiento de grasa hepática pudiendo causar lipidosis hepática (NEVES y TUDURY, 2006). De acuerdo con lo anterior parece ser que los felinos son muy sensibles al ritmo de la alimentación (BLANCHARD *et al.*, 2004).

## DIABETES MELLITUS

Esta enfermedad corresponde a una patología endocrina relativamente común en el gato (HOENIG, 2002; LEDERER *et al.*, 2009; RAND y MARSHALL, 2005). La cual está ganando fuerza debido al incremento en la frecuencia de los factores predisponentes, entre ellos la obesidad y la inactividad física (RAND *et al.*, 2004), así como la edad (RAND y MARSHALL, 2005), la esterilización, el tratamiento con algunos medicamentos y el sexo, machos principalmente (PRAHL *et al.*, 2007). La edad es identificada como el principal factor de riesgo, lo que concuerda con un estudio en donde más del 50% de los gatos diabéticos eran mayores de 10 años (HOENIG, 2002).

La obesidad parece aumentar el riesgo de diabetes de 3 a 5 veces, la castración 2 veces y los gatos machos 1,5 veces (HOENIG, 2002). El tratamiento con medicamentos como los corticosteroides y los progestágenos causan resistencia a la insulina (SCOTT-MONCRIEFF, 2010), principalmente cuando se usan a largo plazo o son de acción prolongada (RAND *et al.*, 2004; RAND y MARSHALL, 2005). Los gatos machos poseen 37% menos sensibilidad a la insulina que las hembras, a pesar de tener una alta concentración basal de la misma (KIL y SWANSON *et al.*, 2010), este valor puede ser aun menor cuando ganan peso (RAND *et al.*, 2004).

El factor genético predispone a la presentación de la diabetes en los gatos birmanos (LEDERER *et al.*, 2009) con una incidencia aproximadamente cuatro veces mayor, lo que corresponde a 1 de cada 50 gatos birmanos comparado con 1 de cada 200 gatos domésticos de otras razas. En esta raza, la herencia no es ligada al sexo y al igual que en la mayoría de razas, la diabetes es más común cuando los gatos son mayores aumentando la incidencia de 1 en 10 para gatos birmanos mayores de 8 años (RAND *et al.*, 2004). El tipo de diabetes más común en el gato es la diabetes tipo 2 o insulino independiente, mientras que en el perro es la diabetes tipo 1 ó insulino dependiente (ZORAN, 2002; RAND *et al.*, 2004).

Esta presentación de diabetes es la forma más común en los perros, caracterizada por la destrucción de las células beta del páncreas conduciendo a la deficiencia total de insulina (SCOTT-MONCRIEFF, 2010). Se desconoce la razón por la cual se da esta destrucción, sin embargo en el 50% de los perros diabéticos existe evidencia de ser causada por procesos análogos a la diabetes tipo 1 en humanos, es decir destrucción de las células beta inmuno-mediada, y en un 46% infiltración de células inflamatorias en los islotes del páncreas (RAND *et al.*, 2004). Se considera que los gatos diabéticos manifiestan la diabetes tipo 2 de manera semejante que en el ser humano (BENNETT *et al.*, 2006), puesto que la mayoría de ellos tienen islotes amiloideos, lo cual es característico de la diabetes tipo 2 en el hombre (HOENIG *et al.*, 2006; JORDAN *et al.*, 2008; MARZBAN *et al.*, 2003).

Además los anticuerpos contra las células beta hasta ahora no se han documentado y la infiltración linfocítica de las células beta es de muy poca presentación en esta especie (HOENIG, 2002). Se ha sugerido que la sobre estimulación de las células beta desencadena la formación de depósitos amiloides, coincidiendo con un estudio en donde hubo desarrollo de amiloides en los islotes pancreáticos con el uso de glipizida (HOENIG, 2002).

De acuerdo con pruebas histológicas y clínicas la diabetes tipo 2 abarca el 80 a 95% de la diabetes felina. El 15 a 20% de los casos son causados por otras enfermedades. El adenocarcinoma del páncreas y la pancreatitis causan diabetes a través de la destrucción de las células beta (PRAHL *et al.*, 2007), mientras que la acromegalia (SCOTT-MONCRIEFF, 2010), el hiperadrenocorticismos y el hipotiroidismo la causan al provocar resistencia a la insulina (RAND *et al.*, 2004). El diagnóstico de la diabetes en los gatos suele hacerse cuando la concentración de glucosa excede el umbral renal, equivalente a 16 mmol/l, en esta etapa generalmente los signos clínicos son evidentes (RAND *et al.*, 2004). La caquexia se presenta en la última fase de la enfermedad debido al agotamiento pancreático por la sobre estimulación para la secreción de insulina y la deposición amiloide (MAZZAFERRO *et al.*, 2003).

Se considera que la hiperglucagonemia, la cual está presente en los animales obesos puede conducir a la diabetes, ya que el glucagón aumenta la resistencia a la insulina pudiendo así debilitar las células beta rápidamente (HOENIG, 2002). La asociación entre la glucosa y el metabolismo lipídico radica principalmente en la inhibición de la absorción y oxidación de la glucosa en los tejidos periféricos por la mayor cantidad de ácidos grasos libres. Los cuales también son inhibidos cuando se presenta un exceso de glucosa, convirtiéndose de esta manera en un ciclo. De acuerdo con esto se podría explicar que los gatos con obesidad presentan resistencia a la insulina por la acumulación de lípidos en tejido no adiposo y no directamente por el total de grasa consumida. Se ha señalado que un elevado número de ácidos grasos libres puede llevar al almacenamiento de triglicéridos en los islotes pancreáticos provocando fibrosis y el agotamiento de las células beta (MARZBAN *et al.*, 2003; THIESS *et al.*, 2004). En los machos castrados se ha reportado un incremento en los niveles de leptina en plasma, una hormona polipeptídica sintetizada por los adipocitos que influye en el metabolismo lipídico y de los carbohidratos, al inhibir la secreción de insulina por las células beta. El incremento de esta hormona es producto de la falta de testosterona, que se encarga de inhibir la producción de leptina (THIESS *et al.*, 2004).

Estudios previos han demostrado con el uso del clamphiperinsulinemico-euglucémico, que un incremento de 1 kg, de peso corporal disminuye la sensibilidad a la insulina alrededor de un 30% (KIL y SWANSON *et al.*, 2010). Esta prueba consiste en la infusión endovenosa de insulina con el fin de mantenerla elevada, al mismo tiempo que se induce glucosa de manera tal que se mantenga estable la glucemia y se toman muestras de sangre en determinados intervalos de tiempo (CARCIOFI, 2007).

En el tratamiento de la diabetes se ha estudiado el uso de la acarbosa, un inhibidor de la alfa- glucosidasa, que altera la absorción de la glucosa a nivel intestinal, al restringir la digestión del almidón y por ende la síntesis de glucosa a partir de la dieta. La acarbosa junto con la insulina y la dieta mejoran el control glucémico en perros y gatos, pero como único tratamiento ha conseguido un efecto mínimo (MAZZAFERRO *et al.*, 2003).

La ingestión de alimentos ricos en fibra para controlar la glucemia ha sido reportada en gatos diabéticos (HALL *et al.*, 2009) con reducciones pre-prandiales y 12 horas post-prandiales. La fibra puede restringir la absorción de carbohidratos a nivel intestinal, influyendo en los tiempos de tránsito gastrointestinal y en la sensibilidad de los tejidos a la insulina (BENNETT *et al.*, 2006). Por otro lado la inclusión de cromo en la dieta, demostró en un estudio que tiene pequeños, pero importantes efectos en la tolerancia a la glucosa al aumentar la sensibilidad a la insulina (RAND *et al.*, 2004). Además la arginina induce la secreción de insulina al provocar una despolarización de la membrana de las células beta e inducir un flujo mayor de iones de calcio. Tal estimulación permanece o hasta se incrementa aun cuando existen altísimos niveles de glucosa (LUTZ, 2008).

### EFFECTO DE LAS HORMONAS INCRETINAS EN EL GATO DOMÉSTICO

Quizás por ser un carnívoro obligado el gato doméstico carece del receptor T1R2 encargado de detectar el sabor dulce en las papilas gustativas. La detección del sabor dulce es necesaria para que las células enteroendocrinas secreten las hormonas incretinas (GILOR *et al.*, 2011a). Las hormonas incretinas: polipeptidoinsulinotrópico glucosa dependiente (GIP) y el péptido 1 similar al glucagón (GIP-1), estimulan la secreción de insulina al aumentar la sensibilidad del páncreas a la glucosa, permitiendo que ésta sea absorbida sin que presente hiperglucemia, además ayudan en la diferenciación y proliferación de las células beta, intervienen en la secreción de glucagón, el vaciamiento gástrico y disminuyen el consumo de alimentos. (GILOR *et al.*, 2011b).

Las incretinas son secretadas por las células K y L ubicadas en el tracto gastrointestinal (ARECHAVALETA, 2006). Después de la ingestión de los alimentos, estas células identifican el tipo y la cantidad de nutrientes a digerir a nivel intestinal. Sin embargo en un estudio fue demostrado que en el felino las hormonas incretinas tienen un efecto mínimo comparado con otras especies (GILOR *et al.*, 2011a).

### LIPIDOSIS HEPÁTICA FELINA

Esta enfermedad es causada por el almacenamiento excesivo de grasa, en forma de vacuolas en el citoplasma de los hepatocitos (CENTER, 2005; NÚÑEZ y BOUDA, 2007), pudiendo conducir al desarrollo de insuficiencia hepática. La lipidosis hepática puede ser primaria de presentación idiopática o secundaria a otras enfermedades (FIDALGO *et al.*, 2003) como diabetes mellitus, enfermedad inflamatoria intestinal (CASE *et al.*, 2001), neoplasias o pancreatitis.

Las alteraciones pancreáticas guardan una estrecha relación con las complicaciones hepáticas y biliares, debido a que en el gato doméstico el ducto pancreático se une con el ducto biliar antes de ingresar al duodeno (KOLOFFON *et al.*, 2001). La incidencia de lipidosis hepática secundaria abarca más del 85% de los casos (GARCÍA, 2007). Esta patología es también conocida como “síndrome del hígado graso” (KOLOFFON *et al.*, 2001).

La lipidosis hepática se presenta en el animal adulto (GARCÍA, 2007), aunque también se reporta en algunos animales jóvenes, siendo la edad promedio los 8

años (GARCÍA, 2003), no tiene predilección racial y se habla de una frecuencia dos veces mayor en las hembras que en los machos, aunque esto no ha sido corroborado (BROWN *et al.*, 2000; GARCÍA, 2003). Sus principales factores de riesgo incluyen la obesidad, la anorexia y el estrés (GARCÍA, 2007, SCHAER, 2006). Cerca del 90% de los gatos que han presentado lipodosis, tenían obesidad antes de adquirir la enfermedad (GARCÍA, 2003).

En condiciones normales el hígado recibe ácidos grasos libres tanto de la dieta como de depósitos periféricos, en este órgano son oxidados para conseguir energía, utilizados para la formación de fosfolípidos y colesterol, degradados en cuerpos cetónicos y esterificados para constituir triglicéridos. Los triglicéridos se unen a proteínas especializadas las apoproteínas, formando de esa manera las VLDL (GARCÍA, 2003).

Como ya se describió anteriormente el gato cuenta con unos requerimientos proteicos más altos que en otras especies, así cuando un gato no se encuentra en un estado de nutrición óptima se presenta una menor disponibilidad de proteínas, necesarias para la síntesis hepática de apoproteínas, trayendo como consecuencia la disminución en el transporte de triglicéridos fuera del hígado por las VLDL que no pueden formarse ante la falta de éstas, y por lo tanto acumulándose en el hígado (CASE *et al.*, 2001; FIDALGO *et al.*, 2003; KOLOFFON *et al.*, 2001; SCHAER, 2006). Otra razón por la cual hay una menor síntesis de lipoproteínas tiene que ver con la incapacidad del gato para sintetizar la arginina, pues su deficiencia eleva las concentraciones de carbamoil fosfato, el cual puede ser metabolizado a ácido orótico interfiriendo de esta manera con la síntesis de las lipoproteínas (CASE *et al.*, 2001; KOLOFFON *et al.*, 2001; NÚÑEZ y BOUDA, 2007).

En algunos casos de lipodosis hepática felina son evidentes algunas alteraciones de tipo nervioso, causadas por una hiperamonemia, debido también a la deficiencia de arginina (FIDALGO *et al.*, 2003; GARCÍA, 2003). Se postula que la taurina podría estar implicada en el desarrollo de la lipodosis hepática al estar involucrada en la estabilidad y función hepatocelular (CENTER, 2005). Se han evidenciado disminuciones significativas en la concentración de taurina sérica en animales obesos, gatos sanos con ayuno prolongado y animales enfermos con lipodosis hepática. Adicionalmente se reportan grandes pérdidas urinarias de los ácidos biliares conjugados con taurina, mas sin embargo se habla de una conservada capacidad para conjugar los ácidos biliares, pero quizás insuficiente taurina disponible para el sostenimiento de otras funciones (BROWN *et al.*, 2000). La deficiencia de aminoácidos como la lisina y la metionina, al ser los precursores de la carnitina, trae consigo una reducción de ésta, imposibilitando el transporte de los ácidos grasos al interior de la mitocondria y a su vez la oxidación de los mismos (ARMSTRONG y BLANCHARD, 2009; KOLOFFON *et al.*, 2001).

En estudios experimentales se comprobó que el almacenamiento hepático de triglicéridos, es minúsculo cuando se suplementa con carnitina, aun cuando el animal presenta un déficit energético (GARCÍA, 2007). En los gatos la insulina y el glucagón son menos sensibles a la glucosa, y esta sensibilidad es menor aun, cuando los animales están en un estado de ayuno prolongado por más de dos semanas, nutrición deficiente, estrés u obesidad (KOLOFFON *et al.*, 2001). La insulina estimula la lipoproteína lipasa, por esta razón cuando los niveles de insulina son bajos esta enzima se inhibe y evidentemente no hay hidrólisis de triglicéridos siendo

devueltos al hígado (BLANCHARD et al., 2004). Por el contrario la lipasa sensible a hormonas que normalmente es suprimida por altos niveles de insulina, aumenta su actividad hidrolizando los triglicéridos de los adipocitos, conduciendo al almacenamiento de los ácidos grasos en el hígado de manera excesiva (ARMSTRONG y BLANCHARD, 2009; HALL et al., 1997). Estudios previos han mostrado que los tejidos adiposo y hepático de los animales con lipodosis hepática se encuentran compuestos principalmente por ácidos grasos monoinsaturados (HALL et al., 1997). El incremento del glucagón, los corticosteroides, la hormona del crecimiento, las catecolaminas (BROWN et al., 2000), la somatotropina y la tiroxina, también elevan la lipasa sensible a hormonas, aumentando la lipólisis en el tejido adiposo (HALL et al., 1997).

La oxidación de los ácidos grasos a nivel hepático se ve afectada por la disminución de los peroxisomas en el citoplasma de los hepatocitos en la lipodosis hepática (GARCÍA, 2007), estos peroxisomas están implicados en la beta-oxidación y en la conversión del colesterol en sales biliares (MAILLET, 2003). De acuerdo con algunos estudios hay diferencias importantes en la forma y la cantidad de peroxisomas hepáticos entre los gatos sanos y con lipodosis hepática KOLOFFON et al., 2001).

## CONCLUSIÓN

Es muy importante evaluar las preparaciones comerciales de los alimentos para la especie felina, ya que una elevada proporción de carbohidratos en la dieta, junto con la inactividad física, no sólo conducen a la obesidad por exceso energético, sino también a la diabetes, debido a la baja capacidad del gato para digerir los azúcares. No se puede dejar de lado que la obesidad en muchas ocasiones conduce a la diabetes mellitus y a la lipodosis hepática, convirtiéndose de esta manera en una cadena. Finalmente cabe destacar que el perfil lipídico es una oportuna ayuda diagnóstica para la detección y hasta la prevención de estas patologías acompañada de un ambiente confortable y una adecuada alimentación, que eviten el estrés, además de una constante actividad física.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALLAN, F.J., PFEIFFER, D.U., JONES, B.R., ESLEMONT, D.H., WISEMAN, M.S., 2000.- A cross-sectional study of risk factors for obesity in cats in New Zealand. *PrevVetMed.*, 46 (3): 183-196.
- ARECHAVELETA, R., 2006.- El efecto fisiológico de las hormonas incretinas. *Jhons Hopkins Stud Adv Med.*, 6 (7A): S581-S585.
- ARMSTRONG, P.J., BLANCHARD, G., 2009.-Hepatic Lipidosis in Cats. *Vet Clin Small Anim.*, 39(3): 599-616.
- BENNETT, N., GRECO, D.S., PETERSON, M.E., KIRK, C., MATHES, M., FETTMAN, M.J., 2006.-Comparison of a low carbohydrate-low fiber diet and a moderate carbohydrate-high fiber diet in the management of feline diabetes mellitus. *J Feline Med Surg.*, 8(2): 73-84.
- BLANCHARD, G., PARAGON, B.M., SÉROUGNE, C., FÉRÉZOU, J., MILLIAT, F., LUTTON, C., 2004.-Plasma lipids, lipoprotein composition and profile during induction and treatment of hepatic lipidosis in cats and the metabolic effect of one daily meal in healthy cats. *J AnimPhysiolAnimNutr.*,88(3-4): 73-87.
- BROWN, B., MAULDIN, G.E., ARMSTRONG, J., MOROFF, S.D., MAULDIN, G.N., 2000.-Metabolic and hormonal alterations in cats with hepatic lipidosis. *J Vet Intern Med.*,14 (1): 20-26.
- CARCIOFI, A.C., 2007. Métodos para estudo das respostas metabólicas de cães e gatos a diferentes alimentos. *R BrasZootec.*, 36: 235-249.
- CASE, L.P., CAREY, D.P., HIRAKAWA, D.A., DARISTOTLE, L., 2001.-Nutrición canina y felina.2ª ed. Harcourt: Madrid. p. 473.
- CENTER, S.A., 2005.- Feline Hepatic Lipidosis. *Vet Clin Small Anim.*, 35(1): 225-269.
- COLLIARD, L., PARAGON, B.M., LEMUET, B., BÉNET, J.J., BLANCHARD, G., 2009.-Prevalence and risk factors of obesity in an urban population of healthy cats. *J Feline Med Surg.*, 11 (2): 135-140.

- COPPO, N.B., COPPO, J.A., LAZARTE, M.A., 2003.- Intervalos de confianza para colesterol ligado a lipoproteínas de alta y baja densidad en suero de bovinos, equinos, porcinos y caninos. *Rev Vet.*, 14(1): 3-10.
- COURCIER, E.A., O'HIGGINS, R., MELLOR, D.J., YAM, P.S., 2010.-Prevalence and risk factors for feline obesity in a first opinion practice in Glasgow, Scotland. *J Feline Med Surg.*, 12(10): 746-753.
- FETTMAN, M.J., STANTON, C.A., BANKS, L.L., HAMAR, D.E., JOHNSON, D.E., HEGSTAD, R.L. *et al.*, 1997.- Effects of neutering on body weight, metabolic rate and glucose tolerance of domestic cats. *Res Vet Sci.*, 62(2): 131-136.
- FETTMAN, M.J., STANTON, C.A., BANKS, L.L., JOHNSON, D.E., HAMAR, D.W., HEGSTAD, R. *et al.*, 1998.-Effects of weight gain and loss on metabolic rate, glucose tolerance, and serum lipids in domestic cats. *Res Vet Sci.*, 64(1): 11-16.
- FIDALGO, L.E., REJAS, J., RUIZ, R., RAMOS, J.J., eds. 2003.- Patología Médica Veterinaria. Kadmos: Salamanca. p. 308.
- GARCÍA, C., 2003.-Lipidosis hepática felina. *Redvet.*, 4(4).
- GARCÍA, E., 2007.- Entender y tratar la lipidosis hepática felina. *Revista complutense de Ciencias Veterinarias.*, 1 (2): 490-498.
- GILOR, C., GRAVES, T.K., GILOR, S., RIDGE, T.K., RICK, M., 2011(a).- The GLP-1 mimetic exenatide potentiates insulin secretion in healthy cats. *DomestAnimEndocrinol.*, 41(1): 42-49.
- GILOR, C., GRAVES, T.K., GILOR, S., RIDGE, T.K., WENG, H.Y., DOSSIN, O., 2011(b).- The incretin effect in cats: comparison between oral glucose, lipids, and amino acids. *DomestAnimEndocrinol.*, 40 (4): 205-212.
- HALL, J.A., BARSTAD, L.A., CONNOR, W.E., 1997.- Lipid composition of hepatic and adipose tissues from normal cats and from cats with idiopathic hepatic lipidosis. *JVet Intern Med.*, 11(4): 238-242.
- HALL, T.D., MAHONY, O., ROZANSKI, E.A., FREEMAN, L.M., 2009.-Effects of diet on glucose control in cats with diabetes mellitus treated with twice daily insulin glargine. *J FelineMedSurg.*, 11(2): 125-130.
- HATANO, Y., MORI, N., ASADA, M., MORI, A., YAMAMOTO, I., MURANAKA, S. *et al.*, 2010.- Hypertriglyceridemia with increased plasma insulin concentrations in cats. *Res Vet Sci.*, 88(3): 458-460.
- HOENIG, M., 2002.-Comparative aspects of diabetes mellitus in dogs and cats. *Mol Cell Endocrinol.*, 197 (1-2): 221-229.
- HOENIG, M., MCGOLDRICK, J.B., DEBEER, M., DEMACKER, P.N., FERGUSON, D.C., 2006.-Activity and tissue-specific expression of lipases and tumor-necrosis factor  $\alpha$  in lean and obese cats. *DomestAnimEndocrinol.*, 30(4): 333-344.
- HOENIG, M., THOMASETH, K., BRANDAO, J., WALDRON, M., FERGUSON, D.C., 2006.-Assessment and mathematical modeling of glucose turnover and insulin sensitivity in lean and obese cats. *DomestAnimEndocrinol.*, 31(4):373-389.
- HOENIG, M., THOMASETH, K., WALDRON, M., FERGUSON, D.C., 2007.- Fatty acid turnover, substrate oxidation, and heat production in lean and obese cats during the euglycemic hyperinsulinemic clamp. *DomestAnimEndocrinol.*, 32(4): 329-338.
- JORDAN, E., KLEY, S., LE, N.A., WALDRON, M., HOENIG, M., 2008.- Dyslipidemia in obese cats. *DomestAnimEndocrinol.*, 35 (3): 290- 299.
- KIL, D.Y., SWANSON, K.S., 2010.-Endocrinology of Obesity. *Vet Clin Small Anim.*, 40(2): 205-219.
- KLUGER, E.K., HARDMAN, C., GOVENDIR, M., BARAL, R.M., SULLIVAN, D.R., SNOW, D. *et al.*, 2009. Triglyceride response following an oral fat tolerance test in Burmese cats, other pedigree cats and domestic crossbred cats. *J FelineMedSurg.*, 11(2): 82-90.
- KOLOFFON, S., TRIGO, F.J., LÓPEZ, A., 2001.-Lipidosis hepática idiopática felina. *Vet Méx.*, 32 (2): 109-116.
- LAFLAMME, D.P., 2006.-Understanding and Managing Obesity in Dogs and Cats. *Vet Clin Small Anim.*, 36(6): 1283-1295.
- LAFLAMME, D.P., 2008.-Letter to the Editor: Cats and Carbohydrates. *Top Companion Anim Med.*, 23(4):159-160.
- LEDERER, R., RAND, J.S., JONSSON, N.N., HUGHES, I.P., MORTON, J.M., 2009.- Frequency of feline diabetes mellitus and breed predisposition in domestic cats in Australia. *Vet J.*, 179 (2): 254-258.
- LUTZ, T.A., 2008.- Diabetes mellitus felina: Estrategias nutricionales:p. 218 (en) Pibot P, Biourge V, Elliott D.(eds). Enciclopedia de la nutrición clínica felina. Royal Canin, París.
- MAILLET, M., 2003.- Biología celular. Masson, Barcelona. p 89-111.
- MARZBAN, L., PARK, K., VERCHERE, C.B., 2003.- Islet amyloid polypeptide and type 2 diabetes. *ExpGerontol.*, 38(4): 347-351.
- MAZZAFERRO, E.M., GRECO, D.S., TURNER, A.S., FETTMAN, M.J., 2003.-Treatment of feline diabetes mellitus using an alpha-glucosidase inhibitor and a low-carbohydrate diet. *J Feline Med Surg.*, 5(3): 183-189.
- MICHEL, K.E., BADER, A., SHOFER, F.S., BARBERA, C., OAKLEY, D.A., GIGER, U., 2005.- Impact of time-limited feeding and dietary carbohydrate content on weight loss in group-housed cats. *J FelineMedSurg.*, 7 (6): 349-355.
- MURANAKA, S., MORI, N., HATANO, Y., SAITO, T.R., LEE, P., KOJIMA, M. *et al.*, 2010.-Obesity induced changes to plasma adiponectin concentration and cholesterol lipoprotein composition profile in cats. *Res Vet Sci.*, 91 (3): 358-361.
- NEVES, A.L., TUDURY, E.A., 2006.-Etiologias, conseqüências e tratamentos de obesidades em cães e gatos - Revisão. *Vet Not.*, 12 (1): 29-41.
- NIEMINEN, P., ROUVINEN-WATT, K., KAPAINEN, S., HARRIS, L., MUSTONEN, AM., 2010.-Molecular evolution



- of adiponectin in Carnivora and its mRNA expression in relation to hepatic lipodosis. *Gen Comp Endocrinol.*, 168 (3): 307-311.
- NÚÑEZ, L., BOUDA, J. eds., 2007.-Patología Clínica Veterinaria. 1ª ed. Editorial Universidad Nacional Autónoma de México, México, DF.
- OSORIO, J.H., FLÓREZ, J.D., 2011.-Diferencias bioquímicas y fisiológicas en el metabolismo de lipoproteínas de aves comerciales. *Biosalud.*, 10 (1): 88-98.
- PRAHL, A., GUPTILL, L., GLICKMAN, N.W., TETRICK, M., GLICKMAN, L.T., 2007.-Time trends and risk factors for diabetes mellitus in cats presented to veterinary teaching hospitals. *J Feline Med Surg.*, 9(5): 351-358.
- RAND, J.S., FLEEMAN, L.M., FARROW, H.A., APPLETON, D.J., LEDERER, R., 2004.- Canine and feline diabetes mellitus: nature or nurture? *J Nutr.*, 134(8): 2072S-2080S.
- RAND, J.S., MARSHALL, R.D., 2005.-Diabetes Mellitus in Cats. *Vet Clin Small Anim.*, 35: 211-224.
- ROBERTSON, I.D., 1999.- The influence of diet and other factors on owner-perceived obesity in privately owned cats from metropolitan Perth, Western Australia. *Prev Vet Med.*, 40(2): 75-85.
- RUSSELL, K., SABIN, R., HOLT, S., BRADLEY, R., HARPER, E.J., 2000.-Influence of feeding regimen on body condition in the cat. *J Small Anim Pract.*, 41(1): 12-17.
- SCHAER, M., 2006.- Medicina Clínica del perro y el gato. p. 340. Masson, Barcelona. p 321-345.
- SCHENCK, P.A., 2008.- Enfoque diagnóstico del gato hiperlipidémico y tratamiento dietético: p. 225-234 (en) PIBOT, P., BOURGE, V., ELLIOTT, D.(eds). Enciclopedia de la nutrición clínica felina. Royal Canin, Paris.
- SCOTT-MONCRIEFF, J.C., 2010.- Insulin Resistance in Cats. *Vet Clin Small Anim.*, 40(2): 241-257.
- THIESS, S., BECSKEI, C., TOMSA, K., LUTZ, T.A., WANNER, M., 2004.-Effects of high carbohydrate and high fat diet on plasma metabolite levels and on i.v. glucose tolerance test in intact and neutered male cats. *J Feline Med Surg.*, 6(4): 207-218.
- XENOULIS, P.G. & STEINER, J.M., 2010.-Lipid metabolism and hyperlipidemia in dogs. *Vet J.*, 183 (1): 12-21.
- ZORAN, D.L., 2002.-The carnivore connection to nutrition in cats. *J Am Vet Med Assoc.*, 221(11): 1559-1567.
- ZORAN, D.L., 2010.- Obesity in Dogs and Cats: A Metabolic and Endocrine Disorder. *Vet Clin Small Anim.*, 40(2): 221-239.

# LAS ESPECIES DEL GÉNERO *TRICHOMYCTERUS* (SILURIFORMES: TRICHOMYCTERIDAE) EN COLOMBIA

César A. Castellanos-Morales<sup>1</sup>, Fabián Galvis<sup>2</sup>

## Resumen

Se presenta el listado de especies del género *Trichomycterus* y su distribución por sistemas hídricos en Colombia. Un total de 34 especies, fueron registradas, de las cuales, seis se encuentran en ecosistemas subterráneos. El sistema hidrográfico Magdalena, cuenta con el mayor número de especies registradas, en tanto que, para el Amazonas y el río Catatumbo, no se obtuvieron registros confirmados.

**Palabras clave:** cavernas, diversidad, listado de especies, troglomorfo, sistemas hidrográficos.

## SPECIES FROM THE *TRICHOMYCTERUS* (SILURIFORMES: TRICHOMYCTERIDAE) GENUS IN COLOMBIA

### Abstract

The species checklist of the *Trichomycterus* genus, and its distribution by hydrographic systems in Colombia are presented. A total of 34 species were registered from which, six are found in subterranean ecosystems. The Magdalena river hydrographic system has the largest number of recorded species, while the Amazon and Catatumbo rivers records confirmed were not obtained.

**Key words:** caves, diversity, species checklist, hydrographic systems, troglomorphic.

## INTRODUCCIÓN

La familia Trichomycteridae está representada por 41 géneros y más de 241 especies descritas, posicionándola como uno de los grupos de Siluriformes más ricos y ampliamente distribuidos en aguas continentales del neotrópico (CASTELLANOS-MORALES, 2010; FERRARIS Jr., 2007; RIZZATO *et al.*, 2011). El género *Trichomycterus* Valenciennes 1832, es el más diverso dentro de la familia con aproximadamente 130 especies descritas y un número importante de nuevas especies descritas anualmente (ARDILA-RODRÍGUEZ, 2011a; ARDILA-RODRÍGUEZ, 2011b; CASTELLANOS-MORALES, 2010; FERRER & MALABARBA, 2011; RIZZATO *et al.*, 2011; SARMENTO-SOARES *et al.*, 2011). Sin embargo, el estatus monofilético del género ha sido cuestionado por varios autores como: BASKIN (1973); de PINNA (1989); COSTA & BOCKMANN (1993) y WOSIACKI (2002).

\* FR: 20-V-2012. FA: 20-VIII-2012.

<sup>1</sup> Universidad Santo Tomas, Sede Villavicencio. Facultad de Ciencias Básicas. Email: cesarcasla@gmail.com.

<sup>2</sup> Universidad Francisco de Paula Santander, Grupo de Investigación Majumba, Cúcuta.

Los trichomictéridos, se consideran uno de los grupos de peces más exitosos en la colonización de hábitats subterráneos (DONASCIMIENTO, 2005; CASTELLANOS-MORALES, 2007). Hasta el presente, la familia está representada por 14 especies nominales de los géneros: *Glaphyropoma*, *Ituglanis*, *Silvinichthys* y *Trichomycterus* (PROUDLOVE, 2010; RIZZATO *et al.*, 2011). A nivel de Suramérica, Brasil cuentan con el mayor número de especies descritas para ecosistemas de cavernas, alcanzando más de 25 registros (RIZZATO *et al.*, 2011). Le sigue Colombia con seis especies, de las cuales cuatro fueron descritas para ambientes hipogeos: cueva El Misterio (*T. uisae*, CASTELLANOS-MORALES), cueva Don Juan (*T. sandovali*, ARDILA-RODRÍGUEZ), cueva El Puente (*T. santanderensis*, CASTELLANOS-MORALES) y cueva del Indio (*Trichomycterus sketi*, CASTELLANOS-MORALES). Las dos especies adicionales se encuentran actualmente en proceso de descripción (CASTELLANOS-MORALES, DONASCIMIENTO y PRADA-PEDREROS).

La presencia de una población de peces habitando sistemas subterráneos no significa que tales individuos estén totalmente adaptados a la vida cavernícola; por tanto, para determinar la condición troglobia de un organismo, es necesario comparar los individuos encontrados en ambientes hipogeos, con la fauna epigea local (MATTOX *et al.*, 2008). Existen tres clasificaciones para los organismos que viven en ambientes subterráneos: i) troglobio, cuando un organismo habita exclusivamente ambientes subterráneos; ii) troglófilo, cuando los organismos desarrollan parte de su ciclo de vida, tanto en hábitats hipogeos, como epigeos; iii) troglóxenos, cuando el organismo tiene que retornar periódicamente, a la superficie para poder completar su ciclo de vida (BICHUETTE & TRAJANO, 2003). En este trabajo, se presenta el estado actual sobre el conocimiento de la diversidad de peces hipogeos y epigeos del género *Trichomycterus* que habitan en Colombia, así como su distribución por sistemas hídricos y estatus endémico.

## METODOLOGÍA

El listado de especies del género *Trichomycterus*, así como su distribución y hábitat, esta soportado principalmente en la revisión de literatura primaria. Datos complementarios se obtuvieron de la consulta de especímenes depositados en colecciones nacionales: CAC-CDMB (Colección Ictiológica Cesar Castellanos-Corporación Autónoma para la Defensa de Bucaramanga), IAvHP (Colección de Peces de Agua Dulce del Instituto Alexander von Humboldt), UIS-T (Colección Ictiológica de la Universidad Industrial de Santander) y MLS (Colección Ictiológica del Museo La Salle). Las especies se organizaron alfabéticamente y la distribución por zonas hidrogeográficas, se definió de acuerdo al IDEAM (2004). Los registros de localidades tipo se cotejaron con los mapas disponibles en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi: IGAC, con lo cual, se pudo corregir y ampliar los datos geográficos de las especies.

## RESULTADOS

Se registran 34 especies del género *Trichomycterus*, habitando diferentes sistemas dulceacuícolas de Colombia. De las 34 especies, 29 están descritas y 5 se encuentran en proceso de descripción. A continuación, se presenta el listado de especies indicando su localidad tipo, hábitat y distribución.

## ORDEN SILURIFORMES

## FAMILIA TRICHOMYCTERIDAE

## SUBFAMILIA TRICHOMYCTERINAE

1. *Trichomycterus ballesterosi*. Ardila-Rodríguez 2011.

**Localidad tipo:** Colombia, departamento de Córdoba, municipio de Tierra Alta, quebrada Tuis Tuis, entre los 250-260 msnm, cuenca alta río Sinú, sistema Caribe.

**Holotipo:** CAR 400. **Nombre común:** Bagresito, liso. **Hábitat:** Epigeo.

**Distribución:** Sistema Caribe. Endémica del departamento de Córdoba, donde al parecer, está restringida a la cuenca alta del río Sinú (ARDILA-RODRÍGUEZ, 2011a).

2. *Trichomycterus banneau* (Eigenmann, 1912).

**Localidad tipo:** Colombia, departamento de Tolima, municipio de Honda, quebrada de Bernal (no quebrada Bernal EIGENMANN, 1912), cerca de Honda, sistema río Magdalena. **Holotipo:** FMNH 56025. **Nombre común:** Baboso, guabino, laucha, pez lápiz. **Hábitat:** Epigeo.

**Distribución:** Sistema Magdalena (GARCÍA-MELO *et al.*, 2005; MALDONADO-OCAMPO *et al.*, 2005; JARAMILLO-VILLA *et al.*, 2008). Endémica de Colombia.

3. *Trichomycterus bogotense* (Eigenmann, 1912).

**Localidad tipo:** Colombia, departamento de Cundinamarca, puente de Suba, planicie de Bogotá, 2750 msnm. **Holotipo:** FMNH 56030. **Nombre común:** Capitán enano. **Hábitat:** Epigeo.

**Distribución:** Sistema Magdalena (MALDONADO-OCAMPO *et al.*, 2005; CASTELLANOS-MORALES *et al.*, 2011). Además de Colombia, también se ha registrado en Venezuela (WEIBEZAHN, 1951).

4. *Trichomycterus cachiraensis*. Ardila-Rodríguez, 2008

**Localidad tipo:** Colombia, departamento de Norte de Santander, municipio de Cáchira, río Galvanes, afluyente parte alta del río Cáchira, 2025 msnm, cuenca río Lebrija, sistema río Magdalena. **Holotipo:** CAR 125. **Nombre común:** Laucha. **Hábitat:** Epigeo.

**Distribución:** Sistema Magdalena. Endémica de Colombia y al parecer restringida a la cuenca superior del río Cáchira en el departamento de Norte de Santander (ARDILA-RODRÍGUEZ, 2008).

**Comentarios:** Teniendo en cuenta, que la cuenca alta del río Cáchira, recorre la parte nororiental del departamento de Santander, es probable, que para este departamento, también se registre *Trichomycterus cachiraensis*.

5. *Trichomycterus caliense* (Eigenmann, 1912).

**Localidad tipo:** Colombia, departamento de Valle del Cauca, Cali, sistema río Cauca.

**Holotipo:** FMNH 56029. **Nombre común:** Briola, capitán enano, langara, laucha. **Hábitat:** Epigeo.

**Distribución:** Sistema Cauca (MALDONADO-OCAMPO *et al.*, 2005; ORTEGA-LARA *et al.*, 2006), sistema Magdalena (JARAMILLO-VILLA *et al.*, 2008) y sistema Pacífico (MOJICA *et al.*, 2004; MALDONADO-OCAMPO *et al.*, 2008). Endémica de Colombia.

6. *Trichomycterus chapmani* (Eigenmann, 1912).

**Localidad tipo:** Colombia, departamento de Quindío, municipio de Salento, Boquía, cuenca del río Quindío, sistema río Cauca. **Holotipo** FMNH 56027. **Nombre común:** briola, chillona, anguila, pez jabón, jabonero. **Hábitat:** Epigeo.

**Distribución:** Sistema Cauca (ORTEGA-LARA *et al.*, 2006; MALDONADO-OCAMPO *et al.*, 2005) y sistema Pacífico (MOJICA *et al.*, 2004; MALDONADO-OCAMPO *et al.*, 2008). Endémica de Colombia.

**Comentarios:** Se revisó la información suministrada por EIGENMANN (1912) y se consultaron los mapas del IGAC, para determinar con precisión, la localidad tipo de esta especie.

7. *Trichomycterus dorsostriatus* (Eigenmann, 1917).

**Localidad tipo:** Colombia, departamento de Meta, Villavicencio, cuenca del río Meta.

**Holotipo:** FMNH 58096. **Hábitat:** Epigeo.

**Distribución:** Sistema Orinoquía (EIGENMANN, 1922). Endémica de Colombia.

8. *Trichomycterus gorgona* Fernández & Schaefer 2005.

**Localidad tipo:** Colombia, departamento de Cauca, isla Gorgona, arroyo cerca del extremo noreste de la isla, Estación de la Expedición Argos y Ecuador. **Holotipo:** ANSP 149946. **Hábitat:** Epigeo.

**Distribución:** Sistema Pacífico. Endémica y restringida a la isla Gorgona en el departamento de Cauca (FERNÁNDEZ & SCHAEFER, 2005).

9. *Trichomycterus knerii* Steindachner, 1882.

**Localidad tipo:** Ecuador, Canelos. **Sintipos:** NMW 43328. **Hábitat:** Epigeo.

**Distribución:** Sistema Magdalena (VILLA-NAVARRO *et al.*, 2006) y sistema Orinoquia (EIGENMANN, 1922; URBANO-BONILLA *et al.*, 2009).

10. *Trichomycterus latidens* (Eigenmann, 1917).

**Localidad tipo:** Colombia, departamento de Valle del Cauca, quebrada cerca de la desembocadura del río Calima, sistema río San Juan, Pacífico. **Holotipo:** CAS 76335. **Hábitat:** Epigeo.

**Distribución:** Sistema Pacífico (EIGENMANN, 1922; MOJICA *et al.*, 2004). Endémica de Colombia.

11. *Trichomycterus latistriatus* (Eigenmann, 1917).

**Localidad tipo:** Colombia, departamento de Santander, municipio de Pinchote, quebrada de Pinchote, afluente río Fonce, sistema río Magdalena. **Holotipo:** FMNH 58449. **Hábitat:** Epigeo.

**Distribución:** Sistema Magdalena (MALDONADO-OCAMPO *et al.*, 2005; JARAMILLO-VILLA *et al.*, 2008; CASTELLANOS-MORALES *et al.*, 2011). Endémica de Colombia.

12. *Trichomycterus maldonadoi* Ardila-Rodríguez, 2011).

**Localidad tipo:** Colombia, departamento de Córdoba, municipio de Tierra Alta, quebrada Tuis Tuis, 90 msnm, cuenca alta del río Sinú, sistema Caribe. **Holotipo:** CAR 380. **Nombre común:** Liso, ciritó. **Hábitat:** Epigeo.

**Distribución:** Sistema Caribe. Endémica del departamento de Córdoba, donde al parecer está restringida a la cuenca alta del río Sinú (ARDILA-RODRÍGUEZ, 2011b).

13. *Trichomycterus migrans* (Dahl, 1960).

**Localidad tipo:** Colombia, departamento del Meta, frente al Campamento I, en el río Guayabero, cuenca del río Guaviare. **Holotipo:** ICN-MHN 399. **Hábitat:** Epigeo.

**Distribución:** Sistema Orinoquia (DAHL, 1960; MALDONADO-OCAMPO *et al.*, 2008). Endémica de Colombia.

14. *Trichomycterus nigromaculatus* Boulenger, 1887.

**Localidad tipo:** Colombia, Andes. **Sintipo:** BMNH 1880.2.26.16-17. **Hábitat:** Epigeo. **Distribución:** Sistema Caribe (MALDONADO-OCAMPO *et al.*, 2006), sistema Magdalena (MALDONADO-OCAMPO *et al.*, 2005; CASTELLANOS-MORALES *et al.*, 2011) y sistema Pacífico (MALDONADO-OCAMPO *et al.*, 2008). Endémica de Colombia.

15. *Trichomycterus regani* (Eigenmann, 1917).

**Localidad tipo:** Colombia, departamento de Chocó, municipio de Tado, río San Juan, Pacífico. **Holotipo:** CAS 64591. **Hábitat:** Epigeo. **Distribución:** Sistema Pacífico (EIGENMANN, 1922; MOJICA *et al.*, 2004). Endémica de Colombia.

16. *Trichomycterus retropinnis* Regan, 1903.

**Localidad tipo:** Colombia, nacimiento del Magdalena, oriente de Papaganat, San Agustín, 1525 msnm. **Sintipo:** BMNH 1899.8.21.12-13 (2). **Hábitat:** Epigeo. **Distribución:** Sistema Cauca (CARDONA *et al.*, 1998; MALDONADO-OCAMPO *et al.*, 2005) y sistema Magdalena (REGAN, 1903). Endémica de Colombia.

17. *Trichomycterus romeroi* (Fowler, 1941).

**Localidad tipo:** Colombia, departamento de Tolima, Honda. **Holotipo:** ANSP 69331. **Hábitat:** Epigeo. **Distribución:** Sistema Magdalena (MALDONADO-OCAMPO *et al.*, 2005). Endémica de Colombia.

18. *Trichomycterus ruitoquensis* Ardila-Rodríguez, 2007.

**Localidad tipo:** Colombia, departamento de Santander, municipio Floridablanca, río Frío, sector "La Clausen", cuenca del río Lebrija, sistema río Magdalena. **Holotipo:** CAR 340. **Nombre común:** Laucha. **Hábitat:** Epigeo. **Distribución:** Sistema Magdalena. Endémica de Colombia, al parecer restringida al departamento de Santander (ARDILA-RODRÍGUEZ, 2007; CASTELLANOS-MORALES *et al.*, 2011).

19. *Trichomycterus sandovali* Ardila-Rodríguez, 2006.

**Localidad tipo:** Colombia, departamento de Santander, municipio Zapatoca, cueva de Don Juan. **Holotipo:** CAR 116. **Hábitat:** Hipogeo. **Condición:** Troglóbota. **Distribución:** Sistema Magdalena. Endémica de Colombia y restringida al sistema subterráneo del municipio de Zapatoca, en el departamento de Santander (ARDILA-RODRÍGUEZ, 2006; CASTELLANOS-MORALES *et al.*, 2011).

20. *Trichomycterus santanderensis* Castellanos-Morales, 2007.

**Localidad tipo:** Colombia, departamento de Santander, municipio Lebrija, cueva El Puente, cuenca superior del río Lebrija, sistema río Magdalena. **Holotipo:** CAC-CDMB 035. **Hábitat:** Hipogeo. **Condición:** Troglóbota. **Distribución:** Sistema Magdalena. Endémica de Colombia y restringida al sistema subterráneo del municipio de Lebrija, departamento de Santander (CASTELLANOS-MORALES, 2007; CASTELLANOS-MORALES *et al.*, 2011).

21. *Trichomycterus sketi* Castellanos-Morales, 2010.

**Localidad tipo:** Colombia, departamento de Santander, municipio La Paz, vereda Casas Blancas, cueva del Indio, 2157 msnm, cuenca superior del río Opón, sistema río Magdalena. **Holotipo:** CAC-CDMB 104. **Hábitat:** Hipogeo. **Condición:** Probablemente troglófila.

**Distribución:** Sistema Magdalena. Endémica de Colombia y restringida al sistema subterráneo del municipio de La Paz, en el departamento de Santander (CASTELLANOS-MORALES, 2010; CASTELLANOS-MORALES *et al.*, 2011).

22. *Trichomycterus spilosoma* (Regan, 1913).

**Localidad tipo:** Colombia, departamento de Chocó, río Sipí (REGAN, 1913) y río Tamana, sistema río San Juan-Pacífico. **Sintipos:** BMNH 1910.7.11.106-107, 1910.7.11.108, 1910.7.11.15. **Hábitat:** Epigeo.

**Distribución:** Sistema Cauca (MALDONADO-OCAMPO *et al.*, 2005) y sistema Pacífico (REGAN, 1913; EIGENMANN, 1922; MOJICA *et al.*, 2004). Endémica de Colombia.

**Comentario:** REGAN (1913), cita tres ejemplares tipo para *Trichomycterus spilosoma*, los cuales son mencionados por DE PINNA & WOSIACKI (2003), quienes en total, listan cuatro ejemplares: [Syntypes: (3) BMNH 1910.7.11.106-108 (3), 1910.7.11.15 (1)], estos mismos ejemplares, vuelven a ser mencionados por FERRARIS JR. (2007), especificando que, uno de ellos, corresponde a un esqueleto seco: BMNH 1910.7.11.108 (1, esqueleto), BMNH 1910.7.11.106-107 (2), BMNH 1910.7.11.15 (1). El Catálogo de Peces de California Academy of Sciences, sólo señala como sintipos los números de catálogo BMNH 1910.7.11.106-107 y BMNH 1910.7.11.108. De forma tal, que el número de catálogo BMNH 1910.7.11.15, aparentemente, no corresponde a los sintipos designados en la descripción original (DONASCIMIENTO, com. pers). Se requiere un trabajo de lectotipificación para esta especie.

23. *Trichomycterus stellatus*. (Eigenmann, 1918).

**Localidad tipo:** Colombia, departamento de Santander, quebrada Sargento. **Holotipo:** FMNH 58101. **Hábitat:** Epigeo.

**Distribución:** Sistema Magdalena (EIGENMANN, 1922; MALDONADO-OCAMPO *et al.*, 2005). Endémica de Colombia.

24. *Trichomycterus straminus* (Eigenmann, 1917).

**Localidad tipo:** Colombia, departamento de Santander, municipio de Piedecuesta, río Manco, afluente río Chicamocha, sistema río Magdalena. **Holotipo:** FMNH 58105. **Hábitat:** Epigeo.

**Distribución:** Sistema Caribe (MALDONADO-OCAMPO *et al.*, 2008), sistema Magdalena (MALDONADO-OCAMPO *et al.*, 2005; CASTELLANOS-MORALES *et al.*, 2011) y sistema Pacífico (MOJICA *et al.*, 2004). Endémica de Colombia.

25. *Trichomycterus striatus* (Meek & Hildebrand, 1913).

**Localidad tipo:** Panamá, río Cana en el canal de Panamá. **Holotipo:** FMNH 7579. **Hábitat:** Epigeo.

**Distribución:** Sistema Cauca (MALDONADO-OCAMPO *et al.*, 2005; ORTEGA-LARA *et al.*, 2006a), sistema Magdalena (GARCÍA-MELO *et al.*, 2005; MALDONADO-OCAMPO *et al.*, 2005; JARAMILLO-VILLA *et al.*, 2008; CASTELLANOS-MORALES *et al.*, 2011) y sistema Pacífico (EIGENMANN, 1922; MOJICA *et al.*, 2004; MALDONADO-OCAMPO *et al.*, 2008). Esta especie, también se distribuye en Costa Rica ([www.fishbase.org](http://www.fishbase.org)).

26. *Trichomycterus taenia* Kner, 1863).

**Localidad tipo:** Ecuador, desde la vertiente occidental de los Andes, en el Estado de Ecuador. **Holotipo:** NMW 43389. **Hábitat:** Epigeo.

**Distribución:** Sistema Cauca (MALDONADO-OCAMPO *et al.*, 2005), sistema Magdalena (GARCÍA-MELO *et al.*, 2005; MALDONADO-OCAMPO *et al.*, 2005) y sistema Pacífico (MOJICA *et al.*, 2004; ORTEGA-LARA *et al.*, 2006b).

27. *Trichomycterus transandianus* (steindachner, 1915).

**Localidad tipo:** Colombia, Cordillera Central, arroyo de montaña en el cañón del Gallo, río Combeima. **Sintipo:** NMW 44475. **Nombre común:** chillona. **Hábitat:** Epigeo.

**Distribución:** Sistema Magdalena (MALDONADO-OCAMPO *et al.*, 2005; CASTELLANOS-MORALES *et al.*, 2011). Endémica de Colombia.

28. *Trichomycterus uisae* Castellanos-Morales, 2008.

**Localidad tipo:** COLOMBIA, departamento de Santander, municipio Los Santos, cueva El Misterio, cuenca superior del río Sogamoso, sistema río Magdalena.

**Holotipo:** CAC-CDMB 072. **Nombre común:** trepador. **Hábitat:** Hipogeo. **Condición:** Troglobita.

**Distribución:** Sistema Magdalena. Endémica de Colombia y restringida al sistema subterráneo del municipio de Los Santos, en el departamento de Santander (CASTELLANOS-MORALES, 2010; CASTELLANOS-MORALES *et al.*, 2011).

29. *Trichomycterus unicolor* (Regan, 1913).

**Localidad Tipo:** Colombia, departamento de Chocó, municipio de Condoto, río Condoto, cuenca media del río San Juan, sistema Pacífico. **Hábitat:** Epigeo.

**Distribución:** Sistema Pacífico (REGAN, 1913; MOJICA *et al.*, 2004). Endémica de Colombia.

30. *Trichomycterus sp1*. Donascimento, Prada-Pedrerros, S. & Guerrero-Kommritz (com. pers.).

**Hábitat:** Epigeo.

**Distribución:** Sistema Orinoquia. Es posible que sea endémica y restringida al Páramo de Cruz Verde-Cordillera Oriental.

**Nota:** Esta especie se encuentra actualmente en proceso de descripción por parte de DONASCIMIENTO *et al.*

31. *Trichomycterus sp2*. DONASCIMIENTO, GARCÍA-MELO, VILLA-NAVARRO & MALDONADO-OCAMPO (com. pers.).

**Hábitat:** Epigeo.

**Distribución:** Sistema Pacífico. Endémica. Posiblemente restringida, a la cuenca del río Patía.

**Nota:** Este ejemplar se encuentra actualmente, en proceso de descripción por parte de DONASCIMIENTO *et al.*

32. *Trichomycterus sp3*. DONASCIMIENTO & PRADA-PEDREROS, S. (com. pers.).

**Hábitat:** Hipogeo.

**Distribución:** Sistema Caribe. Endémica. Posiblemente restringida, al departamento de La Guajira.

**Nota:** Este ejemplar se encuentra actualmente, en proceso de descripción por parte de DONASCIMIENTO & PRADA-PEDREROS.



**33. *Trichomycterus* sp4** (CASTELLANOS-MORALES, en preparación).**Hábitat:** Hipogeo.**Distribución:** Sistema Magdalena, Endémica. Posiblemente restringida, al departamento de Santander.**Nota:** Este ejemplar se encuentra actualmente, en proceso de descripción.**34. *Trichomycterus* sp5** [*Trichomycterus ocanaensis* fide Ardila-Rodríguez].**Hábitat:** Epigeo.**Distribución:** Probablemente Sistema Alto Catatumbo, al parecer endémica del departamento de Norte de Santander.**Nota:** Aunque los autores no conocen la publicación científica referente a este registro, se ha incluido aquí este ejemplar, gracias a la comunicación personal enviada por Carlos Ardila-Rodríguez.

## DISCUSIÓN

De las 34 especies de *Trichomycterus* presentadas, las zonas hidrogeográficas que poseen el mayor número de registros son: el sistema Magdalena con 20 especies, las cuales habitan la región interandina de Colombia y su cuenca corre, en sentido sur a norte; seguida por el sistema Pacífico, con 13 especies. Le siguen, los sistemas Caribe y Cauca, con cinco y seis especies, respectivamente. El sistema Orinoquía, presentó el menor número de registros: tres especies; en tanto que, para los sistemas Amazonas y Catatumbo, no se obtuvieron registros confirmados.

Tan solo cinco especies exhiben la más amplia distribución: *Trichomycterus caliense*, *T. striatus* y *T. taenia* (Figura 1), habitan las cuencas de los sistemas Cauca, Magdalena y Pacífico; y *T. nigromaculatus* y *T. stramineus*, ocurren en la cuenca de los sistemas Caribe, Magdalena y Pacífico. Otras especies que se presentan en cuencas compartidas son: *Trichomycterus chapmani* y *T. spilosoma* (sistemas Cauca y Pacífico), *T. knerii* (sistemas Magdalena y Orinoquía) y *T. retropinnis* (Figura 2) (sistemas Cauca y Magdalena).



**Figura 1.** Holotipo de *Trichomycterus taenia* Kner, 1863, NMW 43389. Especie distribuida en los sistemas Magdalena, Cauca y Pacífico. Foto de Helmut Wellendorf.



**Figura 2.** Topotipo de *Trichomycterus retropinnis* MBUCV-V-32797. Especie distribuida en los sistemas Cauca y Magdalena. Foto de Carlos DoNascimento.

En cuanto a especies de distribución restringida, 13 están limitadas, a la cuenca del sistema Magdalena: *Trichomycterus banneaui* (Figura 3), *T. bogotense*, *T. cahiraensis*, *T. latistriatus*, *T. romeroi*, *T. ruitoquensis*, *T. sandovali*, *T. santanderensis*, *T. sketi*, *T. stellatus*, *T. transandianus* (Figura 4), *T. uisae* y *T. sp 4* (sistema Magdalena); seis muestran distribución restringida, al sistema Pacífico (*T. dorsostriatus*, *T. gorgona*, *T. latidens*, *T. regani*, *T. unicolor* y *T. sp 2*); tres, al sistema Caribe (*T. ballesterosi*, *T. maldonadoi* y *T. sp 3*) y dos, al sistema Orinoquia (*T. migrans* y *T. sp 1*).



**Figura 3.** Topotipo de *Trichomycterus banneaui* (Eigenmann, 1912), CZUT-IC-1270. Especie distribuida en el sistema Magdalena. Foto de Carlos DoNascimento.

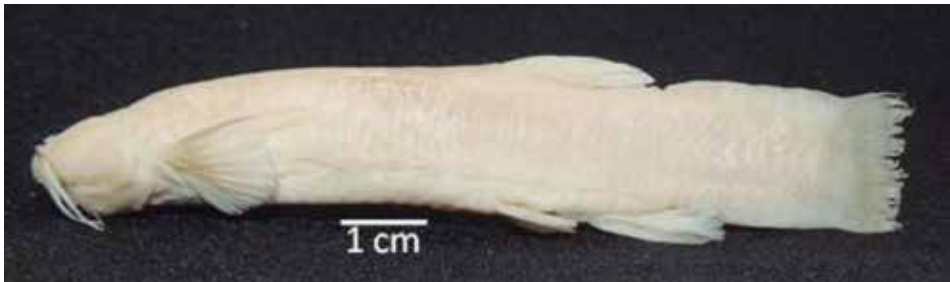


**Figura 4.** Sintipo de *Trichomycterus transandianus* (Steindachner, 1915), NMW 44475. Especie distribuida en los sistemas Magdalena. Foto de Helmut Wellendorf.

Existen varias publicaciones que han permitido conocer los rangos de distribución del género *Trichomycterus* en diferentes localidades del país, entre ellas MALDONADO-OCAMPO *et al.* (2005), registraron 15 especies para los Andes de Colombia (45,5 %, del total aquí reportado), de las cuales, *T. venulosus*, ha demostrado ser un sinónimo de *Eremophilus mutisii*, de acuerdo, con DONASCIMIENTO *et al.* (2011, en prensa). De igual forma, MALDONADO-OCAMPO *et al.* (2008), realizaron un listado de los peces dulceacuícolas de Colombia donde reportaron la existencia de 26 especies (excluyendo *T. venulosus*), equivalente, al 78,8 %, del total actual. CASTELLANOS-MORALES *et al.* (2011), presentaron un trabajo sobre la ictiofauna del departamento de Santander y registraron 12 especies (*T. bogotense*, *T. latistriatus*, *T. nigromaculatus*, *T. ruitoquensis*, *T. sandovali*, *T. santanderensis*, *T. sketi*, *T. straminius*, *T. striatus*, *T. transandianus*, *T. uisae* y *T. sp.*), lo que indica, que este departamento posee el 36,4 %, de los registros actuales, en el país.

La información suministrada, permite afirmar, que existe un alto grado de endemismo del género *Trichomycterus* en Colombia, debido a que sólo cuatro especies (*T. bogotense*, *T. knerii*, *T. striatus* y *T. taenia*), comparten su distribución con otros países de Centro y Suramérica. Es importante destacar que, en los últimos 10 años se han descrito varias especies, por lo que, en los próximos años se deberá confirmar los aspectos relacionados con el estatus endémico y su rango de distribución geográfica dentro del país.

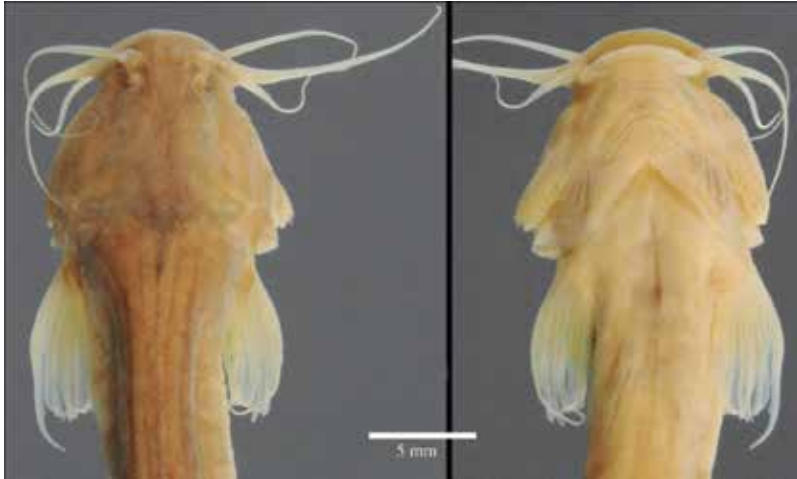
En la actualidad, cuatro especies han sido descritas para ambientes subterráneos del departamento de Santander, entre el 2006 y 2010 (*T. sandovali*, *T. santanderensis* (Figura 5), *T. sketi* (Figura 6) y *T. uisae*); además, se tiene certeza de nuevos registros hipogeos, que están en proceso de descripción para el departamento de La Guajira y para el departamento de Santander.



**Figura 5.** Holotipo de *Trichomycterus santanderensis*, Castellanos-Morales 2007, CAC-CDMB 072. Especie troglobia del departamento de Santander, distribuida en el sistema Magdalena. Foto de Cesar Castellanos-Morales.

Las especies anteriormente citadas, con excepción de *Trichomycterus sketi*, exhiben características troglomórficas descritas por varios autores (CASTELLANOS-MORALES, 2010; ROMERO & PAULSON, 2001; BICHUETTE & TRAJANO, 2008), tales como: reducción en la pigmentación y tamaño de los ojos, en comparación con sus congéneres epigeos, así como barbicelos más largos (DONASCIMIENTO *et al.*, 2001). CASTELLANOS-MORALES (2008), propuso que la presencia de pliegues cutáneos alrededor del cuerpo, sería también, un carácter relacionado a la vida

hipogea; carácter que fue evaluado recientemente por RIZZATO *et al.* (2011) en la descripción de una especie cavernícola nueva del Brasil. Todos los caracteres anteriormente citados, son indicadores de la condición troglóbica, de las especies que habitan ecosistemas cavernícolas.



**Figura 6.** Paratipo de *Trichomycterus sketi* Castellanos-Morales 2010, ANSP 189653. Especie troglóbica del departamento de Santander, distribuida en el sistema Magdalena. Foto de Mark Sabaj Pérez.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus sinceros agradecimientos a Carlos DoNascimento, por suministrar valiosa información sobre las especies nuevas en proceso de descripción, así como por la revisión crítica del manuscrito y por proporcionar valiosas sugerencias y recomendaciones. De igual forma, agradecemos a Mark Sabaj Pérez (ANSP-EUA); Helmut Wellendorf, museo (NMH-Austria) y Carlos DoNascimento (Universidad de Carabobo, Venezuela), quienes facilitaron algunas de las imágenes publicadas. Martha Patricia Ramírez y Mauricio Torres-Mejía (UIS); Claudia Medina (IAvH) y el Hermano José Edilson Espitia (MLS), quienes gentilmente, permitieron la consulta de ejemplares.

## BIBLIOGRAFÍA

- ARDILA-RODRÍGUEZ, C. A., 2008.- *Trichomycterus cachiraensis* (Siluriformes: Trichomycteridae), nueva especie del río Cáchira, cuenca del río Magdalena, Colombia. *Dahlia*, 10: 33-41.
- ARDILA-RODRÍGUEZ, C. A., 2011a.- *Trichomycterus ballesterosi* (Siluriformes: Trichomycteridae), especie nueva de la cuenca alta del río Sinú, Colombia. *Dahlia*, 11: 3-12.
- ARDILA-RODRÍGUEZ, C. A., 2011b.- *Trichomycterus maldonadoi* (Siluriformes: Trichomycteridae), especie nueva de la cuenca alta del río Sinú, Colombia. *Dahlia*, 11: 13-22.
- BASKIN, J. N., 1973.- Structure and relationships of the Trichomycteridae. Disertación doctoral no publicada. City University of New York, New York. 389 p.
- BICHUETTE, M. E. & TRAJANO, E., 2003.- Epigeal and subterranean ichthyofauna from São Domingos karst area, Upper Tocantins river basin, Central Brazil. *Journal of Fish Biology*, 63 (5): 1100-1121.

- BICHUETTE, M. E. & TRAJANO, E., 2008.- *Ituglanis mambai*, a new subterranean catfish from a karst area of Central Brazil, rio Tocantins basin (Siluriformes: Trichomycteridae). *Neotropical Ichthyology*, 6: 9-15.
- CARDONA, M., ROMAN-VALENCIA, C., JIMÉNEZ, J. L. & HURTADO, H., 1998.- Composición y diversidad de los peces de la quebrada San Pablo en Alto Cauca, Colombia. *Boletín Ecológico*, 32: 11-24.
- CASTELLANOS-MORALES, C. A., 2007.- *Trichomycterus santanderensis*: a new species of troglomorphic catfish (Siluriformes, Trichomycteridae) from Colombia. *Zootaxa*, 1541: 49-55.
- CASTELLANOS-MORALES, C. A., 2008.- *Trichomycterus uisae*: a new species of hypogean catfish (Siluriformes: Trichomycteridae) from the northeastern Andean Cordillera of Colombia. *Neotropical Ichthyology*, 6 (3): 307-314.
- CASTELLANOS-MORALES, C. A., 2010.- *Trichomycterus sketi*: a new species of subterranean catfish (Siluriformes: Trichomycteridae) from the Andean Cordillera of Colombia. *Biota Colombiana*, 11 (1-2): 33-41.
- CASTELLANOS-MORALES, C. A., MARINO-ZAMUDIO, L. L., GUERRERO, L. & MALDONADO-OCAMPO, J., 2011.- Peces del departamento de Santander, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales*, 35 (135): 201-224.
- COSTA, W. J. & BOCKMANN, F. A., 1993.- Un nouveau genre néotropical de la famille des Trichomycteridae (Siluriformes: Loricarioidei). *Revue Française de Aquariologie*, 20: 43-46.
- DAHL, G., 1960.- Nematognathous fishes collected during the Macarena Expedition 1959. Part I. *Novedades Colombianas*, 1 (5): 302-317.
- DONASCIMINIENTO, C., 2005.- Estatus taxonómico y sistemático de la población de bagres tricomicteridos de la cueva del Guácharo (Otophysi, Siluriformes). *Memorias del VII Simposio Colombiano de Ictiología*. Quibdó, Colombia. pp. 44-50.
- DONASCIMINIENTO, C., VILLARREAL, O. & PROVENZANO, F., 2001.- Descripción de una nueva especie de bagre anoftalmo del género *Trichomycterus* (Siluriformes, Trichomycteridae), de una cueva de la Sierra de Perijá, Venezuela. *Boletín de la Sociedad Venezolana de Espeleología*, 35: 20-26.
- DONASCIMINIENTO, C. S., PRADA-PEDREROS, S. & GUERRERO-KOMMRITZ, J., 2011.- Revisión taxonómica de los bagres tricomicteridos (Ostariophysi, Siluriformes) del Páramo de Cruz Verde, Colombia y resolución de la identidad del enigmático *Trichomycterus venulosus*. *Memoria del XI Congreso Colombiano de Ictiología*. Ibagué, Colombia. Versión electrónica CD.
- EIGENMANN, C., 1912.- Some results from an ichthyological reconnaissance of Colombia, South America. Part I. *Indiana University Studies*, 16 [Ser. 8]: 1-27.
- EIGENMANN, C., 1922.- The fishes of western South America, part I. The Fresh-water fishes of northwestern South America, including Colombia, Panama, and the Pacific slopes of Ecuador and Peru, together with an appendix upon the fishes of the Río Meta in Colombia. *Memories of Carnegie Museum*, 9 (1): 1-346.
- FERRARIS, C. J. Jr., 2007.- Checklist of catfishes, recent and fossil (Osteichthyes: Siluriformes), and catalogue of siluriform primary types. *Zootaxa*, 1418: 1-628.
- FERRER, J. & MALABARBA, L. R., 2011.- A new *Trichomycterus* lacking pelvic fins and pelvic girdle with a very restricted range in Southern Brazil (Siluriformes: Trichomycteridae). *Zootaxa*, 2912: 59-67.
- GARCÍA-MELO, L. J., VILLA-NAVARRO, F. A., REINOSO-FLÓREZ, G. & ORTEGA-LARA, A., 2005.- Aspectos bioecológicos de los peces de *Trichomycterus* (Siluriformes: Trichomycteridae) en la cuenca del río Coello, Colombia. *Dahlia*, 8: 53-59.
- IDEAM -Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales., 2004.- *Guía técnica científica para la ordenación y manejo de cuencas hidrográficas en Colombia* (decreto 1729 de 2002). Bogotá, Colombia. pp. 100.
- JARAMILLO-VILLA, Ú., MALDONADO, J. A., BOGOTÁ-GREGORY, J. D., 2008.- Peces del Oriente de Antioquia, Colombia. *Biota Colombiana*, 9 (2): 279-293.
- MALDONADO-OCAMPO, J. A., VARI, R. P. & USMA, J. S., 2008.- Checklist of the freshwater fishes from Colombia. *Biota Colombiana*, 9 (2): 143-237.
- MALDONADO-OCAMPO, J. A., VILLA-NAVARRO, F. A., ORTEGA-LARA, A., PRADA-PEDREROS, S., JARAMILLO, Ú., CLARO, A., USMA, J. S., RIVAS, T. S., CHAVERRA, W., CUESTA, J. F., GARCÍA-MELO, J. E., 2006.- Peces del río Atrato, zona hidrogeográfica del Caribe, Colombia. *Biota Colombiana*, 7 (1): 143-154.
- MALDONADO-OCAMPO, J. A., ORTEGA-LARA, A., USMA-O., J. S., GALVIS-V., G., VILLA-NAVARRO, F. A., VÁSQUEZ-G., L., PRADA-PEDREROS, S. & ARDILA-RODRÍGUEZ, C. A., 2005.- *Peces de los Andes de Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos "Alexander Von Humboldt". Bogotá. Colombia. 346 p.
- MATTOX, G. M. T., BICHUETTE, M. E., SECUTTI, S. & TRAJANO, E., 2008.- Surface and subterranean ichthyofauna in the Serra do Ramalho karst area, northeastern Brazil, with updated lists of Brazilian troglitic and troglitic fishes. *Biota Neotropica*, 8: 145-152.
- MOJICA, J. I., USMA, J. S., GALVIS, Y. G., 2004.- Peces dulceacuícolas del Choco Biogeográfico: 725-743 (en) RANGEL-Ch., J. O. (ed.) *Colombia Diversidad Biótica IV*. Chocó Biogeográfico. Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 969 p.
- ORTEGA-LARA, A., USMA, J. S., BONILLA, P. A. & LORENA-SANTOS, N., 2006a.- Peces de la cuenca alta del río Cauca, Colombia. *Biota Colombiana*, 7 (1): 39-54.
- ORTEGA-LARA, A., USMA, J. S., BONILLA, P. A. & LORENA-SANTOS, N., 2006b.- Peces de la cuenca del río Patía, Vertiente del Pacífico colombiano. *Biota Colombiana*, 7 (2): 179-190.

- DE PINNA, M. C. C., 1989.- A new Sarcoglanidinae catfish, phylogeny of its subfamily, and an appraisal of the phyletic status of the Trichomycterinae (Teleostei, Trichomycteridae). *American Museum Novitates*, 2950: 1-39.
- DE PINNA, M. C. C. & WOSIACKI, W., 2003.- Trichomycteridae: 270-290 (in) REIS, R. E., KULLANDER, S. O. & FERRARIS, C. J., Jr. (eds.) *Check list of the Freshwater Fishes of South and Central America*. Edipucrs, Porto Alegre, Brazil.
- PROUDLOVE, G. S., 2010.- Biodiversity and distribution of the subterranean fishes of the world: 41-63 (in) TRAJANO, E., BICHUETTE, M. E. & KAPOOR, B. G. (eds.) *Biology of Subterranean Fishes*. Enfield, Science Publishers. 480 p.
- REGAN, C. T., 1903.- Descriptions of new South-America fishes in the collection of the British Museum. *Annals and Magazine of the Natural History*, (Ser. 7), 12 (72): 621-630.
- REGAN, C. T., 1913.- The fishes of the San Juan River, Colombia. *Annals and Magazine of the Natural History*, (Ser. 8), 12 (71): 462-473.
- RIZZATO, P. P., COSTA-JR., E. P. D., TRAJANO, E. & BICHUETTE, M. E., 2011.- *Trichomycterus dali*: a new highly troglomorphic catfish (Siluriformes: Trichomycteridae) from Serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul State, Central Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 9 (3): 477-491.
- ROMERO, A. & PAULSON, K. M., 2001.- It's a wonderful hypogean life: a guide to the troglomorphic fishes of world. *Environmental Biology of Fishes*, 62: 86-112.
- SARMENTO-SOARES, L. M., ZANATA, A. M. & MARTINS-PINHEIRO, R. F., 2011.- *Trichomycterus payaya*, new catfish (Siluriformes: Trichomycteridae) from headwaters of rio Itapicuru, Bahia, Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 9 (2): 261-271.
- URBANO-BONILLA, A., ZAMUDIO, J., MALDONADO-OCAMPO, J. A., BOGOTÁ-GRÉGORY, J. D., CORTES-MILLÁN, G. A. & LÓPEZ, Y., 2009.- Peces del piedemonte del departamento de Casanare, Colombia. *Biota Colombiana*, 10 (1-2): 149-162.
- VILLA-NAVARRO, F. A., ZÚÑIGA-UEGUI, P. T., CASTRO-ROA, D., GARCÍA-MELO, J. E., GARCÍA-MELO, L. J. & HERREDA-YARA, M. E., 2006.- Peces del alto Magdalena, cuenca del río Magdalena, Colombia. *Biota Colombiana*, 7 (1): 3-22.
- WEIBEZAHN, F. H., 1951.- Un nuevo pez para la fauna ictiológica venezolana. *Memorias de la Sociedad de Ciencias Naturales La Salle, Caracas* 11, (29): 179-180.
- WOSIACKI, W. B., 2002.- Estudo das relações filogenéticas de Trichomycterinae (Teleostei, Siluriformes, Trichomycteridae) com uma proposta de classificação. disertación doctoral no publicada, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brazil. 324 p.

# ECOLOGÍA TRÓFICA DE LA NUTRIA NEOTROPICAL *LONTRA LONGICAUDIS* (CARNÍVORA, MUSTELIDAE) EN EL RÍO LA VIEJA, ALTO CAUCA, COLOMBIA

Carlos Andrés Restrepo<sup>1</sup>, Álvaro Botero-Botero<sup>2</sup>

## Resumen

Desde septiembre de 2009, hasta marzo de 2010, se estudió la dieta de la nutria neotropical en el río La Vieja, afluente del río Cauca. Dos veces por mes, fueron colectadas heces de la nutria en bolsas plásticas en un transecto de 33 km, desde Puerto Samaria (departamento del Quindío), hasta Piedras de Moler (departamento del Valle del Cauca); en total, se recolectaron 646 heces, las cuales fueron lavadas, tamizadas y comparadas, con una colección de referencia. Se reconocieron 13 categorías alimenticias, donde los peces, eran dominantes (11 categorías): *Apteronotus* sp., presentó la mayor frecuencia de ocurrencia 37,43 %, seguido por *Hypostomus* 33,28 % y *Rhamdia quelen* 30,50 %; otras especies de peces depredadas por la nutria en menor proporción, fueron: *Ichthyoelephas longirostris* 23,84 % y *Ancistrus* 22,91 %. Después de los peces, los insectos, fueron el siguiente grupo en importancia, con la especie *Corydalis* sp. (14 %), y en menor presencia, caracoles 1 % y mamíferos 0,46 %. La mayoría de las presas, eran de ocurrencia accidental (77 %) y accesorias (23 %). La nutria depreda las mismas presas, tanto en bajas lluvias, como en altas lluvias ( $R_s = 0,91$ ;  $n = 13$   $p < 0.00001$ , Índice de Jaccard  $I_j = 0,92$ ).

**Palabras clave:** alto Cauca, autoecología, nutria neotropical, río La Vieja.

# TROPHIC ECOLOGY OF NEOTROPICAL OTTER *LONTRA LONGICAUDIS* (CARNÍVORA, MUSTELIDAE) IN LA VIEJA RIVER, ALTO CAUCA, COLOMBIA

## Abstract

From September 2009 until March 2010 the diet of the neotropical otter in La Vieja River, an affluent of the Cauca River, was studied. Otter's feces were collected twice a month in plastic bags along a 33 kilometers transect from Puerto Samaria (Department of Quindío) to Piedras de Moler (Department of Valle del Cauca). In total 686 otter feces were collected which were washed, sifted and compared with a reference collection. Thirteen food categories were recognized where fish were dominant (11 categories). *Apteronotus* sp. showed the most frequency of occurrence (37.43 %), followed by *Hypostomus* sp. (33.28 %) and *Rhamdia quelen* (30.50 %). Other fish species predated by the otter in less proportion were: *Ichthyoelephas longirostris* (23.84 %), *Ancistrus* sp. (22.91 %). Following the aforementioned fish species, insects were the next most important group; the *Corydalis* sp. (14 %), and in less proportion snails (1 %) and mammals (0.46 %). Most preys were accidental (77 %) and incidental (23 %). The otter hunts the same preys in low rainfall season as well as in high rainfall season ( $R_s = 0,91$ ;  $n = 13$   $p < 0.00001$ , Jaccard Index  $I_j = 0,92$ ).

**Key words:** auto ecology, upper Cauca basin, neotropical Otters, La Vieja River.

\* FR: 10-XII-2011. FA: 24-V-2012.

<sup>1</sup> Programa de Biología, Universidad del Quindío, Colombia. Email: carlosabiologia@gmail.com.

<sup>2</sup> Fundación Neotrópica-Colombia. La Tebaida, Quindío, Colombia. Grupo de investigación: Biodiversidad y Educación Ambiental: BIOEDUC, Universidad del Quindío. Email: abotero@uniquindio.edu.co.

## INTRODUCCIÓN

En el estudio de la alimentación y el comportamiento alimenticio de los vertebrados, es importante comprender las características de sus requerimientos tróficos. Es decir, la razón por la cual, ciertas especies o grupos, necesitan más alimento, que otros. Ha de analizarse la diversidad de soluciones adoptadas por los diferentes grupos para conseguir dichos alimentos, siendo interesante conocer, los factores determinantes de los comportamientos alimenticios de las especies (TELLERIA, 1987).

La dieta de un animal, emerge de la interrelación entre la conducta de forrajeo, la distribución y abundancia de los alimentos, las necesidades fisiológicas (CHEMES *et al.*, 2010) y la competencia por el recurso con otras especies; por ello, los estudios de dieta, son importantes en la ecología de los vertebrados, debido a que su análisis, muestra cuáles, son los elementos consumidos por una especie, así como las interrelaciones, entre especies que comparte un gremio trófico (GUERRERO *et al.*, 2002). También, demuestra, de dónde, son obtenidos los recursos alimenticios (NAVA-V *et al.*, 1999) y la real competencia del hombre y las especies silvestres, por estos recursos.

Por otro lado, la conservación de las especies, con algún grado de amenaza y en especial, la nutria neotropical (*Lontra longicaudis*), depende en gran medida, del enriquecimiento en la información existente sobre aspectos básicos de su ecología. De este modo, la realización de estudios sobre sus requerimientos tróficos, son imprescindibles para la toma de medidas de manejo concernientes a la protección de los recursos alimenticios de las poblaciones de fauna silvestre y a la reglamentación del uso de estos recursos, por parte de las poblaciones humanas. Con este fin, la presente investigación tiene como objetivo determinar, la dieta de la nutria neotropical en el río La Vieja.

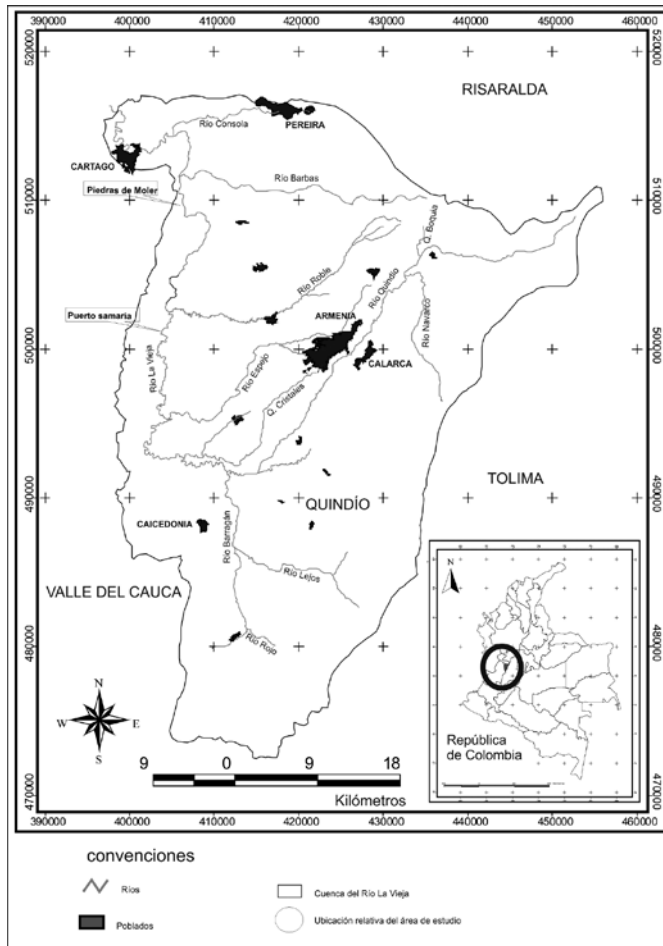
## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

La cuenca hidrográfica del río La Vieja, se encuentra ubicada en el centro occidente colombiano y forma parte de la denominada Eco-región del Eje Cafetero (CRO, 2005). En su territorio, tienen jurisdicción los departamentos de Risaralda, Valle del Cauca y Quindío (Figura 1). La cuenca, comprende una superficie total de 2880,14 km<sup>2</sup>; geográficamente, se enmarca dentro de las coordenadas: 4° 04' y 4° 49' de latitud norte y 75° 24' y 75° 57' de longitud oeste. El cauce principal del río La Vieja, se forma por la confluencia de los ríos Quindío y Barragán, en el Valle de Maravelez, al sur occidente (ROMÁN-VALENCIA, 1993) y desemboca, en el municipio de La Virginia, Risaralda, tras un recorrido de 102 km.

En general, la matriz de paisaje en la zona de estudio, está dominada, por pasturas para la ganadería y pequeños remanentes boscosos dominados por la especie *Guadua angustifolia* (Poacea) (ROMÁN-VALENCIA, 1993, BOTERO-BOTERO *et al.*, 2011). La formación vegetal preponderante, es el bosque sub-andino (entre 1000 y 2000 m) y en menor proporción, bosques basales secos y muy secos, situados por debajo de 1000 m, de altitud (BOTERO-BOTERO *et al.*, 2011).





**Figura 1.** Área de estudio, cuenca del río La Vieja.

## Muestreo

Desde septiembre de 2009, hasta marzo 2010, se recorrió un transecto de 33 km, que inicia en Puerto Samaria (departamento del Quindío), municipio de Montenegro y finaliza, en Piedras de Moler, municipio de Alcalá, (departamento del Valle del Cauca) (Figura 1). Este transecto, fue visitado dos veces por mes, abarcando la temporada de altas lluvias (septiembre a diciembre) y la temporada de bajas lluvia (enero a marzo). El río fue recorrido en botes o nadando por dos personas en cada recorrido, se revisó el cauce del río a 5 m, al borde de éste y a ambos lados, cuando fue posible y se trató al máximo, de recolectar todas las heces presentes en el trayecto.

En la determinación de la dieta, fueron analizadas 646 heces de la nutria neotropical, de las cuales 341, se recolectaron en la temporada de bajas lluvias y

305, en temporada de altas lluvias. Las heces fueron recolectadas, en bolsas con cierre hermético, a cada bolsa se le introdujo una etiqueta con la información correspondiente al sitio de recolección (coordenadas, altura sobre el nivel del mar, estado de desecación y colectores); las heces se trasladaron a los laboratorios de Biología, de la Universidad del Quindío, donde se lavaron y fueron tamizadas, en coladores de 2,36 micras de ojo.

Para la determinación del contenido, se realizó la identificación de las vértebras, mediante los dibujos realizados por MAYOR-VICTORIA (2008) y las especies, que no se encuentran en el catálogo, se debió realizar una salida, con un pescador de la zona donde se capturaron los peces, los cuales fueron cocinados y sus vértebras dibujadas, de acuerdo a las indicaciones de MAYOR-VICTORIA (2008).

Al momento de hallar la frecuencia de ocurrencia, de las categorías alimenticias, se utilizó la ecuación planteada por HELDER & ANDRADE (1997):  $FA = f_i / N \times 100$ ; en la que  $f_i$ , es el número de excrementos en los que aparece la especie  $i$ , y  $N$ , es el número total de excrementos. En la clasificación de la importancia de las especies, en la dieta de la nutria, se utilizó la clasificación usada por BIFFI & IANNACONE (2010), donde clasifican a los ítems alimenticios, así: las especies constantes en la dieta, son aquellas que presentan, una ocurrencia mayor a 50 %; las especies accesorias, entre 25 y 50 % y las accesorias y accidentales, menor a 25 %.

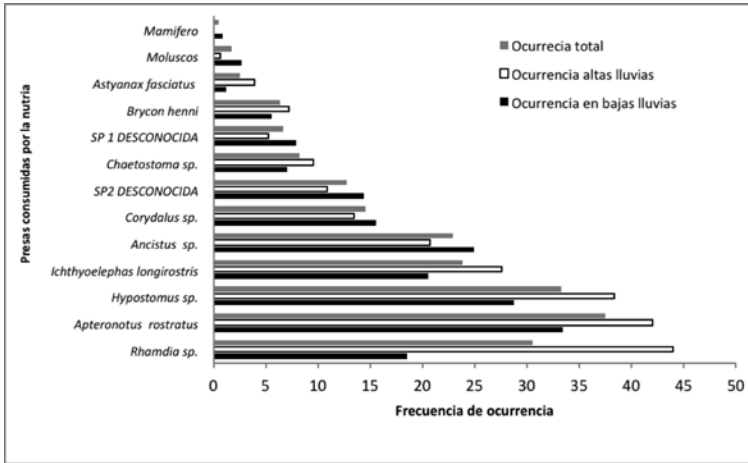
Por otro lado, para evidenciar si existe una variación, en la dieta de la nutria, entre temporadas climáticas, se aplicó una prueba de correlación de Spearman (FRITZ, 1974; CHEMES *et al.*, 2010) e índice de Jaccard (I<sub>j</sub>) (BIFFI & IANNACONE, 2010).

## RESULTADOS

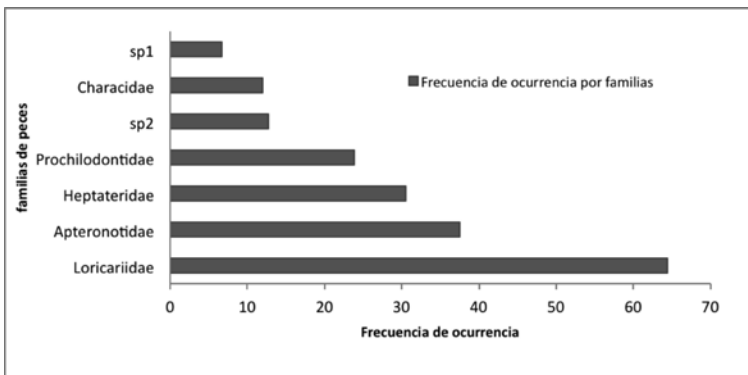
Dentro de la dieta de la nutria neotropical, en el río La vieja, se identificaron 13 categorías alimenticias: los peces dominaron 10 de ellas, seguidos por insectos, mamíferos y gasterópodos, cada uno, con una categoría. La nutria no varió el consumo de presas entre la temporada de altas y bajas lluvias ( $r_s = 0,91$ ;  $n = 13$   $p < 0.00001$ ; Índice de I<sub>j</sub> = 0,92). A pesar de no encontrar diferencias entre las temporadas, *Rhamdia quelen*, fue la única especie, que presentó un incremento del doble, en su frecuencia de ocurrencia para la temporada de lluvias altas (Figura 2).

A nivel general (ocurrencia total), encontramos que, los tres ítems, que presentan mayor importancia para la dieta son: *Apteronotus* sp. 37,46 %, *Hypostomus* sp. 33,28 %, *R. quelen* 30,50 %, siendo éstos, de carácter accesorio y en menor proporción, *Ichthyoelephas longirostris* 23,84 % y *Ancistrus* sp. 22,91 %, siendo éstos, de carácter accidental (Figura 2).

La frecuencia de ocurrencia, de cada familia indicó que, la familia Loricariidae, fue la más importante (64,39 %), seguida por Apteronotidae (37,46 %), Heptapteridae (30,49 %) y en menor proporción, Prochilodontidae (23,83 %), especie de pez, no determinada (SP. Desconocida 2) 12,69 %, cada una, con solo un ítem y Characidae, con 11,91 %, cada una, con dos ítems (Figura 3).



**Figura 2.** Frecuencia de ocurrencia de las presas consumidas por la nutria neotropical, en dos temporadas climáticas del río La Vieja.



**Figura 3.** Frecuencia de ocurrencia de las familias de peces consumidas por la nutria neotropical, en el río La Vieja.

## DISCUSIÓN

La no variación en la dieta de la nutria, entre temporadas climáticas, en la cuenca del río La Vieja, puede considerarse normal, debido a que diversas investigaciones, en diferentes lagos han concluido, que no existe variación mensual o inter-anual de la composición de la dieta en nutrias, pero sí, entre sectores del lago (CARVALHO-JUNIOR *et al.*, 2010a; CARVALHO-JUNIOR *et al.*, 2010b); sin embargo, MAYOR-VICTORIA & BOTERO-BOTERO (2010), encontraron variación de la dieta, entre temporadas climáticas para el río Roble, pero siempre los peces, fueron el ítem más consumido y la diferencia, se dio, por la aparición de insectos acuáticos (*Corydalis* sp.) y reptiles (*Basiliscus* sp.), en algunas de las dos temporadas.

En el río La Vieja, la nutria neotropical muestra una preferencia marcada por los peces, lo que es común, en la mayoría de los estudios realizados sobre la dieta de la nutria neotropical, mostrando que, la nutria, es un depredador que se encuentra en la cima de las redes tróficas acuáticas; siendo reconocida, como una especie especialista en el consumo de peces (GONZÁLEZ *et al.*, 2004, ESPITIA *et al.*, 2006).

La selección de presas por parte de la nutria, en el río La Vieja, quizás, está influenciada por la velocidad de natación de los peces, la abundancia de los mismos y el tamaño del individuo, donde la nutria, presenta preferencia por los peces de hábitos bentónicos como la familia Loricariidae, iguales resultados, han sido registrados para otros ríos de la cuenca por MAYOR-VICTORIA & BOTERO-BOTERO (2010), en el río Roble y PINILLOS-COLLAZOS *et al.*, (2010), en el río Espejo, mostrando así, que la base de la alimentación de la especie en la cuenca, está dada en gran medida, por los peces de dicha familia, debido a que son de fácil captura, por ser de movimientos lentos, abundantes y relativamente grandes, lo que maximiza la eficiencia de captura por unidad de esfuerzo para la nutria (STEPHENS & KREBS, 1986; BROWN, 2009); además, estos peces, permanecen adheridos a las piedras, lo que facilita que las nutrias los volteen y capturen fácilmente, comportamiento ampliamente observado (SPINOLA & VAUGHAN, 1995) sugiriéndonos de manera indirecta que, posiblemente, los sitios de forrajeo de las nutrias están asociados a lugares de baja profundidad, con abundantes piedras y con algas adheridas (alimento preferidos de los peces de la familia Loricariidae).

Posiblemente, la preferencia de la nutria, hacia peces de la familia loricariidae, sea una tendencia en los ríos alto andinos, debido a que, en diversos estudios realizados en los Andes, estos peces, aparecen reportados como ítems importantes, en la dieta de la nutria (ARCILA, 2003; BOTELLO, 2004; LINARES, 2007; ROSALES, 2009; MAYOR-VICTORIA & BOTERO-BOTERO, 2010; PINILLOS-COLLAZOS *et al.*, 2010).

En el ámbito local, en la cuenca del río La Vieja, los peces de la familia Apterontidae (*Apterontus* sp.), presentan, una importancia alta, en la dieta de la nutria neotropical, siendo este, el grupo de peces reportado para el río Roble (Cuenca del río La Vieja) por MAYOR-VICTORIA & BOTERO-BOTERO (2010), donde se argumenta que, la selección de consumo de estos peces, puede estar influenciada por sus hábitos lentos y de fácil captura y su asociación, a hábitats con abundante vegetación ribereña, como pastos para la ganadería (GARCÍA *et al.*, 2009), tipos de hábitats comunes para la zona de estudio.

La nutria neotropical, en el río La Vieja, consume esporádicamente, otros ítems diferentes a peces, lo que muestra que, pese a la especialidad por el consumo de peces, puede capturar eventualmente y de forma oportunista, otros organismos asociados al cauce, como: pequeños mamíferos (QUADROS & MONTEIRO-FILHO, 2001; QUINTEL & GATTI, 2009); aves (GALLO *et al.*, 2008; PINILLOS-COLLAZOS *et al.*, 2010); reptiles (*Basiliscus* sp.) (MAYOR-VICTORIA & BOTERO-BOTERO, 2010); tortugas (PLATT RAINWATER, 2011) e insectos grandes, principalmente megálópteros (ARCILA, 2003; MAYOR-VICTORIA & BOTERO-BOTERO, 2010).

Dada la presente información, se sugiere que, en la cuenca del río La Vieja, se realice un plan de manejo pesquero, que minimice los conflictos reales y potenciales de la nutria con los humanos; debido a que, en los municipios bajos de la cuenca, la nutria podría entrar en conflicto por el consumo de peces de la familia loricariidae

y Characidae (*Brycon henni* y *I. longirostris*), especies apetecidas por los pescadores de dicha zona (BOTERO-BOTERO & TORRES-MEJÍA, 2010).

## AGRADECIMIENTOS

A John D. and Catherine T. MacArthur Foundation, a través del programa, Colombia de WCS, a la Fundación Neotropical-Colombia, al Laboratorio de Biología de la Universidad del Quindío, por el préstamo de sus equipos. A Diana Galvis y María Dolly García González (Grupo de investigación en Estadística de la Universidad del Quindío) por la asesoría en estadística y el diseño experimental. A Laura García, Ángela Mejía (grupo de estudio en mamíferos silvestres de la Universidad del Quindío), a Víctor Tijaro (Programa de Licenciatura en Biología y Educación Ambiental, Universidad del Quindío), a Alejandra Rojas (Programa de Biología, Universidad del Quindío) y a María Camila Latorre (Universidad Javeriana) por su colaboración en las labores de campo.

## BIBLIOGRAFÍA

- ARCILA, D., 2003.- Distribución, uso de microhábitat y dieta de la nutria neotropical *Lontra longicaudis* (Olfers 1818) en el Cañón del Río Alicante, Antioquia, Colombia: Tesis, Instituto de Biología, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
- BIFFI, D. & IANNACONE, J., 2010.- Variabilidad trófica de *Lontra felina* (Molina 1782) (Carnivora: Mustelidae) en dos poblaciones de Tacna (Perú) entre agosto y diciembre de 2006. *Mastozoología Neotropical*, 17 (1): 11-17.
- BOTELLO, J., 2004.- *Evaluación del estado de la nutria de río Lontra longicaudis* (Olfers 1818) en el río Cauca, zona de influencia del municipio de Cali-Departamento del Valle del Cauca. CVC. Fundación Natura, Colombia.
- BOTERO-BOTERO, A., SÁNCHEZ-PACHÓN, J. A., CARDONA-CLAROS, C. N. & CÁRDENAS, G., 2011.- Distribución de una población introducida de chigüiro *Hydrochoerus hydrochaeris* en el departamento del Quindío. *Rev. Invest. Univ. Quindío*, (21): 29- 35.
- BOTERO-BOTERO, A. & TORRES-MEJÍA, A. M., 2010.- Caracterización de la comunidad de pescadores de la cuenca del río La Vieja, Alto Cauca, Colombia: 185 (en) *Memorias del III Congreso Colombiano de Zoología*. Medellín, Colombia.
- BROWN, J., 2009.- Foraging Behavior: 51-58 (in) LEVIN, S. (ed.) *The Princeton Guide to Ecology*. Published by Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- CARVALHO-JUNIOR, O., BIROLO, A. & MACEDO-SOARES, L., 2010b.- Ecological aspects of neotropical otter (*Lontra longicaudis*) in Peri Lagoon, south Brazil. *IUCN Otter Spec. Group Bull.*, 27 (2): 105-115.
- CARVALHO-JUNIOR, O., MACEDO-SOARES, L. & BIROLO, A., 2010a.- Annual and interannual food habits variability of a neotropical otter (*Lontra longicaudis*) population in conceição lagoon, south of Brazil. *IUCN Otter Spec. Group Bull.*, 27 (1): 24-32.
- CHEMES, S., B. GIRAUDO, A. & GUILLERMO, G., 2010.- Dieta de *Lontra longicaudis* (Carnivora, Mustelidae) en el parque nacional El Rey (Salta, Argentina) y su comparación con otras poblaciones de la cuenca del paraná. *Mastozoología Neotropical*, 17 (1): 19-29.
- CRO., 2005.- *Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca del río La Vieja, diagnóstico*. Corporación Autónoma Regional del Quindío. 223 p.
- ESPITIA, L. F., CAUSIL, Y., ARCILA, D., BARBOSA, J., MONA, Y., CAICEDO, D. & TRUJILLO, F., 2006.- Hábitos alimenticios de la nutria neotropical *Lontra longicaudis* (Olfers, 1818) e interacción con la actividad pesquera en el bajo Sinú, Córdoba, Colombia: (en) ANDRADE-C., AGUIRRE, C. & RODRÍGUEZ-MAHECHA, J. V. (eds.) *Segundo congreso colombiano de zoología. Libro de resúmenes*. Editorial Panamericana. Colombia.
- FRITZ, E. S., 1974.- Total diet comparison in fishes by Sperman Rank Correlation Coeficente. *Copeia*, (1): 210-214.
- GALLO-REYNOSO, J., RAMOS-ROSAS, N. & RANGEL-AGUILAR, O., 2008.- Depredación de aves acuáticas por la nutria neotropical (*Lontra longicaudis annectens*) en el río Yaqui, Sonora, México. *Revista Mexicana de Biod.*, 79: 275-279.
- GARCÍA, R. J., BOTERO-BOTERO, A. & GARCÍA-ÁLZATE, C., 2009.- Composición, estacionalidad y hábitat de los peces de la quebrada Cristales, afluente del río La Vieja, Alto Cauca, Colombia. *Rev. Invest. Univ. Quindío*, 19: 115-121.

- GUERRERO, S., BADI, M., ZALAPA, S. & FLORES, A., 2002.- Dieta y nicho de alimentación del coyote, zorra gris, mapache y jaguarundi en el bosque tropical caducifolio de la costa sur del estado de Jalisco, México. *Acta Zool. Mex.* (n. s.) 86: 119-137.
- HELDER, J. & ANDRADE, K. H., 1997.- Food and habitats of the Neotropical river otter *Lontra longicaudis* (Carnivora, Mustelidae). *Mammalia*, 61 (2): 193-203.
- LINARES, N. F., 2007.- Distribución poblacional de la nutria neotropical *Lontra longicaudis* en el río Sumapáz departamento de Cundinamarca y Tolima (Colombia): Tesis, Universidad de Cundinamarca, Bogotá, Colombia.
- MAYOR VICTORIA, R., 2008.- Hábitat y dieta de la nutria neotropical *Lontra longicaudis* (Carnívora, Mustelidae) en el río Roble, Alto Cauca, Colombia: Tesis, Universidad del Quindío, Programa de Licenciatura en Biología y Educación Ambiental. Armenia.
- MAYOR-VICTORIA, R. & BOTERO-BOTERO, A., 2010.- Dieta de la nutria neotropical *Lontra longicaudis* (Carnívora: Mustelidae) en el río Roble, alto Cauca, Colombia. *Acta biol. Colomb.*, 15 (1): 237-244.
- NAVA-V, V., TEJERO, J. & CHAVEZ, C., 1999.- Hábitos alimentarios del cacomixtle *Bassariscus astutus* (Carnívora: Procyonidae) en el matorral xerófilo de Hidal, México. *Anales del instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie zoología*, 70 (1): 51-63.
- PINILLOS-COLLAZOS, L., BOTERO-BOTERO, A., PÉREZ-TORRES, J., 2010.- Dieta de la nutria neotropical *Lontra longicaudis* (Carnívora, Mustelidae) en la zona baja del río Espejo, Quindío, Colombia: 158 (en *Memorias del IX CIMFAUNA Congreso Internacional Sobre Manejo de Fauna Silvestre en la Amazonia y América Latina*. Santa Cruz, Bolivia).
- PLATT, S. & RAINWATER, T., 2011.- Predation by neotropical otters (*Lontra longicaudis*) on turtles in Belize. *IUCN Otter Spec. Group Bull.*, 28 (1): 4-10.
- QUADROS, J. & MONTEIRO-FILHO, E. L., 2001.- Diet of the neotropical otter, *Lontra longicaudis*, in an Atlantic forest area, Santa Catarina State, southern Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 36 (1): 15-21.
- QUINTELA, F. & GATTI, A., 2009.- Armadillo (Cingulata: Dasypodidae) in the diet of the neotropical otter *Lontra longicaudis* in southern Brazil. *IUCN Otter Spec. Group Bull.*, 26 (2): 78:81.
- ROMÁN-VALENCIA, C., 1993.- Composición y estructura de las comunidades de peces en la cuenca del río La vieja, alto Cauca, Colombia. *Biol. y Edu.*, 3 (5): 8-19.
- ROSALES, Y., 2009.- Dieta de la nutria neotropical (*Lontra longicaudis*) en la vertiente sur andina venezolana: Tesis, Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales "Ezequiel Zamora", Postgrado en Manejo de Fauna Silvestre, Guanare, Venezuela.
- SPINOLA, R. M., VAUGHAN, C., 1995.- Dieta de la nutria neotropical (*Lontra longicaudis*) en la Estación Biológica La Selva, Costa Rica. *Vida Silvestre Neotropical*, 4 (2): 125-132.
- STEPHENS, D. W. & KREBS, J. R., 1986.- *Foraging Theory*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA.
- TELLERIA, J. L., 1987.- *Zoología evolutiva de los vertebrados*. Editorial síntesis. Madrid.

# ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DEL ENSAMBLAJE DE MURCIÉLAGOS DE SOTOBOSQUE EN ISLA PALMA, BAHÍA MÁLAGA, VALLE DEL CAUCA

Jorge H. Velandia-Perilla<sup>1</sup>, Mario F. Garcés-Restrepo<sup>1</sup>, Martha C. Moscoso<sup>1</sup>, Alan Giraldo<sup>1</sup>

## Resumen

Los murciélagos se consideran el orden de mamíferos más diverso en el Chocó biogeográfico de Colombia; representando al 60 % de los murciélagos, que han sido registrados en el país. A pesar de la alta riqueza de especies en este taxón, la información sobre la composición y estructura en localidades específicas, es muy baja. Dentro del Chocó biogeográfico, los ambientes insulares suman una pequeña proporción, pero adquieren una gran importancia, debido al registro de especies endémicas asociadas y de sitios importantes para la reproducción, anidación, descanso y alimentación de fauna terrestre y marina. Este trabajo, describe la composición del ensamblaje de especies de murciélagos presentes en el sotobosque de Isla Palma, Bahía Málaga, en el departamento del Valle del Cauca, Colombia, a partir de los registros realizados durante seis jornadas de campo, desarrolladas entre febrero de 2007 y julio de 2010. Se registraron doce especies pertenecientes a cuatro familias, siendo Phyllostomidae la más abundante, con nueve especies. La representatividad del esfuerzo de muestreo fue del 86 %, siendo la especie con mayor frecuencias de captura *Carollia perspicillata*. Al considerar las categorías tróficas, los murciélagos frugívoros, fueron los más abundantes. La baja riqueza de especies registradas en esta localidad, podría estar relacionada con el “efecto de isla”, sin embargo las condiciones naturales de Isla Palma, su cercanía al continente y escasa perturbación humana, la convierten, en un entorno ideal para el desarrollo de estudios, sobre historia natural y ecología de quirópteros del Chocó biogeográfico.

**Palabras clave:** Chocó biogeográfico, Isla Palma, murciélagos.

# COMPOSITION AND STRUCTURE OF THE BATS' UNDERGROUND ASSEMBLAGE FROM ISLA PALMA, BAHÍA MÁLAGA, VALLE DEL CAUCA

## Abstract

Bats are considered the most diverse order of mammals in the biogeographic Chocó in Colombia, representing 60 % of the bats recorded for the country. Despite the great richness of species of this taxon, information about the composition and structure in specific locations is scarce. In the biogeographic Chocó region insular environments represent a small proportion but have great importance for breeding, nesting, resting and feeding of terrestrial and marine wildlife fauna. This paper describes the composition of the bat species assemblage present in the underground of Palma Island, Malaga Bay, Department of Valle del Cauca, Colombia, from the registrations recorded during six field campaign carried out between February 2007 and July 2010. Twelve species from four families were registered being Phyllostomidae the most abundant with nine species. The representativeness of the sample was 86% being *Carollia perspicillata* the species most frequently captured. When

\* FR: 3-III-2012. FA: 10-VII-2012.

<sup>1</sup> Universidad del Valle, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Departamento de Biología, Grupo de investigación en Ecología Animal. Email: ecologia@univalle.edu.co.

considering trophic categories, frugivorous bats were the most abundant. The low richness of species registered in this location might be related to the "island effect" but the natural conditions of Isla Palma, its proximity to the continent and its low human disturbance turn it into an ideal environment for the development of natural history and bats studies from the biogeographic Chocó.

**Key words:** biogeographic Chocó, Isla Palma, bats.

## INTRODUCCIÓN

El Chocó biogeográfico, incluye la costa Pacífica de Colombia, una porción del noroeste de Ecuador y la costa del Caribe en Panamá (MITTERMEIER *et al.*, 1998; RANGEL-CH, 2004). Esta región, ha sido identificada como un punto de alta diversidad, a nivel global (MYERS *et al.*, 2000; OLSON & DINERSTEIN, 1998; TERBORGH & WINTER, 1983), el cual contiene, una gran cantidad de endemismos (FANER-LANGERDOEN & GENTRY, 1991; GENTRY, 1986). Los murciélagos, no son ajenos a esta generalización, de las 178 especies de murciélagos reportadas en Colombia (ALBERICO *et al.*, 2000), 106 ocurren en los bosques y selvas del andén del Pacífico colombiano (MANTILLA-MELUK & JIMÉNEZ-ORTEGA, 2006); constituyéndose, en el orden más diverso de mamíferos en esta zona (MUÑOZ-SABA & ALBERICO, 2004). La mayoría de la información concerniente a la presencia y distribución de las especies de murciélagos en esta región biogeográfica, corresponden, a reportes globales de distribución de especies para el neotrópico (GARDNER, 2007; SIMMONS, 2005), para Colombia (ALBERICO, 1981; ALBERICO *et al.*, 2000; MANTILLA-MELUK *et al.*, 2009; MUÑOZ-SABA & ALBERICO, 2004) o para algunos departamentos (RAMÍREZ-CHAVES & NOGUERA-URBANO, 2010; RAMÍREZ-CHAVES & PÉREZ, 2010), con muy pocos estudios en localidades específicas (ASPRILLA-AGUILAR *et al.*, 2007; CADENA *et al.*, 1998; DÁVALOS & GUERRERO, 1999; SAAVEDRA-RODRÍGUEZ & ROJAS-DÍAZ, 2011).

Los quirópteros, son un interesante grupo de estudio, debido a las funciones ecológicas que desempeñan, constituyéndose, en controladores claves de las poblaciones de insectos (KALKO, 1998), así como elementos determinantes en los procesos de reproducción de muchas especies vegetales, a través de la polinización y la dispersión de semillas, promoviendo la regeneración natural de los bosques (HILL & SMITH, 1984). Igualmente, son considerados indicadores de perturbación en ambientes tropicales, debido al efecto que tiene la variación en la estructura del hábitat, sobre la composición y estructura, de los ensamblajes de murciélagos, que los habitan (GORRESEN & WILLIG, 2004).

En los ambientes tropicales costeros, los estudios de ecología comunitaria de quirópteros, son escasos, por lo que esfuerzos locales de investigación, se convierten en una fuente relevante de información, que facilita el entendimiento de diferentes procesos ecológicos y biológicos de esta región. Además, evaluar las variaciones estructurales de los ensamblajes de murciélagos como respuesta a los cambios ambientales, a través del empleo de grupos funcionales como categorías tróficas, es de gran utilidad, en la interpretación ecológica de las comunidades, proporcionando, una visión clara del rol que desempeñan las especies dentro de su comunidad (FLORES-SALDAÑA, 2008; KALKO *et al.*, 1996; SORIANO, 2000; STONER, 2005).



Si bien las islas, aportan una pequeña porción de tierra a la región del Chocó biogeográfico, el estudio de ellas, es importante, debido a que constituyen ecosistemas de importancia crítica para la conservación de la biodiversidad, gracias a que contienen gran cantidad de especies endémicas y albergan sitios importantes para la reproducción, anidación, descanso y alimentación, de fauna terrestre y marina (ALBERICO, 1986). En el Pacífico colombiano, la única formación insular continental, que posee estudios detallados sobre especies de mamíferos, es la Isla Gorgona, donde han sido reportadas, 19 especies de mamíferos de las cuales, 15 especies, corresponden a murciélagos (VALENCIA-AGUILAR *et al.*, 2012).

Otra importante región insular del Pacífico colombiano, es Isla Palma, la cual se ubica en el sector central, en la entrada de Bahía Málaga. En esta localidad, se han desarrollado numerosos estudios faunísticos durante los últimos 30 años, enfocados principalmente hacia la valoración de la diversidad y ecología en ambientes marinos costeros y zonas litorales (CANTERA *et al.*, 1998), siendo la fauna terrestre, escasamente evaluada. Por tanto, en este trabajo, se describe la composición del ensamblaje de murciélagos de sotobosque, presentes en Isla Palma, con el propósito de complementar la información de referencia, sobre la fauna de murciélagos, en ambientes insulares continentales del Chocó biogeográfico colombiano y evaluar su papel ecológico, en dichos sistemas naturales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

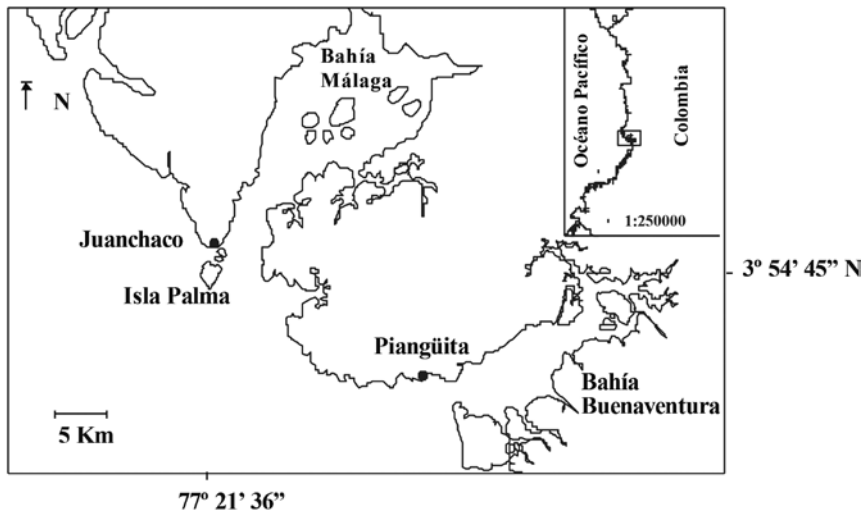
Isla Palma, es una isla continental que hace parte, de la ecoregión, conocida como el Chocó biogeográfico, en el departamento del Valle del Cauca, Colombia. La isla, está ubicada en la zona norte de la entrada a Bahía Málaga (3°54' N - 77°21' W) (Figura 1). La vegetación predominante, es la selva baja tropical muy húmeda, con precipitación anual de 7200-8500 mm anuales, humedad relativa del 90 % y temperatura media de 23,5-25,7 °C (RANGEL-CH. & ARELLANO-P, 2004). La precipitación anual, exhibe un patrón bimodal, con picos máximos, entre abril-mayo y septiembre-noviembre. Tiene un área de 138 ha, que comprende elevaciones entre 0 y 30 m, sobre el nivel medio del mar y se caracteriza, por presentar acantilados de lodolita, uniformemente distribuidos, playas arenosas descubiertas en marea baja y zonas de bosque, con árboles de 10 m, en promedio (CANTERA *et al.*, 1998; PINTO, 1993). El interior de la isla, presenta un relieve poco pronunciado y, debido a la elevada precipitación en el sitio, se encuentran numerosas salidas de agua dulce.

El ingreso en Isla Palma, está restringido por la Dirección General Marítima (DIMAR) y la isla, tan solo está habitada, permanentemente, por un guardafaro, condición que reduce la presión humana sobre el ecosistema local (GARCÉS-RESTREPO, 2008). Recientemente, se incluyó la parte emergida de Isla Palma, en el polígono que definió el área marina protegida por el Parque Nacional Natural Uramba-Bahía Málaga (MAVDT, 2010).

### Colección de datos

Se realizaron seis campañas de muestreo de murciélagos en Isla Palma, con una duración de tres noches cada una. Se utilizaron tres redes de niebla de 12 x 3 m,

dispuestas, a lo largo de senderos, trochas o posibles rutas de vuelo para capturar los murciélagos, y cada noche se cambiaron los sitios donde se colocaban las redes, sin embargo en todas las campañas se repitieron las zonas de muestreo. Las redes, permanecieron abiertas entre las 17:30 y 00:00 horas, siendo el esfuerzo total de muestreo, durante las 18 noches de trabajo de 351 horas-red. A los individuos capturados, se les registró la longitud total, longitud del antebrazo, peso y sexo. La identificación taxonómica, se hizo en campo, con base en la propuesta de TIMM & LAVAL (1998), liberando a los individuos, posteriormente. Para conformar el listado taxonómico, se siguió la propuesta de GARDNER (2007), considerando las sugerencias de HOOFFER *et al.* (2008) para el reconocimiento, a nivel de género de *Dermanura*. Algunos especímenes, fueron recolectados como referencia y están depositados, en la Colección de Mamíferos de la Universidad del Valle (UV).



**Figura 1.** Ubicación de Isla Palma, en el Pacífico colombiano.

### Análisis de datos

El éxito de captura, se calculó como el número de individuos capturados, dividido por el esfuerzo de captura (RONCANCIO & ESTÉVEZ, 2007). La representatividad del muestreo, se evaluó, a partir de curvas de acumulación, utilizando estimadores de riqueza promedio de Jack-knife 1, el cual se considera apropiado para organismos móviles (BROSE *et al.*, 2004; COLWELL *et al.*, 2012; ESTRADA-VILLEGAS *et al.*, 2010) y Jack-knife 2, que calcula el número posible de especies encontradas, si el esfuerzo de muestreo fuese más largo (RONCANCIO & ESTÉVEZ, 2007); estas estimaciones, se hicieron con el programa EstimateS 7.5.0 (COLWELL *et al.*, 2012). Para caracterizar el ensamblaje, se analizó la estructura funcional, siguiendo la propuesta de AGUIRRE (2002), agrupando los registros de captura, en seis categorías tróficas: insectívoros de vuelo lento; insectívoros de vuelo rápido; frugívoros; nectarívoros; piscívoros y hematófagos.

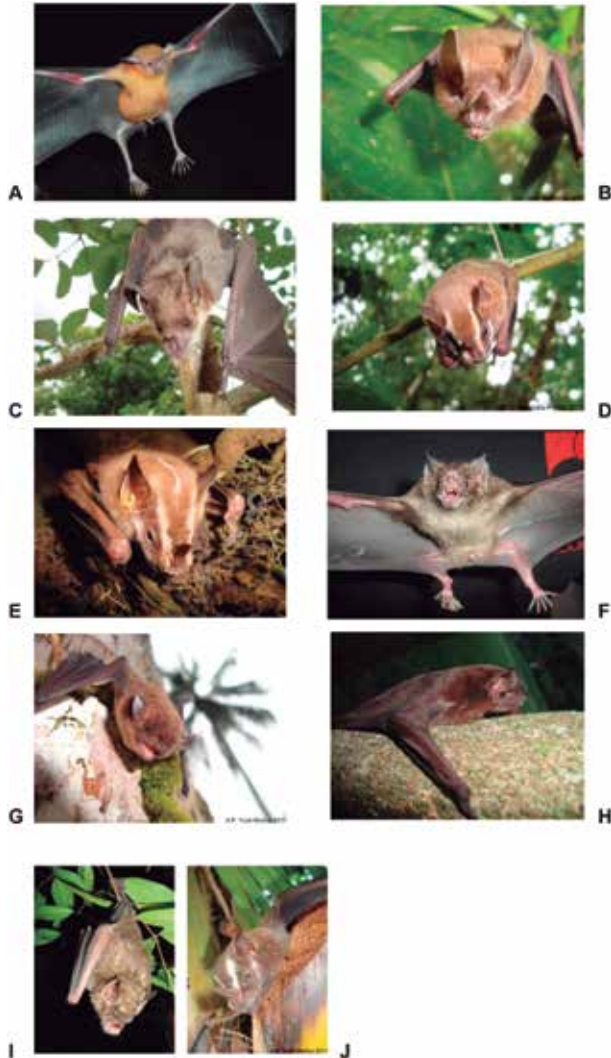
## RESULTADOS

Se realizaron 364 capturas durante las 18 noches de trabajo, identificándose, 11 especies de murciélagos de cuatro familias (Tabla 1, Figura 2), que forrajean en el sotobosque de Isla Palma. Se adicionó, al listado taxonómico de Isla Palma, el vampiro común (*Desmodus rotundus*), con base en registros históricos de mordeduras, a investigadores que visitaron la isla, en la década de los años 90 (Giraldo, A. *Obs. Pers*). La familia Phyllostomidae, representó, el 73 % de las capturas, con cuatro especies, mientras que Noctilionidae, Vespertilionidae y Molossidae, representaron cada una, el 9 % de los individuos capturados, todas con una especie. *Carollia perspicillata* (38 % del total de capturas) y *Glossophaga soricina* (25 %), fueron las especies más frecuentes, en los muestreos. Cuatro especies más: *Artibeus lituratus*, *Dermanura phaeotis*, *Dermanura rosenbergi* y *Platyrrhinus helleri*, concentraron el 29 % del total, de las capturas. Las especies restantes (*Noctilio leporinus*, *Micronycteris megalotis*, *Phyllostomus discolor*, *Myotis nigricans* y *Molossus molossus*), sumaron, el 8 % de las capturas.

**Tabla 1.** Especies de murciélagos y número de individuos capturados en Isla Palma. P: Piscívoro, IVL: Insectívoro de Vuelo Lento, IVR: Insectívoro de Vuelo Rápido, O: Omnívoro, N: Nectarívoro, F: Frugívoro. \*Registros históricos.

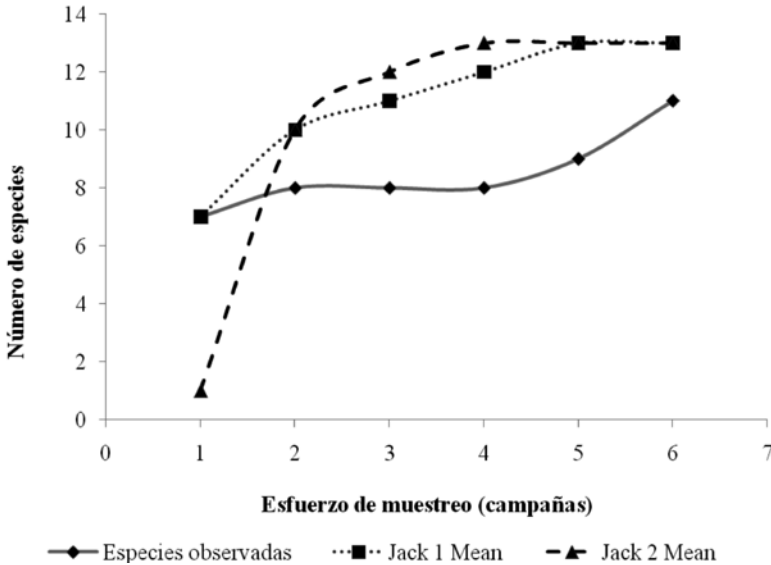
Familia	Subfamilia	Especie	Categoría Trófica	Total	Número de Catálogo (UV)
Noctilionidae		<i>Noctilio leporinus</i> Linnaeus 1758	P	2	-
Phyllostomidae	Phyllostominae	<i>Micronycteris megalotis</i> Gray 1842	IVL	4	13868, 13869
		<i>Phyllostomus discolor</i> Wagner 1843	O	2	-
	Glossophaginae	<i>Glossophaga soricina</i> Pallas 1766	N	90	13875 a 13877
	Carollinae	<i>Carollia perspicillata</i> Linnaeus 1758	F	139	13872 a 13874
	Stenodermatinae	<i>Artibeus lituratus</i> Olfers 1818	F	30	13871
		<i>Dermanura phaeotis</i> Miller 1902	F	41	13883 a 13886
		<i>Dermanura rosenbergi</i> Thomas 1897	F	15	13887 a 13892
		<i>Platyrrhinus helleri</i> Peters 1866	F	21	13878 a 13882
	Desmodontinae	<i>Desmodus rotundus</i> É. Geoffroy 1810	H	*	-
	Vespertilionidae		<i>Myotis nigricans</i> Schinz 1821	IVL	1
Molossidae		<i>Molossus molossus</i> Pallas 1766	IVR	19	-

El número de especies registrado en Isla Palma, corresponde al 86 %, de las especies esperadas para el área, según los estimadores de riqueza, por tanto, el esfuerzo de muestreo, representó adecuadamente el ensamble de murciélagos de sotobosque de la isla (Figura 3). Las especies registradas, correspondieron a cinco frugívoras y dos insectívoras de vuelo lento, mientras que los piscívoros, insectívoros de vuelo rápido, omnívoros, nectarívoros, y hematófagos, estuvieron representados por una sola especie, cada uno. Los frugívoros, fue la categoría, con mayor número de especies y con la mayor abundancia en la zona de estudio, representando el 67 %, de todas las capturas.



**Figura 2.**

Especies de murciélagos registradas, en el sotobosque de Isla Palma: A. *Noctilio leporinus*, B. *Micronycteris megalotis*, C. *Phyllostomus discolor*, D. *Dermanura phaeotis*, E. *Platyrhinus helleri*, F. *Desmodus rotundus*, G. *Myotis nigricans*, H. *Molossus molossus*, I. *Carollia perspicillata*, J. *Artibeus lituratus*. Fotografías: Ana Paola Yusti-Muñoz & Mario Fernando Garcés.



**Figura 3.** Curva de acumulación de especies de murciélagos para Isla Palma.

## DISCUSIÓN

Los murciélagos asociados al sotobosque en Isla Palma, corresponden, a una serie de especies abundantes y algunas escasas; este patrón de ensamblaje, es reportado en estudios realizados, en otras localidades del neotrópico (FLEMING *et al.*, 1972; ESTRADA-VILLEGAS *et al.*, 2010; SAAVEDRA-RODRÍGUEZ & ROJAS-DÍAZ, 2011). En este sentido, la alta abundancia de *Carollia perspicillata*, registrada en Isla Palma, es una característica recurrente en diferentes localidades neotropicales, siendo ésta, una de las especies más frecuentes, aunque su dominancia, también se asocia a localidades con perturbación intermedia (CLOUTIER & THOMAS, 1992; SANCHEZ-PALOMINO *et al.*, 1996; MEDELLÍN *et al.*, 2000; FLORES-SALDAÑA, 2008; VARGAS *et al.*, 2008).

En los estudios sobre murciélagos en ecosistemas tropicales, se espera una alta representatividad de especies frugívoras, en términos de diversidad y abundancia, debido a la alta disponibilidad de hábitat y recursos para este tipo de organismos, condiciones que se presentan también, en Isla Palma. En términos generales, la biomasa total anual de frutas, en estos ecosistemas, es mayor a la de otros recursos (p.e. néctar, insectos), de manera que, la abundancia de animales frugívoros, generalmente, es mayor, a la de insectívoros o nectarívoros (HILL & SMITH, 1984; KALKO & HANDLEY, 2001; FLORES-SALDAÑA; 2008; VARGAS *et al.*, 2008).

El número de especies registradas en Isla Palma, es menor al reportado por otras investigaciones en diferentes localidades continentales del Chocó biogeográfico, incluyendo áreas, con un alto grado de perturbación humana (ASPRILLA-AGUILAR *et al.*, 2007). Por ejemplo, en zonas bajas continentales del Chocó biogeográfico,

han sido reportadas entre 13 a 32 especies de murciélagos (ASPRILLA-AGUILAR *et al.*, 2007; SAAVEDRA-RODRÍGUEZ & ROJAS DÍAZ, 2011). Esta menor riqueza de especies en Isla Palma, podría ser explicada en función de los principios generales de la teoría de biogeografía de islas, debido a que, ha sido demostrado que la riqueza de especies en zonas insulares, será menor que, en localidades continentales del mismo tamaño, debido a que la probabilidad de inmigración, disminuye al incrementarse la distancia, entre la isla y el continente, por ello, la probabilidad de extinción local, se incrementa al reducirse el tamaño de la isla (LOSSOS & RICKLEF, 2010; WRIGHT, 1980; MACARTHUR & WILSON, 1967).

Sin embargo, aunque Isla Palma, es un área insular cercana al continente (menos de 4 km), la riqueza de especies de murciélagos de sotobosque, es similar a la reportada para la isla de Gorgona, una isla continental, con mayor área y más alejada de la costa (35 km) (ALBERICO, 1986; VALENCIA-AGUILAR *et al.*, 2012). Por tanto, los elementos de teoría de biogeografía de isla, no serían suficientes para explicar la poca riqueza de especies encontradas, por lo que elementos asociados, a la oferta de recursos específicos (refugio y alimento) y la estructura del hábitat en Isla Palma, podrían ser los condicionantes de la baja riqueza de murciélagos, en esta localidad (GORRESEN & WILLIG, 2004; LAVAL & FITCH, 1977; SÁNCHEZ PALOMINO *et al.*, 1996; VARGAS *et al.*, 2008).

Aunque la representatividad del muestreo en Isla Palma, fue alta (86 % de las especies esperadas), otras especies características del Chocó biogeográfico como: *Choeroniscus* sp., *Platyrrhinus* sp., *Sturnira* sp. o *Vampyressa* sp., no fueron registradas, a pesar de haber sido reportadas para la zona continental de Bahía Málaga (MUÑOZ-SABA & ALBERICO, 2004). Probablemente, un incremento en la frecuencia y esfuerzo de muestreo, el uso de redes de dosel o la implementación de métodos complementarios de detección y captura, incrementarían significativamente, el registro de especies en esta localidad. Sin embargo, es importante destacar, que la presencia de *Platyrrhinus helleri*, sugiere que, el hábitat en Isla Palma, se encuentra en un buen estado de conservación, debido a que esta especie, ocupa preferencialmente, bosques con niveles mínimos de perturbación (FERRELL & WILSON, 1991).

Un elemento ecológico adicional, que se debe considerar, son las distancias de forrajeo. Si bien pocos trabajos en el Chocó biogeográfico, han evaluado las distancias que recorren las especies de murciélagos, desde su refugio, hasta el sitio de alimentación, dichas distancias, han sido establecidas en otras localidades por algunas de las especies que se reportan para Isla Palma. Por ejemplo, *Carollia perspicillata*, puede recorrer más de 2 km en una noche durante el forrajeo (CLOUTIER & THOMAS, 1992), *Phyllostomus discolor*, puede incluso, llegar a desplazarse hasta 20 km en una noche, dependiendo de la disponibilidad de alimento (KWIECINSKI, 2006), mientras que: *Glossophaga soricina*, *Artibeus lituratus* y *Molossus molossus*, pueden llegar a desplazarse más de 20 km para buscar y seleccionar, un lugar de alimentación (ALVAREZ *et al.*, 1991; OPREA *et al.*, 2007; SIDERS *et al.*, 1999).

En este contexto, la riqueza de especies de murciélagos de sotobosque en Isla Palma, estaría, asociada también, con especies de la zona de Bahía Málaga, que tienen en sus rutas de forrajeo, a esta localidad, especies que tienen la capacidad para desplazarse largas distancias y especies que, además sean, tolerantes para desplazarse sobre el mar. Finalmente, es importante destacar, que las condiciones naturales de Isla

Palma, su cercanía al continente y escasa perturbación humana, convierten a esta localidad, en un entorno ideal para desarrollar estudios sobre historia natural y ecología, de algunas de las especies de murciélagos más frecuentes, del Chocó biogeográfico colombiano.

## AGRADECIMIENTOS

A Sergio Solari, por sus aclaraciones acerca de la taxonomía y distribución de las especies del género *Dermanura* y por los aportes de literatura. A Wilmar Bolívar, Manuel Andrés Sánchez Martínez, Fabián Ospina, Pamela Carvajal, Claudia Marcela Franco y a los estudiantes: Ángela María González, Oscar Sáenz y Adriana Chávez Landazury, por su apoyo durante las jornadas de campo. Ana Paola Yusti Muñoz, suministró parte del material fotográfico que se utilizó en este manuscrito. Carlos Saavedra-Rodríguez, realizó aportes y comentarios significativos, a la versión inicial del manuscrito. A la Dirección Nacional Marítima: DIMAR, por su colaboración para el ingreso y alojamiento en Isla Palma, durante los muestreos. Este trabajo, fue realizado con el apoyo económico del grupo de investigación en Ecología Animal de la Universidad del Valle. A los evaluadores anónimos, que realizaron aportes determinantes para mejorar la calidad del manuscrito.

## BIBLIOGRAFÍA

- AGUIRRE, L. F., 2002.- Structure of a neotropical savanna bat community. *Journal of Mammalogy*, 83 (3): 775-784.
- ALBERICO, M., 1981.- Lista preliminar de los murciélagos del Valle. *Cespedesia*, 10: 223-230.
- ALBERICO, M., 1986.- Los mamíferos: 191-209 (en) VONPRAHL, H. & ALBERICO, M. (eds.) *Isla de Gorgona*. Biblioteca textos universitarios, Banco Popular. Bogotá.
- ALBERICO, M. S., CADENA, A., HERNÁNDEZ-CAMACHO, J. & MUÑOZ-SABA, Y., 2000.- Mamíferos (Synapsida: Theria) de Colombia. *Biota Colombiana*, 1 (1): 43-75.
- ÁLVAREZ, J., WILLIG, M., JONES, J. & WEBSTER, D., 1991.- *Glossophaga soricina*. *Mammalian Species*, 379: 1-7.
- ASPRILLA-AGUILAR, A. A., MANTILLA-MELUCK, H. & JIMÉNEZ-ORTEGA, A., 2007.- Analysis of the non-hematophagus bat species captured within of eradication of *Desmodus rotundus* (E. Geoffroy, 1810) in the Colombian biogeographic Chocó. *Revista Universidad Tecnológica del Chocó D.L.C.*, 26: 42-48.
- BROSE, U., MARTINEZ, N. D. & WILLIAMS, R. J., 2003.- Estimating species richness: sensitivity to sample coverage and insensitivity to spatial patterns. *Ecology*, 84: 2364-2377.
- CADENA, A., ANDERSON, R. P. & RIVAS-PAVA, P., 1998.- Colombian Mammals from the Chocó an Slopes of Nariño. *Occasional Papers of the Museum of Texas Tech University*, 180: 1-15.
- CANTERA-K, J. R., NEIRA-O, R. & RICAURTE, C., 1998.- *Bioerosión en la Costa Pacífica Colombiana: Un estudio de la biodiversidad, la ecología y el impacto humano de los animales destructores de los acantilados rocosos*. Fondo José Celestino Mutis, FEN, Bogotá.
- CLOUTIER, D. & THOMAS, D. W., 1992.- *Carollia perspicillata*. *Mammalian Species*, 417: 1-9.
- COLWELL, R. K., CHAO, A., GOTELLI, N. J., LIN, S., MAO, C. X., CHAZDON, R. L. & LONGINO, J. T., 2012.- Models and estimators linking individual-based and sample-based rarefaction, extrapolation, and comparison of assemblages. *Journal of Plant Ecology*, 5: 3-21.
- DÁVALOS, L. M. & GUERRERO, J. A., 1999.- The Bat Fauna of Tambito, Colombia. *Chiroptera Neotropical*, 5: 112-115.
- ESTRADA-VILLEGAS, S., PÉREZ-TORRES, J. & STEVENSON, P. R., 2010.- Ensamblaje de murciélagos en un bosque sub-andino colombiano y análisis sobre la dieta de algunas especies. *Mastozoología Neotropical*, 17 (1): 31-41.
- FANER-LANGERDOEN, D. & GENTRY, A., 1991.- The structure and diversity of rainforest at Bajo Calima, Chocó Región, Western Colombia. *Biotropica*, 23: 2-11.
- FERRELL, C. S. & WILSON, D., 1991.- *Platyrrhinus helleri*. *Mammalian Species*, 373: 1-5.
- FLEMING, T. E., HOOPER, E. T. & WILSON, D., 1972.- Three central american bat communities: structure, reproductive cycles and movement patterns. *Ecology*, 53 (4): 555-569.
- FLORES-SALDAÑA, M. G., 2008.- Estructura de las comunidades de murciélagos en un gradiente ambiental en la reserva de la biosfera y tierra comunitaria de origen pilon lajas, Bolivia. *Mastozoología Neotropical*, 15 (2): 309-322

- GARCÉS-RESTREPO, M. F., 2008.- Estructura poblacional, variación morfométrica y dimorfismo sexual de *Rhinoclemmys nasuta* (Testudines: Emydidae) en dos localidades del Pacífico Vallecaucano: Tesis, Universidad del Valle, Facultad de Ciencias, Cali.
- GARDNER, A. L., 2007.- *Mammals of South America, Volume 1. Marsupials, Xenarthrans, Shrews, and Bats*. The University of Chicago Press. Chicago.
- GENTRY, A. H., 1986.- Species richness and floristic composition of Chocó Region plant communities. *Caldasia*, 15: 71-79.
- GIANNINI, N. P. & KALKO, E. K. V., 2004.- Trophic structure in a large assemblage of phyllostomid bats in Panama. *Oikos*, 105: 209-220.
- GORRESEN, P. M. & WILLIG, M. R., 2004.- Landscape responses of bats to habitat fragmentation in Atlantic Forest of Paraguay. *Journal of Mammalogy*, 85: 688-697.
- HILL, J. E. & SMITH, J. D., 1984.- *Bats: A natural history*. University of Texas Press. Texas.
- HOOFFER, S. R., SOLARI, S., LARSEN, P. A., BRADLEY, R. D. & BAKER, R. J., 2008.- Phylogenetics of the fruit-eating bats (Phyllostomidae: Artibeina) inferred from mitochondrial DNA sequences. *Occasional Papers Museum of Texas Tech University*, 277: 1-15.
- KALKO, E. K. V., 1998.- Organization and diversity of tropical bat communities through space and time. *Zoology*, 101: 281-297.
- KALKO, E. K. V. & HANDLEY, C. O., 2001.- Neotropical bats in the canopy: diversity, community structure, and implications for conservation. *Plant Ecology*, 153: 319-333.
- KALKO, E. K. V., HANDLEY, C. O. & HANDLEY, D., 1996.- Organization, diversity and long-term dynamics of a neotropical bat community: 503-553 (in) CODY, M. L. & SMALLWOOD, J. A. (eds.) *Long-Term Studies of Vertebrate Communities*. Academic Press, San Diego.
- KWIECINSKI, G. G., 2006.- *Phyllostomus discolor*. *Mammalian Species*, 801: 1-11.
- LAVAL, R. K. & FITCH, H. S., 1977.- Structure, movements and reproduction in three Costa Rican bat communities. *Occas. Pap. of Mus. Nat. Hist. Univ. Kansas*, 69: 1-28.
- LOAIZA, J., 2005.- Aspectos ecológicos de la tortuga blanca (*Rhinoclemmys nasuta* Boulenger, 1902) en Isla Palma, Bahía Málaga-Pacífico colombiano: Tesis, Universidad del Valle, Facultad de Ciencias, Cali.
- LOSSOS, J. B. & RICKLEF, R. E., 2010.- The theory of island biogeography revisited. Princeton University Press.
- MACARTHUR, R. H., & WILSON, E. O., 1967.- *The theory of island biogeography*. Princeton University Press.
- MANTILLA-MELUK, H. & JIMÉNEZ-ORTEGA, A. M., 2006.- Estado de conservación y algunas consideraciones biogeográficas sobre la quiropterofauna del Chocó biogeográfico colombiano. *Revista Universidad Tecnológica del Chocó D.L.C.*, 25: 10-17.
- MANTILLA-MELUK, H., JIMÉNEZ-ORTEGA, A. M. & BAKER, R. J., 2009.- Phyllostomid bats of Colombia: Annotated checklist, distribution and biogeography. *Special Publications of the Museum of Texas Tech University*, 51: 1-37.
- MAVDT., 2010.- Resolución Número 1501 de Agosto 04 de 2010. "Por medio de la cual se declara, reserva, delimita y alindera el Parque Nacional Natural Uramba Bahía Málaga". Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá.
- MEDELLÍN, R., EQUIHUA, M. & AMIN, M., 2000.- Bat diversity and abundance as indicators of disturbance in Neotropical Rainforests. *Conservation Biology*, 14: 1666-1675.
- MITTERMEIER, R. A., MYERS, N., THOMSEN, J. B., DA FONSECA, G. A. B. & OLIVIERI, S., 1998.- Biodiversity hotspots and major tropical wilderness areas: Approaches to setting conservation priorities. *Conservation Biology*, 12 (2): 516-520.
- MUÑOZ-SABA, Y. & ALBERICO, M. S., 2004.- Mamíferos en el Chocó biogeográfico: 559-597 (en) RANGEL-CH, J. O. (ed.) *Colombia Diversidad Biótica IV: El Chocó biogeográfico/Costa Pacífica*. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- MYERS, N., MITTERMEIER, R. A., MITTERMEIER, C., DE FONSECA, G. A. B. & KENT, J., 2000.- Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403: 853-858.
- OLSON, D. M. & DINERSTEIN, E., 1998.- The global 200: a representation approach to conserving the earth's most biologically valuable ecoregions. *Journal of the Society of Conservation Biology*, 12: 502-515.
- OPREA, M., BRITO, D., VIEIRA, T., MENDES, P., LOPES, S., FONSECA, R., COUTINHO, R. & DITCHFIELD, A. D., 2007.- A note on the diet and foraging behavior of *Artibeus lituratus* (Chiroptera, Phyllostomidae) in an urban park in southeastern Brazil. *Biota Neotropica*, 7 (2): 297-300.
- PÉREZ, J. V., 2006.- Tasa de crecimiento y rango habitacional de *Rhinoclemmys nasuta* en Isla palma-Pacífico colombiano: Tesis, Universidad del Valle, Facultad de Ciencias, Cali.
- PINTO, P., 1993.- José Cuatrecasas y la flora y la vegetación: 168-179 (en) LEYVA, P. (ed.) *Colombia Pacífico, Tomo I*. Fondo José Celestino Mutis, FEN, Bogotá.
- RAMÍREZ-CHAVES, H. E. & NOGUERA-URBANO, E. A., 2010.- Mamíferos (Mammalia: Theria) del departamento del Nariño-Colombia. *Biota Colombiana*, 11: 117-140.
- RAMÍREZ-CHAVES, H. E. & PÉREZ, W. A., 2010.- Mamíferos (Mammalia: Theria) del departamento del Cauca, Colombia. *Biota Colombiana*, 11: 141-172.
- RANGEL-CH, J. O. (ed.), 2004.- *Colombia diversidad biótica IV: El Chocó biogeográfico/Costa Pacífica*. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia.
- RANGEL-CH, J. O. & ARELLANO-P, H., 2004.- El Chocó biogeográfico: Ambiente físico: 39-82 (en) RANGEL-CH, J. (ed.) *Colombia diversidad biótica IV: El Chocó biogeográfico/Costa Pacífica*. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia.



- RONCANCIO-D., N. & ESTÉVEZ-V., J., 2007.- Evaluación del ensamblaje de murciélagos en áreas sometidas a regeneración natural y a restauración por medio de plantaciones de Aliso. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 11: 131-143.
- SAAVEDRA-RODRÍGUEZ, C. A. & ROJAS-DÍAZ, V., 2011.- Chiroptera, mid-Calima River Basin, Pacific Slope of the Western Andes, Valle del Cauca, Colombia. *CheckList* 7 (2): 166-172.
- SÁNCHEZ-PALOMINO, P., RIVAS, M. & CADENA, A., 1996.- Diversidad biológica de una comunidad de quirópteros y su relación con la estructura del hábitat de bosque de galería, Serranía de la Macarena, Colombia. *Caldasia*, 18 (3): 343-353.
- SIDERS, M. S., RABE, M. J., SNOW, T. K. & YASUDA, K., 1999.- Long foraging distances in two uncommon bat species in Northern Arizona. *Proceedings of the 4th Biennial Conference of Research on the Colorado Plateau*, 4: 113-122.
- SIMMONS, N. B., 2005.- Order Chiroptera: 312-529 (en) WILSON, D. E. & REEDER, D. M. (eds.) *Mammals Species of the World: A taxonomic and geographic reference*. Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- SORIANO, P. J., 2000.- Functional Structure of bat communities in tropical rainforest and Andean cloud forest. *Ecotropicos*, 13: 1-20.
- STONER, K. E., 2005.- Phyllostomids bat community structure and abundance in two contrasting Tropical Dry Forests. *Biotropica*, 37: 591-599.
- TERBORGH, J. & WINTER, B., 1983.- A method for sitting parks and reserves, with special reference to Colombia and Ecuador. *Biological Conservation*, 27: 45-48.
- TIMM, R. M. & LAVAL, R. K., 1998.- A field key to the bats of Costa Rica. *Occasional Publication Series, Center of Latin American Studies, University of Kansas*, 22: 1-30.
- VALENCIA-AGUILAR, A., CASTRO-HERRERA, F., VILLAQUIRÁN, D. F., GARCÉS-RESTREPO, M., GIRALDO, A., MURILLO-GARCÍA, O., BEDOYA, J., CARVAJAL-NIETO, P., ASTORQUIZA, J., YUSTI-MUÑOZ, A. P., VELANDIA-PERILLA, J. H. & SÁNCHEZ-MARTÍNEZ, M. A. 2012.- Vertebrados del ambiente terrestre del Parque Nacional Natural Gorgona: 192-221 (en) GIRALDO, A. & VALENCIA, B. (eds.) *Isla Gorgona: Paraíso de biodiversidad y ciencia*. Programa Editorial, Universidad del Valle, Cali.
- VARGAS, A., AGUIRRE, L. F., GALARZA, M. I. & GARECA, E., 2008.- Ensamble de murciélagos en sitios con diferente grado de perturbación en un bosque montano del parque nacional carrasco, Bolivia. *Mastozoología Neotropical*, 15 (2): 297-308.
- WRIGHT, J., 1980.- Density Compensation in Island Avifaunas. *Oecologia*, 45 (3): 385-389.

# ANTIPREDATORY BEHAVIORS OF THE COLOMBIAN ENDEMIC GLASSFROG *CENTROLENE SAVAGEI* (ANURA: CENTROLENIDAE)

Sergio Escobar-Lasso<sup>1</sup> & Julián Andrés Rojas-Morales<sup>2</sup>

## Abstract

Predation has been an important agent of natural selection which has led the evolution of several characteristics of amphibians, such as toxic and distasteful skin secretions, cryptic and aposematic coloration, and a variety of defensive postures and behaviors. This work describes for the first time the behaviors displayed by the glass frog *Centrolene savagei*, to avoid predation. These behaviors consisted in assume defensive postures, release cloacal fluids and production of odoriferous secretions, while individuals were visual and tactile stimulated. The defense postures and production of odoriferous secretions is established as the first record of such behaviors for the family Centrolenidae, demonstrating that many aspects of the natural history of glass frogs are still unknown.

**Key words:** Centrolenidae, *Centrolene savagei*, defensive behavior, defensive posture, odoriferous secretions.

# COMPORTAMIENTO ANTIPREDATORIO DE LA RANA DE CRISTA ENDÉMICA DE COLOMBIA *CENTROLENE SAVAGEI* (ANURA: CENTROLENIDAE)

## Resumen

La depredación ha sido un importante agente de selección natural que ha dirigido la evolución de varias características de los anfibios, tales como las secreciones de sustancias tóxicas y desagradables, la coloración críptica y aposemática, y una variedad de posturas y comportamientos defensivos. En este trabajo se describe por primera vez los comportamientos realizados por la rana de cristal *Centrolene savagei*, para evitar la depredación. Dichos comportamientos consistieron en asumir posturas de defensa, liberar fluidos cloacales y producir secreciones olorosas al momento de ser estimulados visual y táctilmente los individuos. La adopción de posturas de defensa y la secreción de sustancias olorosas, se constituye como el primer registro de dichos comportamientos para la familia Centrolenidae, demostrando así que muchos aspectos de la historia natural de las ranas de cristal siguen siendo desconocidos.

**Palabras clave:** Centrolenidae, *Centrolene savagei*, comportamiento defensivo, postura defensiva, secreciones olorosas.

\* FR: 25-III-2012. FA: 25-VIII-2012.

<sup>1</sup> Fundación R.A.N.A: Restauración de Ambientes Neotropicales Alterados, Manizales, Colombia. Email: funrana@hotmail.com o biosergiobike@gmail.com.

<sup>2</sup> Investigador asociado división de Historia Natural, Centro de Museos, Universidad de Caldas, Cra 23 # 58-65, A. A. 275, Manizales, Caldas, Colombia. Programa de Postgraduación en Ecología Tropical, Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas (ICAE), facultad de Ciencias, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela. Email: julian.herpetologia@gmail.com.

Predation has been important in the evolution of many amphibian characteristics, such as toxic and distasteful skin secretions, cryptic and aposematic coloration, and a variety of defensive postures and behaviors (WELLS, 2007; VITT & CALDWELL, 2009). Once an amphibian actually encounters a predator, its behavioral responses depend on the morphology and ecology of the animal and the identity and proximity of the predator (WELLS, 2007). TOLEDO *et al.* (2011) make an important collection of defensive behaviors in anurans, registering a total of 30 different types of behaviors (some with a few sub-categories). Despite the notable advances in the understanding of phylogenetic relationships and taxonomy in Centrolenidae (CISNEROS-HEREDIA & MCDIARMID, 2007; GUAYASAMIN *et al.*, 2009), little is known about its defensive behaviors.

*Centrolene savagei* (GUAYASAMIN *et al.*, 2009) formerly *Cochranella savagei* (RUIZ-CARRANZA & LYNCH, 1991) is an endemic glass frog to the Colombian Andes, inhabiting montane and sub montane forests on both flanks (East and East) of the Central and Western Cordilleras at elevations between 1400 and 2410 m (RUIZ-CARRANZA & LYNCH, 1991, 1997; ROJAS-MORALES *et al.*, 2011). This glass frog has been listed by the IUCN as Vulnerable under criteria B1ab (iii) (BOLÍVAR *et al.*, 2004). This contribution describes for the first time the defensive behaviors of *C. savagei*, based on observations of different individuals at the municipality of Manizales, department of Caldas, Colombia. During our observations none of the individuals was collected, however, voucher specimens of *C. savagei* from this location, are housed in the Museo de Historia Natural de la Universidad de Caldas (MHN-UC 0253-4).

During surveys conducted in several patches of Low Montane Wet Forest (*sensu* HOLDRIDGE, 1982; HARTSHORN, 2002) in Manizales, Caldas, Colombia, between November 2009 and January 2010, we observed three examples of the defensive behaviors of *C. savagei*, with some intraspecific variation. These observations are as follow:

### First individual

On 18 November 2009 at 21:48 h in the creek “Chisperos” (Vereda “Alto Bonito” 5°06’36” N, 75°29’57” W, 1950 m), Manizales, Caldas, Colombia. A male (snout vent length SVL = 21.2 mm) heard on a leaf of *Oreopanax pallidum* (Araliaceae) at 1.4 m above the stream, next to a clutch with 23 eggs. When we move to 1.5 m near the individual, it responded to our presence by assuming a defensive posture during about 18 sec., which includes raising his body, extending all the limbs and slightly inflates the thorax (Figure 1A, B). When we approach to about 0.2 m, it released a sharp stream of its cloaca and when captured and handled, individual gave a slight unpleasant odor through their skin, perceptible only a short distance (10 cm approx.). This odor is difficult to define and compare because their aromatic attributes are unique, although is slightly similar to that produced by macerating the leaves of plants of the genus *Piper*.

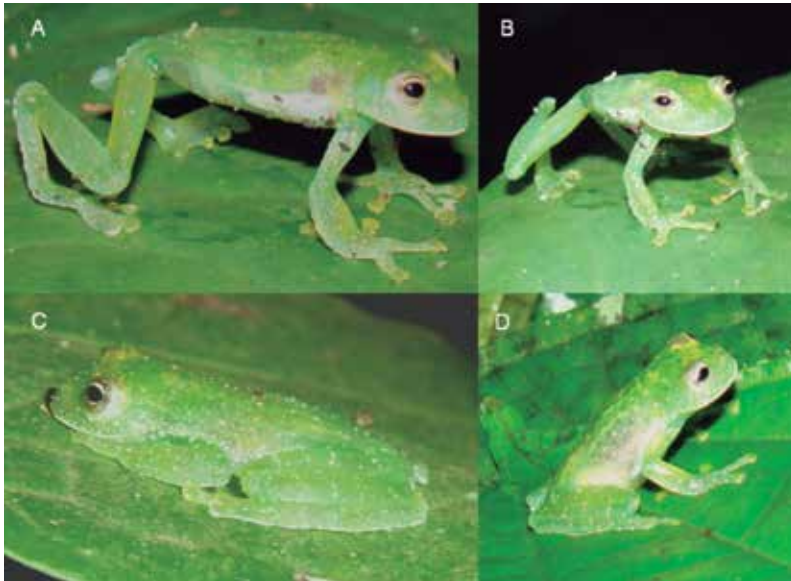
### Second individual

On 11 January 2010 at 22:18 h in the creek “Aguasclaras” (Vereda “El Águila” 5°06’27.5” N, 75°29’30” W, 2050 m), Manizales, Caldas, Colombia.

A male (SVL = 20.8 mm) perched on a leaf of *Heliconia latispatha* (Heliconiaceae) at 1.64 m above the stream. When we come to about 0.15 m of the individual, it responded to our presence assuming a defensive posture (during about 70 sec.), which consisted of flatten their body on the leaf blade and retracting their limbs (Figure 1C). During this observation the individual did not release a sharp stream as observed in the first individual. At the time of his capture it expelled an odor through the skin, similar to the previous individual.

### Third individual

On 20 December 2009 to 22:18 h in the creek “Aguasclaras” (Vereda “El Águila” 5°06'27.5” N, 75°29'30” W, 2050 m), Manizales, Caldas, Colombia. A male (SVL = 21.8 mm) perched on a leaf of *Xanthosoma saggitifolium* (Araceae) at 1.64 m above the stream. When we come to about 50 cm of the individual, it responded to our presence assuming a posture (about 40 sec.), which was to raise his body slightly inflating thorax. The individual released several sharp streams of their cloaca, similar to that observed in the first individual. At the time of capture, the frog gave an unpleasant odor like perceived in previous individuals.



**Figure 1.** Defensive and typical postures of the glass frog *Centrolene savagei*. (A and B) lateral and frontal view of the defensive posture, which involves raising the rear of the body, extending the limbs (front and rear) and inflate slightly the thorax. (C) Defensive posture consisting of dorsoventral flattening of the body, on the leaf blade retracting the limbs. (D) Typical posture de *C. savagei*. Note the difference in the position of the trunk and extremities with regard to defense postures. Photos: Julián Andrés Rojas-M.

These are the first reports of defensive behaviors in *C. savagei*. According to the terminology proposed by TOLEDO *et al.* (2011), *C. savagei* displayed five types of defensive behaviors, which are: (1) body-raising, (2) puffing up the body, (3) crouching down, (4) cloacal discharge and (5) secretion of odor. The first four behaviors were displayed when individuals were visually stimulated, and the last when captured.

Many anurans often respond to predators by elevating the body (body-raising) and inflating themselves with air (puffing up the body) (HANSON & VIAL, 1956; MARCHISIN & ANDERSON, 1978; WELLS, 2007; DAS *et al.*, 2010; TOLEDO *et al.*, 2011), which has the function to exaggerate the body size to persuade predators (WELLS, 2007). Body-raising behavior (*sensu* TOLEDO *et al.* (2011), has two sub-categories, depending on the position of the legs to extend, (A) body-raising with legs vertically stretched and (B) body-raising with legs laterally stretched. Body-raising of both types is common to perform synergistically with puffing up the body. The body raising behavior observed in the first and third individual of *C. savagei*, corresponds to type (B) *sensu* TOLEDO *et al.* (2011). This behavior and puffing up the body, are the first case known for the Centrolenidae family (Table 1).

Anurans perform cloacal discharge as a defense behavior and the material expelled can be liquid or solid (TOLEDO *et al.*, 2011). Liquid cloacal discharge (extrusion of bladder contents) is the commonest behavior, occurring in many anurans species (see Appendix 1 of TOLEDO *et al.*, 2011). Solid discharge or defecation (faeces expelled with force from the intestine) has been reported for the bufonid *Anaxyrus terrestris* only, when seized by a snake (MARCHISIN & ANDERSON, 1978). The behavior displayed by the first and third individuals of *C. savagei*, which was to expel a sharp stream of their cloaca (liquid cloacal discharge), has been observed in the glass frog *Hyalinobatrachium valerioi* (VOCKENHUBER, 2008) (Table 1). The significance of this anti-predatory behavior is not understood, but we suggest it might work to deter small arthropod predators, due any chemical property of the fluid aversive to predators, or by mechanical shock on them.

Excrete substances through the skin, is a behavior observed in several species of anurans (see Appendix 1 of TOLEDO *et al.* 2011). These secretions may be of four types: (A) odoriferous, (B) noxious, (C) adhesive and (D) slippery. For example, frogs of the genus *Phyllomedusa* are noted for their noxious secretions and strong odors when handled (CEI & ERSPAMER, 1966; LUTZ, 1966; SAZIMA, 1974; CEI, 1980). Also, the nocturnal aromobatid *Aromobates nocturnus* is characterized by ejecting a foul-smelling discharge at the time it is threatened by a predator (VITT & CALDWELL, 2009).

The behavior observed in *C. savagei*, to release an odor similar to smashed plants, is a behavior observed only in nocturnal frogs species (SMITH *et al.*, 2004). TOLEDO *et al.* (2011) suggests that odors similar to plants can function as chemical camouflage and/or for mimicry. Some anurans produce odors that resemble smashed plants, which may mislead a predator, especially if the frog remains motionless and the predator cannot rely on visual or chemical cues to find its prey (SMITH *et al.*, 2004; TOLEDO *et al.*, 2011). The conduct displayed by individuals of *C. savagei*, which is to release an odor similar to smashed plants, is established as the only known for Centrolenidae (Table 1), although such behavior has also been observed in species such *Centrolene quindianum* and *Nymphargus grandisonae* (SEL and JAR pers. obs).

**Table 1.** Defensive behaviors in frogs of the family Centrolenidae.

Species	A	B	C	D	E	F	G	References
<i>Centrolene geckoideum</i>						X		RUEDA-ALMONACID (1994)
<i>Centrolene quindianum</i>					X			Personal Observation
<i>Centrolene savagei</i>	X	X	X	X	X			In this work
<i>Hyalinobatrachium valerioi</i>	X							VOCKENHUBER (2008)
<i>Nymphargus grandisonae</i>					X			Personal Observation
<i>Vitreorana uranoscopa</i>							X	TOLEDO <i>et al.</i> (2010)

Defensive behaviors. A. cloacal discharge, B. crouching down, C. body-raising, D. puffing up the body, E. secretion (odour), F. noxious secretion and G. thanatosis or death feigning.

Predatory pressure on glass frogs certainly determined and shaped the evolution of various features and anti-predatory behaviors, which are not yet well understood or known. Most species of centrolenids call and breed in the riparian vegetation so that individuals are exposed to predators that use streams and creeks as foraging sites (HAYES, 1983). Glass frogs at different stages (embryos, larvae and adults) are preyed mainly by arthropods, such as crabs (HAYES, 1983), amblypidids (HERTZ & LOTZKAT, 2010), spiders (HAYES, 1983), opilionids (HAYES, 1983; VOCKENHUBER, 2008), orthopterans (HAYES, 1983), wasps (DRAKE & RANVESTEL, 2005; DELIA *et al.*, 2010), ants (HAWLEY & CHASTAIN, 2007; VOCKENHUBER *et al.*, 2009), fly larvae (VILLA, 1977) and dermapterans (VOCKENHUBER, 2008).

A glass frog's characteristic that evolved in response to predatory pressure is its mimetic aspect (SCHWALM *et al.*, 1977). Most of these frogs are a shade of green, ranging from light lime green to dark green; some species have green bones as a result of green bile salts and also contain a unique pigment in their skin that reflects the same wavelength infrared radiation that plants do, possibly another adaptation for concealment (SCHWALM *et al.*, 1977). In the glass frog *Hyalinobatrachium valerioi*, males perform parental care of the clutches in both day and night (24 h) (MCDIARMID, 1978; VOCKENHUBER *et al.*, 2009). That centrolenid has a reticulate green pattern on a yellowish to pale-gold background, and an attending male is strikingly similar in appearance to their egg clutches, especially during the day (MCDIARMID, 1978). MCDIARMID (1978) suggests that the dorsal coloration of *H. valerioi* has evolved for prevent predation in response to its diurnal parental care if the predator searching for an egg clutch is small, enough to be repulsed by the male frog, selection should favor a strong resemblance between the guarding male and his clutch. This will increase the probability of successful defense when the predator mistakes the male with the clutch. If the predator is a frog-eating species, it may mistake the frog with another egg clutch, which is not a suitable prey, and continue its search (MCDIARMID, 1978).

The predation pressure determined the evolution of different anti-predatory behaviors in glass frogs, such as defense posturing, the release of odors (both in this work) and eggs parental care (MCDIARMID, 1975). In the last, for example, some species as *Hyalinobatrachium colymbiphellum*, *H. valerioi* and *H. fleishmanni*, present a complex behavior of defense to its clutches, which can include hit with

the fore and hind legs the arthropods that trying feeding on embryos (DRAKE & RANVESTEL, 2005; VOCKENHUBER *et al.*, 2008; DELIA *et al.*, 2010). Our observations are the first published on defense posturing and the release of odors in glass frogs (Table 1), showing that many aspects are still unknown about the behavior and ecology of these frogs. Unfortunately, little is known about the anti-predatory behaviors in centrolenids, which hinders the understanding of the evolution of their behavioral characters. We suggest that systematic and ecological studies on centrolenids should include the behavioral repertoire of the species to better determine their evolution in a phylogenetic framework.

Our observations are the first published on defense posturing and the release of odors in glass frogs (Table 1), showing that many aspects are still unknown about the behavior and ecology of these frogs. Unfortunately, little is known about the antipredatory behaviors in centrolenids, which hinders the understanding of the evolution of this character within these taxa. We suggest that systematic and ecological studies on centrolenids should pay more attention to the behavioral repertoire of the species to better determine their evolution in a phylogenetic framework.

## ACKNOWLEDGEMENTS

Special thanks to Diego F. Cisneros-Heredia and Juan M. Guayasamin, for their helpful comments on the previous version of this manuscript. We are grateful to the residents of the “El Manantial” for allowing us to survey in their territory.

## BIBLIOGRAPHY

- BOLÍVAR, W., PINILLA, M. P. R., OSORNO-MUÑOZ, M., RUEDA, J. V., AMÉZQUITA, A. & ARDILA-ROBAYO, M. C., 2004.- IUCN Red List of Threatened Species. *Cochranella savagei*. [Online] Available in: <http://www.iucnredlist.org/apps/redlist/details/54990/0>.
- CEI, J. M., 1980.- Amphibians of Argentina. *Monit. Zool. Ital.*, 2: 1-609.
- CEI, J. M. & ERSPAMER, V., 1966.- Biochemical taxonomy of South American amphibians by means of skin amines and polypeptides. *Copeia*, 1966: 74-78.
- CISNEROS-HEREDIA, D. F. & MCDIARMID, R. W., 2007.- Revision of the characters of Centrolenidae (Amphibia: Anura: Athesphatanura), with comments on its taxonomy and the description of new taxa of glassfrogs. *Zootaxa*, 1572: 1-82.
- DAS, I., SENGUPTA, S. & DAS, A., 2010.- *Hylarana leptoglossa* (Long-tongued Frog). Defensive Behavior. *Herpetological Review*, 41: 196-197.
- DELIA, J., CISNEROS-HEREDIA, D. F., WHITNEY, J. & MURRIETA-GALINDO, R., 2010.- Observations on the Reproductive Behavior of a Neotropical Glassfrog, *Hyalinobatrachium fleischmanni* (Anura: Centrolenidae). *South American Journal of Herpetology*, 5: 1-12.
- DRAKE, D. L. & RANVESTEL, A. W., 2005.- *Hyalinobatrachium colymbiphylum* (glass frog). Egg mass defense. *Herpetological Review*, 36: 434.
- GUAYASAMIN, J. M., CASTROVIEJO-FISHER, S., TRUEB, L., AYARZAGÜENA, J., RADA, M. & VILÀ, C., 2009.- Phylogenetic systematics of glassfrogs (Amphibia: Centrolenidae) and their sister taxon *Allophryne ruthveni*. *Zootaxa*, 2100: 1-97.
- HANSON, J. A. & VIAL, J. L., 1956.- Defensive behavior and effects of toxins in *Bufo alvarius*. *Herpetologica*, 12: 141-49.
- HARTSHORN, G. S., 2002.- Biogeografía de bosques neotropicales: 59-81 (en) GUARIGUATA, M. R. & KATTAN, G. H. (eds.) *Ecología y Conservación de Bosques Neotropicales*. Cartago, Colombia. Ediciones LUR.
- HAWLEY, T. J. & CHASTAIN, L., 2007.- *Hyalinobatrachium pulveratum* (Chiriqui Glass Frog). Predation. *Herpetological Review*, 38: 427-438.
- HAYES, M., 1983.- Predation on the adults and prehatching stages of glass frogs (Centrolenidae). *Biotropica*, 15: 74-76.
- HERTZ, A. & LOTZKAT, S., 2010.- *Cochranella albomaculata* (White-spotted Cochran Frog). Predation. *Herpetological Review*, 41: 194.



- HOLDRIDGE, L. R., 1982.- *Ecología Basada en Zonas de Vida*. San José, Costa Rica. IICA.
- LUTZ, B., 1966.- Biological significance of cutaneous secretions in toads and frogs. *Memorias do Instituto Butantan*, 33: 55-59.
- MARCHISIN, A. & ANDERSON, J. D., 1978.- Strategies employed by frogs and toads (Amphibia, Anura) to avoid predation by snakes (Reptilia, Serpentes). *Journal of Herpetology*, 12: 151-55.
- MCDIARMID, R. W., 1975.- Glass frog romance along a tropical stream. *Terra*, 13: 14-18.
- MCDIARMID, R. W., 1978.- Evolution of parental care in frogs: 127-147 (en) BURGHARDT, G. M. & BEKOFF, M. (eds.) *The development of behavior: comparative and evolutionary aspects*. New York. Garland STPM Press.
- ROJAS-MORALES, J. A., ESCOBAR-LASSO, S. & GUTIÉRREZ-CÁRDENAS, P. D. A., 2011.- Contribución al conocimiento de los anfibios de la región centro-sur de Caldas: primeros registros de ranas de cristal (Anura: Centrolenidae) para el municipio de Manizales, Colombia. *Boletín Científico Museo de Historia Natural*, 15: 75-83.
- RUEDA-ALMONACID, J. V., 1994.- Estudio anatómico y relaciones sistemáticas de *Centrolene geckoideum* (SALIENTIA: ANURA: CENTROLENIDAE). *Trianea*, 5: 133-187.
- RUIZ-CARRANZA, P. M. & LYNCH, J. D., 1991.- Ranas Centrolenidae de Colombia III. Nuevas especies de *Cochranella* del Grupo *granulosa*. *Lozania*, 59: 1-18.
- RUIZ-CARRANZA, P. M. & LYNCH, J. D., 1997.- Ranas Centrolenidae de Colombia X: los centrolénidos de un perfil del flanco oriental de la Cordillera Central en el Departamento de Caldas. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 21: 541-553.
- SAZIMA, I., 1974.- Experimental predation on the leaf-frog *Phyllomedusa rohdei* by the water snake *Liophis miliaris*. *Journal of Herpetology*, 8: 376-77.
- SCHWALM, P. A., STARRETT, P. H. & MCDIARMID, R. W., 1977.- Infrared reflectance in leaf-sitting Neotropical frogs. *Science*, 196: 1225-1226.
- SMITH, B. P. C., WILLIAMS, C. R., TYLER, M. J., WILLIAMS, B. D., 2004.- A survey of frog odorous secretions, their possible functions and phylogenetic significance. *Applied Herpetology*, 2: 47-82.
- TOLEDO, L. F., SAZIMA, I., HADDAD, C. F. B., 2010.- Is it all death feigning? Case in anurans. *Journal of Natural History*, 44: 31-32.
- TOLEDO, L. F., SAZIMA, I., HADDAD, C. F. B., 2011.- Behavioural defences of anurans: an overview. *Ethology Ecology & Evolution*, 23: 1-25.
- VILLA, J., 1977.- A symbiotic relationship between frog (Amphibia, Centrolenidae) and fly larvae (Drosophilidae). *Journal of Herpetology*, 11: 317-322.
- VITT, L. J. & CALDWELL, J. P., 2009.- *Herpetology: An Introductory Biology of Amphibians and Reptiles*. 3rd edition. Academic Press.
- VOCKENHUBER, E. A., 2008.- Reproductive behavior and parental care in the glass frog *Hyalinobatrachium valerioi*: thesis. University of Vienna, Austria.
- VOCKENHUBER, E. A., HÖDL, W. & KARPFEN, U., 2008.- Reproductive behaviour of the glass frog *Hyalinobatrachium valerioi* (anura: centrolenidae) at the tropical stream Quebrada Negra (La Gamba, Costa Rica). *Stapfia* 88, zugleich kataloge der oberösterreichischen landesmuseen neue serie, 80: 335-348.
- VOCKENHUBER, E. A., HÖDL, W. & AMÉZQUITA, A., 2009.- Glassy Fathers Do Matter: Egg Attendance enhances embryonic survivorship in the Glass Frog *Hyalinobatrachium valerioi*. *Journal of Herpetology*, 43: 340-344.
- WELLS, K. D., 2007.- *The Ecology and Behavior of Amphibians*. Chicago. University of Chicago Press.



# FUNDAMENTOS METABÓLICOS EN *FELIS CATUS* LINNAEUS, 1758 (CARNIVORA: FELIDAE)\*

José Henry Osorio<sup>1</sup>, Eliana Zulay Cañas<sup>2</sup>

## Resumen

La presente revisión, analiza y actualiza al lector, sobre el metabolismo en el felino doméstico, mediante el estudio de los siguientes aspectos: diferencias anatómicas y fisiológicas del sistema digestivo, comparado con otras especies; particularidades en el metabolismo de los carbohidratos; características del metabolismo proteico del felino doméstico; metabolismo lipídico en el felino doméstico; ácidos grasos esenciales en el felino e hiperlipidemia de tipo primario en felinos.

**Palabras clave:** ácidos grasos, carbohidratos, felino domestico, metabolismo, lípidos, proteínas.

## METABOLIC BASES IN *FELIS CATUS* LINNAEUS, 1758 (CARNIVORA: FELIDAE)

## Abstract

The present review analyses and updates the reader about domestic feline metabolism, through the following sections: anatomic and physiologic differences for digestive tract of domestic feline compare to other species, main characteristics of carbohydrate metabolism in domestic feline, characteristics in protein metabolism in domestic feline, essential fatty acids in domestic feline and primary hyperlipidemia in felines.

**Key words:** fatty acids, carbohydrates, domestic cat, metabolism, lipids, proteins.

## INTRODUCCIÓN

Los grandes felinos, que basaban su dieta exclusivamente en la caza, han dejado un legado genético al felino doméstico, formando un carnívoro estricto y muy peculiar. Haciendo alusión a su antepasado como cazador, se adaptó a la ingestión de pequeños roedores y aves, durante gran parte del día y la noche, constituyéndose en su dieta principal. Probablemente, sus hábitos alimenticios, son la razón por la cual, realiza ingestas de pequeño volumen (BRADSHAW *et al.*, 1996), aproximadamente, entre 10 y 20 por día (QUINTANA, 2006). Esta forma de vida, conduce a una serie de particularidades anatómicas, fisiológicas, metabólicas y nutricionales (QUINTANA, 2006), que hacen del felino doméstico, una especie muy diferente del canino, con quien ha sido comparado en múltiples ocasiones por el hecho de pertenecer al orden de los carnívoros, pero una vez se estudian

\* FR: 7-IV-2012. FA: 27-VII-2012.

<sup>1</sup> Laboratorio de Bioquímica Clínica y Patología Molecular, Departamento de Ciencias Básicas de la Salud, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia. Email: jose.osorio\_o@ucaldas.edu.co.

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Caldas, Maniles, Colombia.

sus requerimientos nutricionales, características anatómicas y metabolismo, se evidencia una evolución de manera muy diferente (DAVENPORT, 2007a). Para comprender la singularidad del felino doméstico, es necesario hablar un poco, sobre el funcionamiento de su organismo desde diferentes aspectos.

## ANATOMÍA Y FISIOLÓGÍA DEL SISTEMA DIGESTIVO DEL FELINO DOMÉSTICO

Su dentición es la típica de los carnívoros (ZENTEK & FREICHE, 2008), estos están diseñados para el desgarro de las presas y mínima masticación (DAVENPORT, 2007a). A pesar que, tanto perros, como gatos, tienen igual número de incisivos y caninos, los perros tienen más premolares y molares, los cuales ayudan en la masticación y trituración de los alimentos, sugiriendo una dieta más omnívora que la de los gatos (CASE *et al.*, 2001). “El estómago del gato tiene aproximadamente la mitad del tamaño del estómago de un perro de similar tamaño corporal, lo cual es coherente con el comportamiento alimentario natural del gato, que consiste en múltiples raciones pequeñas por día” (LAFLAMME, s. f.). Además, el tracto intestinal es más corto, siendo compensado con una mayor área de superficie de absorción mucosa (LAFLAMME, s. f.), su intestino grueso, no posee microvellosidades (ZENTEK & FREICHE, 2008) y su ciego, es poco desarrollado, pero a pesar de esto, cuenta con una buena carga de microflora bacteriana (DAVENPORT, 2007a; ZENTEK & FREICHE, 2008). Estas son las razones por las cuales, la dieta de un gato, debe ser concentrada y muy digestible, debido a que su digestión, se presenta rápida y eficazmente (DAVENPORT, 2007a). Adicional a esto, el hígado felino tiene una deficiencia de la enzima glucuroniltransferasa, encargada de metabolizar múltiples compuestos (GARCÍA, 2003).

## PARTICULARIDADES EN EL METABOLISMO DE LOS CARBOHIDRATOS

Una de las principales razones, por las cuales los carbohidratos no hacen parte de la dieta habitual del felino doméstico, es la diferencia en su metabolismo. La ausencia de alfa-amilasa en la saliva, impide el inicio de la digestión de los carbohidratos, siendo necesaria la exposición de éstos, a las enzimas pancreáticas en el intestino (QUINTANA, 2006; LAFLAMME, s. f.), las cuales presentan una reducida actividad. Entre éstas, se encuentran: las amilasas pancreáticas e intestinales y las disacaridasas, las primeras, con una actividad que corresponde únicamente al 5 % de la presente en los caninos (QUINTANA, 2006).

En el hígado, también se encuentran algunas particularidades: baja actividad de glucocinasa (TAKEGUCHI *et al.*, 2005), enzima encargada de la oxidación de la glucosa, cuando llega al hígado una gran cantidad de la misma. Esta glucocinasa, es estimulada por la fosforilación de la fructosa, llevada a cabo por la fructocinasa (llamada también cetohecoxinasa), principal enzima involucrada en el metabolismo hepático de la fructosa de la dieta, la cual, se encuentra además, en bajas concentraciones en el gato, así, el metabolismo de la fructosa, contribuye a la regulación de la glucosa en la mayoría de las especies, pero de manera deficiente en el felino (SPRINGER *et al.*, 2009).

Encontraste a esto, un reciente estudio, evaluó la actividad enzimática leucocitaria y encontró que, la fructoquinasa, tiene una mayor actividad en los leucocitos felinos, que en los caninos. La fructosa a diferencia de la glucosa, no provoca el incremento de la insulina plasmática. En el estudio realizado, hubo un incremento de la piruvato quinasa y la glucosa 6-fosfato deshidrogenasa, enzimas que intervienen regulando la velocidad de la biosíntesis de los ácidos grasos (TAKEGUCHI *et al.*, 2005).

La reducida actividad de la glucógeno sintetasa, encargada de la conversión de la glucosa a glucógeno como reserva hepática (ZORAN, 2002), además de la reducción de la actividad de la lactasa en el yeyuno, a medida que incrementa la edad (ZENTEK & FREICHE, 2008), también hace parte del funcionamiento metabólico de los carbohidratos en el felino. De acuerdo a lo anterior, la tolerancia a los azúcares simples, se encuentra limitada debido a la baja capacidad enzimática para digerirlos y aprovechar su ingestión, esta situación acarrea una absorción más lenta, con una respuesta glicémica de aproximadamente, 18 horas, en contraste con las 4 y 6 horas en los perros y los seres humanos (CARCIOFI, 2007).

Por otro lado, la capacidad para asimilar carbohidratos complejos, como el almidón, es bastante elevada, alcanzando casi el 100 % en el gato adulto, aunque esta puede verse reducida por la digestibilidad prececal, según el grado de cocción del almidón (ZENTEK & FREICHE, 2008). Sin embargo, es importante tener en cuenta, que el exceso de almidón en la dieta, se almacena como grasa, mas no como glucógeno, debido a que los niveles de glucosa en la sangre, se encuentran provistos gracias a la liberación de pequeñas cantidades de glucosa persistentes a largo plazo, como resultado del catabolismo gluconeogénico de las proteínas (ZORAN, 2002), un catabolismo muy activo y constante en las especies carnívoras, a diferencia de otros animales, en donde es activado únicamente, por una baja cantidad de carbohidratos. La gluconeogénesis se vale de algunos aminoácidos y de la enzima fosfoenolpiruvato carboxinasa, quien mantiene una constante actividad, aún, en gatos ayunados, para mantener niveles apropiados de glucosa en la sangre (CASE *et al.*, 2001; CARCIOFI, 2007).

## METABOLISMO PROTEICO FELINO

El organismo del felino doméstico al igual que el de muchas más especies, requiere de proteínas para obtener aminoácidos esenciales y no esenciales, que se aprovechan para el crecimiento; el mantenimiento; la gluconeogénesis, la cual es continua y otras vías metabólicas, como el ciclo de la urea (BACKLUND *et al.*, 2011), pero a diferencia de otras especies, sus requerimientos son mayores, porque posee un metabolismo proteico muy acelerado, es decir, las enzimas encargadas de catabolizar los compuestos nitrogenados, tienen una alta actividad, aún cuando la cantidad de proteína en la dieta, es baja (AMINLARI *et al.*, 2007; RUSSELL *et al.*, 2000), esta alta actividad, no permite la conservación del nitrógeno, por lo que debe recurrir al abastecimiento continuo de proteínas a través de la ingesta. La cantidad de proteína requerida en gatos jóvenes es 1,5 veces mayor, que la requerida por los jóvenes de otras especies, mientras que los gatos adultos requieren de 2 a 3 veces más, que los adultos de las especies omnívoras (ZORAN, 2002). Otros animales tienen la habilidad de regular su metabolismo dependiendo de la cantidad de proteína ingerida, reduciendo o aumentando su actividad enzimática (CASE *et al.*, 2001). Adicional a esto, los requerimientos nutricionales son superiores para el

mantenimiento de tejidos corporales, que para el crecimiento, correspondiendo al 60 % y 40 %, respectivamente; en el canino en cambio, los requerimientos son más altos para el crecimiento, con un 66 % y menores para el mantenimiento con un 33 % (CASE *et al.*, 2001).

Sumado a la necesidad incrementada de proteínas en la dieta, el felino doméstico, también requiere mayores cantidades de algunos aminoácidos, debido a que su organismo carece de determinados procesos enzimáticos indispensables para su síntesis. Entre ellos, el de la síntesis de arginina, un aminoácido, que interviene en la eliminación del nitrógeno y en el ciclo de la urea (GOY-THOLLOT & ELLIOTT, 2008). Su deficiencia, se debe a la incapacidad del organismo de sintetizar la ornitina, un precursor de la arginina (CASE *et al.*, 2001), debido a una insuficiencia de enzimas específicas intestinales: pirrolina 5-carboxilato sintetasa, ornitina aminotransferasa, carbamoil sintetasa y ornitina carbamoiltransferasa (AMINLARI *et al.*, 2007). Este hecho conduce, a una intoxicación por hiperamonemia, a las pocas horas de haber ingerido una dieta sin este aminoácido (BRADSHAW *et al.*, 1996; DAVENPORT, 2007b). Los signos clínicos incluyen: salivación, emesis, hiperestesia, espasmos tetánicos, ataxia, pudiendo evolucionar hasta el coma y la muerte, rápidamente (CASE *et al.*, 2001; ZORAN, 2002). Otro aminoácido que debe ser suplementado en la dieta de los felinos, es la taurina, un aminoácido azufrado presente en los tejidos animales de forma libre (YANG *et al.*, 2010). Éste, es sintetizado a partir de metionina y cisteína, pero las enzimas implicadas en su síntesis: la cisteína dioxigenasa y la cisteína ácido sulfónico descarboxilasa, son precarias (CASE *et al.*, 2001), lo que indica que la síntesis de estos dos aminoácidos, también es reducida. La taurina desarrolla un papel importante en la conjugación de los ácidos biliares, uniéndose a ellos para emulsificar los lípidos a nivel intestinal y con ello, su digestión (YANG *et al.*, 2010; LACERA, 2004). Normalmente, en cualquier especie, los ácidos biliares se acoplan a la taurina o la glicina, pero en el felino doméstico, la conjugación con glicina no es posible, aunque la taurina sea deficiente (PION, 2004). La taurina, también está implicada en la función cardíaca, retiniana y la reproducción (DAVENPORT, 2007b). Existen evidencias de pérdidas reproductivas en hembras felinas, como: resorción fetal, aborto y mortinatos, cuando fueron expuestas a dietas pobres en taurina (MARKWELL & EARLE, 1995). Además, estudios en gatos, han sugerido que este aminoácido desempeña un papel importante en el sistema nervioso (LACERA, 2004). "Pudiendo estar implicado en el mantenimiento de la integridad estructural de la membrana, en la regulación de la unión y el transporte de calcio, en la osmo-regulación y como neurotransmisor inhibitorio" (MARKWELL & EARLE, 1995). Los otros dos aminoácidos sulfurados, la metionina y cisteína, deben ser adicionados en las dietas para los felinos, primero, porque su síntesis se ve limitada por la baja actividad de las enzimas que intervienen en ella y segundo, porque son necesarios para la producción de un buen pelaje, además, la cisteína, también interviene en la producción de la felinina, un aminoácido presente en la orina de los gatos desde los dos meses de edad, especialmente, en los machos, donde tiende a aumentar progresivamente, a medida que alcanzan su adultez, las hembras en cambio, no muestran un aumento significativo (HENDRIKS *et al.*, 2001; MIYAZAKI *et al.*, 2006). Algunos autores consideran que la excreción de este compuesto, está involucrada en la regulación del metabolismo de los esteroides, en la biosíntesis del colesterol y como componente urinario del marcaje territorial (MIYAZAKI *et al.*, 2006; HENDRIKS *et al.*, 1995). Otra sustancia considerada por algunos como aminoácido, pero descrita como una amina cuaternaria, es la carnitina, sintetizada en el hígado y los riñones, por medio de dos aminoácidos esenciales: lisina y metionina (BORGES *et al.*, s. f.; FIDALGO *et al.*, 2003). Su síntesis,

también requiere algunas vitaminas del complejo B, como niacina y piridoxina, además del ácido ascórbico y hierro, de esta manera, cuando los gatos se encuentran enfermos o mal nutridos, puede restringirse (ZORAN, 2002). La carnitina, tiene un rol importante en el metabolismo lipídico, al mediar el transporte de ácidos grasos de cadena larga, a través de la membrana interna de la mitocondria para su oxidación (LACERA, 2004) y facilitar la salida de grupos acilos de cadena corta, de la mitocondria (KOLOFFON *et al.*, 2001). Esto, ha sido probado en estudios con gatos adultos, donde se evidencia una gran capacidad para acelerar la oxidación de los ácidos grasos como respuesta al incremento de los lípidos en la dieta (LIN *et al.*, 2005). Por esta razón, la carnitina, es conocida por contribuir a la pérdida de peso. Además, posee otras funciones entre ellas: la disminución de las concentraciones de las lipoproteínas de baja densidad (LDL), aumento de las lipoproteínas de alta densidad HDL y el aumento de la masa muscular, favoreciendo la función contráctil del corazón (BORGES *et al.*, s. f.). Al parecer la concentración de carnitina hepática, disminuye con la edad en los felinos, especialmente, durante la lactancia, mientras que en el músculo esquelético, hay un incremento que podría estar involucrado con mayor capacidad de absorción y retención de la misma, como también, con la hipertrofia muscular durante el crecimiento. La baja concentración de carnitina durante la lactancia, puede estar relacionada con la eliminación de esta sustancia en la leche, conduciendo a un pobre abastecimiento de carnitina hepática, el cual, no puede ser compensado por la carnitina a nivel muscular. De ahí, la importancia de su suplementación durante esta etapa (LIN *et al.*, 2005).

## METABOLISMO LIPÍDICO EN EL FELINO DOMÉSTICO

Diferentes alteraciones en el metabolismo de lípidos se presentan comúnmente en esta especie, por lo que se considera necesario, mencionar de forma general el metabolismo de algunos de sus componentes, así como su digestión.

### Digestión lipídica

El gato, es una especie fisiológicamente adaptada, al alto consumo de grasas como fuente de energía, además de proporcionar palatabilidad a los alimentos (BAUER, 1997), su digestión, comienza en el estómago, en donde las grasas se mezclan y al tener contacto con el jugo gástrico, son sometidas a un proceso de agitación, conduciendo a la formación de glóbulos de grasa (CUNNINGHAM, 1999). De esta manera, los lípidos pasan al duodeno incluidos en el quimo y allí, estimulan la secreción de la colecistocinina, hormona que provoca la expulsión de los ácidos biliares, desde la vesícula biliar; estos son producidos en el hígado y se encuentran constituidos por fosfolípidos, colesterol y ácidos biliares. La colecistocinina, también induce a la secreción del jugo pancreático, donde van incluidas las lipasas pancreáticas, fosfolipasas y colesterol éster hidrolasas (RÍOS, 1997; FEINLE *et al.*, 2001). La emulsificación es llevada a cabo, por los ácidos biliares, quienes se combinan con los glóbulos de grasa, desintegrándolos en numerosas partículas, componiéndose en su interior, por triglicéridos y en su superficie, por colesterol, fosfolípidos y ácidos biliares, haciéndose solubles en agua y por ende, digeribles por las enzimas pancreáticas. Una vez hidrolizados los ácidos grasos y el colesterol, deben unirse de nuevo a los ácidos biliares, formando micelas que se pueden difundir, a través de la membrana del enterocito; una vez dentro de la célula, son reesterificados a triacilgliceroles, quienes junto al colesterol, forman los

quilomicrones, los cuales son transportados por el sistema linfático desembocando después, en el sistema circulatorio (CUNNINGHAM, 1999). Para que sea posible la absorción hepática de estos quilomicrones, los triacilgliceroles, se hidrolizan obteniéndose de nuevo ácidos grasos (DUKES, 1999). Los ácidos grasos con menos de 14 átomos de carbono entran directamente en el sistema de la vena porta y son transportados hacia el hígado. Los ácidos grasos con 14 o más átomos de carbono, se vuelven a esterificar dentro del enterocito y entran en circulación a través de la ruta linfática en forma de quilomicrones (FAO, 1997).

### Oxidación de los ácidos grasos

Este proceso es llevado a cabo en las células hepáticas, donde la enzima tiocinasa (acil-CoA sintetasa) activa un ácido graso o acil-CoA, con la intervención de la coenzima A y en presencia de ATP. La acil-CoA de cadena larga, penetra en las mitocondrias, siendo oxidada con la ayuda de la carnitina, que transfiere el grupo acilo, de la acil-CoA, al grupo hidroxilo de la carnitina, por medio de la enzima carnitina aciltransferasa I, permitiendo la formación de acilcarnitina y con ésta, la entrada de los grupos acil-CoA al interior de la mitocondria. Dentro de la matriz, el grupo acilo, se transfiere a la CoA, mediante la carnitina aciltransferasa II (DUKES, 1999). Una vez, en la matriz mitocondrial, se eliminan dos átomos de hidrógeno de los carbonos alfa y beta, gracias a la intervención de la acil-CoA deshidrogenasa, lo que lleva a la formación de alfa, beta-acil-CoA insaturada, la cual se transforma en beta-hidroxiacil-CoA, por la enzima enoil-CoA hidrasa. El derivado beta-hidroxi, es intervenido por la enzima beta-hidroxiacil-CoA deshidrogenasa, dando paso a la formación de beta-cetoacil-CoA, posteriormente, este compuesto es fragmentado en la posición beta por una tiolasa, teniendo como resultado de esta reacción la acetil-CoA y un acil-CoA, con dos carbonos menos, que la molécula de acil-CoA que sufrió la oxidación. La acil-CoA más corta derivada de la fragmentación, es sometida de nuevo al proceso anterior, de esta manera, una cadena de ácidos grasos, puede ser degradada completamente a acetil-CoA (MURRAY *et al.*, 2001).

### Biosíntesis de los ácidos grasos

Contrario a la oxidación de los ácidos grasos, su síntesis es llevada a cabo en el citosol. Se requieren cofactores, como: el ATP, NADPH y aceti-CoA, así, la glucosa entra en el hepatocito, donde es sometida a la glicólisis y a la vía de la pentosa fosfato, dando paso a la formación de 2 moles de piruvato, así como 2 ATP, 2 NAPH y una molécula de acetil-CoA, ésta es convertida en malonil-CoA por la enzima acetil-CoA carboxilasa, en presencia de ATP y HCO<sub>3</sub>. La sintetasa, que finalmente convertirá la malonil-CoA en ácido graso, es un complejo multienzimático, junto a una proteína acarreadora de acilos (PAA). De esta manera, una molécula de acetil-CoA, forma un enlace tioéster, con el tiol de un residuo de cisteína. El acetil-CoA y el malonil-CoA, se condensan formando acetil-malonil. Éste, es intervenido después por la enzima beta-cetoacil sintetasa, originando, acetoacetil. La enzima beta-cetoacetil reductasa, es la responsable de actuar sobre el acetoacetil para formar beta-hidroxiacilo; en este momento, interviene la hidratasa, dando paso a la formación de alfa-beta-acil insaturado. Este proceso se repite seis veces, incorporándose, un residuo malonilo en cada secuencia, hasta el ensamblaje de todos los carbonos, finalmente, se libera el ácido graso mediante hidrólisis (DUKES, 1999).

## Síntesis de triglicéridos

Un acil-CoA de ácido graso reacciona con el alfa-glicerol-fosfato, por medio de la enzima glicerolfosfato aciltransferasa, provocando la formación del ácido lisofosfatídico, quien de nuevo, es intervenido por la glicerofosfato aciltransferasa para generar ácido fosfatídico. La enzima fosfatidato fosfohidrolasa, actúa sobre este último, convirtiéndolo en un diacilglicerol, que después se esterifica para formar un triacilglicerol. Esto lo hace la enzima diglicérido sintetasa. El alfa-glicerol-fosfato, es generado por la reducción de dihidroxiacetona fosfato (de la vía glicolítica), a través de la enzima alfa-glicerolfosfato deshidrogenasa o también, gracias a la fosforilación del glicerol, por intervención de la enzima glicerol cinasa (PERETÓ *et al.*, 2007; FORNAGUERA & GÓMEZ, 2004).

## Síntesis de colesterol

Los principales órganos encargados de la síntesis del colesterol, son el hígado y el intestino. El proceso se lleva a cabo en el retículo endoplásmico o en el citosol. La hidroximetilglutaril-CoA, es transformada a Mevalonato por la enzima hidroximetilglutaril-CoA-reductasa. Cuando la ingestión es alta, disminuye la actividad de dicha enzima, pero cuando la ingestión es baja, aumenta su actividad. A partir del mevalonato, se producen el isopentenil-pirofosfato y dimetilalil-pirofosfato, los cuales, se condensan para formar geranyl-pirofosfato, éste junto a otro isopentenil-pirofosfato, producen farnesil-pirofosfato. Dos farnesil-pirofosfato, producen Escualeno, quien después se convierte en Lanosterol, a través de enlaces cíclicos y transferencias de grupos metilo. Finalmente, el Lanosterol, es convertido a colesterol, gracias a la intervención de 19 pasos enzimáticos (PERETÓ *et al.*, 2007; KOOLMAN & HEINRICH, 2004).

## Catabolismo del colesterol

El colesterol, al ser el esteroide más abundante, no sólo de la dieta, sino también, en el tejido animal, es utilizado en diferentes procesos como: excreción de colesterol en la bilis; utilización en la síntesis de ácidos biliares; como precursor de otros esteroides animales; como precursor de vitamina D. La síntesis de ácidos biliares, a partir de colesterol, se da únicamente en el hígado. La enzima 7- $\alpha$ -hidroxilasa, cataliza esta reacción y es inhibida por la acumulación de ácidos biliares. Los principales ácidos biliares, son: el ácido cólico y el ácido quenodesoxicólico. Éstos, se conjugan con la taurina y se excretan en la bilis en forma de ácido taurocólico. Cuando se encuentran en el lumen intestinal muchos de los ácidos biliares, se desconjugan y deshidroxilan, dando paso, a ácidos biliares secundarios: ácido desoxicólico y litocólico, que pueden reabsorberse en el colon y ser captados de nuevo, por las células hepáticas o ser eliminados en las heces (CASTRO & PÉREZ, 2006).

## Metabolismo de las lipoproteínas

Las lipoproteínas son macromoléculas con un núcleo hidrófobo, compuesto por triglicéridos y ésteres de colesterol y una superficie externa anfipática, compuesta por fosfolípidos, colesterol no esterificado y proteínas (XENOULIS & STEINER, 2010). Estas últimas, son llamadas apoproteínas, sintetizadas por hepatocitos y



enterocitos, siendo específicas para la formación de lipoproteínas y su unión con receptores celulares (COPPO *et al.*, 2003; SCHENCK, 2008). Los quilomicrones que se forman en el intestino, están compuestos por triglicéridos y son absorbidos a nivel linfático (GIL *et al.*, 2010). Contienen la apoproteína A, que entregan a las HDL y éstas a su vez, donan las apoproteínas C y E, esto se da en la circulación periférica (GINZINGER *et al.*, 1999). Los triglicéridos son hidrolizados por la lipoproteína lipasa, la cual, es activada por la apoproteína CII (XENOULIS & STEINER, 2010; GINZINGER *et al.*, 1999; HOENIG *et al.*, 2006), originándose quilomicrones residuales, que son eliminados por los receptores de la apoproteína E en el hígado (SCHENCK, 2008). Las VLDL, son formadas en el hígado y también se componen, principalmente, de triglicéridos hidrolizados por la lipoproteína lipasa, produciendo ácidos grasos no esterificados (GIL *et al.*, 2010; REGINATO *et al.*, 2002). Contienen las apoproteínas B<sub>100</sub>, E y C. Los remanentes de VLDL, son eliminados vía hepática, en presencia o no, de receptores (SCHENCK, 2008). Las lipoproteínas de densidad intermedia (IDL), se forman en el plasma como resultado de la intervención de la lipoproteína lipasa sobre las VLDL, perdiendo la apoproteína C. La lipasa hepática actúa sobre las IDL, hidrolizando también triglicéridos y fosfolípidos. Así mismo, las LDL, resultan del catabolismo de las VLDL, con la eliminación de triglicéridos, fosfolípidos y apoproteínas. Contienen solamente apoproteína B<sub>100</sub>. Hacen parte del transporte directo del colesterol llevándolo a los diversos tejidos. Las LDL, se eliminan de la circulación, a través de la internalización por los receptores LDL que se unen a las apoproteínas B y E. Las HDL en el gato, se forman en el intestino e hígado y se diferencian de las HDL humanas, por dos razones: la primera, porque son cinco veces mayores que las LDL y la segunda, se debe a que el felino, posee concentraciones muy bajas de proteína transportadora de ésteres de colesterol (CETP), encargada del intercambio de ésteres de colesterol y triglicéridos entre las HDL y LDL o VLDL, por lo cual, las HDL, son las implicadas directas en el transporte reverso del colesterol a partir de los diferentes tejidos hasta el hígado (SCHENCK, 2008). El gato es el único de muchos animales domésticos que posee dos sub fracciones (GINZINGER *et al.*, 1999): HDL<sub>2</sub>, que contienen las apoproteínas E, A-1 y C, son más grandes y menos densas; HDL<sub>3</sub>, que contienen las apoproteínas A y C, son más pequeñas y más densas (SCHENCK, 2008). Todas las especies animales, han sido clasificadas en dos patrones de acuerdo a la predominancia de las lipoproteínas. El patrón LDL, incluye: seres humanos adultos, cerdos, monos, conejos, cobayos, hámsteres y otros de vida silvestre, en donde la mayor parte del colesterol total, es transportado por las LDL. El patrón HDL, incluye: equinos, caninos, felinos, ratones y ratas. En este caso, el colesterol total, es transportado por las HDL (COPPO *et al.*, 2003).

## ÁCIDOS GRASOS ESENCIALES EN EL FELINO

El felino doméstico, al igual que muchas especies, no puede sintetizar el ácido linoleico, razón por la cual, es denominado ácido graso esencial, pero sumado a esto, cuenta con una desventaja, no puede sintetizar el ácido araquidónico, cuando otros mamíferos, lo harían normalmente, después de recibir ácido linoleico en la dieta. Este hecho, se debe a que los gatos tienen una baja actividad de las enzimas hepáticas  $\Delta$ -6 desaturasa (MORGAN *et al.*, 2004) y  $\Delta$ -5 desaturasa, responsables de la síntesis del ácido araquidónico, a partir de ácido linoleico. La síntesis de ácido eicosapentaenoico, a partir de ácido linolenico, también se encuentra limitada en



esta especie (BAUER, 1997; TREVIZAN & KESSLER, 2009). Ante la deficiencia de estos ácidos grasos, se manifiestan alteraciones sobre la reproducción, la coagulación sanguínea, el estado de la piel y el pelo de estos felinos (DAVENPORT, 2007b).

## HIPERLIPIDEMIA DE TIPO PRIMARIO EN FELINOS

La hiperlipidemia, es el aumento en las concentraciones de triglicéridos plasmáticos, los quilomicrones y las VLDL, al ser las lipoproteínas que los transportan, también aumentan en la circulación (KLUGER *et al.*, 2009), por lo cual, esta alteración, también es conocida como hiperquilomicronemia. Los trastornos lipídicos en los gatos, generalmente, son de tipo secundario, es decir, como consecuencia de otras enfermedades: diabetes mellitus, pancreatitis, hiperadrenocorticismismo, entre otras (SCHENCK, 2008). El trastorno lipídico primario, es de tipo autosómico recesivo, relacionado con la baja actividad de la lipoproteína lipasa, por una mutación en el exón 8 del gen para esta enzima, como resultado de una transición G a A, en el nucleótido 1234. La base nucleótida, es sustituida al ser codificada Gl y 412Arg, perdiendo su actividad catalítica (REGINATO *et al.*, 2002). La lipoproteína lipasa, es sintetizada en el tejido adiposo, músculo cardíaco y esquelético y funciona en la superficie luminal de las células endoteliales en los capilares extra hepáticos (REGINATO *et al.*, 2002; GINZINGER *et al.*, 1996). En este tipo de trastorno, la cantidad de lipoproteína lipasa, es normal, pero no puede fijarse al endotelio, aunque también, se ha reportado la ausencia de la enzima debido a mutaciones en el ARNm en los diferentes tejidos (SCHENCK, 2008). Los animales con deficiencia de lipoproteína lipasa pueden ser homocigotos y heterocigotos, los homocigotos presentan hipertrigliceridemia en ayunas y postprandial, aumentando a su vez, los quilomicrones y moderadamente las VLDL. Los gatos heterocigotos en cambio, tienen concentraciones normales de triglicéridos en ayunas, pero extensa lipemia postprandial (KLUGER *et al.*, 2009). Las concentraciones de triglicéridos en ayunas en los gatos normales y heterocigotos, son similares, pero después de una prueba con una alta carga de grasa por vía oral, hay un retraso en el pico de triglicéridos para los animales heterocigotos (KLUGER *et al.*, 2010). Los gatos adultos homocigotos, manifiestan menor tejido adiposo, que los heterocigotos y que los gatos sanos (SCHENCK, 2008). Las altas concentraciones lipídicas en los gatos homocigotos, desencadenan otras alteraciones como: lipemia *retinalis*, xantoma, neuropatía periférica (SCHAER, 2006) y lipidosis acuosa, que corresponde a la acumulación de lípidos en el humor acuoso del ojo, producto de una ruptura en la barrera hematoacuosa, por donde pasan las lipoproteínas, causando la opacidad en la cámara anterior (KLUGER *et al.*, 2009). Similarmente, en el ser humano este trastorno, también obedece al factor genético por la deficiencia en la lipoproteína lipasa y variaciones genéticas en las apoproteínas CII, E y B, junto con factores ambientales, como un alto consumo de carbohidratos, el sedentarismo y la obesidad (KLUGER *et al.*, 2010). Aunque la actividad plasmática y hepática de la lipoproteína lipasa, es menor en gatos viejos, no se ha encontrado ninguna relación entre la edad y las concentraciones de triglicéridos en plasma (KLUGER *et al.*, 2009). En los trastornos lipídicos, se puede manifestar la resistencia a la insulina, debido a que ésta, guarda una relación con concentraciones elevadas de triglicéridos y ácidos grasos persistentes. Normalmente, la producción de VLDL postprandial en el hígado, es suprimida por las altas concentraciones de insulina, dando paso a la hidrólisis de los triglicéridos de los quilomicrones por la lipoproteína lipasa. En pacientes con

resistencia periférica a la insulina, aunque se aumenta su concentración, su acción postprandial se disminuye, lo que lleva a un incremento de producción hepática de VLDL y la disminución de la actividad de la lipoproteína lipasa. A pesar de la influencia de la dieta en las diferentes alteraciones lipídicas, en la hiperlipidemia primaria, se trata principalmente, de un factor genético y tiene poca o ninguna relación con la alimentación (KLUGER *et al.*, 2010). Se ha encontrado evidencia, de una hiperlipidemia transitoria, también, con gran aumento de quilomicrones y moderado aumento de VLDL, que puede ser tratada con una dieta baja en grasa, para compensar la reducción de la actividad de la lipoproteína lipasa. Esta vez parece no tratarse de la mutación en el gen de la enzima (SCHENCK, 2008).

## CONCLUSIÓN

A diferencia de lo que se piensa comúnmente, el felino tiene una fisiología y requerimientos nutricionales muy diferentes al de los caninos, que obedecen, a un acelerado metabolismo proteico y a una significativa ausencia enzimática, tanto para la digestión de algunos nutrientes, como es el caso de los carbohidratos, así como para la síntesis de otros, como los aminoácidos y los ácidos grasos esenciales. Partiendo de esta singularidad, es importante seleccionar adecuadamente la concentración, los nutrientes y el ritmo dietario para esta especie. El felino doméstico, es un carnívoro obligado y debe ser alimentado como tal.

## BIBLIOGRAFÍA

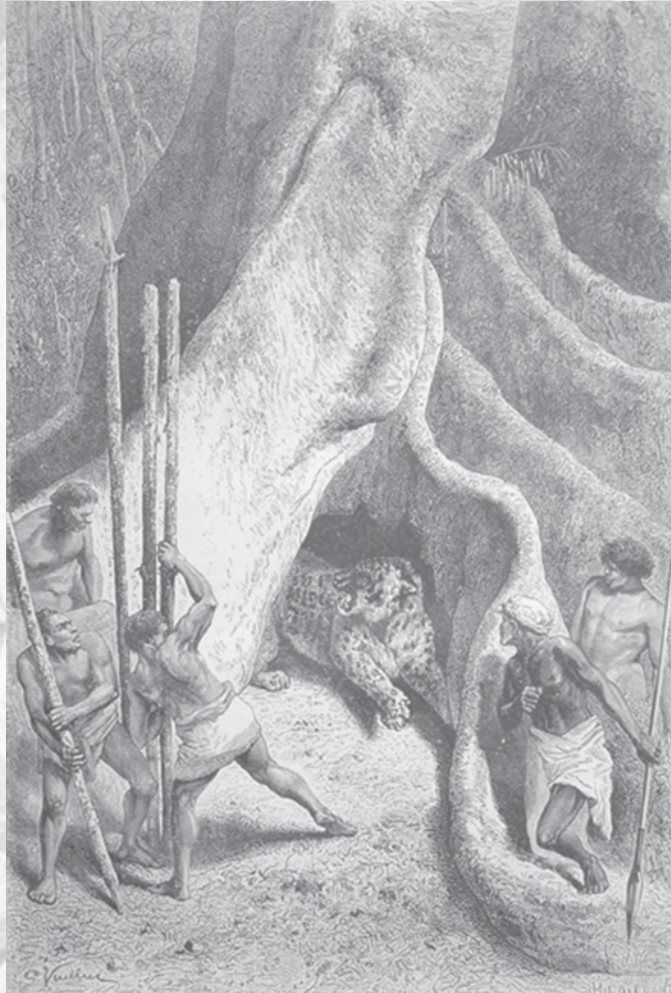
- AMINLARI, M., SHAHBAZKIA, H. R., ESFANDIARI, A., 2007.- Distribution of arginase in tissues of cat (*Feliscatus*). *J Feline Med Surg.*, 9 (2): 133-139.
- BACKLUND, B., ZORAN, D. L., NABITY, M. B., NORBY, B., BAUER, J. E., 2011.- Effects of dietary protein content on renal parameters in normal cats. *J Feline Med Surg.*, 13 (10): 698-704.
- BAUER, J. E., 1997.- Fatty acid metabolism in domestic cats (*Feliscatus*) and cheetahs (*Acinonyx Jubatus*). *Proc Nutr Soc.*, 56 (3): 1013-1024.
- BORGES, F. M., SALGARELLO, R. M., GURIAN, T. M., s. f.- Recentes avanços na nutrição de cães e gatos. [em línea] Obtendo em agosto de 2011, desde [http://wp.ufpel.edu.br/nutricaoanimal/files/2011/03/Avan%C3%A7os\\_caes\\_gatos.pdf](http://wp.ufpel.edu.br/nutricaoanimal/files/2011/03/Avan%C3%A7os_caes_gatos.pdf).
- BRADSHAW, J. W. S., GOODWIN, D., LEGRAND-DEFRÉTIN, V., NOTT, H. M. R., 1996.- Food selection by the domestic cat, an obligate carnivore. *Comp Biochem Physiol.*, 114A (3): 205-209.
- CARCIOFI, A. C., 2007.- Métodos para estudo das respostas metabólicas de cães e gatos a diferentes alimentos. *Rev Bras Zootec.*, 36: 235-249.
- CASE, L. P., CAREY, D. P., HIRAKAWA, D. A., DARISTOTLE, L., 2001.- *Nutrición canina y felina*. 2ª ed. Harcourt. Madrid. p. 89-111.
- CASTRO, S. & PÉREZ, J. L., 2006.- *Manual de patología general*. 6ª ed. Masson. Barcelona. p. 38-49.
- COPPO, N. B., COPPO, J. A., LAZARTE, M. A., 2003.- Intervalos de confianza para colesterol ligado a lipoproteínas de alta y baja densidad en suero de bovinos, equinos, porcinos y caninos. *Rev. Vet.*, 14 (1): 3-10.
- CUNNINGHAM, J., 1999.- *Fisiología veterinaria*. Interamericana McGraw-Hill. México. p. 47-65.
- DAVENPORT, G. M., 2007.- Alimentar a los gatos como carnívoros (I). *Argos.*, (89): 54.
- DAVENPORT, G. M., 2007.- Alimentar a los gatos como carnívoros (II). *Argos.*, (90): 44.
- DUKES, H., 1999.- *Fisiología de los animales domésticos de Dukes*. Limusa Grupo Noriega Editores. México. p. 128-210.
- FEINLE, C., RADES, T., OTTO, B., FRIED, M., 2001.- Fat digestion modulates gastrointestinal sensations induced by gastric distention and duodenal lipid in humans. *Gastroenterology.*, 120 (5): 1100-1107.
- FIDALGO, L. E., REJAS, J., RUIZ, R., RAMOS, J. J., 2003.- *Patología médica veterinaria*. Kadmos. Salamanca. p. 308.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO), 1997.- Aspectos sobre la digestión y el metabolismo de las grasas. En grasas y aceites en la nutrición humana, cap. 3. [en línea] Obtenido en abril de 2010, desde <http://www.fao.org/docrep/v4700s/v4700s07.htm>.

- FORNAGUERA, J. & GÓMEZ, G., 2004.- *Bioquímica: la ciencia de la vida*. Universidad Estatal a distancia, San José. Costa Rica. p. 45-56.
- GARCÍA, C., 2003.- Lipidosis hepática felina. *Red vet.*, 4 (4): 35-39.
- GIL, A., 2010.- *Tratado de Nutrición Tomo I. Bases Fisiológicas y Bioquímicas de la Nutrición*. 2ª ed. Médica panamericana. Madrid. p. 260.
- GINZINGER, D. G., CLEE, S. M., DALLONGEVILLE, J., LEWIS, M. E. S., HENDERSON, H. E., BAUJE, E. *et al.*, 1999.- Lipid and lipoprotein analysis of cats with lipoprotein lipase deficiency. *Eur J Clin Invest.*, 29 (1): 17-26.
- GINZINGER, D. G., LEWIS, M. E. S., MA, Y., JONES, B. R., JONES, S. D. *et al.*, 1996.- A mutation in the lipoprotein lipase gene is the molecular basis of Chylomicronemia in a colony of domestic cats. *J Clin Invest.*, 97 (5): 1257-1266.
- GOY-THOLLOT, I. & ELLIOTT, D. A., 2008.- Nutrición y cuidados intensivos del gato: p. 408 (en) PIBOT, P., BIOURGE, V., ELLIOTT, D. (eds.) *Enciclopedia de la nutrición clínica felina*. Royal Canin. París.
- HENDRIKS, W. H., RUTHERFURD, S. M., RUTHERFURD, K. J., 2001.- Importance of sulfate, cysteine and methionine as precursors to feline synthesis by domestic cats (*Felis catus*). *Comp Biochem Physiol.*, 129 (3): 211-216.
- HENDRIKS, W. H., MOUGHAN, P. J., TARTTELIN, M. F., WOOLHOUSE, A. D., 1995.- Felinine: a urinary amino acid of Felidae. *Comp Biochem Physiol.*, 112 (4): 581-588.
- HOENIG, M., MCGOLDRICK, J. B., DEBEER, M., DEMACKER, P. N. M., FERGUSON, D. C., 2006.- Activity and tissue-specific expression of lipases and tumor-necrosis factor  $\alpha$  in lean and obese cats. *Domest Anim Endocrinol.*, 30 (4): 333-344.
- KLUGER, E. K., CASLAKE, M., BARAL, R. M., MALIK, R., GOVENDIR, M., 2010.- Preliminary post-prandial studies of Burmese cats with elevated triglyceride concentrations and/or presumed lipid aqueous. *J Feline Med Surg.*, 12 (8): 621-630.
- KLUGER, E. K., HARDMAN, C., GOVENDIR, M., BARAL, R. M., SULLIVAN, D. R., SNOW, D. *et al.*, 2009.- Triglyceride response following an oral fat tolerance test in Burmese cats, other pedigree cats and domestic crossbred cats. *J Feline Med Surg.*, 11 (2): 82-90.
- KOLOFFON, S., TRIGO, F. J., LÓPEZ, A., 2001.- Lipidosis hepática idiopática felina. *Vet Méx.*, 32 (2): 109-116.
- KOOLMAN, J. & HEINRICH, R., 2004.- *Bioquímica texto y atlas*. 3ª ed. Médica Panamericana. Madrid. p. 172.
- LACERA, A., 2004.- Roles alimenticios y metabólicos de la taurina y la L-carnitina. *Intropica.*, 1: 105-120.
- LAFLAMME, D., s. f.- El tracto gastrointestinal y su doble rol como sistema digestivo y de protección en los gatos. En Sistema de protección en felinos. Obtenido en noviembre de 2010, desde [http://www.purina.com.co/Sistema\\_prot\\_felinos.pdf](http://www.purina.com.co/Sistema_prot_felinos.pdf).
- LIN, X., HOUSE, R., ODLE, J., 2005.- Ontogeny and kinetics of carnitine palmitoyltransferase in liver and skeletal muscle of the domestic felid (*Felis Domesticus*). *J Nutr Biochem.*, 16 (6): 331-338.
- MARKWELL, P. J. & EARLE, K. E., 1995.- Taurine: An essential nutrient for the cat. A brief review of the biochemistry of its requirement and the clinical consequences of deficiency. *Nutr Res.*, 15 (1): 53-58.
- MIYAZAKI, M., YAMASHITA, T., SUZUKI, Y., SAITO, Y., SOETA, S., TAIRA, H. *et al.*, 2006.- A Major Urinary Protein of the Domestic Cat Regulates the Production of Felinine, a Putative Pheromone Precursor. *J Chem Biol.*, 13: 1071-1079.
- MORGAN, R. V., BRIGHT, R. M., SWARTOUT, M. S., 2004.- *Clínica de pequeños animales*. 4ª ed. Saunders. Madrid. p. 910.
- MURRAY, R. K., GRANNER, D. K., MAYES, P. A., RODWELL, V. W., 2001.- *Bioquímica de Harper*. El manual moderno. México. p. 204-230.
- PERETÓ, J., SENDRA, R., PAMBLANCO, M., BAÑÓ, C., 2007.- *Fundamentos de bioquímica*. Universitat de Valencia. España. p. 56-68.
- PION, P. D., 2004.- Traditional and nontraditional effective and non effective therapies for cardiac disease in dogs and cats. *Vet Clin Small Anim.*, 34 (1): 187-216.
- QUINTANA, H., 2006.- Alimentación y nutrición del felino doméstico. Asociación argentina de medicina felina. Obtenido en agosto de 2011, desde [http://www.aamefe.org/alimentacion\\_nutricion\\_quintana.htm](http://www.aamefe.org/alimentacion_nutricion_quintana.htm).
- REGINATO, C. F., BACKUS, R. C., ROGERS, Q. R., 2002.- Improved growth of lipoprotein lipase deficient kittens by feeding a low-fat, highly digestible diet. *J Nutr Biochem.*, 13(3): 149-156.
- RÍOS, J., 1997.- *Lípidos*. Centro Editorial Universidad de Caldas. Manizales. 83p.
- RUSSELL, K., LOBLEY, G. E., RAWLINGS, J., MILLWARD, D. J., HARPER, E. J., 2000.- Urea kinetics of a carnivore, *Felis silvestris catus*. *Br J Nutr.*, 84 (5): 597-604.
- SCHAER, M., 2006.- *Medicina clínica del perro y el gato*. Masson. Barcelona. 533p.
- SCHENCK, P. A., 2008.- Enfoque diagnóstico del gato hiperlipidémico y tratamiento dietético. p. 225-234 (en) PIBOT, P., BIOURGE, V., ELLIOTT, D. (eds.) *Enciclopedia de la nutrición clínica felina*. Royal Canin. París.
- SPRUNGER, N., LINDBLOOM-HAWLEY, S., SCHERMERHORN, T., 2009.- Tissue expression of ketohexokinase in cats. *Res Vet Sci.*, 87 (1): 115-117.
- TAKEGUCHI, A., URABE, S., TANAKA, A., SAKO, T., WASHIZU, T., MORINAGA N. *et al.*, 2005.- Activities of enzymes in some types of peripheral leucocytes may reflect the differences in nutrient metabolism between dogs and cats. *Res Vet Sci.*, 78 (1): 21-24.
- TREVIZAN, L. & KESSLER, A. M., 2009.- Lípidos na nutrição de cães e gatos: metabolismo, fontes e uso em dietas práticas e terapêuticas. *Rev Bras Zootec.*, 38:15-25.

- XENOULIS, P. G. & STEINER, J. M., 2010.- Lipid metabolism and hyperlipidemia in dogs. *Vet J*, 183 (1): 12-21.
- YANG, S., TZANG, B., YANG, K., HSIAO, Y., CHANG, Y., CHAN, C. *et al.*, 2010.- Taurine alleviates dyslipidemia and liver damage induced by a high-fat/cholesterol-dietary habit. *Food Chem.*, 120 (1):156-162.
- ZENTEK, J. & FREICHE, V., 2008.- Patologías digestivas en el gato: papel de la nutrición: p. 79-83 (en) PIBOT, P., BOURGE, V., ELLIOTT, D. (eds.) *Enciclopedia de la nutrición clínica felina*. Royal Canin. Paris.
- ZORAN, D. L., 2002.- The carnivore connection to nutrition in cats. *J Am Vet Med Assoc.*, 221 (11): 1559-1567.

# ZOOLOGÍA INVERTEBRADOS

Invertebrate Zoology







# ESTUDIO DE LA DIVERSIDAD DE ARAÑAS DE UN BOSQUE SECO TROPICAL (BS-T) EN SABANALARGA, ATLÁNTICO, COLOMBIA

Ruth Yesenia Escorcía G.<sup>1</sup>, Neis José Martínez H.<sup>2</sup>, Jessica Paola Silva T.<sup>3</sup>

## Resumen

El presente trabajo, muestra como se evaluó la composición y estructura, de la araneofauna en la Reserva Campesina La Sierra (RCS), municipio de Sabanalarga, departamento del Atlántico, Colombia. Se realizaron cinco muestreos, entre agosto y diciembre de 2009. Se escogieron tres hábitats: Cultivo (Cul), Interior de Bosque (I. B) y Borde de bosque (Bor). Se recolectaron 879 individuos, agrupados en 29 familias y 68 morfoespecies. La familia Araneidae, presentó mayor riqueza (23) y abundancia (433); destacándose, la morfoespecie *Araneus* sp2, con 30 individuos. El hábitat de I. B, presentó la mayor riqueza (55) y abundancia (334); mientras que, en diciembre, se capturó el mayor número de morfoespecies (24) y de individuos (300). El gremio de las arañas Cursoriales en Suelo (CS), presentó mayor riqueza (9) y Constructoras de telas orbiculares (CTO), la mayor abundancia (504). A pesar de comprender un área relativamente pequeña, la RCS, arrojó un alto porcentaje de las familias reportadas para el país, demostrando, que este remanente de bosque, aún mantiene una alta diversidad de arañas.

**Palabras clave:** Araneidae, *Araneus* sp1, composición, constructoras de telas orbiculares, gremios, RCS.

## STUDY OF SPIDERS' DIVERSITY IN A TROPICAL DRY FOREST (BS-T) IN SABANALARGA, ATLÁNTICO, COLOMBIA

### Abstract

This work shows how the composition and structure of arachnofauna in the Rural Reserve la Sierra (RCS in Spanish), Sabanalarga municipality, department of Atlántico, Colombia was evaluated. Five samplings were collected between August and December 2009. Three habitats were selected: Farming (Farm), Interior Forest (I.F) and Forest Edge (FE). A total of 879 individuals grouped in 29 families and 68 morphospecies were collected. The Araneidae family presented the greatest richness (23) and abundance (433). The IF presented the greatest richness (55) and abundance (334), while in December, the greatest number of morphospecies (24) and individuals (300) were captured. The group of Cursorial Spiders (CS) presented greater richness (9) and the greatest abundance in Orbicular Web Construction (OWC), 504. In spite of covering a relatively small area, the RCS produced a high percentage of the families reported for the country, demonstrating that this forest still keeps a high diversity of spiders.

**Key words:** Araneidae, *Araneus* sp1, composition, OWC, guilds, RCS.

\* FR: 14-II-2012. FA: 22-VI-2012.

<sup>1</sup> Bióloga. Grupo Biodiversidad del Caribe Colombiano. Programa de Biología, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad del Atlántico. Barranquilla, Colombia. Email: ry.escorciag@gmail.com.

<sup>2</sup> M.Sc. Docente investigador. Grupo Biodiversidad del Caribe colombiano. Programa de Biología, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad del Atlántico. Barranquilla, Colombia. Email: neyjosemartinez@gmail.com.

<sup>3</sup> Estudiante de pregrado. Semillero de Investigación Insectos (NEOPTERA) del Caribe colombiano. Programa de Biología, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad del Atlántico. Barranquilla, Colombia.

## INTRODUCCIÓN

En Colombia, la mayor parte del bosque seco tropical (Bs-T), se encuentra en la planicie costera de la región Caribe (IAVH, 1998). Esta formación boscosa, se define como aquella formación vegetal, que presenta una cobertura boscosa continua y que se distribuye, entre los 0-1000 m de altitud; presenta temperaturas superiores a los 24 °C (piso térmico cálido) y precipitaciones, entre los 700 y 2000 mm anuales, con uno o dos periodos marcados de sequía al año (MURPHY & LUGO, 1986; IAVH, 1997). En la actualidad, esta formación boscosa en la región, está aislada en fragmentos inmersos, en una matriz compuesta de cultivos, potreros y cercas vivas, lo que genera variaciones en la composición y estructura de la vegetación y altera, la disponibilidad de alimento (AGUILERA & CASANUEVA, 2005), generando cambios en la composición de las comunidades de arañas entre diferentes hábitats y microhábitats.

Las arañas (orden Araneae), comprenden uno de los grupos más comunes de animales, debido a que, cuenta con la capacidad de prosperar en diversos hábitats (MANI, 1968; TURNBULL, 1973) siendo considerados, como uno de los grupos más diversos de la tierra, ubicándose en el séptimo lugar de los órdenes de animales (CODDINGTON & LEVI, 1991) con 42.751 especies, agrupadas en: 3.859 géneros y 110 familias (PLATNICK, 2012). Además, este grupo de artrópodos, es un grupo focal que puede aportar información ecológica, sobre la dinámica de los fragmentos de bosque seco y los hábitats adyacentes, debido a la sensibilidad, a pequeños cambios en la estructura de los hábitats (RICO *et al.*, 2005).

En Colombia, han sido reportadas 680 especies, agrupadas en: 249 géneros y 49 familias (FLÓREZ, 1995). Sin embargo, se espera que este número, sea mayor ante la escasez de estudios en algunas regiones biogeográficas del territorio colombiano, como es el caso, del Cinturón Árido Pericaribeño, donde predomina la zona de vida de Bs-T (HOLDRIDGE, 1967).

Teniendo en cuenta lo anterior, se evaluó la composición y estructura de la araneofauna, en un fragmento de Bs-T, en la Reserva Campesina La Sierra (RCS), del departamento del Atlántico, Colombia, describiendo la diversidad, abundancia y composición faunística en ésta, realizando comparaciones entre hábitats y épocas de muestreo y clasificando las arañas por gremios; todo esto, con el fin de contribuir al conocimiento de las arañas en la región Caribe.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

La Reserva Campesina La Sierra (RCS), está localizada en el corregimiento La Peña, en el municipio de Sabanalarga, departamento del Atlántico, Colombia (Figura 1). Está ubicada a 10°35'43,7"N y 74°59'81,5"O, a una altitud de 172 m. La temperatura promedio anual en la zona, es de 27,8 °C, con una precipitación anual de 1.021 mm y una humedad relativa, que oscila entre 62 y 92 % por mes.





**Figura 1.** Localización de la Reserva Campesina La Sierra (RCS), Sabanalarga, Atlántico, Colombia.

El área de estudio forma parte de la región biogeográfica del Cinturón Árido Pericaribeño (HERNÁNDEZ *et al.*, 1992). Por sus características bioclimáticas, la región de estudio, corresponde al bosque seco tropical (HOLDRIDGE, 1967). La RCS, posee una extensión de 34 ha, de las cuales, un tercio ha sido deforestada para las actividades antrópicas de siembra de cultivos, ganadería y extracción de madera, principalmente.

### Diseño de muestreo

El presente estudio, se realizó entre agosto y diciembre de 2010, con salidas mensuales de tres días. Los muestreos se realizaron en jornadas diurnas, entre las 8:00-12:00 y las 13:00-16:00 horas. En la RCS, se escogieron tres hábitats, que estaban distanciados, aproximadamente 150 m, uno del otro, presentando, condiciones vegetales y de conservación, muy contrastantes. El primero, fue el Interior de Bosque (I. B), con zonas de vegetación original y acumulación, de demasiada hojarasca; con parches, donde se evidencia, los procesos de tala selectiva con pérdida moderada de dosel, originando rastrojos con vegetación secundaria, que confiere un paisaje actual en mosaico. El fragmento de Borde de bosque (BOR), localizado en un sendero que recorría el borde del fragmento, donde se observó, el

tránsito de campesinos y ganado vacuno. Este lugar presentaba muchos arbustos, enredaderas y especies vegetales propias del fragmento de bosque. El tercero, se ubicó en la parte de Cultivo (CUL), donde se observó, la siembra de plátano (*Musa* sp.) y arboles dispersos de guayaba (*Psidium guajava* L.), mango (*Manguijera indica* L.) y papaya (*Carica papaya* L.). Los tres hábitats, se encuentran atravesados por una quebrada, que influye en la estructura y composición vegetal.

En cada hábitat, se delimitó un transecto de 100 x 4 m, donde se marcaron cinco estaciones de muestreo equidistantes 20 m. En cada estación, se realizaron las siguientes técnicas de captura: i) agitación de follaje, ii) cernido de hojarasca y iii) captura manual. Además, los muestreos se complementaron con 10 trampas de caída, distribuidas uniformemente, a lo largo del transecto, que permanecieron en campo, durante 24 horas. Cada trampa, consistió en un vaso plástico con alcohol, al 70 %, a un tercio de su volumen. En cada muestreo, se tomaron los datos de precipitación, con la ayuda de un pluviómetro.

Los ejemplares recolectados, se preservaron en alcohol etílico al 70 % y se trasladaron al laboratorio de Zoología de la Universidad del Atlántico, donde se identificaron a nivel de familia, con las claves de JÓQUE & DIPPENAAR (2007) y las claves, a nivel de género o especie de OPEL (1979), CODDINGTON (1986), LEVI (2002) y AGUILERA & CASANUEVA (2005). Para el caso colombiano, los inventarios de especies, son aún incipientes y están basados, principalmente, en la literatura (GILEDE- MONCAYO & BELLO-SILVA, 2000), por esta razón, cuando no fue posible la identificación, a nivel de especie, se emplearon unidades taxonómicas reconocibles (morfoespecies), siguiendo las recomendaciones de OLIVER & BEATTIE (1996). Una vez identificados los especímenes, se incorporaron a la colección de arañas en húmedo, del Museo de la Universidad del Atlántico (UARC) y al Instituto de Ciencias Naturales (ICN), de la Universidad Nacional de Colombia.

### Análisis de datos

Se estimó la riqueza y abundancia de familias y morfoespecies, de arañas por hábitat y muestreo. Con el fin de observar, la efectividad de los métodos de captura y el esfuerzo muestral en la RCS, se realizó una curva de acumulación para las morfoespecies encontradas, con los estimadores de riqueza no paramétricos ICE, Chao 2 y Bootstrap con ayuda del programa EstimateS 8.2 (COLWELL, 2009). La diversidad alfa, en cada hábitat, se estimó calculando los números de la serie de Hill (N1 y N2) y el índice de equidad de Pielou (J). La diversidad beta (o tasa de recambio de especies), entre hábitats, se calculó con el Índice de complementariedad (I. C), propuesto por COLWELL & CODDINGTON (1994). La descripción de estos índices, se encuentran en VILLAREAL *et al.* (2004). Para determinar, si existen diferencias significativas en la riqueza y abundancia de arañas y en la estructura de la comunidad, entre los tres hábitats, se aplicó la técnica de ANOSIM. La matriz de similitud, se calculó utilizando el índice de Bray-Curtis. Considerando a las especies, que aportaron más del 10 % de la abundancia total, se determinó las morfoespecies, que tipificaron o caracterizaron los hábitats (análisis SIMPER). Adicionalmente, con el fin de estimar la riqueza y abundancia de los gremios de arañas en la RCS, estas fueron agrupadas en gremios, escogidos según la conducta adoptada por el depredador, en relación con la presa (LILJESTHRÖM *et al.*, 2002).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Consideraciones generales sobre la araneofauna de la Reserva Campesina de La Sierra

La presente contribución, constituye el primer estudio sobre las comunidades de arañas en fragmentos de bosque seco tropical (Bs-T), en las zonas bajas del Caribe colombiano. En la RCS, se capturaron 879 individuos, distribuidos en 68 morfoespecies y 29 familias (Tabla 1). El esfuerzo de muestreo realizado, fue suficiente para inventariar el 90,72 %, de la riqueza teórica máxima esperada, según el estimador ICE; el 90,42 %, según Chao 2 y el 84,21 %, según el estimador Bootstrap (Figura 2). Además, se observa que, la distancia entre los estimadores y la curva que representa el conjunto de los valores de riqueza observada es pequeña, lo que indica, que las estimaciones de riqueza, son consistentes (CODDINGTON, 2001). Sin embargo, el hecho de que, aproximadamente, un tercio de la riqueza observada, corresponda a especies raras (12 encontradas únicamente, en un sitio y 11, sólo en dos sitios), hace que los inventarios no sean completos, lo cual es de esperarse, en ecosistemas tropicales, donde las especies dominantes, son pocas en comparación con la gran cantidad de especies raras (DEZA & ANDÍA, 2009).

**Tabla 1.** Abundancia y diversidad alfa, de la araneofauna por hábitat en la Reserva Campesina La Sierra. Abreviaturas/Abbreviations. CUL: Cultivo; I.B: Interior de Bosque; BOR: Borde; CTE: Constructoras de telas embudo; CTO: Constructoras de telas orbiculares; CS: Cursoriales en suelo; CTI: Constructoras de telas irregulares; CTS: Constructoras de telas en sábana; CA: Cazadoras al asecho; CE: Cazadoras en emboscada; CV: Cursoriales en vegetación.

FAMILIAS	MORFOESPECIES	Nº INDIVIDUOS			TOTAL	GREMIO
		CUL	I.B	BOR		
<b>Agelenidae</b>	<i>Agelenidae</i> sp1	1	0	0	1	CTE
	<i>Agelenidae</i> sp2	0	0	1	1	CTE
<b>Araneidae</b>	<i>Alpaida</i> sp	0	3	0	3	CTO
	<i>Aculepeira</i> sp	1	4	5	10	CTO
	<i>Araneus</i> sp1	22	23	6	51	CTO
	<i>Araneus</i> sp2	0	30	5	35	CTO
	<i>Cyclosa</i> sp	9	0	4	13	CTO
	<i>Cyrtophora</i> sp	5	4	1	10	CTO
	<i>Eustala</i> sp1	14	10	0	24	CTO
	<i>Eustala</i> sp2	18	5	0	23	CTO
	<i>Mangora</i> sp	12	5	0	17	CTO
	<i>Micrathena sexspinosa</i> (Hahn, 1822)	7	17	11	35	CTO
	<i>Micrathena lepidoptera</i>	17	2	20	39	CTO



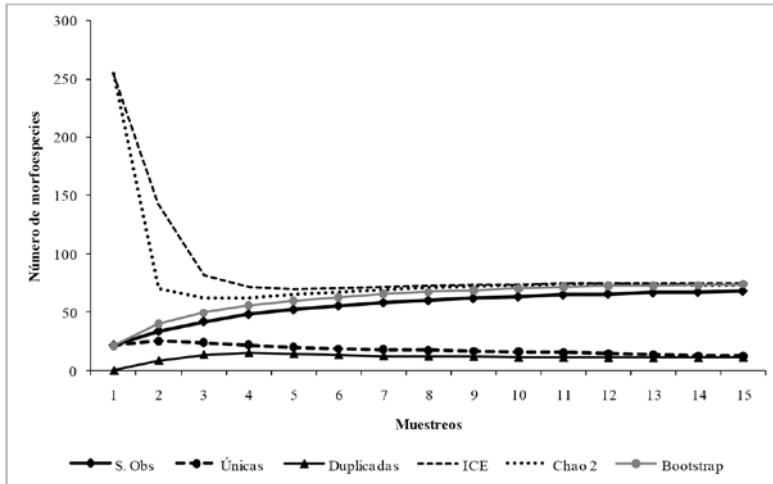
	<i>Micrathena schreibersi</i>	0	13	8	21	CTO
	<i>Micrathena clypeata</i> (Walckenaer, 1805)	0	6	17	23	CTO
	<i>Micrathena</i> sp	12	17	13	42	CTO
	<i>Metazygia</i> sp1	5	3	4	12	CTO
	<i>Metazygia</i> sp2	0	3	0	3	CTO
	<i>Parawixia</i> sp1	8	0	1	9	CTO
	<i>Parawixia</i> sp2	0	5	0	5	CTO
	<i>Pronous</i> sp	1	3	0	4	CTO
	<i>Verrucosa</i> sp	4	2	0	6	CTO
	<i>Wagneriana</i> sp1	1	11	9	21	CTO
	<i>Wagneriana</i> sp2	17	2	6	25	CTO
	<i>Witica</i> sp	2	0	0	2	CTO
<b>Barychelidae</b>	<i>Thalerommata</i> sp	0	0	1	1	CS
<b>Caponiidae</b>	<i>Caponina</i> sp	0	0	1	1	CS
<b>Clubionidae</b>	Clubionidae sp1	3	4	1	8	CS
	Clubionidae sp2	1	3	0	4	CS

FAMILIAS	MORFOESPECIES	N° INDIVIDUOS			TOTAL	GREMIO
		CUL	I.B	BOR		
<b>Ctenidae</b>	<i>Ctenus</i> sp	4	5	2	11	CS
<b>Deinopidae</b>	<i>Deinopsis</i> sp	1	3	0	4	CTO
<b>Dictynidae</b>	<i>Dictyna</i> sp	1	0	0	1	CTI
<b>Dipluridae</b>	<i>Ischnothele</i> sp	4	0	0	4	CTE
<b>Gnaphosidae</b>	<i>Camillina</i> sp	1	3	1	5	CS
	Gnaphosidae sp	0	1	1	2	CS
<b>Hersilidae</b>	Hersilidae sp	3	1	3	7	CE
<b>Lycosidae</b>	<i>Lycosa</i> sp1	20	9	15	44	CS
	<i>Lycosa</i> sp2	20	10	6	36	CS
	<i>Pardosa</i> sp	6	6	0	12	CS
<b>Linyphidae</b>	<i>Labicymbium</i> sp	1	3	0	4	CTS
<b>Mimetidae</b>	Mimetidae sp	0	2	0	2	CA
<b>Nephilidae</b>	<i>Nephila clavipes</i> (Linnaeus, 1767).	0	0	1	1	CTO
<b>Oxyopidae</b>	<i>Peucetia viridans</i> (Hentz, 1832).	0	2	3	5	CA
	<i>Peucetia</i> sp	0	0	1	1	CA



FAMILIAS	MORFOESPECIES	N° INDIVIDUOS			TOTAL	GREMIO
		CUL	I.B	BOR		
<b>Pholcidae</b>	Pholcidae sp1	10	16	10	36	CTI
	Pholcidae sp2	7	5	1	13	CTI
	<i>Priscula</i> sp	1	5	1	7	CTI
<b>Pisauridae</b>	Pisauridae sp	2	1	0	3	CE
<b>Salticidae</b>	Salticidae sp1	11	8	10	29	CA
	Salticidae sp2	11	5	7	23	CA
	Salticidae sp3	10	4	3	17	CA
	Salticidae sp4	8	1	3	12	CA
	Salticidae sp5	0	1	2	3	CA
	Dendryphantinae sp1	10	3	5	18	CA
	Dendryphantinae sp2	6	0	4	10	CA
<b>Scytodidae</b>	<i>Scytodes</i> sp1	2	10	0	12	CS
	<i>Scytodes</i> sp2	2	1	3	6	CS
<b>Sicariidae</b>	<i>Loxocles</i> sp	0	1	0	1	CS
<b>Sparassidae</b>	Sparassidae sp	8	4	4	16	CV
<b>Tetragnathidae</b>	<i>Leucauge argyra</i> (Walckenaer, 1842)	5	3	1	9	CTO
	<i>Leucauge venusta</i> (Walckenaer, 1842)	4	0	0	4	CTO
<b>Theraphosidae</b>	<i>Hapalopus formosus</i> (Ausserer, 1895)	1	4	0	5	CS
<b>Theridiidae</b>	<i>Argyrodes</i> sp	0	1	1	2	CTI

FAMILIAS	MORFOESPECIES	N° INDIVIDUOS			TOTAL	GREMIO
		CUL	I.B	BOR		
<b>Theridiosomatidae</b>	<i>Theridiosoma</i> sp	2	3	2	7	CTO
<b>Thomisidae</b>	<i>Misumenops</i> sp	3	1	7	11	CE
<b>Uloboridae</b>	<i>Uloborus</i> sp1	0	20	7	27	CTO
	<i>Uloborus</i> sp2	3	16	0	19	CTO
<b>Número de morfoespecies</b>		<b>49</b>	<b>55</b>	<b>44</b>	<b>68</b>	
<b>Número de Individuos</b>		<b>327</b>	<b>334</b>	<b>218</b>	<b>879</b>	
<b>Índice Pielou (J')</b>		<b>0,9067</b>	<b>0,8983</b>	<b>0,9005</b>		
<b>Número de Hill (N1)</b>		<b>34,08</b>	<b>36,59</b>	<b>30,19</b>		
<b>Número de Hill (N2)</b>		<b>27,69</b>	<b>27,04</b>	<b>23,6</b>		



**figura 2.** Curvas de acumulación aleatorizadas (N veces), utilizando distintos estimadores de riqueza no paramétricos (ICE, Chao 2 y Bootstrap). Se muestra también, la curva de riqueza observada (S Obs).

Diversos trabajos realizados en bosques tropicales, han demostrado también, un alto número de especies raras en términos de abundancia, con sólo un individuo (FLÓREZ, 1998; SILVA & CODDINGTON, 1996; DEZA & ANDÍA, 2009). A nivel de familia, en este estudio, se capturaron el 59,2 %, del total registradas en Colombia por FLÓREZ (1995). El número de familias de arañas, es mayor que el reportado por FLÓREZ (1999), quien capturó 20 familias, en un bosque muy seco en la localidad de Loboguerrero, Valle del Cauca, Colombia. Lo anterior indica, que este remanente de Bs-T, mantiene una fauna representativa de la araneofauna presente en las tierras bajas del Caribe colombiano, lo que demuestra, la importancia de estos fragmentos como reservorio de la biodiversidad en un agropaisaje.

De las 29 familias registradas, tres pertenecen al suborden Mygalomorphae (Barychelidae Dipluridae y Theraphosidae) y 26, al suborden Araneomorphae. El suborden Mygalomorphae, estuvo representado por sólo 10 individuos, en los tres hábitats, lo cual puede atribuirse, al corto tiempo de muestreo. Adicional a esto, los efectos de la intervención humana en la zona, pueden estar incidiendo, en la supervivencia de las especies de tarántulas, disminuyendo las poblaciones de este grupo de arañas.

La familia Araneidae, fue la más diversa (23 morfoespecies) y abundante (433 individuos), seguida de Salticidae, con siete morfoespecies y 112 individuos (Tabla 1). Los araneidos, son una familia muy diversa y ocupa, casi todos los estratos arbóreos y una gran cantidad de nichos ecológicos. Además, esta familia, es considerada una de las más cosmopolitas y de alta riqueza genérica (CODDINGTON & LEVI, 1991). Estos datos concuerdan, ampliamente, con los resultados obtenidos por distintos autores en el neotrópico, como: FLÓREZ (1998), RICO *et al.* (2005), CABRA *et al.* (2010) y por FERREIRA-OJEDA *et al.* (2009), en un bosque húmedo subtropical de La Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia.

Por otro lado, las familias Barychelidae, Caponiidae, Dictynidae, Nephilidae, Philodromidae y Sicariidae, presentaron la menor riqueza, con una sola morfoespecie y la menor abundancia, con tan solo un individuo (Tabla 1). Este hecho, se debe posiblemente, a que las arañas de suelo, como las pertenecientes a la familia Barychelidae, Caponiidae y Sicariidae, aprovechan a manera de microhábitat, los troncos podridos de los árboles (JIMÉNEZ *et al.*, 2010), por lo cual, es muy difícil su visualización y captura.

La morfoespecie con mayor abundancia fue *Araneus* sp1 (Araneidae), con 51 individuos, seguida por *Lycosa* sp1 (Lycosidae) y *Micrathena* sp (Araneidae), con 44 y 42 individuos, respectivamente (Tabla 1). Es posible, que la abundancia de *Araneus* sp1 y *Micrathena* sp, se deba, a que los juveniles o los huevos, estén latentes, durante la época de lluvias y luego eclosionen, al llegar la época seca. La gran abundancia de *Lycosa* sp1, se debe posiblemente, a las técnicas de muestreo utilizadas, debido a que las trampas de caída y el cernido de hojarasca, son métodos eficientes para este tipo de araña, que presenta una actividad epígea (RUBIO, 2007).

Debido al bajo nivel de exploración, realizado a nivel del Bs-T, del departamento del Atlántico y a que este estudio, es una primera aproximación a la araneofauna de esta región, las posibilidades de comparación y comprensión de estos patrones de diversidad de géneros y morfoespecies, se ven limitadas, sin embargo, en este trabajo, es posible discutir y establecer relaciones, con otros lugares de Colombia, donde existe este tipo de bosque.

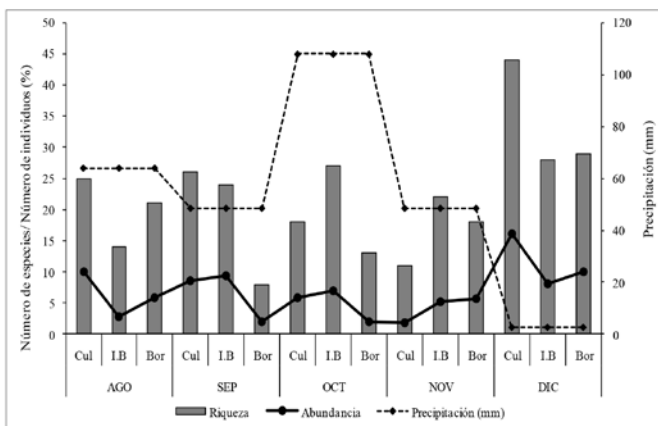
### Diferencias entre hábitats y épocas de muestreo

Entre los tres hábitats estudiados, la mayor riqueza específica, a nivel de familia (23) y morfoespecie (55), se capturó en I. B; mientras que, el menor número de familias (20) y morfoespecies (44), se presentó en BOR (Tabla 1). Con respecto a la abundancia, el mayor valor, se presentó en el I. B, con 334 individuos (38,0 %) y en BOR, se capturó la menor con 218 individuos (24,8 %), del total recolectado (Tabla 1, Figura 2). Esto se debe, a que el I. B, posee una alta complejidad estructural en cuanto a la vegetación, además por su alta densidad boscosa y gran cantidad de microhábitats, es el hábitat propicio para muchas especies de arañas. Asimismo, durante los muestreos, se observó en este hábitat, una gran proporción de hojarasca que proporciona una cantidad de microclimas, que sirven para que muchas arañas, se protejan de las fluctuaciones de temperatura externa y la desecación (FOELIX, 1982). Estos factores y la provisión de presas, reducen la depredación interespecífica y permiten, la persistencia de especies raras (UETZ, 1976). El BOR, a pesar de ser un hábitat abierto para tejer telas, corresponde a un sendero por el cual, transita habitualmente, ganado vacuno, convirtiéndolo, en un hábitat altamente antropizado. Esto demuestra, que las arañas poseen una alta sensibilidad a los cambios en la estructura del hábitat (NEW, 1999). La morfoespecie mas abundante en I. B, fue *Araneus* sp2, con 30 individuos (Tabla 1). Esto se debe posiblemente, a que ubica su tela de gran tamaño y adherencia, en sitios abiertos del bosque, donde puede capturar un mayor número de presas. En BOR, *Micrathena lepidóptera*, con 20 individuos y *Micrathena clypeata*, con 17 individuos, fueron las morfoespecies más abundantes (Tabla 1). Las telas orbiculares construidas por estas especies, son ubicadas en áreas abiertas con bastante flujo del viento, como es el hábitat BOR. *Araneus* sp1 (22), fue la morfoespecie más abundante en el hábitat CUL (Tabla 1); la cual puede estar aprovechando la distancia, entre las plantas de *Musa*

sp, sembradas en este hábitat para construir sus redes en lugares frescos, por donde circulan muchos insectos fitófagos, que le sirven como presas. Además, las hojas anchas de esta especie vegetal, pueden ser utilizadas por estas arañas como refugio (ARMENDANO *et al.*, 2009) para protegerse de posibles depredadores y de los cambios bruscos de temperatura, que se presentan en la zona durante el día.

Con respecto a la diversidad, el mayor valor del número de Hill N1 (36,59), se presentó en I. B y el menor (30,19), en BOR. Para N2, el mayor valor (27,69), se calculó en CUL y el menor (23,6), en BOR (Tabla 1). Estos valores de diversidad, son bastante altos, demostrándose, que el número de especies comunes (N1) y muy comunes (N2), contribuyen de manera efectiva, a la diversidad del área. El índice de equidad de Pielou (J'), fue muy similar entre los tres hábitats, presentándose el mayor valor (0,9067), en CUL y el menor (0,8983), en I. B (Tabla 1). Los resultados de este índice, son altos, lo que puede estar indicando, que la composición de arañas, es bastante diversa en los tres hábitats escogidos, por esto, de ninguna manera, no hay una morfoespecie dominante y la mayoría de especies exclusivas, están representadas por pocos individuos.

Con respecto a los meses de muestreo, diciembre, presentó el mayor número de familias (24) y la mayor abundancia (300), mientras que, en noviembre, se capturó el menor número de familias (10) y la menor abundancia, con 112 individuos (Figura 3). Esto se debe, a que en diciembre, había finalizado el periodo de lluvias y la artropofauna tropical, varía sus densidades, debido a la disponibilidad de las presas, según la fenología del bosque (LEVINGS & WINDSOR, 1984; FLÓREZ, 1997). Además, en los meses de lluvia, las hembras de arañas, inician su reproducción y en diciembre, finaliza la puesta de sus huevos, lo cual incrementa su abundancia (Obs. per). A nivel de morfoespecies, la mayor riqueza (44) y abundancia (141) para CUL, se presentó en diciembre. Para este mismo mes, se capturó la mayor riqueza (29) y abundancia (88), en el BOR (Figura 3). En el I. B, la mayor riqueza, se presentó en diciembre (28), mientras que la mayor abundancia (82), se presentó en septiembre. Este hecho, puede estar relacionado, con la fenología del bosque y con los niveles de hojarasca, factores determinantes, en la incidencia de los artrópodos (LEVINGS & WINDSOR, 1984).



**Figura 3.** Riqueza y abundancia de la araneofauna por hábitats y por época, de muestreo en el área de estudio.



Los tres hábitats, comparten 28 morfoespecies (41,2 %) de las 68 capturadas. El Índice de Complementariedad (I. C), presentó el mayor valor entre CUL y BOR (0,97), compartiendo tres morfoespecies (*Cyclosa* sp, *Parawixia* sp1 y *Dendryphantinae* sp2). El segundo valor, lo presentó I. B, con BOR (0,91), con ocho morfoespecies compartidas (*Araneus* sp2, *Micrathena schreibersii*, *Micrathena clypeata*, *Gnaphosidae* sp, *Peucetia viridans*, Salticidae sp5, *Cryptachaea* sp). El menor valor de I. C (0,86), se presentó entre I. B, con CUL, con 13 morfoespecies compartidas (*Eustala* sp1, *Eustala* sp2, *Mangora* sp, *Pronous* sp, *Verrucosa* sp, Clubionidae sp2, *Deinopsis* sp, *Pardosa* sp, Pisauridae sp, *Scytodes* sp1, *Hapalopus formosus*, *Uloborus* sp2). Esto demuestra, que la tasa de recambio, en la composición de especies de la zona, es bastante alta y que existe, una fauna de arañas propias para cada hábitat. A pesar de las distintas técnicas de captura empleadas y de los tres hábitats muestreados, existe un alto número de *Singletons* y especies únicas, debido a la alta diversidad de artrópodos, que posee un bosque seco tropical. Estos resultados, se corroboran con los reportados por FLÓREZ (1998), SILVA & CODDINGTON (1996) y AVALOS *et al.* (2009b).

Con el test ANOSIM, se determinó que la estructura de la comunidad de arañas en los tres hábitats escogidos en la RCS, no presentaron diferencias significativas ( $R = -0,088$ ;  $n = p = 0,85$ ). Esto probablemente, se debe a que la distancia existente, entre un hábitat y otro, era muy pequeña por el tamaño reducido de la reserva.

La similitud de los hábitats, se debe, a que el aporte realizado, a la abundancia por medio de las morfoespecies *Eustala* sp2 (10,42 %) y *Araneus* sp1 (9,98 %) en el CUL y *Lycosa* sp1 en el I. B (10,45 %) y en BOR (13,93 %), es muy bajo, tal como lo demuestra el análisis SIMPER (Tabla 2). Los porcentajes de similitud promedio, demuestran que, las morfoespecies encontradas, no tipifican cada hábitat, por lo que la estructura de la comunidad de arañas en la zona, es la misma.

**Tabla 2.** Porcentajes de similitud (SIMPER), de morfoespecies de arañas, que caracterizan a cada una de los tres hábitats en la RCS, Atlántico, Colombia.

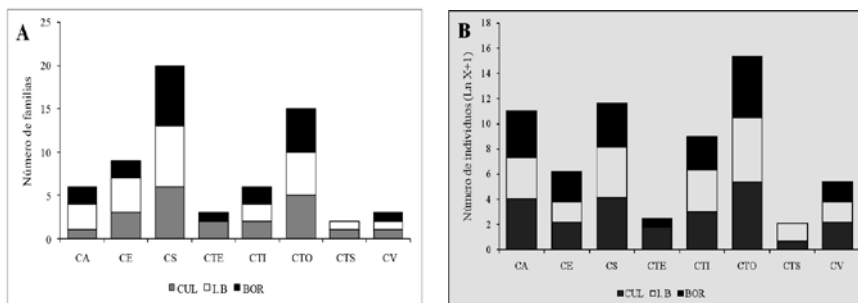
Morfoespecies	Contribución (%)		
	CUL	I. B	BOR
<i>Araneus</i> sp1	9,98		5,53
<i>Araneus</i> sp2	7,41		
<i>Eustala</i> sp2	10,42		5,83
<i>Lycosa</i> sp1	6,71	10,45	13,93
Salticidae sp2		5,66	8,94
<b>Similitud Promedio (%)</b>	<b>7,49</b>	<b>7,71</b>	<b>7,95</b>

## Gremios

Desde el punto de vista trófico, se capturaron familias pertenecientes a ocho gremios (Tabla 1, Figura 4), lo que demuestra, la alta complejidad del ensamblaje de

este grupo de artrópodos en la zona. La riqueza de gremios parece causar un efecto sobre el emplazamiento de las telas y el aumento en la disponibilidad de sustratos donde fijarlas (SAMU & SZINETÁR, 2002), mostrando, la diversidad de formas que adquieren las arañas para obtener sus recursos, causando una disminución en la competencia entre ellas. LILJESTRHRÖM *et al.* (2002), señalan que, la diversidad de gremios presentes en el área, demuestra el efecto de las arañas en el control de las poblaciones de insectos y otros artrópodos; lo cual es importante, debido al aumento de insectos plaga, en los cultivos y es posible, que algunas de las morfoespecies presentes en la zona, puedan ser utilizadas como biocontroladoras.

El gremio de las arañas Cursoriales en Suelo (CS), fue el que presentó, una mayor riqueza en los tres hábitats (Figura 4A), debido probablemente, a que en la zona, había una gran cantidad de hojarasca y pasto seco, lo cual puede proveer, una mayor cantidad de microhábitats para las arañas (JIMÉNEZ *et al.*, 2010). Por otro lado, los gremios Constructoras de Telas Sábana (CTS) y Cursoriales en Vegetación (CV), presentaron menor riqueza, con solo una familia de las 29 totales (3,4 %, cada uno). El gremio de Constructoras de Tela Embudo (CTE), no aparece en I. B, debido posiblemente, a que las arañas, no encuentran un refugio seco; esta zona, se encontraba influenciada por una quebrada ubicada más cerca del transecto, que en las otras dos zonas, que inunda los espacios, donde pueden habitar algunas migalomorfas, que pertenecen a este gremio.



**Figura 4.** Riqueza (A) y abundancia (B), de los gremios de familias de arañas, en cada hábitat en la RCS, Atlántico, Colombia. Abreviaturas/Abbreviations. CA: Cazadoras al asecho; CE: Cazadoras en emboscada; CS: Cursoriales en suelo; CTE: Constructoras de telas embudo; CTI: Constructoras de Telas Irregulares; CTO: Constructoras de telas orbiculares; CTS: Constructoras de telas en sábana; CV: Cursoriales en vegetación.

En cuanto a la abundancia, el gremio de Constructoras de Telas Orbiculares (CTO), presentó el mayor valor (504 individuos), con una distribución casi equitativa para los tres hábitats (Figura 4B). Estos resultados evidencian la tendencia general, en los bosques neotropicales (FLÓREZ, 1998; SILVA & CODDINGTON, 1996; RICO *et al.*, 2005; CABRA *et al.*, 2010), donde este gremio, exhibe una estrecha relación con la estructura de la vegetación. Adicional a esto, en el gremio de la CTO, se encuentra la familia Araneidae, la cual contribuyó, con 433 individuos, a la abundancia de este gremio. Estos resultados, no coinciden con los reportados por FLÓREZ (1999), quien realizó un trabajo de estructura y composición de arañas,

en un bosque muy seco tropical de Colombia, donde predominaron los gremios de arañas tejedoras de telas irregulares (CTI) y CV, relegando a un tercer plano a las CTO. Posiblemente, la cantidad de arbustos de baja altura y mucha frondosidad, ofrecen una disponibilidad adecuada de sustratos, que favorezcan el tejido de telas orbiculares.

## AGRADECIMIENTOS

A toda la comunidad de la Reserva Campesina La Sierra (RCS), por su colaboración con la fase de campo. A Humberto Junior Maldonado Santana y Zuley Isabel Turizo Vargas, quienes nos colaboraron en la fase de campo y al resto de los miembros del semillero: NEÓPTERA, de la Universidad del Atlántico. Al profesor Eduardo Flórez, por su colaboración, con la identificación de algunos especímenes y por facilitarnos su bibliografía. A la Facultad de Ciencias Básicas de la Universidad del Atlántico, por facilitar los permisos de recolecta y por permitirnos utilizar, el Laboratorio de Zoología para la determinación taxonómica de las arañas.

## BIBLIOGRAFÍA

- AGUILERA, M. A. & CASANUEVA, M. E., 2005.- Arañas chilenas: estado actual del conocimiento y clave para las familias de Araneomorphae. *Gayana*, 69 (2): 201-224.
- ARMENDANO, A. & GONZÁLEZ, A., 2009.- Comunidad de arañas (Arachnida, Araneae) del cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*) en Buenos Aires, Argentina. *Rev. Biol. Trop.*, 58 (2): 757-767.
- AVALOS, G., DAMBORSKY, M. P., BAR, M., OSCGHEROY, E. & PORCEL, E., 2009b.- Composición de la fauna de Araneae (Arachnida) de la Reserva provincial Iberá, Corrientes, Argentina. *Rev. Biol. Trop.*, 57 (1-2): 339-351.
- CABRA-GARCÍA, J., MONTEALEGRE, L. & ARCE, M. I., 2010.- Evaluación rápida de la riqueza de arañas en un bosque húmedo tropical del departamento del Valle del Cauca, Colombia. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle*, 11 (1): 1-9.
- CODDINGTON, J., 1986.- *The genera of the spider family Theridiosomathidae*. Smithsonian contributions to zoology. Number 422. City of Washington.
- CODDINGTON, J. & LEVI, H., 1991.- Systematic and evolution of spiders (Araneae). *Ann. Rev. Eco. Syst.* 22: 565-592.
- CODDINGTON, J. A., 2001.- Estimación de la biodiversidad desde la escala local a la filogenética. *Memorias. Primer Congreso Colombiano de Zoología*. ICN. Bogotá.
- COLWELL, R. K., 2009.- ESTIMATES: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples, Version 8.2. [En línea]. Disponible en: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>.
- COLWELL, R. K. & CODDINGTON, A., 1994.- Estimating the extent of terrestrial biodiversity through extrapolation. *Phil. Trans. R. Soc. London*, (Ser. 6). 345: 101-118.
- DEZA, M. & ANDÍA, J. M., 2009.- Diversidad y riqueza de especies de la familia Araneidae (Arachnida, Araneae) en Cicra (Madre de Dios-Perú). *Ecología Aplicada*, 8 (2).
- FERREIRA-OJEDA, L., FLÓREZ, E. & SABOGAL-GONZÁLEZ, A., 2009.- Arañas orbitales de un Bosque Húmedo Subtropical de la Sierra Nevada de Santa Marta (Magdalena, Colombia). *Caldasia*, 31 (2): 381-391.
- FLÓREZ, E. & SÁNCHEZ, H., 1995.- La diversidad de los arácnidos en Colombia. Aproximación inicial: 327-372 (en) RANGEL, O. (ed.) *Colombia Biótica I*. Universidad Nacional de Colombia, INDERENA.
- FLÓREZ, E., 1997.- Estudio de la comunidad de arañas del bosque seco tropical en la estación Biológica El Vínculo. *Cespidesia*, 22 (69): 37-57.
- FLÓREZ, E., 1998.- Estructura de comunidades de arañas (Araneae) en el departamento del Valle, sur occidente de Colombia. *Caldasia*, 20 (2): 173-192.
- FLÓREZ, E., 1999.- Estructura y composición de una comunidad de arañas de un bosque muy seco tropical de Colombia. *Boletín de Entomología Venezolana*, 14 (1): 37-51.
- FOELIX, R. F., 1982.- *Biology of spiders*. Harvard University Press, Cambridge Massachusetts, USA.
- GILEDE-MONCAYO, O. & BELLO-SILVA, J. C., 2000.- La familia Araneidae (Araneoidea: Orbicularie) en el departamento del Meta, Colombia. *Biota Colombiana I*, (1): 125-130.
- HERNÁNDEZ-CAMACHO, J. A., HURTADO GUERRA, A., ORTIZ-QUIJANO, R. & WALSCHBURGER, TH., 1992.- Unidades biogeográficas de Colombia: 105-15 (en) HALFFTER, G. (ed.) *La diversidad biológica de Iberoamérica*. Acta Zoológica Mexicana. México.
- HOLDRIDGE, L. R., 1967.- *Life Zone Ecology*. Tropical Science Center, San José, Costa Rica. 206 p.
- INSTITUTO ALEXANDER VON HUMBOLDT, IAVH., 1997.- *Caracterización ecológica de cuatro remanentes*

- de *Bosque Seco tropical de la región Caribe colombiana*. Grupo de Exploraciones Ecológicas Rápidas, IAVH, Villa de Leyva. 76 p.
- INSTITUTO ALEXANDER VON HUMBOLDT, IAVH., 1998.- Programa de Inventario de la Biodiversidad Grupo de Exploraciones y Monitoreo Ambiental GEMA. El Bosque seco Tropical (Bs-T) en Colombia. [En línea]. Disponible en: <http://www.humboldt.org.co/download/inventarios/bst/Doc3.pdf>.
- JIMÉNEZ, M. & NAVARRETE, J. G., 2010.- Fauna de arañas del suelo de una comunidad árida-tropical en Baja California. Sur, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 81: 417-426.
- JÓQUE, R. & DIPPENAR-SCHOEMAN, A. S., 2007.- *Spider families of the world*. Royal Museum for Central Africa.
- LEVI, H., 2002.- Keys to the genera of araneid orbweavers (Araneae, Araneidae) of the Americas. *The Journal of Arachnology*, 30: 527-562.
- LEVINGS, S. C. & WINDSOR, D. M., 1984.- Litter Moisture Content as a Determinant of litter Arthropod Distribution and Abundance during the Dry Season on Barro Colorado Island, Panamá. *Biotrópica*, 16 (2): 125-131.
- LEVINGS, S. C. & WINDSOR, D. M., 1985.- Litter arthropod populations in a tropical deciduous forest: relationships between years and arthropod groups. *J. Anim. Ecol.*, 54: 61-69.
- LILJESTRÖM, G., MINERVINO, E., CASTRO, D. & GONZÁLEZ, A., 2002.- La Comunidad de Arañas del Cultivo de Soja en la Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Ecology, Behavior and Biomimics*, 31 (2): 197-210.
- MANI, M. S., 1968.- *Ecology and biogeography of high altitude insects*. Dr. Junk N. V. Publishers, The Hague.
- MURPHY, P. G. & LUGO, A. E., 1986.- Ecology of tropical dry forest. *Annals Review of Ecology and Systematics*, 17: 67-68.
- NEW, T. R., 1999.- Untangling the web: spiders and the challenges of invertebrate conservation. *J. Insect Conservation*, 3: 251-256.
- PLATNICK, N., s. f.- The World Spider Catalog, Version 11.0. [En línea]. Disponible en: <http://research.amnh.org/iz/-spiders/catalog/COUNTS.html>.
- OLIVER, I. & BEATTIE, A. J., 1996.- Invertebrate Morphospecies as Surrogates for Species: A Case Study. *Cons. Biol.*, 10 (1): 99-109.
- OPELL, B. D., 1979.- Revision of genera and tropical American species of the spider family Uloboridae. *Bull. Mus. Comp. Zool.*, 148 (10): 443-549.
- RICO, A., BELTRÁN, J., ÁLVAREZ, A. & FLÓREZ, E., 2005.- Diversidad de arañas (Arachnida: Araneae) en el Parque Nacional Natural Isla Gorgona, Pacífico Colombiano. *Biota Neotrópica*, 5.
- RIECHERT, S. E., 1974.- Thoughts on the ecological significance of spiders. *Bioscience*, 24: 352-356.
- RUBIO, G. D., MINOLI, I. & PIACENTINI, L., 2007.- Patrones de abundancia de cinco especies de arañas lobo (Araneae: Lycosidae) en dos ambientes del Parque Nacional Mburucuyá, Corrientes, Argentina. *Brenesia*, 67: 59-67.
- RUZICKA, V., 1987.- Biodiagnostic evaluation of epigeic spider communities. *Ekológia (CSSR)*, 6: 345-357.
- SILVA, D. & CODDINGTON, J. A., 1996.- Spiders of Pakitza (Madre de Dios-Perú): Species Richness and Notes on Community Structure: 253-311 (in) WILSON, D. E. & SANDOVAL, A. (eds.) *Manu: the Biodiversity of Southeastern Perú*. Smithsonian Institution.
- SAMU, F. & SZINETAR, C., 2002.- On the nature of agrobiont spiders. *J. Arachnol.*, 30: 389-402.
- TURNBULL, A. L., 1973.- Ecology of the true spiders (Araneomorphae). *Ann. Rev. Entomol.*, 18: 305-348.
- UETZ, G. W., 1976.- Gradient analysis of spider communities in stream-side forest. *Oecologia*, 22: 373-385.
- VILLAREAL, H., ÁLVAREZ, M., CÓRDOBA, S., ESCOBAR, F., FAGUA, G., GAST, F., MENDOZA, H., OSPINA, M. & UMAÑA, A., 2004.- *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad*. Programa de inventarios de biodiversidad. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 236 p.

## SHORT COMUNICATION

### ***COPROPHANAEOUS MORENOI* ARNAUD, 1982 (COLEOPTERA: SCARABAEIDAE: SCARABAEINAE) IN THE GORGONA NATIONAL NATURAL PARK (COLOMBIAN PACIFIC OCEAN)**

*Carlos A. Cultid Medina<sup>1</sup> and Alan Giraldo López<sup>2</sup>*

#### Abstract

A new record of the dung beetle *Coprophanaeus morenoi* Arnaud, 1982 (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae), for the Gorgona Natural National Park (Gorgona NNP, Colombia) in the Colombian Pacific Ocean is presented.

**Key words:** Coleoptera, Gorgona Natural National Park, Pacific Ocean, Scarabaeinae.

### ***COPROPHANAEOUS MORENOI* ARNAUD, 1982 (COLEOPTERA: SCARABAEIDAE: SCARABAEINAE) EN EL PARQUE NATURAL NACIONAL GORGONA (OCÉANO PACÍFICO COLOMBIANO)**

#### Resumen

Se presenta un nuevo registro del escarabajo estercolero *Coprophanaeus morenoi* Arnaud, 1982 (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae), para el Parque Natural Nacional Gorgona, en el océano Pacífico colombiano.

**Palabras clave:** Coleoptera, Parque Natural Nacional Gorgona, océano Pacífico, Scarabaeinae.

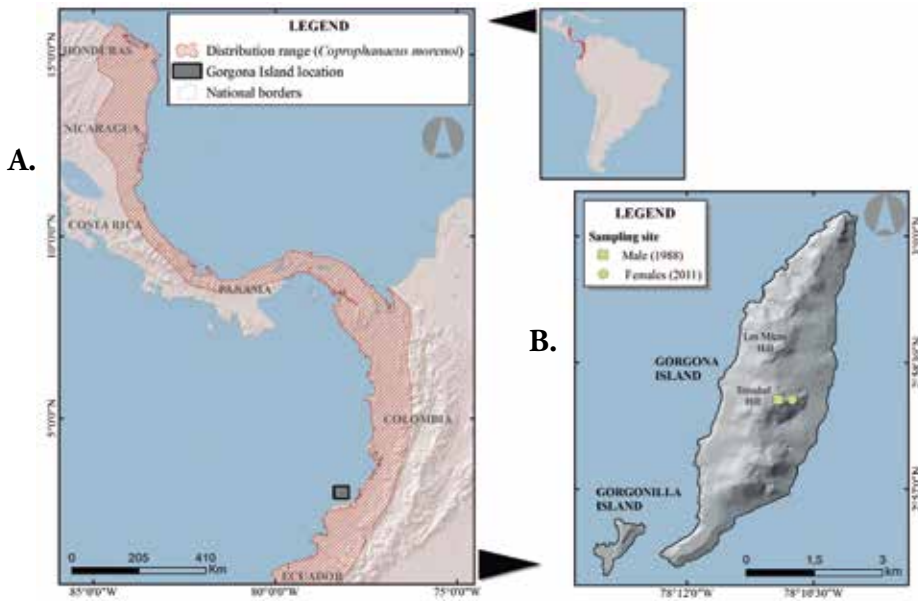
A new record of the subfamily Scarabaeinae is presented for the Gorgona National Natural Park (Gorgona NNP, Colombia), this record is represented by *Coprophanaeus morenoi* Arnaud, 1982 (Coleoptera: Scarabaeidae). The known records for this species are from the biogeographic Chocó and Central America (Figure 1) (EDMONDS & ZIDEK, 2010). In Colombia *C. morenoi* has been captured only in continental locations of the states of Antioquia, Chocó, Nariño and Valle del Cauca, at altitudes ranging from 35 to 2200 masl (tropical rainforest and montane forest) (PARDO-LOCARNO, 1997; PARDO & CASTILLO, 2002a, 2002b; NEITA *et al.*, 2003; VÍTOLO, 2004; PARDO-LOCARNO, 2007). This record is the first

\* FR: 25-I-2012. FA: 25-V-2012.

<sup>1</sup> Research Group in Biology, Ecology and Ant Management. Department of Biology, School of Natural and Exact Sciences, Universidad del Valle, Cali, Colombia. Doctoral student in Sciences, Biology. Email: carlos.cultid@gmail.com.

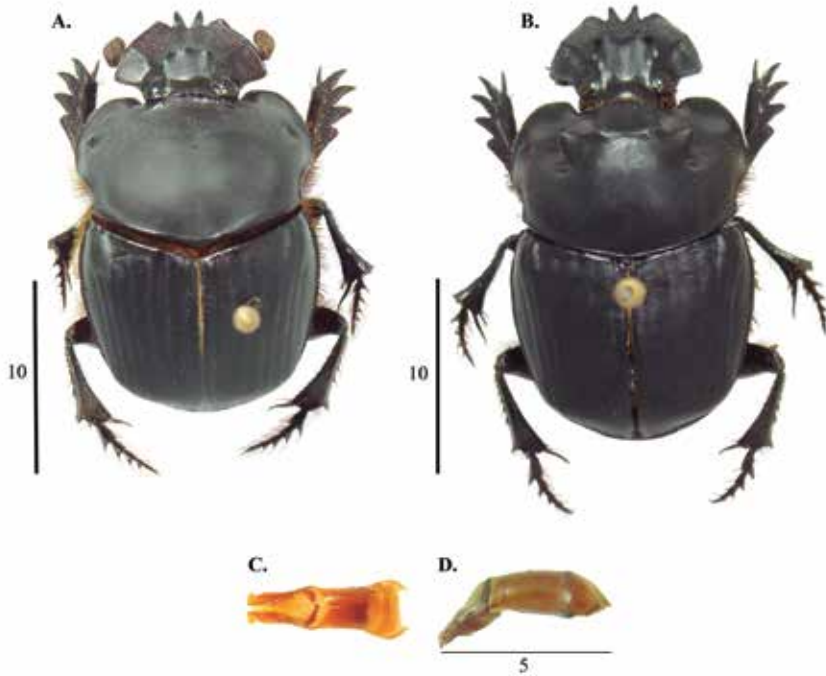
<sup>2</sup> Research Group in Animal Ecology. Department of Biology, School of Natural and Exact Sciences, Universidad del Valle, Cali, Colombia. Email: ecologia@univalle.edu.co.

for this genus in a colombian island and the first insular report for this species (*D. Edmonds* com. pers.). To date, there are few insular records of Scarabaeinae for Colombia: the original description of *Uroxys gorgon* in the same island (ARROW, 1933), the record of the genus *Deltorhinum* in the island of Tierra Bomba-Bolivar (MEDINA & LOPERA-TORO, 2000) and the reports of *Digitonthophagus gazella*, (an exotic species) in San Andres island (NORIEGA *et al.*, 2006).



**Figure 1.** A) Distribution of *Coprophanaeus morenoi* (based on EDMONDS & ZIDEK, 2010); and B) location of specimens collected on Gorgona Island (right, mid-center), in parentheses specifies the year of collection.

The Gorgona NNP covers approximately 61,700 hectares, which includes Gorgona and Gorgonilla islands, and a protected marine area (UAESNNP, 1998). An exploratory sampling was carried out for 24-h on Trinidad Hill (Gorgona Island) from 1-2 July 2011. Six pitfall traps baited with carrion (decomposing fish; alcohol as a preservative) were installed every 30 m in an altitudinal range from 40 to 300 masl (2°58'3.4" N - 78°10'45.2" W and 2°58'3.4" N - 78°10'55.2" W) (Figure 1) in which only two females of *C. morenoi* were captured. During this sampling were not captured any other species of Scarabaeinae. The taxonomic determination of the collected females was performed at the Museum of Entomology, of the Universidad del Valle (MUSENUV) in Cali. A male specimen of *C. morenoi*, was found among the material deposited in the collection and it was collected at 300 m (2°57'10"N - 78°10'13.20"W) on Trinidad Hill on 15 May 1988, using a pitfall trap baited with carrion (Quesada B. L. leg.). All the specimens are currently housed at MUSENUV (Figure 2).



**Figure 2.** Specimens of *Coprophanaeus morenoi* collected on Gorgona Island. A) Female, collected in 2011 for authors; B) Male, collected in 1988; C) Male adeagus (dorsal view); and D) Male adeagus (lateral view). Photos: Cultid C. A. © (scale in mm).

The females of *C. morenoi* are similar to those of *Coprophanaeus corythus*, a common species in the biogeographic Chocó region. The *C. morenoi* females can be distinguished from those of *C. corythus* because its cephalic carina is positioned near middle distance of the head; thus the frontal region of head (frons) is longer than the clypeus (Figure 2a); in *C. corythus* the cephalic carina is located toward the posterior part of the head so the clypeus is longer than the frons. The *C. morenoi* male has a pronotal quadrilobate prominence with lobes linked by thick carinae; the prominence is flanked by broad concavities (In Panamá, there has been dimorphism between males with respect to prominence pronotal); the declivitous surface of the pronotum beneath the carina is smooth, without sculpturing (Figure 2b); and the parameres have a wide subapical tooth (EDMONDS & ZIDEK, 2010) (Fig. 2c y d).

Gorgona Island, which is located 30 linear km from the Colombian Pacific Coast, arose in the Upper Mesozoic Era or Lower Tertiary (Paleogene) period (ECHEVERRÍA, 1986; GÓMEZ, 1986), associated with a lava flow (LLINÁS *et al.*, 1990) that cooled rapidly upon entering in contact with the seawater (ARNDT *et al.*, 1997; KERR, 2005). According to AGUIRRE & RANGEL (1993), there was a land connection between Gorgona Island and the continent during the Pleistocene

epoch, which could explain the presence of *C. morenoi* on the island. It has been documented that *C. morenoi* is a copro-necrophagous species (PARDO-LOCARNO, 1997; PARDO & CASTILLO, 2002a, 2002b; PARDO-LOCARNO, 2007; VÍTOLO, 2004), an attribute that favors its permanence on the island because it does not depend exclusively on the excrement of vertebrates.

It is important to note that despite of the use of a standard method of sampling, it was only possible to catch two female individuals during the exploratory sampling conducted in 2011. According to preliminary lists, in continental localities of the biogeographical Chocó, the abundance of *C. morenoi* ranges between 1 and 19 individuals (MEDINA & KATTAN, 1996; PARDO - LOCARNO & CASTILLO, 2002a, 2002b; PARDO - LOCARNO, 2007). In addition, *C. corythus* has also been listed for the biogeographic Chocó region (e.g. as its synonym *C. telamon corythus*, see EDMONDS & ZIDEK, 2010), It is likely that some specimens of *C. morenoi* had been misidentified as *C. telamon* in the past. A careful review of this material would probably result in an increase of the number of specimens and records of *C. morenoi* reported in continental locations.

The authors are grateful to the MUSENUV for permitting us to study one of the specimens (male) and access the information from the collection. Thanks to María del Carmen Zúñiga and Ranulfo González, for their unconditional support in preparing this report and to Carlos Saavedra-Rodríguez, Diana Torres and Jennifer Girón for their comments on the text. We thank Dr. David Edmonds to confirm the taxonomic identification and thank to the evaluator for his comments to the document. This report forms part of the research project "Evaluation of the current state of the targets of faunistic conservation on Gorgona Island: A holistic approximation of the ecological assessment of Gorgona NNP - CI7820," co-financed by the Universidad del Valle, the Squalus Foundation, Conservation International-Colombia and the Fund for Environmental Action and Childhood. We are also grateful to the National Parks of Colombia. Carlos A. Cultid is a doctoral student in the Biological Sciences Graduate Program of the Universidad del Valle (Cali - Valle del Cauca), which is supported by COLCIENCIAS funds for doctoral-level education in Colombia.

## BIBLIOGRAPHY

- AGUIRRE, J. & RANGEL, O., 1993.- La isla Gorgona y sus ecosistemas: 106-170 (in) LEYVA, P. (ed.) *Colombia Pacífico, Volumen I*. Fondo para la Protección del Medio Ambiente (FEN), Bogotá, Colombia.
- ARNDT, N. T., KERR, A. C. & TARNEY, J., 1997.- Dynamic melting in plume heads: The formation of Gorgona komatiites and basalts. *Earth Planet Science Letters*, 146: 289-301.
- ARROW, G. 1933.- The genus *Uroxys* (Coleoptera, Copridae), with descriptions of some new species. *Annals and Magazine of Natural History*, 10 (11): 385-399.
- ECHEVERRÍA, L. M., 1982.- Komatiites from Gorgona Island, Colombia: 199-209 (in) ARNDT, N. T. & NISBET, E. G. (eds.) *Komatiites*. Georfe Allen and Unwin, London, UK.
- EDMONDS, W. D. & ZIDEK, J., 2010.- A taxonomic review of the neotropical genus *Coprophanæus* Olsoufieff, 1924 (Coleoptera: Scarabaeidae, Scarabaeinae). *Insecta Mundi*, 0129: 1-111.
- GÓMEZ, H., 1986.- Algunos aspectos neotectónicos hacia el suroeste del Litoral Pacífico colombiano. *Revista CIAF*, 11: 281-289.
- KERR, A. C., 2005.- La Isla de Gorgona, Colombia: A petrological enigma? *Lithos*, 84: 77-101.
- LLINÁS, R., PINTO, J., PEÑA, F. & CARO, F., 1990.- Geología: 65-72 (in) RANCEL, O. & AGUIRRE, J. (eds.) *Biota y ecosistemas de Gorgona*. Fondo para la Protección del Medio Ambiente (FEN), Bogotá, Colombia.
- MEDINA, C. & KATTAN, G., 1996.- Diversidad de coleópteros coprófagos (Scarabaeidae) de la reserva natural de Escalerete. *Cespedecia*, 21: 89-102.



- MEDINA, C. A. & LOPERA-TORO, A., 2000.- Clave ilustrada para la identificación de géneros de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) de Colombia. *Caldasia*, 22 (2): 299-315.
- NEITA, J. C., PARDO - LOCARNO, L., QUINTO, D. & CUESTA, N. G., 2003. - Los Escarabajos copronecrófilos (Coleoptera: Scarabaeidae) en la parcela permanente de investigación en biodiversidad (PPIB) en Salero, Unión Panamericana, Chocó: 79-90 (in) GARCÍA, F., RAMOS, Y. A., PALACIOS, J. C., ARROYO, J. E., MENA, A. & GONZÁLEZ, M. (eds.) Salero: Diversidad Biológica de un Bosque Pluvial Tropical (bp-T). Universidad Tecnológica del Chocó, Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico y Comunidad de Salero, Unión Panamericana, Chocó.
- NORIEGA, J., SOLIS, C., QUINTERO, I., PÉREZ, L. G., GARCÍA, H. G. & OSPINO, D. A., 2006.- Registro continental de *Digitonthophagus gazella* (Coleoptera: Scarabaeidae) en Colombia. *Caldasia*, 28 (2): 379-381.
- PARDO-LOCARNO, L., 1997.- Muestreo preliminar de los escarabajos copronecrófilos (Coleoptera-Scarabaeidae) de las selvas de la Fragua, cuenca baja río Cajambre (Valle). *Cespedecia*, 22 (69): 59-80.
- PARDO-LOCARNO, L. & CASTILLO, L. D., 2002a.- Muestreo preliminar de los escarabajos copronecrófilos (Coleoptera-Scarabaeidae) de las selvas de Chancos, Calima, Chocó biogeográfico (Valle). *Bol. Cien. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 6 (1): 11-27.
- PARDO-LOCARNO, L. & CASTILLO, L. D., 2002b.- Contribución al estudio de los escarabajos copronecrófilos (Col. Scarabaeidae) de la quebrada, río Azul, Calima, Chocó biogeográfico, Colombia. *Bol. Cien. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 6 (1): 161-176.
- PARDO-LOCARNO, L., 2007.- Escarabajos coprófagos (Coleoptera-Scarabaeidae) de Lloró, departamento del Chocó, Colombia. *Bol. Cien. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 11 (1): 377-388.
- UASPNN., 1998.- El sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia. Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales (UASPNN), *Ministerio del Medio Ambiente*. Editorial Nomos, Bogotá, Colombia.
- VÍTOLO, A., 2004.- Escarabajos estercoleros de la tribu Phanaeini de Colombia (Coleoptera: Scarabaeoidea: Scarabaeidae): 277-318 (in) FERNÁNDEZ, F., ANDRADE, M. G. & AMAT, G. (eds.) *Insectos de Colombia, Volumen 3*. Facultad de Ciencia, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

# ASPECTOS DEL DESARROLLO DE *DANAUS PLEXIPPUS* (LEPIDOPTERA: NYMPHALIDAE) SOBRE *CALOTROPIS PROCERA* (APOCYNACEAE) BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO

Nataly de La Pava S<sup>1</sup>; Paula Andrea Sepúlveda C.<sup>2</sup>

## Resumen

La mariposa monarca *Danaus plexippus* (Linnaeus, 1758), es quizás, una de las especies más estudiadas en América, no solo por su proceso migratorio y toxicidad, sino también, por su belleza y potencial para el biocomercio. En Santa Marta (Magdalena, Colombia), es común encontrar esta especie, durante todo el año, ovipositando, sobre *Calotropis procera* (Aiton), planta introducida al país y considerada arvense. En este estudio, se registra por primera vez, el desarrollo de los estados inmaduros de esta especie, sobre *C. procera*, bajo condiciones de laboratorio. Las larvas pasaron por 5 estadios y el ciclo, desde la ovoposición, hasta llegar a su estado adulto, transcurrió en 23 días. El 99 %, de las larvas, cumplieron todo su ciclo, bajo las condiciones del ensayo, lo que señala el potencial que tiene esta planta, como hospedera de *D. plexippus* para el establecimiento de crías en cautiverio.

**Palabras clave:** algodón de seda, cría de Lepidoptera, mariposa monarca.

## ASPECTS OF THE *DANAUS PLEXIPPUS* (LEPIDOPTERA: NYMPHALIDAE) DEVELOPMENT ON *CALOTROPIS PROCERA* (APOCYNACEAE) UNDER LABORATORY CONDITIONS

## Abstract

The monarch butterfly *Danaus plexippus* (Linnaeus, 1758) is perhaps one of the most studied species in America, not only because of their migration process and its toxicity, but also because of its beauty and potential for bio-commerce. In Santa Marta (Magdalena, Colombia) it is common to find this species all year round, ovipositing on *Calotropis procera* (Aiton), a non-native plant also considered as weed. In this study the development of the immature stages of this species on the *C. Procera* was studied for the first time under lab conditions. The larvae passed through 5 stages in their development, and the cycle, from the oviposition until the adult stage, took place in 23 days. Ninety-nine per cent of the larvae completed the cycle under the test conditions, which show the potential the *C. propera* has as a host for *D. plexippus* for the establishment of captive breeding.

**Key words:** silk cotton, Lepidoptera breeding, monarch butterflies.

\* FR: 2-III-2012. FA: 4-VII-2012.

<sup>1</sup> Estudiante de Ingeniería Agronómica, Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia. Email: natydlp@hotmail.com.

<sup>2</sup> Docente Tiempo Completo Universidad del Magdalena. Email: sepulveda\_cano@yahoo.es. Carrera 32 No 22 – 08 Hangar B, Laboratorio de Entomología (puerta 2) Carrera 32 No 22 – 08 Hangar B, Laboratorio de Entomología (puerta 2)

Autor para correspondencia: Estudiante de Ingeniería Agronómica. natydlp@hotmail.com

## INTRODUCCIÓN

Las mariposas monarca (*Danaus plexippus*), son nativas de América del Norte y América del Sur. Sin embargo, en el siglo XVII, se dispersaron a otras partes del mundo, en los años 40, se reportaron en Hawái y luego, en las islas del Pacífico Sur, entre 1850 y 1860 (ACKERY & VANE-WRIGHT, 1984). A inicios de 1870, se realizaron los primeros reportes de monarcas en Australia y Nueva Zelanda (GIBBS, 1994). Cada verano, se producen, entre tres y cuatro generaciones, en Estados Unidos y el sur de Canadá y sólo, la última de estas generaciones, migra a los sitios de hibernación en México o California (BROWER, 1995). Sobre el comportamiento y desarrollo de las poblaciones de esta mariposa en América del Sur, aún no se han adelantado trabajos, que permitan hacer una aproximación. El número de generaciones y el tiempo de desarrollo, entre una generación y otra, dependen de la latitud y las condiciones climatológicas. A temperaturas bajas, la mariposa, requiere más de 60 días para desarrollarse, en comparación, con menos de los 30 días que tarda, en condiciones veraniegas (COCKRELL *et al.*, 1993). La reproducción de la mariposa monarca, depende en absoluto, de la presencia de las plantas hospederas de las larvas, principalmente, aquellas del género *Asclepias* (LYNCH & MARTIN, 1993; OBERHAUSER, 1997; ZALUCKI, 1991). Adicionalmente, se han reportado como plantas hospederas: *Calotropis gigantea* (L.) Robert Brown; *C. procera* (Aiton); *Gomphocarpus physocarpus* Ernst Meyer (SWEZEY, 1910, 1944; ZIMMERMAN, 1948; ETCHEGARAY & NISHIDA, 1975); *Cynanchum laeve* (OBERHAUSER, 1997); *Cynanchum acutum* L. (GIL, 2006). En Santa Marta, es común encontrarlas, alimentándose de las hojas de *C. procera*.

Por su belleza, por su capacidad migratoria y por su capacidad biológica para el secuestro de alcaloides, esta es una de las mariposas más estudiadas, a nivel de campo (OBERHAUSER, 2009). Y a pesar de ser una de las especies más comunes, dentro de la industria para la exhibición de mariposas, son pocos los estudios realizados, a nivel de laboratorio, sobre la cría de esta especie y tan solo, se limitan, a algunas observaciones aisladas en los últimos años, dedicadas al estudio del efecto del polen transgénico, sobre su desarrollo (ETCHEGARAY & NISHIDA, 1975; MATILLA *et al.*, 2005).

Observando el potencial de uso, tanto educativo, como comercial, que tiene *Danaus plexippus* y basados, en la búsqueda actual de herramientas para el desarrollo sostenible, a partir de productos de biodiversidad (LOZADA *et al.*, 2006), el beneficio que genera en términos ecológicos, la implementación de la cría de mariposas y si tenemos en cuenta, la creciente industria “mariposera” como alternativa económica, la cual incluye las exportaciones de pupas, exhibiciones públicas, venta de artesanías, entre otras actividades (BRINCKERHOFF, 1999), por ello, se decidió adelantar, algunas observaciones que permitan posteriormente, desarrollar protocolos de cría en cautiverio, de esta especie.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Recolección y cría de *Danaus plexippus*

Los adultos de monarca, se recolectaron en el Centro Agrícola y Forestal de la Universidad del Magdalena, en septiembre de 2010, localizada a los 74° 12' W

y a los 11° 11' N. Los adultos, se identificaron por comparación, con las fichas diagnósticas del Instituto Nacional de Biodiversidad de Costa Rica (INBio).

Adicionalmente, se recolectaron algunas larvas observadas alimentándose, sobre *Calotropis procera* y se criaron, en el Laboratorio de Entomología de la Universidad del Magdalena. La identificación de la planta, se verificó en el Herbario de la misma institución. La cría, se llevo a cabo, bajo una temperatura diaria entre 24 °C y 27 °C, con valores de humedad relativa, entre 76 a 79 % y un fotoperiodo regular. Los adultos se dispusieron juntos, en una jaula de malla [ref. 1450B COLLAPSIBLE CAGE, 24 X 24 X 24", (61CM)] para propiciar el apareamiento de los mismos, como fuente de alimentación, se les proporcionó, una solución de agua azucarada, en proporción de 1:1, en un algodón saturado. Los huevos obtenidos de la cópula, se depositaron en cajas petri para la posterior observación del ciclo.

De las larvas recién emergidas, se seleccionaron 20 y se dispusieron, en cajas petri de forma individual, periódicamente, se les proporcionó  $57 \pm 2 \text{ cm}^2$ , de hojas frescas de *C. procera*, hasta su último estadio larval. Las larvas, se midieron diariamente para obtener las siguientes variables: ancho de la cápsula cefálica; longitud de la larva, tomada, desde el ápice de la cabeza, hasta su último segmento; los primeros 2 estadios larvales, se midieron con una mini-escala (ref. 4828 M Miniscale, 5 mm long increments of .1 mm), en un estereoscopio Nikon SMZ 645 en 20X y los siguientes instares, con una regla de precisión. Al momento de pupar la tapa de la caja petri, se dispuso sobre vasos plásticos para permitir el desarrollo uniforme de la pupa (Figura 1). Se realizó, un análisis descriptivo de las variables observadas.



**Figura 1.** Sistema de ensayo para desarrollo de pupas, de *Danaus plexippus*, en laboratorio.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Planta hospedera

En el campo, las larvas se encontraron, alimentándose de las hojas de algodón de seda, *C. procera*. Estas plantas, son hierbas arbustivas o pequeños arbustos, de

hasta de 3 m de altura, posee tallos conspicuamente glaucos, que desarrollan una corteza suberosa, cuando están viejos, hojas con las láminas glaucas, de ovadas a suborbicular-ovadas, de 8 a 31 cm (hasta 35 cm) por 8 a 17 cm, anchamente agudas, en el ápice. Posee inflorescencias blancas, en su interior y con las puntas moteadas de púrpura. Esta planta, se reconoce, fácilmente en el campo, por sus tallos poco ramificados y por sus hojas coriáceas, cordadas en la base. Sus frutos son tóxicos y se han usado de forma ocasional para envenenamiento y pesca ilegal, en ríos o quebradas (MORALES, 2001).

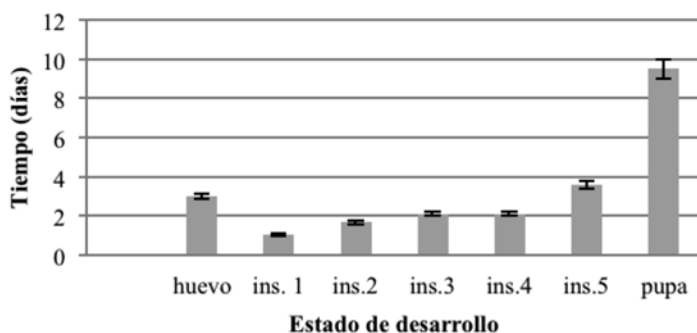
### Recolección y cría de *Danaus plexippus*

Las hembras de *D. plexippus*, ovipositaron de forma individual, en el envés de las hojas de *C. procera*, como ha sido registrado en otras plantas (COSEWIC, 2010; OBERHAUSER, 1997). En campo, las larvas se caracterizaron, por una alimentación no diferenciada de la planta, es decir, no mostraron una preferencia por las hojas jóvenes o maduras de la misma, contrario a lo sugerido por OBERHAUSER (1997), quien argumenta, que esta mariposa prefiere las hojas jóvenes para su oviposición. Sin embargo, se desconoce la distribución de la concentración de látex y toxinas en la planta, por lo cual, no se puede asegurar, que no sigan un patrón basado en estas características, como lo sugieren: ZALUCKI (1991) y ZALUCKI & MALCOLM (1999), para plantas del género *Asclepias*.

### Descripción de los estadios

Los huevos, terminaron su desarrollo a los 3 días después de la oviposición, lo cual, está en los rangos observados por otros autores a nivel de campo (SCHAPPERT, 2004). Las larvas, entraron en estado de prepupa, 10 días después de su nacimiento y terminaron el desarrollo de la pupa, alrededor de 9 días después para dar paso, a la emergencia del adulto. La duración de los estados inmaduros, bajo las condiciones evaluadas, se encuentran, dentro de los observados en campo, por OBERHAUSER (1997).

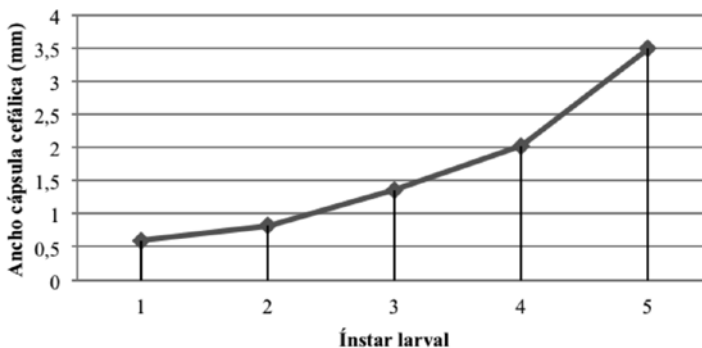
Todas las larvas, pasaron por cinco estadios y no se registraron diferencias significativas, en la duración, de cada uno de ellos (Figura 2).



**Figura 2.** Duración de cada uno de los estados inmaduros, de *Danaus plexippus*.

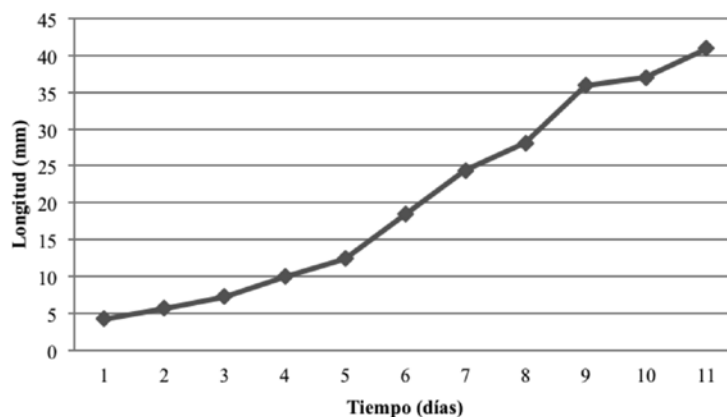
**Huevos:** corion color 1 GLEY 8/1, con pequeñas estrías longitudinales y punturas, en la superficie, dando la apariencia de encaje alrededor del huevo. Forma cónica con punta y bordes longitudinales, con un diámetro ecuatorial de  $0,79 \pm 0,05$  mm ( $n = 20$ ) y un diámetro polar de  $1,05 \pm 0,07$  mm ( $n = 20$ ). Al desarrollarse la larva, dentro del huevo, se mantuvo la coloración del mismo, pero pudo observarse la larva al interior, justo antes de la eclosión. Estas observaciones, coinciden con las hechas por GIL (2006) y OBERHAUSER (1997), excepto, por pequeñas diferencias en el tamaño, en este estudio, estos presentan un tamaño más grande ( $1,2 \times 0,9$  mm). El tamaño de los huevos, en muchas especies de insectos, están en función de la hembra parental (CAPINERA, 2008), por tanto, es posible, que las poblaciones evaluadas, difieran en este aspecto.

**Larva:** todas las larvas presentaron cinco instares, lo que coincide con lo registrado por OBERHAUSER (1997). Primer instar, con cápsula cefálica negra de  $0,59 \pm 0,05$  mm ( $n = 20$ ), de ancho (Figura 3), longitud corporal  $4,25 \pm 0,4$  mm, cuerpo de coloración 1 GLEY 8/1, de apariencia monocromática y sin las líneas características de la especie, hasta que empieza alimentarse de la planta hospedera. Los osmeterios, que se pudieron observar, desde la emergencia de las larvas, son poco desarrollados y se ubican, en el segundo segmento, lo que caracteriza a muchas de las especies, de esta familia. La larva de primer instar, se alimentó de la superficie de la hoja, con patrones de mordida en media luna, lo cual, ha sido reportado, cuando esta especie, se alimenta de otras plantas hospederas, como *Asclepias* sp. (OBERHAUSER *et al.*, 2009).



**Figura 3.** Crecimiento de la cápsula cefálica de la larva, de *Danaus plexippus*.

Se observó, que los siguientes cuatro (4) instares, mostraron la coloración característica de las larvas, de *D. plexippus*: franjas blancas, amarillas y negras, proyecciones (osmeterios) en el tórax y en el abdomen. Desde el segundo instar, las cápsulas cefálicas, mostraron un patrón de bandas intercaladas negro y transparente, la franja transparente, a la vista, puede verse amarilla, debido al tejido cefálico en su interior. Las larvas, mostraron un crecimiento exponencial, después del quinto día, posterior a su emergencia (Figura 4).



**Figura 4.** Curva diaria de crecimiento larval, de *Danaus plexippus*.

En el último estadio larval, se evidenció una disminución en la actividad, dejaron de alimentarse e iniciaron, un avance, hacia la parte superior de la caja petri. Donde tejieron una pequeña cobertura de seda, la cual les permitió, mantener la pupa suspendida en el aire; las larvas que no consiguieron esto y que por el contrario, su pupa quedó sobre la base de la caja, tuvieron deformaciones en sus alas, cuando emergió el adulto.

**Pupa:** de color verde manzana, con puntos color dorado y una franja negra horizontal, con un anillo de puntos dorados, en el primer tercio superior de la misma, la duración de este estadio, transcurrió en un periodo de 9 a 10 días, rango similar, a los rangos de emergencia expuestos por OBERHAUSER (2009), antes de emerger el adulto, se pudieron observar las alas del adulto, con sus escamas características color naranja y negro, a través de la cutícula transparente.

En cuanto a la proporción sexual, al finalizar la investigación, se obtuvo que, de los 20 huevos iniciales: 10 fueron hembras y 9 machos; y tan solo, una de las pupas no emergió, presentándose, una tasa de mortalidad del 5 %. La diferenciación sexual de los adultos, se realizó mediante la visualización de los androconios, estructuras presentes en los machos y ausentes, en las hembras.

Según OBERHAUSER (2009), la mayor parte de los cambios fisiológicos y morfológicos, por los que pasa la mariposa monarca, hasta convertirse en adulto, no ocurren en la etapa pupal. Las alas y otros órganos propios de la adultez, se desarrollan, a partir de diminutas aglomeraciones celulares presentes, desde la etapa larval y, para cuando la larva se convierte en crisálida, ya ha iniciado los principales cambios de su transformación, a la adultez. Conforme se forma la crisálida, las antenas, la probóscide, las alas y las patas, se mueven hacia la superficie, justo en la parte interna del exoesqueleto. Dentro de la crisálida, se lleva a cabo, una reorganización profunda de los músculos de vuelo en el tórax y en los machos, los espermatozoides, maduran durante la etapa pupal. La maduración de los huevos, ocurre sólo después, de la eclosión de la mariposa.

Este estudio mostro el potencial de esta especie (*Danaus plexippus*) para reproducirse en condiciones controladas, utilizando como planta huésped a *Calotropis procera* (algodón de seda), aunque se requieren más estudios, es posible concluir, que esta planta, presente en la zona, en cualquier época del año, permite un desarrollo óptimo de *D. Plexippus* y es una fuente constante, de alimento. Es recomendable realizar estudios sobre el desarrollo de *Calotropis procera* como cultivo, debido a que esta planta, permitiría el desarrollo de protocolos de cría para este género de lepidópteros, dadas las características de amplia adaptabilidad, que presenta a ambientes extremadamente xerofíticos, en zonas arenosas, planicies, pendientes, áreas perturbadas, bordes de carreteras y montículos (COLOMBO *et al.*, 2007).

## BIBLIOGRAFÍA

- ACKERY, P. R. & VANE-WRIGHT, R. I., 1984.- *Milkweed butterflies: Their cladistics and biology*. London & New York: BMNH/Cornell University Press. 425 p.
- BRINCKERHOFF, J., 1999.- *La cría de mariposas: una industria maravillosa en papel*. XI Congreso Nacional Agronómico Costarricense.
- BROWER, L. P., 1995.- Understanding and misunderstanding the migration of the monarch butterfly (Nymphalidae) in North America: 1857-1995. *Journal of the Lepidopterist's Society*, 49: 304-385.
- CAPINERA, J. L., 2008.- *Encyclopedia of Entomology*. Springer Reference. 4346 p.
- COCKRELL, B. J., MALCOLM, S. B. & BROWER, L. P., 1993.- Time, temperature and latitudinal constraints on the annual recolonization of eastern North America by the monarch butterfly: 233-255 (en) MALCOLM, S. B., ZALUCKI, M. P. (eds.) *Biology and conservation of the Monarch Butterfly*. Natural History Museum of Los Angeles County, California.
- COLOMBO, R., MARÍN, O., IRAZÁBAL, S. & TEZARA, W., 2007.- Relaciones hídricas, fotosíntesis, y anatomía foliar de dos especies del género *Calotropis*. *Interciencia*, 32 (11): 791-796.
- COSEWIC., 2010.- *COSEWIC assessment and status report on the Monarch *Danaus plexippus* in Canada*. Committee on the Status of Endangered Wildlife in Canada, 43 p.
- ETCHEGARAY, J. B. & NISHIDA, T., 1975.- Reproductive activity, seasonal abundance and parasitism of the monarch butterfly, *Danaus plexippus* (Lepidoptera: Danaidae) in Hawaii. *Proceedings Hawaiian Entomological Society*, 23 (1): 33-39.
- GIBBS, G., 1994.- *The Monarch Butterfly*. Auckland, New Zealand: Reed Publishing.
- GIL, F., 2006.- A new hostplant for *Danaus plexippus* (Linnaeus, 1758) in Europe. A study of cryptic preimaginal polymorphism within *Danaus chrysippus* (Linnaeus, 1758) in southern Spain (Andalusia) (Lepidoptera, Nymphalidae, Danainae). *Atalanta*, 37 (1-2): 143-149.
- LOZADA, P. A., CENDALES, M. H., GÓMEZ, J. A., BECERRA, M. T. & GROUWELS, S., 2006.- *Desarrollo empresarial comunitario de biocomercio sostenible en Colombia. Aplicación de la metodología análisis y desarrollo de mercado de la FAO*. Estudios de casos: Guajira, Quindío y Santander. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- MATTILA, H. R., SEARS, M. K. & DUAN, J. J., 2005.- Response of *Danaus plexippus* to pollen of two new Bt corn events via laboratory bioassay. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 116: 31-41.
- MORALES, F., 2001.- *Calotropis procera* (Aiton) W.T. INBio. Especies de Costa Rica. [En línea] Disponible en: <http://darnis.inbio.ac.cr/FMPPro?-DB=UBIpub.fp3&lay=WebAll&Format=/ubi/detail.html&Op=bw&id=4122&FindA>.
- OBERHAUSER, K., 1997.- *A Field Guide to Monarch caterpillars (Danaus plexippus)*. National Science Foundation. 16 p.
- OBERHAUSER, K. & SOLENSKY, M., 2008.- Ecología de la mariposa monarca. ECOLOGIA. INFO 28. [En línea] Disponible en: <http://www.ecologia.info/mariposa-monarca.htm>.
- OBERHAUSER, K., BATALDEN, R. & HOWARD, E., 2009.- *Monitoreo de la mariposa monarca en América del Norte: Resumen de iniciativas y protocolos*. Comisión Para La Cooperación Ambiental. 62 p.
- SHAPPERT, P., 2004. *Monarch Butterflies: Saving the King of the New World*. Key Porter Books, Toronto, Ont. 128 p.
- VANE-WRIGHT, R. I., 1993.- The Columbus Hypothesis: An Explanation for the Dramatic 19th Century Range Expansion of the Monarch Butterfly: 179-186 (en) MALCOLM, S. B., ZALUCKI, M. P. (eds.) *Biology and Conservation of the Monarch Butterfly*. Natural History Museum of Los Angeles County, California.
- WOODSON, R. E., 1954.- The North American species of *Asclepias* L. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 41: 1-211.
- ZALUCKI, M. P., 1991.- Oviposition by *Danaus plexippus* (Nymphalidae: Danainae) on *Asclepias viridis* in Northern Florida. *Journal of Lepidopterists' Society*, 45 (3): 215-221.
- ZALUCKI, M. P. & MALCOLM, S. B., 1999.- Plant latex and first-instar monarch larval growth and survival on three North American milkweed species. *Journal of Chemical Ecology*, 25 (8): 1827-1842.



# CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO DE LAS ESPECIES DE *ARGYROGRAMMANA* STRAND, 1932 DE COLOMBIA (LEPIDOPTERA: RIODINIDAE)

Luis M. Constantino<sup>1</sup>, Julián A. Salazar-E.<sup>2</sup>, Gabriel Rodríguez<sup>3</sup>

## Resumen

En el presente trabajo, se estudian las especies y subespecies, del género *Argyrogrammana* Strand, 1932 conocidas de Colombia y se describe una nueva subespecie. Se registran un total de 16 especies para las cuales, se suministra información, sobre su biología, distribución y datos de colecta, con base en material depositado en colecciones nacionales.

**Palabras clave:** *Argyrogrammana*, Ecuador, especies, Guyana Francesa, genitalia, subespecies, registros, *Riodinidae*.

# CONTRIBUTION TO THE KNOWLEDGE OF THE *ARGYROGRAMMANA* STRAND, 1932 GENUS, FROM COLOMBIA (LEPIDOPTERA: RIODINIDAE)

## Abstract

The Colombian species and subspecies of *Argyrogrammana* Strand, 1932 known in Colombia and a new subspecies are studied in this work. Records of 16 species are given including information of their biology, distribution and collection data based on material deposited in Colombian collections.

**Key words:** *Argyrogrammana*, Colombia, Ecuador, species, French Guiana, genitalia, subspecies, records, *Riodinidae*.

## INTRODUCCIÓN

Colombia, es considerado como el país más rico en diversidad de mariposas de la familia Riodinidae, en la región Neotropical (CALLAGHAN, 1985) razón por la cual, hemos decidido profundizar en el estudio de este grupo de Lepidópteros, poco conocido en nuestro medio. En este caso, presentamos el género *Argyrogrammana*, Strand, 1932, como complemento a los estudios previos realizados sobre los géneros: *Symmachia* Hübner, *Necyria* Westwood, *Mesosemia* Hübner, *Anteros* Hübner y *Ancyluris* Hübner (SALAZAR & CONSTANTINO, 2000; SALAZAR, CONSTANTINO & RODRÍGUEZ, 2008; SALAZAR, RODRÍGUEZ & CONSTANTINO, 2009; RODRÍGUEZ, CONSTANTINO & SALAZAR, 2010; CONSTANTINO, SALAZAR & RODRÍGUEZ, supl. en prep.).

\* FR: 26-VI-2010. FA: 26-II-2012.

<sup>1</sup> Museo Entomológico Marcial Benavides, CENICAFÉ. Email: luismiguel.constantino@cafedecolombia.com

<sup>2</sup> MHN Centro de Museos, Universidad de Caldas. Email: julianadolfooster@hotmail.com.

<sup>3</sup> INGEOMINAS, Medellín. Email: gabrieldimera@yahoo.com.

El género *Argyrogrammana* según HALL & WILLMOTT (1995), se distribuye en Centro y Suramérica, con la mayoría de especies confinadas a zonas de bosque húmedo tropical de zonas bajas, especialmente del Amazonas. De acuerdo a la más reciente lista de mariposas publicada por CALLAGHAN & LAMAS (2004), *Argyrogrammana*, comprende 33 especies, de las cuales, unas 16 pertenecen a la fauna colombiana, cifra que hace al país, el tercero más rico en especies después de Ecuador y Guyana Francesa. Este género conocido previamente como *Argyrogramma* Stichel, 1910 se aplicó gracias a la designación original de "*Erycina*" *stilbe* Godart (1824) como especie tipo, pero según HEMMING (1967), tal nombre genérico es inválido debido a que constituye, un homónimo más reciente de *Argyrogrammana* Hübner (1823), por tanto fue reemplazado por *Argyrogrammana* Strand, 1932. Por otra parte, este grupo de mariposas, estaba incluido anteriormente, en los géneros *Charis* Hübner, 1816 y *Baetis* Hübner (1816) (MENGEL, 1905; WESTWOOD, 1851).

Diversos autores han contribuido en el conocimiento de este género, entre los cuales están: O. STAUDINGER, H. STICHEL, P. LATHY, G. TALBOT y H. W. BATES, al describir varias especies a finales del siglo XIX y comienzos del XX. En tiempos modernos, desde la descripción de la última especie *Argyrogrammana alstonii*, descrita por SMART (1979), pasaron más de 30 años, en surgir un vivo interés por el grupo, gracias a la labor de los franceses CH. BRÉVIGNON, J. Y. GALLARD, por un lado y J. HALL y K. WILLMOTT, por el otro; quienes casi simultáneamente publicaron un completo tratamiento de las especies, en especial, las halladas en Guyana Francesa y Ecuador, respectivamente. Ellos, describieron además, nuevas especies (BRÉVIGNON & GALLARD, 1995, 1998, 2008; HALL & WILLMOTT, 1995, 1996, 1998).

Miembros de *Argyrogrammana*, aparecen ilustrados en algunos libros populares de divulgación en mariposas tropicales, como SEITZ (1924), GODMAN & SALVIN (1886), LEWIS (1975) y D'ABRERA (1994), éste último, muestra ejemplares contenidos en la colección del Museo Británico e incluye los tipos de 5 especies, que han ayudado en gran medida a un diagnóstico real, en la cuestión que nos concierne. El patrón de coloración de los adultos, es variable, casi siempre sobre fondos amarillo naranja, salpicados de puntos dorados, manchas azul turquesa aisladas o en estrías, presentes en los ♂♂ pero las ♀♀ son dimórficas sexualmente, evidenciado en puntos o bandas longitudinales amarillas, blanquecinas con ribetes dorados en los márgenes y el aspecto alar más ancho.

### Biología y hábitos

Los adultos, se pueden observar como individuos solitarios a través del borde del bosque, caminos madereros abandonados o en las riveras de ríos y quebradas, volando, entre las 10.00 a.m. a 12.00 p.m., preferiblemente en días soleados (CHACÓN & MONTERO, 2007). Las hembras, vuelan a primeras horas de la mañana, entre 7:30- 9.00 a.m., posándose sobre el reverso de las hojas o visitando a veces, flores de Asteráceas (DE VRIES, 1997). Parece ser y es un hábito excepcional, que ciertos miembros del grupo, tienen predilección durante su fase adulta, en nutrirse de las heces secas que dejan los pájaros sobre las hojas del bosque tropical, fenómeno que no es registrado por HALL & WILLMOTT (2000) en un interesante trabajo, referido a la dieta alimenticia de los riodinidos en el neotrópico. En cuanto a los estados inmaduros y plantas huésped, DE VRIES (1997), ROBBINS & AIELLO (1982) afirman que, pertenecen a las familias Clusiaceae y Guttiferae. La larva

por lo general lleva unas setas escasas y alargadas sobre el cuerpo y tienen por costumbre enrollarse o plegarse, sobre el dorso de las hojas, dentro de un tubo, donde se alimentan y ocultan. Las crisálidas, son aplanadas dorso lateralmente con una tenue quilla torácica en el cuerpo y una serie de setas dorso laterales, como ostenta la especie *Argyrogrammana leptographia* Stichel (DE VRIES, 1997).

### Registros regionales

FAGUA (1996) y PINZÓN (2009), registraron a *A. trochilia* Ww., dentro de inventarios de mariposas hechos en la Serranía de Taraira (Vaupés) y el río Apaporis (Caquetá), en la Amazonia colombiana. SALAZAR & LÓPEZ (2002), citaron a *A. stilbe holosticta* G. & S., *A. venilia* Bates y *A. crocea* G. & S., para un sector del piedemonte, en el oeste de la cordillera occidental (Valle del Cauca) y poco después SALAZAR *et al.*, (2003), a *A. stilbe* Gdt., en el piedemonte, al este de la cordillera oriental (Meta). Otra especie *Argyrogrammana occidentalis* G. & S., fue registrada para una región insular del Pacífico colombiano (VARGAS, 2003). ARIAS & HUERTAS (2001), citan a *A. crocea* G. & S., y *A. pastaza* H. & W., para la Serranía de Churumbelos (Cauca oriental), siendo esta última, un nuevo registro para Colombia.

Otros listados, como el de ANDRADE (2002), incluyen: *A. barine* Stgr., *A. saphirina* Stgr., y *A. stilbe* Gdt., para el Chocó y la vertiente este, de la cordillera oriental (dato erróneo) y otra, anteriormente publicada por CALLAGHAN (1985), solo cita 4 especies: *A. trochilia leptographia* Stich., *A. stilbe* ssp., *A. holosticta* G. & S y *A. physis* Stich.; distribuidas en algunas de las regiones zoogeográficas por él discriminadas. En este trabajo, se aumenta a 16, el número de especies conocidas para Colombia.

### MATERIALES Y MÉTODOS

La mayoría del material examinado del presente género, se obtuvo en las décadas de 1970, 1980 y 1990. Son pocas las colecciones nacionales que tienen ejemplares de *Argyrogrammana*, entre ellos:

IiAvH: Instituto de Investigaciones Alexander von Humboldt (col. E.W. Schmidt-Mumm), Villa de Leyva, Boyacá.

ICN-MHN: Instituto de Ciencias Naturales-Museo de Historia Natural, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

MHN-UC: Museo de Historia Natural, Universidad de Caldas, Manizales.

CGR: Colección Gabriel Rodríguez, Mitú, Vaupés.

CFC: Colección Familia Constantino, Cali, Valle.

CJS: Colección Julián Salazar, Manizales, Caldas.

CJIV: Colección José I. Vargas, Villamaría, Caldas.

CMUA: Museo Universidad de Antioquia, Medellín.

CJFLC: Colección Jean F. Lecrom, Bogotá.

ME: Material Examinado.

AA: Ala Anterior.

AP: Ala Posterior.

♂: Sexo masculino.

♀: Sexo femenino.

La información sustancial, que facilitó el registro de las especies de este género conocidas en Colombia, se obtuvo de: GODMAN & SALVIN (1886), STAUDINGER (1887), SEITZ (1917, 1924), LEWIS (1975), CALLAGHAN (1985), BRIDGES (1994) y CALLAGHAN & LAMAS (2004). Por otro lado, se examinaron las especies tipo, disponibles fotográficamente en: [www.butterfliesofamerica.com](http://www.butterfliesofamerica.com), gracias a una labor de acopio realizada por Gerardo Lamas. Para la nomenclatura actualizada y terminología genital se consultó a: HALL & WILLMOTT (1995, 1996) y en la sistemática, a STICHEL (1911).

## RESULTADOS

### A. Reseña de especies y subespecies

#### I. Grupo Stilbiformes

1.- *Argyrogrammana stilbe* Godart (Pl. 3, Figs. 18 ♀)  
Godart, J. B., Encyclop. Meth., ix: 574, Fig. 42 (1824).

De acuerdo a HEMMING (1967), esta es la especie tipo del género, cuya existencia no está comprobada. La ilustración de ambos sexos suministrada por HALL & WILLMOTT (1996), nos muestra al supuesto tipo con el anverso de las cuatro alas de un amarillo claro, salpicado de puntos café claro, esparcidos a lo largo y ancho de las alas, que en las subespecie *holosticta* G. & S., aparecen más pequeños y difusos. Una completa discusión, acerca de esta especie tiponominal respecto al taxón *perone* Dbl. y otras entidades relacionadas, aparece en HALL & WILLMOTT (1996), quienes indican su distribución desde el este de Colombia, Bolivia, Brasil y Guayanas.

**Distribución:** CALLAGHAN (1985), cita a *A. stilbe* ssp., procedente de la vertiente este de la cordillera oriental, dato que requiere verificación. Rara en colecciones colombianas.

ME, COLOMBIA, CHOCÓ: Triganá, a 60 m, ♂, 20-XI-2009, G. Rodríguez *leg.* (CGR). Sipí, a 400 m, ♀, J. Salazar *leg.* (IiAvH-10112).

2.- *Argyrogrammana stilbe holosticta* Godman & Salvin (Pl. 3 Figs. 19-20 ♂)  
Godman, F. D. & Salvin, O. Proc. Zool. Soc. London, (2): 364 (1878).

Subespecie parecida a la anterior pero con los puntos café más pequeños y esparcidos, la hembra figurada por HALL & WILLMOTT (1996) y otra existente en la colección de IiAvH; es de alas redondeadas y con las manchas irregulares bien claras, al igual que la tonalidad amarillenta de las alas. Dichas manchas, son también translucidas en el reverso y se disponen en la misma ubicación pero más conspicuas.

**Genitalia del macho:** figurada en HALL & WILLMOTT (1996), *uncus*, cuadrangular y truncado en su parte posterior; *saccus*, largo y engrosado; *valvae*, aguda y con espícula pequeña; *aedeagus*, grueso y algo elongado.

**Distribución:** subespecie que habita, desde México (Centroamérica) al occidente de Ecuador (D'ABRERA, 1994). En Colombia CALLAGHAN (1985), la indica para el bajo Magdalena y Panamá. Aparece figurada en VÉLEZ & SALAZAR (1991).

ME, COLOMBIA, ANTIOQUIA: Puerto Berrio-finca El Caney, ♂, 17-VI-2010, J. Jaramillo *leg.* CALDAS: Manizales-quebrada del Medio, a 1700 m, ♂, V-1978, J. Salazar *leg.* (CJS), Manizales-Monte León, a 2200 m, ♂, IX-1979, J. Salazar *leg.* (CJS), Victoria, a 1000 m., ♂, E. W. Schmidt-M. *leg.* (IiAvH-10110).

3.- *Argyrogrammana sublimis* Brevignon & Gall. (Pl. 3, Figs. 22-23 ♂)  
Brevignon Ch. & Gallard, Y. Lambillionea, 53: 394 (1995).

Esta entidad, fue descrita como una raza de stilbe procedente de la Guyana Francesa pero según HALL & WILLMOTT (1996) es una buena especie relacionada con *A. placibilis* Stich. y *A. occidentalis* G. & S. El dorso del AA puede ser naranja fuerte a claro, con los elementos de manchitas irregulares dispuestas sobre la superficie alar de bordes más agudos que la especie anterior. El reverso más amarillento con las manchas marcadas que en el anverso. La hembra es al igual que el macho pero de alas más anchas. HALL & WILLMOTT (1996), dan una descripción más detallada de *A. sublimis*, que muestra según dichos autores variación en su rango de distribución.

**Genitalia del macho:** figurada en BRÉVIGNON & GALLARD (1995: 402, fig. 2), *saccus*, delgado y largo, con *valvae* gruesa que culmina con un gancho manifiesto y posterior.

**Distribución:** indicada desde Costa Rica, al Brasil y la Guyana Francesa (HALL & WILLMOTT, 1996). En Colombia, es una especie rara y poco registrada en colecciones.

ME, COLOMBIA, META: Villavicencio-Bavaria, a 450 m, ♂, XI-1989. J. Salazar *leg.* (CJS). VALLE: Dovio-alto río Garrapatas, a 800 m, ♂, 10-IX-1996, J. Salazar *leg.* (CJS), río Calima, ♂, E.W. Schmidt-M. *leg.* (IiAvH-10113).

4.- *Argyrogrammana placibilis* Stichel (no ilustrada)  
Stichel, H. Berl. Ent. Zeitschr., 55 (1910).

Esta es una especie amazónica conocida de Perú, Brasil y Guyana Francesa, que de acuerdo a HALL & WILLMOTT (1996), se encuentra relacionada con *A. occidentalis*, en el AA y AP, salpicado de fuertes marcas negruzcas sobre un fondo amarillo naranja. Las hembras de ambas especies son muy similares (STICHEL, 1911). Igualmente, ellos la tratan como entidad separada, designando al sintipo de *A. perone* del Museo Británico como su sinónimo. En Colombia, no era conocida hasta un reciente registro del oriente amazónico (Vaupés).

ME, COLOMBIA, VAUPÉS: Mitú, a 250m, ♀, 9-IX-2011, G. Rodríguez *leg.* (CGR-786).

5.- *Argyrogrammana occidentalis* Godman & Salvin (Pl. 3, Fig. 17 ♂, Fig. 21 ♀)  
Godman, F. D. & Salvin, O., Biol. Centr. Amer., 1: 431 (1886).

Conocida también como *Argyrogrammana juanita* Staudinger, 1887, esta especie fue descrita brevemente por dichos autores del río San Juan, occidente de Colombia.

El tipo figurado por D'ABRERA (1994), así como los ejemplares que tenemos a disposición, muestran a un insecto variable, que tiene el dorso del AA de tonalidad naranja claro, centrada hacia la región basal y medial, presentando un área apical y subapical amplia, café oscura y sin puntos, que si aparecen en el resto del ala. El anverso del AP, está salpicado de puntos en las zonas arriba indicadas, con un delgado ribete azul dorado en el área marginal. Reverso de color más pálido y las manchas más notables y salpicadas en la hembra. Ella igualmente, es de alas más anchas, con manchitas café, gruesas, sobre todo, aquellas dispuestas en la región apical y subapical. GODMAN & SALVIN (1886), la relacionan con *A. crocea* G. & S.

**Genitalia del macho:** figurada en BRÉVIGNON & GALLARD (1995), *sacculus*, muy delgado; *saccus*, delgado con ligera protuberancia anterior; *valvae*, gruesa pero con una escotadura en gancho, en su parte posterior; *uncus*, rectangular y *gnathos*, poco manifiesto.

**Distribución:** en Colombia, confinada en el piedemonte oeste de la cordillera occidental, volando en el bosque húmedo tropical y en zonas insulares boscosas (VARGAS, 2003). CALLAGHAN (1985) y ANDRADE (2002) no la incluyeron en sus listados de riodinidos colombianos.

ME, COLOMBIA, VALLE: Buenaventura-isla Punta Soldado, a 50 m, ♂ & ♀, 10-III-2000, J. Vargas *leg.* (CJIV), igual localidad, ♂, 15-VII-2000, J. Vargas *leg.* (CJS), Alto río Anchicayá, a 900 m, ♀, VI-1986, J. Salazar *leg.* (CJS).

6.- *Argyrogrammana crocea* Godman & Salvin (Pl. 3, Fig. 24 ♀)  
Godman, F. D. & Salvin, O., Proc. Zool. Soc, London, (2): 364 (1878).

*A. crocea*, fue descrita como una subespecie de *venilia* con base en ejemplares de sexo femenino pero posteriormente GODMAN & SALVIN (1886) la tratan como especie aparte, debido a que tuvieron acceso al estudio de ambos sexos (pl. 47, Figs. 3, 4, 5). Se puede distinguir de otras especies del grupo *stilbe*, por tener sobre el dorso del AA una delgada banda negra, ubicada en el ápice, presente, tanto en ♂♂ como en ♀♀. Estos autores, mencionan incluso, la gran similitud que tiene esta *Argyrogrammana*, con la especie *Symmachia xypete* (HEWITSON, 1870).

**Genitalia del macho:** no examinada.

**Distribución:** desde Nicaragua, Costa Rica, hasta el occidente de Ecuador (CHACÓN & MONTERO, 2007). HALL & WILLMOTT (1996) ilustraron una hembra procedente de "Cananche-Cundinamarca" (= Otanche, Boyacá) que es idéntica, a uno de los ejemplares ilustrados por nosotros. Otra hembra, aparece en D'ABRERA (1994: 1051), procedente de "Nueva Granada". HUERTAS & ARIAS (2000) ilustran un ejemplar de la Serranía de Churumbelos (Cauca oriental) que consideran perteneciente a esta especie, sin embargo, corresponde a una entidad cercana a *A. sublimis* Brev. & Gall. *A. crocea*, tampoco fue citada por CALLAGHAN (1985) o ANDRADE (2002) en sus respectivos listados.

ME, COLOMBIA, CUNDINAMARCA: Girardot-Rio Magdalena, a 200 m, ♀, 5-III-2003, L. Constantino *leg.* (CFC). TOLIMA: Melgar-Tolemaida, a 200 m, ♂, 12-IV-2002, L. Constantino *leg.* (CFC) en zonas de bosque seco tropical.

## II. Grupo Bariniformes

7.- *Argyrogrammana barine* Staudinger (Pl. 2, Figs 14-15 ♂, 16 ♀)  
Staudinger, O. Exot. Schmett., pl. 91 (1887).

*A. barine*, es la especie más común de este grupo en Colombia y de la cual hemos recogido en más de una localidad. Como sucede con otras especies del género, el tipo figurado en: [www.butterfliesofamerica.com](http://www.butterfliesofamerica.com), procede del río San Juan, occidente de Colombia (STAUDINGER, 1887; SEITZ, 1917). El dorso del AA en el macho, es marrón excepto en la base del área medial que tiene una mancha azul turquesa característica, zona marginal, con una línea plateada que recorre el submargen y continua en el anverso del AP, con una franja postbasal y medial. La hembra de tonalidad más clara con la mancha azul turquesa más notable que en el macho y el ribete submarginal más evidente y grueso. Reverso amarillo claro, salpicado de líneas de color café oscuro a nivel basal y medial.

**Genitalia del macho:** no examinada

**Distribución:** en el Chocó biogeográfico y el piedemonte oeste de la cordillera occidental, hasta los 1700 msnm. CALLAGHAN (1985) y ANDRADE (2002), la citan para la misma región. Especie frecuente.

ME, COLOMBIA, CAUCA: López de Micay, a 100 m, ♂, 26-XII-1997, W. Parsons *leg.* (MHN-UC 185). CHOCÓ: San José del Palmar-quebrada San Antonio, a 800 m, ♀, 25-III-2005, J. Vargas *leg.* (CJIV), igual localidad, ♀, 13-II-2000, J. Salazar *leg.* (CJS). NARIÑO: Ricaurte, a 1000 m, ♂, 15.IV.1988, A. Nipes *leg.* (MHN-UC 284). RISARALDA: Santa Cecilia-Río San Juan, a 300 m, ♀, 30-VI-1995, J. Salazar *leg.* (CJS). VALLE: Buenaventura, a 100 m, ♀, 22-I-1986, J. Salazar *leg.* (liAvH-10105), El Quermal, a 1200 m, 2 ♂♂, 19-XII-1984, 9-IV-1985, J. Salazar *leg.* (MHN-UC 186, 205), *ibidem*, 4 ♂♂ & 1 ♀, 9-10-IV-1984, J. Salazar *leg.* (CJS). *Ibidem*-Km 56, a 1100 m, 4 ♀♀, 7-VIII-1981, L. Constantino *leg.* (CFC), igual localidad, ♂, 20-VIII-1990, J. Salazar *leg.* (CJFLC).

8.- *Argyrogrammana physis physis* Stichel (Pl. 2, Fig. 11 ♂ tipo)  
Stichel. H. Genera Insectorum, 112A: 246 (1911).

Como la anterior especie, *A. physis*, fue descrita del río San Juan, pero su área de dispersión es mucho más grande y conocida. En esta especie el anverso del AA tiene una mancha naranja extendida desde la base a la zona medial, dejando un área postmedial y apical café oscuro e interrumpida por una diminuta mancha azul celeste subapical. El AP con la misma tonalidad naranja en toda la extensión alar y cruzada de dos finas líneas en el submargen y el margen, una de ellas azul plateado. Reverso alar amarillento uniforme, pero salpicado de numerosas manchas café oscuro, excepto el ápice del AA con unas manchitas azul plateado continúan en el margen. La hembra de esta especie fue figurada por BRÉVIGNON & GALLARD (1995) pero es desconocida en nuestro medio.

**Genitalia del macho:** figurada en BRÉVIGNON & GALLARD (1995), *sacculus*, erguido, pero algo sinuoso; *saccus*, delgado y alargado; *uncus*, cuadrangular; *gnathos*, corto y cónico; *aedeagus*, algo elongado y engrosado en la parte anterior.



**Distribución:** en la vertiente Pacífica (Chocó biogeográfico) y el Magdalena medio. Citada por CALLAGHAN (1985) en el costado este de la cordillera oriental (subespecie *physis phyton* Stichel). D'ABRERA (1994), figuró un macho procedente de Cundinamarca.

ME, COLOMBIA, ANTIOQUIA: Puerto Triunfo, ♂, 9-VIII-2005, C. Sañudo *leg.* (CMUA).

9.- *Argyrogrammana physis phyton* Stichel (Pl. 2, Fig. 12 ♂)  
Stichel. H. Genera Insectorum, 112A: 246 (1911).

El tipo de *physis phyton*, proviene de Sao Paulo de Olivenca, Brasil (STICHEL, 1911), es una subespecie parecida a la tiponominal, excepto que el AA tiene la mancha naranja basal y medial más amplia y fragmentada en la costa alar. Torno alar en el anverso con una lista naranja vertical muy tenue que está ausente en *physis*. El AP es igual a *physis*, pero con el ribete dorado más neto y salpicado de puntos submarginales evidentes. Reverso como en la subespecie nominotípica.

**Distribución:** según WILLMOTT & HALL (1995) se distribuye desde el este de Colombia a Perú y Brasil. Además los autores dicen que D'ABRERA (1994), figuró un ejemplar de Cananche (= Otanche), que es intermediario entre ambas subespecies. Hembra desconocida.

ME, COLOMBIA, META: Villavicencio, a 450 m, ♂, E. W. Schmidt.-M. *leg.* (IiAvH-10115), *ibidem*, sin datos de localidad, fecha y colector, 2 ♂♂, (ICN-MHN-pml 792, 794).

10.- *Argyrogrammana pulchra* Talbot (Pl. 2, Fig. 9-10 ♂, tipo)  
Talbot, G. Bull. Hill Mus., 3 (2): 145 (1929).

Descrita por el material tipo de "Santafé de Bogotá" y figurado por D'ABRERA (1994) y en [www.butterfliesofamerica.com](http://www.butterfliesofamerica.com). Es una rara especie no registrada de nuevo, cuya procedencia, dado el origen netamente tropical del género, podría provenir de algún lugar ubicado en las vertientes este u oeste de la cordillera oriental. Ambos sexos, facilitan reconocer un patrón alar que en el dorso de las AA del macho, tiene una mancha naranja intensa dispuesta como en *A. physis*, pero con la presencia a nivel postmedial, de una mancha azul aguamarina en arco bien notable, con trazas de manchitas del mismo color, ubicada en el subápice. El AP como en la especie anterior.

Reverso azul aguamarina salpicado de franjas negras irregulares. La hembra, es de alas amarillentas y salpicadas de manchas café claro gruesas.

**Genitalia del macho:** no examinada.

**Distribución:** solo conocida por la localidad tipo. Especie rara y no conocida, en colecciones colombianas.

11.- *Argyrogrammana caelestina* Hall & Willmott (Pl. 2, Fig. 13 ♂)  
Hall, J. & Willmott, K., Trop. Lep., 6 (2): 140-141, Fig. 10 a,b (1995).

*A. caelestina*, constituye un nuevo registro para la fauna colombiana por un macho capturado en el suroriente del país (bota caucana) (HALL & WILLMOTT, 1998).



Dicho ejemplar acorde con el tipo descrito de Napo, Ecuador, ostenta el dorso del AA negruzco, excepto en la zona basal que es café oscuro y una gran mancha azul aguamarina, que aparece en las regiones medial y postmedial que la hace inconfundible. El AP con tonalidad café rojizo y dos franjas sinuosas de color negro que ribetean el margen y submargen. El reverso alar es azul aguamarina, interrumpido por la marca azul anverso, translúcida y una serie de cortas listas negras que salpican el AP. La hembra, hasta hace poco desconocida, fue figurada recientemente para una región del Parque Natural Sangay, en el sureste ecuatoriano ([www.sangay.eu.fichaprincipal.php](http://www.sangay.eu.fichaprincipal.php)).

**Genitalia del macho:** *valvae* algo oblonga; *saccus* alargado, pedicelo doblado por encima del *saccus* y apoyando al *aedeagus* (HALL & WILLMOTT, 1995).

**Distribución:** previamente anunciada por SALAZAR (1995) como *Argyrogrammana* sp. y restringida al sur de la vertiente este de la cordillera oriental, Cauca-Putumayo. Rara.

ME, COLOMBIA, CAUCA: Santa Rosa-Río Villalobos, a 800 m, ♂, VII-1993, J. Salazar leg. (CJS).

### III. Grupo Trochiliiformes

12.- *Argyrogrammana trochilia* Westwood (no ilustrada)  
Westwood, J.O. Gen. Diurn., Lepid., 452 (1851).

La descripción previa de WESTWOOD (1851) nos indica que el tipo sin figura, procede de Pará (Brasil) y detalla un patrón de coloración dorsal con bandas azul turquesa longitudinales, sobre el dorso del AA (ver el tipo) HALL & WILLMOTT (1996). La zona apical del AA tiene una banda naranja casi vertical que antecede un ribete azul más fino continuado hacia el AP. El reverso, con estrías amarillentas delgadas y sinuosas. La hembra es de un dorso cruzado de bandas amarillentas muy delgadas que se translucen en el reverso. HALL & WILLMOTT (1996) y BRÉVIGNON & GALLARD (1995), la relacionan con otras entidades emparentadas (*A. rameli* Stichel, 1930 y *A. johannismarci*) BRÉVIGNON (1995).

**Genitalia del macho:** bastante reconocible por el extremo apical de la *valvae*, bruscamente cuadrada y ligeramente aserrada (HALL & WILLMOTT, 1996), *aedeagus*, muy largo y recto; *saccus*, delgado con espícula y *sacculus* delgado y elongado.

**Distribución:** especie amazónica conocida de Brasil, este de Colombia a Bolivia y las Guayanas (HALL & WILLMOTT, 1996; FAGUA, 1996).

ME, COLOMBIA, VAUPÉS: Mitú, Taraira-Estación Caparú, ♀, 2-IX-1993, J. Pinzón leg. (CJFLC).

13.- *Argyrogrammana saphirina* Staudinger (Pl. 1, Figs. 7 ♂, 8 ♀)  
Staudinger, O. Exot. Schmett., pl. 91 (1887).

Es la especie de mayor tamaño que vuela en Colombia y una de las más vistosas. Los tipos ♂ y ♀ proceden del río San Juan, occidente del país, se encuentran

depositados en el Museo de Zoología de la Universidad A. Von Humboldt, Berlín. Ellos aparecen en STAUDINGER (1887), por su ilustración original y en HALL & WILLMOTT (1996). El AA dorsalmente en el macho es de color negro intercalado de una serie de manchas cuadrangulares y en estría azul celeste vivo pero no iridiscente, al igual que en el AP. El área marginal ribeteada de una línea azul del mismo color. El reverso alar, con igual patrón pero es amarillento, excepto la zona apical del AA con una manchita azul dorado característica. La hembra es dimórfica, de gran tamaño, ostenta 6 bandas longitudinales amarillentas, que se continúan en el AP e igualmente, se translucen en todo el reverso alar.

**Genitalia del macho:** según HALL & WILLMOTT (1996), la genitalia masculina, es distintiva con *valvae*, larga y puntiaguda que se une en la punta por un proceso esclerotizado único en el complejo de *A. trochilia* y una herniación del *uncus* bilobulada en vista ventral.

**Distribución:** especie extremadamente rara y localizada en el occidente de Colombia (Chocó biogeográfico) y Panamá, siempre asociada a zonas de bosque húmedo tropical. Nosotros solo hemos tenido 4 encuentros con *A. saphirina* por dos parejas conocidas en 35 años de colectas. No fue registrada por CALLAGHAN (1985), en su listado y ANDRADE (2002), lo hace erróneamente para el flanco este de la cordillera oriental.

ME, COLOMBIA, CHOCÓ: San José del Palmar-Río Abita, a 800 m, ♀, VII-1984, J. Salazar *leg.* (CJS). VALLE: río Tatabro-bajo Anchicayá, a 150 m, ♂, 15-IV-1988, L. Constantino *leg.* (CFC), *ibidem*, ♂, III-1992, J. Salazar *leg.* (CJS), Río Raposo, a 100 m, ♀, 22-II-1982, L. Constantino *leg.* (CFC).

14.- *Argyrogrammana pastaza* Hall & Willmott (Pl. 1, Figs. 4 ♂, 6 ♀)  
Hall, J. & Willmott, K., *Trop. Lep.*, 7 (1): 72, Figs. 5 a-d (1996).

Esta especie, es un reciente descubrimiento logrado por dichos autores en el oriente ecuatoriano (río Pastaza) que fue anunciado por primera vez para Colombia por HUERTAS & ARIAS (2000). El aspecto del adulto en el macho, es similar a *A. trochilia*, con el dorso del AA cruzado de 5 bandas longitudinales azul turquesa, en un ángulo más bajo que otras especies emparentadas. Esas bandas se ubican a nivel basal, postbasal, medial, postmedial y subapical; y se continúan en el AP, el borde marginal, es oscuro y menos ornamentado que en otras especies. El reverso alar translucido, con las bandas del anverso, pero son amarillentas. HALL & WILLMOTT (1996) dicen que la hembra no es conocida, pero para nosotros la coloración dimórfica, es la de un insecto con las bandas verticales como en el macho pero amarillentas, tal como aparece en la figura que suministran pero no designada formalmente como Alotipo de la especie.

**Genitalia del macho:** la genitalia del macho de esta especie, tiene el *uncus* y el *tegumen*, elongados; las *valvae* ligeramente puntiagudas y amplias, en vista lateral. (HALL & WILLMOTT, 1996).

**Distribución:** confinada en Colombia, en zonas del sureste la cordillera oriental, en áreas de bosque húmedo tropical y premontano (800-1500 msnm). HUERTAS & ARIAS (2000), ilustraron una hembra que corresponde al morfotipo femenino

de HALL & WILLMOTT (1996) para esta especie, procedente de la Serranía de Churumbelos (bota caucana). Local.

ME, COLOMBIA, CAUCA: Santa Rosa-Rio Villalobos, a 800 m, 2 ♂♂ & 1 ♀, 14, 15-XII-1994, J. Salazar *leg.* (CJS), igual localidad, a 950 m, ♂ & ♀, 20-XI-1992, 10-VII-1993, J. Salazar *leg.* (CJFLC), ibídem, ♂, J. Salazar & E. W. Schmidt-M. *leg.* (IiAv 10108). CAQUETÁ: Carretera a Florencia, ♂, 9-IX-1996, C. & G. Rodríguez *leg.* (CGR-233). NARIÑO: Monopamba, a 1200 m, ♀, 16-IX-1987, J. Salazar *leg.* (CJS). PUTUMAYO: Alto Rio Guamues-Orito, ♂, 19-IX-1987, J. Salazar *leg.* (CJS).

15.- *Argyrogrammana leptographia* Stichel (Pl. 1, Figs. 2-3 ♂♂)  
Stichel, H., *Genera Insectorum*, 112B: 247, Fig. 64 (1911).

*A. leptographia*, fue descrita por Hans Stichel en la obra *Genera Insectorum*, procedente del río San Juan pero adscribiéndola como subespecie de *A. trochilia*. HALL & WILLMOTT (1996) figuraron el holotipo que se caracteriza por tener en el dorso del AA y del AP, una intensa coloración azul turquesa desde la base a la región postmedial interrumpida por líneas negras irregulares. El área marginal, esta bordeada de una línea plateada que va centrado dentro de una banda naranja, excepto en el ápice del AA que es casi inexistente o vestigial. Reverso de tonalidad amarillenta pero salpicado de puntos café claro, como en *A. stilbe*. La hembra es rara con tonalidad amarillenta clara, uniforme y salpicada de petequias café claro. Esta especie es variable a través de su rango de distribución, debido a que el azul turquesa es pálido y reducido con las manchas negras bien tenues como en el tipo y los ejemplares examinados del Chocó biogeográfico (Pl. 1, Figs. 2-3) o da la impresión de tener las bandas azul bien fuertes y gruesas.

Este último carácter, es constante en el material que hemos examinado del Magdalena medio, debido a que el dorso de las alas anteriores y posteriores tiene las líneas negras bien conspicuas, delimitando nítidamente las bandas azul turquesa y la región marginal de las alas bien marcada por un borde naranja grueso, sobre todo en el área apical del AA, que en el ejemplar tipo y en otros tres ejemplares capturados por nosotros procedentes del río San Juan, y del Chocó, es pequeña o vestigial (ME, RISARALDA: Bacorí-Rio San Juan, a 350 m, 2 ♂♂, 10-X-1981, J. Salazar *leg.* (CJS). CHOCÓ: Valencia-Curundó, a 250 m, ♂, 16-VIII-1991, J. Salazar *leg.* (CJFLC)). El borde del AP en los especímenes del Magdalena, tiene la banda naranja gruesa y viva mientras que, en el tipo es reducida o ausente. La hembra es parecida a la especie tiponominal, sin variación apreciable. Estos ejemplares, son designados aquí, como: *Argyrogrammana leptographia magdalenae* n. ssp., CONSTANTINO, RODRÍGUEZ & SALAZAR. (Pl. 1, Fig. 1 ♂).

**Holotipo:** ♂, envergadura alar 14 mm, COLOMBIA, ANTIOQUIA: Amalfi, a 900 m, VII-1995, G. Rodríguez *leg.*, depositado en CGR-125. Alotipo ♀, igual localidad, fecha y colector (CGR-124). Paratipos: 1 ♂, ANTIOQUIA: Anorí-reserva Arrierito, 26-I-2010, L. E. Mejía *leg.* BOYACÁ: Otanche-Río Cobre, a 800 m, ♂, F. Gutiérrez *leg.* (ICN-MHN), Porce, a 700 m, ♀, 3-X-2009, G. Rodríguez *leg.* (CGR).

**Etimología:** el epíteto específico, hace alusión al nombre de la localidad tipo, de donde proceden los ejemplares, el valle del río Magdalena, ubicado en el centro de Colombia.

**Distribución:** *A. leptographia leptographia*, está presente en el Chocó biogeográfico y el Magdalena medio y *A. leptographia magdalenaense* distribuye en el Magdalena medio.

16.- *Argyrogrammana glaucopsis* Bates (Pl. 1, Fig. 5 ♀)  
Bates, H. W. J. Linnean Soc. London, 9 (39) (1868).

Esta es una singular especie, descrita de Ega (Brasil), cuyo tipo ([www.butterfliesofamerica.com](http://www.butterfliesofamerica.com)), se distingue por el anverso de un color café oscuro, excepto en el AA que lo interrumpe una banda transversal azul celeste ubicada en la región postmedial y trazos de otra manchita de la misma tonalidad cerca a la costa alar. AP, sin marcas pero aparece una delgada lista azul plateada, que bordea el margen y unas manchitas café oscuras dispuestas en el torno y región anal. El reverso es café interrumpido por una banda irregular azul grisáceo que cruza las 4 alas.

La hembra se parece a la de *A. trochilia* por el dorso con las bandas amarillentas pero mucho más delgadas y definidas sobre un fondo café claro.

**Distribución:** especie amazónica de amplia distribución. STICHEL (1924), citó un macho procedente de Mocoa, Putumayo como nuevo registro para la fauna del país. En la actualidad, se reporta por una hembra del Vaupés. Local.

COLOMBIA, VAUPÉS: Mitú, ♀, 27-V-2010, G. Rodríguez leg. (CGR-751.).

## NOTA

Otras especies de posible presencia en Colombia, son aquellas que fueron descritas por HALL & WILLMOTT (1995), de Ecuador (Napo), en lugares próximos a nuestra frontera como: *A. natalita*, *A. aparamilla*, *A. celata* y *A. bonita*.

## AGRADECIMIENTOS

A las instituciones mencionadas en la sección de materiales y métodos, en especial, a: José I. Vargas, Efraín R. Henao, Jean F. Lecrom, Emilio y Sandra Constantino, por permitirnos la revisión de sus colecciones respectivas. A Gerardo Lamas, puso por poner a nuestra disposición, fotos de algunos tipos que buscábamos confirmar, al igual que Gabriele Mirschell, del Instituto Entomológico Alemán (DEI), por su apoyo con literatura antigua referente sobre el tema. Fotografía adicional de especímenes vivos o disecados, fueron debidas a: Luis Eduardo Mejía, Juan Jaramillo y Gill Carter (USA).

## BIBLIOGRAFÍA

- ANDRADE, M. G., 2002.- Biodiversidad de las mariposas (Lep. Rhop.) de Colombia: (en) COSTA & MELIC (eds.) *Red Iberoamericana de Biogeografía y Entomología Sistemática*, PriBES-SEA, Zaragoza, España.
- ARIAS, J. & HUERTAS, B. C., 2001.- Mariposas colectadas por la expedición Colombia 98 a la Serranía de Churumbelos, Cauca. Distribución altitudinal y diversidad de especies (Lep. Rhop.). *Rev. Col. Ent.*, 27 (3-4): 169-176.
- BREVIGNON, CH. & GALLARD, Y. I., 1995.- Contribution a l'étude des Riodinidae de Guyane Française (Lep.). Le genre *Argyrogrammana* Strand, 1932. *Lambillionea*, 95: 393-406 + Figs.

- BRÉVIGNON, CH. & GALLARD, Y. I., 1998.- V. Riodinidae: "Emesini", Lemoniini. Description de nouveaux taxa. *Lambillionea*, 98: 483-498.
- BRIDGES, CH., 1994.- *Catalogue of the family-group, genus-group and species-group names of the Riodinidae of the World*, 10: 10. Publ. author, Urbana, Illinois.
- CALLAGHAN, C. J., 1985.- Notes on the zoogeographic distribution of butterflies of the subfamily Riodininae in Colombia. *J. Res. Lepid. suppl.*, 1: 51-69.
- CALLAGHAN, C. J. & LAMAS, G., 2004.- Riodinidae: 162 (in) *Atlas of Neotropical Lepidoptera, Checklist*, part 4A Hesperioidea-Papilionoidea. Assoc. Trop. Lep. + Scient. Publ. Gainesville.
- CHACÓN, I. & MONTERO, J., 2007.- *Mariposas de Costa Rica*. INBIO, GEF, Banco Mundial. Ed. INBIO, Costa Rica. pp. 118-119.
- D'ABRERA, B., 1994.- *Butterflies of the Neotropical Region*, 6. Hill House, Victoria. pp. 1068-1069.
- DEVRIES, P. J., 1997.- *The Butterflies of Costa Rica and their Natural History*, Riodinidae, II. pl. 13. Princeton University press. pp. 203-205.
- FAGUA, G., 1996.- Comunidad de mariposas y artopofauna asociada al suelo de 3 tipos de vegetación de la Serranía de Taraira, Vaupés, Colombia. Una prueba de uso como bioindicadores. *Rev. Col. Ent.*, 22 (3): 143-151.
- GALLARD, Y. I., 2008.- Riodinidae de Guyane Francaise. Trois especes et trois sous-especes nouvelles (Lep.). *Lambillionea*, 108: 483-498.
- GODMAN, F. D. & SALVIN, O., 1886.- *Biología Centrali-Americana*, 1. pls. 44, 47. Dulau & Co., London. pp. 431-432.
- HALL, J. P. & WILLMOTT, K., 1995.- Notes on the genus *Argyrogrammana* with descriptions of five new species (Lep. Rhopalocera) *Trop. Lep.*, 6 (2): 136-143.
- HALL, J. P. & WILLMOTT, K., 1996.- Notes on the genus *Argyrogrammana*, part II with description of a new species (Lep. Rhop.). *Trop. Lep.*, 7 (1): 71-80.
- HALL, J. P. & WILLMOTT, K., 2000.- Patterns of feeding behavior in adult male riodinid butterflies and their relationship to morphology and ecology. *Biol. J. Linnean, Soc.*, 59: 1-23.
- HEMMING, F., 1967.- *Argyrogrammana Strand* (in) *The Genera Names of butterflies and their type-species* (Lep. Rhop.): 57 *Bull. Brit. Nat. Hist., suppl.* 9: 509 p.
- HUERTAS, B. C. & ARIAS, J., 2000.- *Mariposas colectadas por la expedición Colombia 98 a la Serranía de Churumbelos, Cauca. Distribución altitudinal y diversidad de especies (Lep. Rhopalocera)*. Tesis, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá. 82 p. + Figs.
- LEWIS, H. L., 1975.- *Las Mariposas del Mundo*: 70. Omega, Barcelona. 238 p.
- MENGEL, L. W., 1905.- *A Catalogue of the Erycinidae*, a family of Butterflies with the synonymy brought down July 1, 1904. Boys' High School, Reading, PA. pp. 99-104.
- PINZÓN, J., 2009.- Mariposas del bajo río Apaporis, Amazonas, Colombia. Web version 2. T. S. Watcher & R. Foster. Conserv. Int. Col. [En línea] Disponible en: [www.fmnh.org/animalguides](http://www.fmnh.org/animalguides).
- ROBBINS, R. & AIELLO, A., 1982.- Foodplant and oviposition records for Panamanian Lycaenidae and Riodinidae. *J. Lepid. Soc.*, 36 (2): 65-75.
- RODRÍGUEZ, G., CONSTANTINO, L. M. & SALAZAR, J. A., 2010.- Estudio sobre las especies colombianas de *Anteros* Hübner (Lep. Riodinidae). *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 14 (1): 221-251 + Figs.
- SALAZAR, J. A. & CONSTANTINO, L. M., 2000.- Contribución al conocimiento del género *Symmachia* Hübner en Colombia (Lep. Riodinidae). *SHILAP*, 28 (112): 375-383 + Figs.
- SALAZAR, J. A. & LÓPEZ, C., 2002.- Predicting the overall Butterfly species richness in a tropical montane rain forest in Chocó. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 6: 111-145 + Figs.
- SALAZAR, J. A., GIRALDO, M., VARGAS, J. I., 2003.- Más observaciones sobre la concentración de mariposas territoriales en cumbres de cerros colombianos y especies residentes en el bosque de Bavaria, Villavicencio, Meta, su distribución y trofismo. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 7: 235-317 + Figs.
- SALAZAR, J. A., CONSTANTINO, L. M. & RODRÍGUEZ, G., 2008.- Estudios sobre el género *Necyria* Westwood, en Colombia (Lep. Riodinidae). *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 12: 217-237 + Figs.
- SALAZAR, J. A., RODRÍGUEZ, G. & CONSTANTINO, L. M., 2009.- Contribución al conocimiento del género *Mesosemia* Hübner, en Colombia y descripción de nuevos taxa (Lep. Riodinidae). *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 13 (2): 174-240 + Figs.
- SEITZ, A., 1917.- (ed.) *Die Gross-Schmetterlinge der Erde, Die Amerikanischen Tagfalter*, 5, (1924): pl. 135. Alfred Kernen, Stuttgart. pp. 685-686.
- STAUDINGER, O., 1887.- I. Theil: pl. 90-91 (in) STAUDINGER & SCHATZ. *Exotische Schmetterlinge*. Fürth & Lowensohn.
- STICHEL, H., 1911.- *Riodinidae, 2 theil. Genera Insectorum*, 112B. P. Wytsman ed., Tervuren. 452 p. + 4 pls.
- STICHEL, H., 1924.- Beiträge zur Kenntnis de Riodinidenfauna Sudamerikas (Lep.) II. Kolumbien. *Dt. Ent. Zeitschr.*, II: 148.
- VARGAS, J. I., 2003.- Mariposas diurnas de Punta Soldado, Buenaventura, Valle. Contribución a su historia natural. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 7: 95-205 + Figs.
- VÉLEZ, J. H. & SALAZAR, J. A., 1991.- *Mariposas de Colombia*. Villegas editores, Bogotá. pp. 117-121.
- WESTWOOD, J. O., 1851.- Genus 28-*Baeotis* (in) DOUBLEDAY, E. & WESTWOOD, F. (eds.) *Genera of Diurnal Lepidoptera*, II. Longmar Brown, London. 452 p.



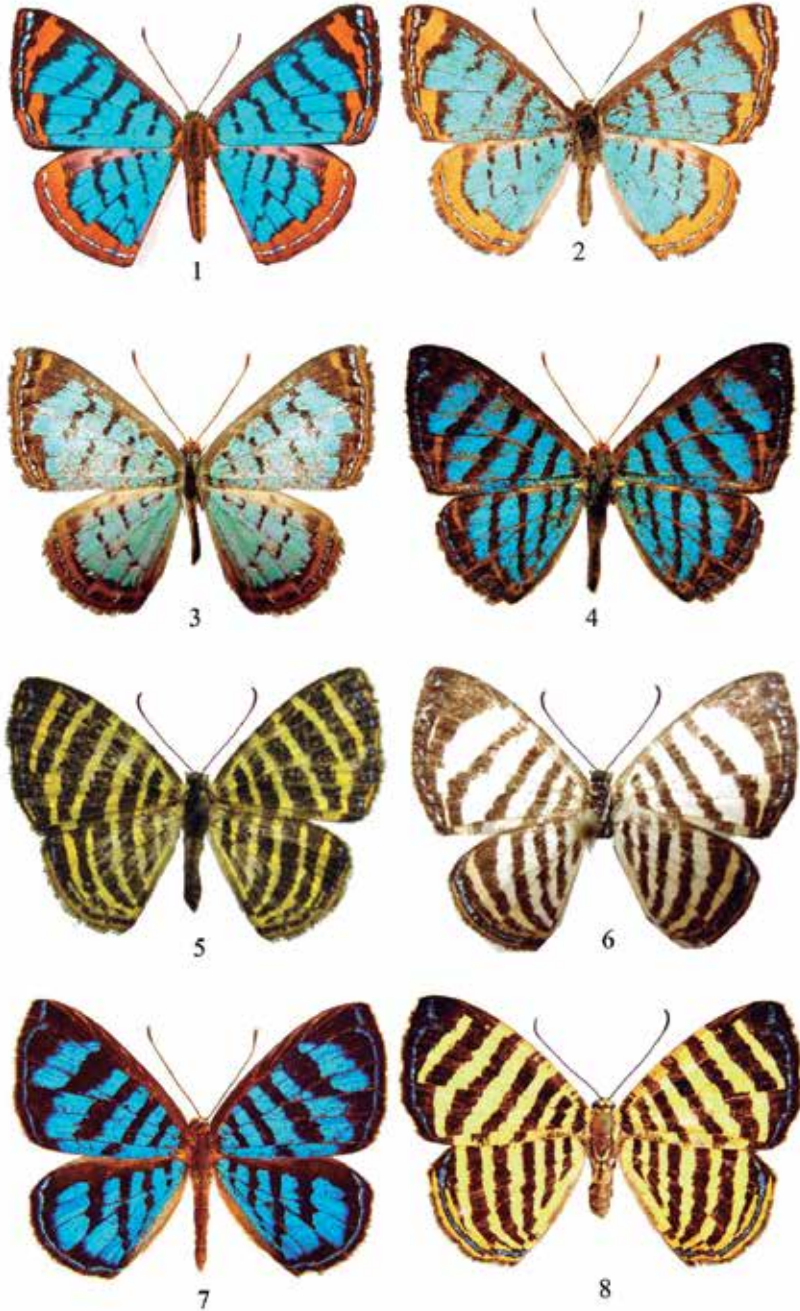
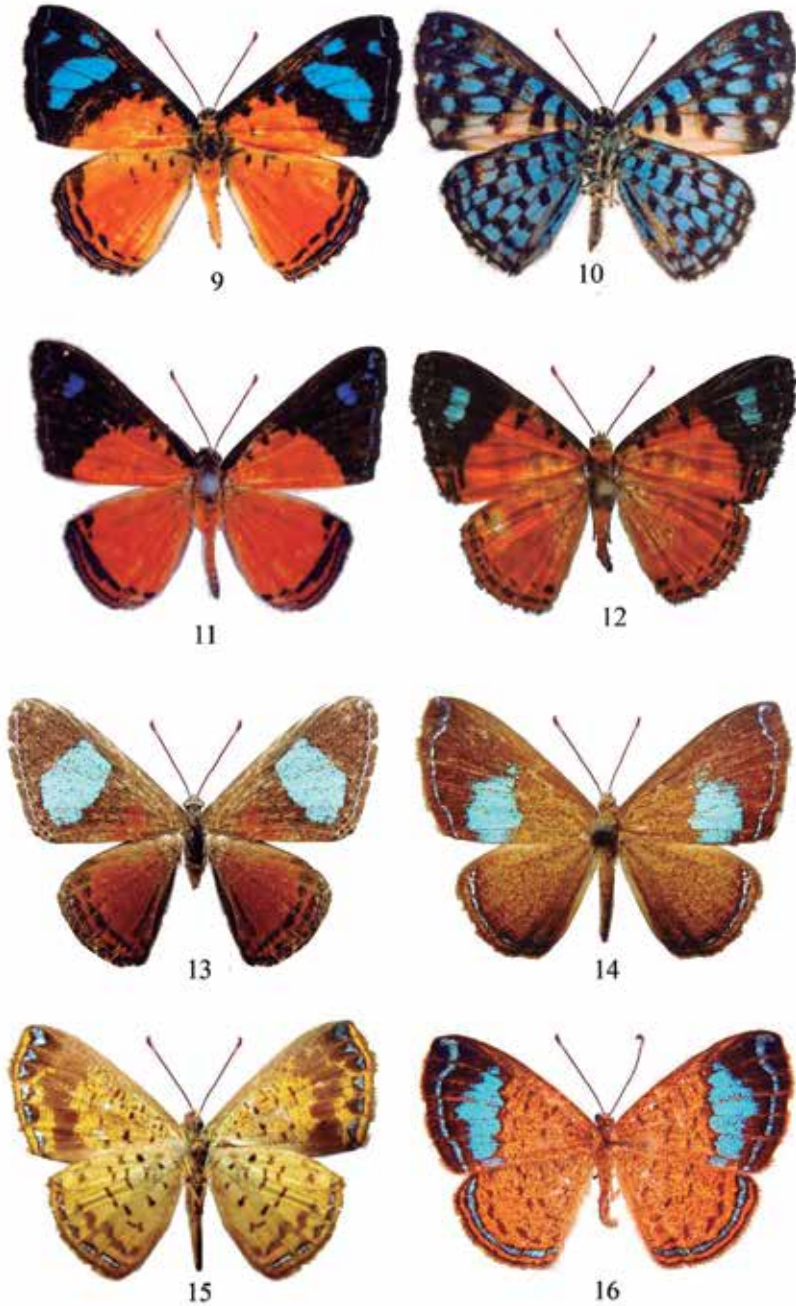
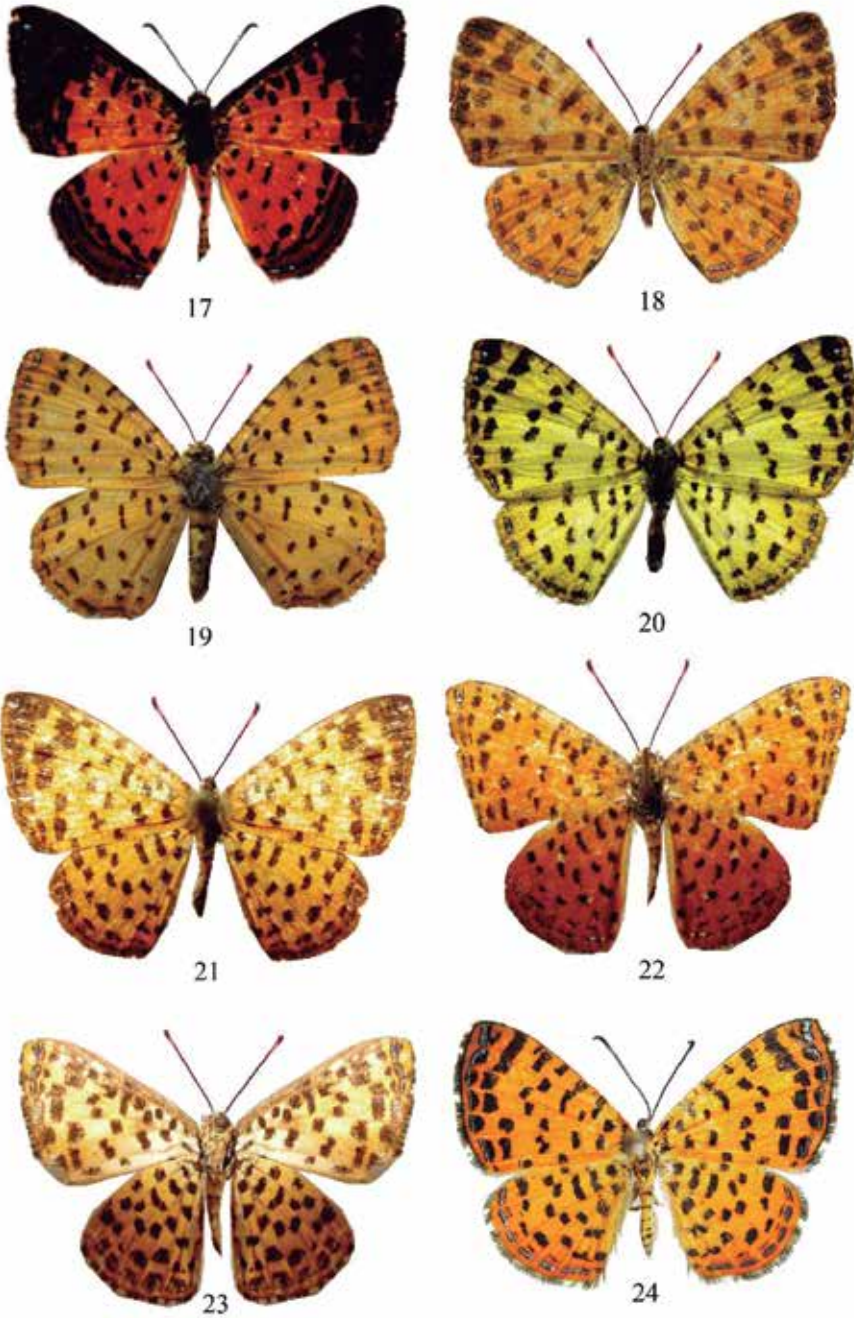


Fig. 1. *Argyrogrammana leptographia magdalenae* ssp. nov., macho paratipo (ICN-MHN). Figs. 2-3. *A. leptographia leptographia*, machos (CFC, CJS). Figs. 4 y 6. *A. pastaza*, macho y hembra (CGR, CJS). Fig. 5. *A. glaucopsis* hembra (CGR). Figs. 7-8. *A. saphirina*, macho y hembra (CFC).



Figs. 9-10. *A. pulchra*, macho holotipo (BM). Fig. 11. *A. physis physis*, macho, holotipo (BM). Fig. 12. *A. physis phyton*, macho (ICN-MHN). Fig. 13. *A. caelestina*, macho (CJS). Figs. 14-16. *A. barine*, macho y hembra (MHN-UC, CFC).



Figs 17 y 21. *A. occidentalis*, macho y hembra (CJS). Fig. 18. *A. stilbe stilbe*, hembra (CGR). Figs. 19-20. *A. stilbe holosticta*, macho (CGR). Figs. 22-23. *A. sublimis*, macho (CJS). Fig. 24. *A. crocea*, hembra (CFC).



### a.- Primer registro de *Thysania agrippina* (Cramer, 1776) (Lepidóptera: Noctuidae) para el departamento del Cauca

El día lunes 30 de junio de 2011, se colectó un espécimen sin especificación de sexo, posada en el flanco oriental de la Iglesia San José, con coordenadas N: 02°26.252' y W: 076°36.464', de la ciudad de Popayán, a una altura de dos metros sobre el nivel del piso térmico, en horas de la tarde entre 4:00 y 5:00 pm. El sitio de colecta, está ubicado sobre la carrera octava (Cr. 8) entre calles cuarta y quinta (4 y 5) centro histórico de la ciudad de Popayán y ante lo intempestivo del hallazgo, la captura se hizo manualmente tratando de impedir el aleteo y evitar así, la pérdida de escamas, se trasladó inmediatamente al laboratorio de biotecnología de la Institución Universitaria Tecnológica de COMFACAUCA-UNICOMFACAUCA, a escasos 50 metros del sitio de hallazgo, donde en colaboración del docente del área de entomología, ingeniero agrónomo Horacio López Ussa, se hizo la primera clasificación.

Se procedió a sacrificarla mediante la inyección de alcohol de 1 cm, se tomaron las primeras fotografías y se depositó en una caja entomológica, se solicitó mediante correo electrónico, la intervención del taxónomo Luis Miguel Constantino, quien a vuelta de correo, confirmó la clasificación efectuada por el docente. Posteriormente, mediante entrevistas de los redactores del periódico local *El Liberal* se hizo la primera publicación del hallazgo. Descripción: Mariposa del género *Thysania Agrippina*, orden Lepidoptera, suborden Heterocera, familia Noctuidae (ver foto anexa), espécimen sin descripción de sexo, con una envergadura alar de 280 mm, antenas filiformes, cabeza, cuerpo y abdomen de color amarillo grisáceo, con abundantes espinas en los tarsos, con prolongaciones en la unión de la tibia y los tarsos en forma de uñas. Detalles: Adriana Cruz, Carlos René Anacona Córdoba, estudiantes Tecnología Agroambiental V semestre, Institución Universitaria Tecnológica de COMFACAUCA y Horacio López Ussa, ingeniero agrónomo Esp. Docente Institución Universitaria Tecnológica de COMFACAUCA, hlopez@unicomfauca.edu.co.



## b.- Otros visitantes en el Centro de Museos

Además de los seres humanos (*Homo sapiens*), que vienen de visita al Centro de Museos, a conocer sus propias curiosidades, hemos tenido de vez en cuando el ingreso inesperado de otros visitantes, que ocasionalmente fijan su residencia en nuestros aposentos. Es el caso de muchas aves y algunos mamíferos e insectos, que vienen atraídos por guarida, alimento o se encuentran de paso en ciertos lugares aledaños a las instalaciones -ej. *Corydalis armata*, *Nyctidromus* sp., *Didelphis marsupialis*, *Buteo* sp.- (Fotos: José Omar López y Julián A. Salazar). Detalles: Julián A. Salazar, julianadolfooster@gmail.com.





### c.- Avances en la colección Quiropterológica de Historia Natural

La colección de Murciélagos del Centro de Museos, es una de las más completas y documentadas del centro-occidente de Colombia. En la actualidad se compone de 764 ejemplares, que representan 96 especies, incluidas en 47 géneros, capturados en diversas regiones del país especialmente el oriente de Caldas, Valle, Antioquia y Chocó (ver fotos anexas). Dicho material, preparado bajo la técnica de pieles de estudio y muestras óseas, se encuentra preservado en gavetas metálicas del depósito climatizado de Historia Natural que tiene el Centro de Museos. Esta colección especializada, se debe a la labor entusiasta y diligente del Profesor John Harold Castaño y sus estudiantes de Biología. Detalles: John Harold Castaño Salazar, [jhcastaño@gmail.com](mailto:jhcastaño@gmail.com).



De izquierda a derecha: 1.- *Vampyrum spectrum*. 2.- *Desmodus rotundus*. 3.- *Mesophylla macconnelli*. 4.- *Rynchonycteris naso*.

#### d.- Exposición “MARIPOSAS DE ÁFRICA”

Esta bella y singular exposición, se inauguró en diciembre 6 de 2011, hasta marzo 30 del presente año en la sala temporal del Centro de Museos con la asistencia de las directivas de la Universidad de Caldas, para exhibir una muestra de algunas de las especies de mariposas más representativas del continente africano (ver fotos anexas). Se centra en tres familias primordiales: Mariposas Alas de Golondrina (Papilionidae), Ninfas

de los Arroyos (Nymphalidae) y Mariposas Charaxinas (Charaxidae), representadas en 150 ejemplares pertenecientes a 100 especies y 18 géneros. El material debidamente extendido y clasificado proviene de 10 países, pero especialmente de República Centrafricana (R.C.A), Ghana, Camerún, Kenia, Congo y Zambia, regiones ubicadas en la zona ecuatorial del continente donde se ha registrado la mayor riqueza de especies. Además, la exposición ilustra qué son las mariposas, su importancia ecológica, el misterio de su metamorfosis y por qué, la necesidad de preservarlas, debido a que son un verdadero tesoro de la naturaleza, puesto que en ellas se unen la magia del color, el diseño de sus alas y la oportunidad de conocer algunos de los más fantásticos hábitats donde es posible aún, encontrar gran cantidad de especies íntimamente ligadas a las sabanas, los desiertos o la zonas selváticas de África.



La colección de material de mariposas africanas, mediante tres parcelas representativas; fue posible en primera instancia, gracias a los esfuerzos de Jesús H. Vélez, quien durante noviembre de 1982 a mayo de 1984, hizo un intercambio de mariposas con el especialista mundial y ya desaparecido Jean H. Robert (de Alicante, España), para sus estudios sobre el género *Catantix* Butler, 1870. Dichos ejemplares, en una cantidad cercana a los 260 sirvieron de base para crear una colección de especies exóticas, paralela a la de mariposas neotropicales, que se venía estructurando. Un poco más tarde, Julián Salazar, en su contacto con el inglés Arthur H. B. Rydon, pudo obtener un segundo lote de 24 ejemplares. Este material fue capturado por Roger White y R. J. Murphy y enviado a Rydon, quien amablemente los cedió para la colección. En tiempos recientes el pianista y colector checo Vaclav Pacl completó la muestra al traer algunas de las especies más raras como *Charaxes acraeoides*, *Ch. nobilis* y *Ch. cowani*, las cuales, son poco conocidas en colecciones mundiales. La colección de mariposas, destaca también, otra llamativa especie como el *Papilio zalmoxis*, sin lugar a dudas, la especie más hermosa dentro de la familia Papilionidae en África, que junto a otras especies nos ofrecen una mirada incomparable al mundo de estos insectos. Esta exhibición, fue concebida por J. A. Salazar y la directora del Centro de Museos María Cristina Moreno, con diseños gráficos de Carolina Salguero. Detalles: Juliánadolfoster@gmail.com.

La exposición fue dedicada a la memoria del compañero Evelio Amaya (q.e.p.d.).



### e.- 75 años del Instituto de Ciencias Naturales (ICN), Universidad Nacional de Colombia

Desde su fundación, el Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, se ha convertido en el principal escenario para la divulgación de los estudios de flora y fauna,

en el país, lo que ha permitido la creación de un lenguaje científico de orden nacional e internacional, para consolidar alianzas estratégicas en el avance de la ciencia. Un herbario con 500.000 plantas y una muestra zoológica de 241.000 ejemplares, entre los cuales, se incluyen 13.500 mamíferos, 33.000 aves, 22.000 peces, 44.000 anfibios, 10.500 reptiles, 100.000 insectos y 5.000 arácnidos entre otros, son el invaluable patrimonio del Instituto. En las primeras etapas, el interés se centró, en la taxonomía de plantas y animales, que se enriqueció con la visión y el conocimiento de nuevos investigadores. Hoy 34 profesores, organizados en 13 grupos de investigación, se ocupan del fenómeno biológico en diversas escalas y conforman, la plataforma del ICN, para el progreso de las ciencias biológicas en Colombia. Felicitamos a dicha institución por su cumpleaños y esta labor gigantesca, sin igual. Detalles: [www.unperiodico.unal.edu.co](http://www.unperiodico.unal.edu.co).

#### f.- VII Exposición de Orquídeas en Manizales, Caldas

De febrero 29, a marzo 3 de 2012, la Asociación Caldense de Orquideología y la Corporación para el Desarrollo de Caldas, realizaron con gran éxito esta exposición durante la cual, se premiaron las mejores orquídeas de expositores venidos de Antioquia, Caldas, Cundinamarca, Cauca, Quindío y Risaralda. Nosotros colaboramos en el evento, con dos pequeñas vitrinas de material procedente, del depósito de Historia Natural presentando un quetzal andino (*Pharomachrus auriceps*), dos colibríes (*Ocreatus underwoodii*, *Eutoxeres aquila*), una selección de los reptiles: serpiente de cascabel (*Crotalus durissus*), una tortuga mordedora (*Chelydra acutirostris*) y el modulo expositivo, del Centro de Museos. Detalles: Julián A. Salazar, [julian.salazar\\_e@ucaldas.edu.co](mailto:julian.salazar_e@ucaldas.edu.co).

#### g.- Nueva especie mundial de parasitoide de adultos del Picudo de los Cítricos

En varios municipios del departamento de Caldas, se encontraron adultos, del picudo de los cítricos *Compsus* n. sp. (Coleoptera: Curculionidae) parasitados. Para su identificación, se enviaron muestras, a los doctores James Ohara y Monty Wood, del Systematic Entomology, Eastern Cereal and Oil Seed Centre, en Ottawa, Canadá, quienes lo clasificaron como *Trigonospila* sp., del orden Díptera, familia Tachinidae, subfamilia Exoristinae, tribu Blondellini. Se ha observado un parasitismo en campo superior al 75 %, ocasionado por esta nueva especie. Detalles: Alberto Soto Giraldo, [alberto.soto@ucaldas.edu.co](mailto:alberto.soto@ucaldas.edu.co).





*ALAS EN EL ALMA-PÁJAROS DE MANIZALES*

Gutiérrez, Tatiana, Jaramillo, María Teresa, Teske, Ute, Botero, Jorge E.

Editorial Universidad de Caldas: 369 p. + Figs., 2011

ISBN: 978-958-759-021-0

Manizales-Colombia

En esta singular obra publicada por la editorial de nuestra universidad, se recoge la experiencia de cuatro buenos ornitólogos, que han dedicado gran parte de su vida, al estudio y divulgación de las aves silvestres de Colombia, en este caso, las especies existentes en el municipio de Manizales. Colombia, es sin lugar a dudas, el país más rico en pájaros a nivel mundial, con cerca de 1.879 especies registradas, debido a su alta complejidad biológica y geográfica. El trabajo nos introduce con un detallado texto preparado por Jorge E. Botero, que incluye generalidades de la avifauna de Manizales, retos para su observación y conservación, antes de pasar a la sección fotográfica de las diversas especies discriminadas, en: aves de Páramo o zona alta, las del bosque andino, zona cafetera y las de la zona cálida (ésta última llamada erróneamente de bosque húmedo tropical, debido a que en esta zona de vida, como tal y en sentido estricto, no aparece en el municipio de Manizales, si no hacia el oriente del departamento). Se sigue con el cuerpo principal del libro, consistente en magníficas fotografías de más de 150 especies, logradas en su medio natural, acompañadas por un pequeño texto, que considera las denominaciones vulgares y los nombres científicos, en inglés y los datos referidos a su comportamiento y distribución. Muchas fotos, son magistralmente logradas, como son: la pareja del pato de torrente (*Merganetta armata*); la del barbudito paramuno (*Oxyopogon guerini*); el tapaculo ocelado (*Acropternis orthonyx*) y la eufonía música (*Euphonia cyanocephala*); entre otras. El libro termina con una lista de 477 especies, de aves registradas para el municipio, por la Sociedad Caldense de Ornitología (SCO), principal gestora de la realización del libro y tres índices: general, onomástico y el de los 14 fotógrafos participantes. No sobra decir, que *Alas en el alma-Pájaros de Manizales*, es una contribución excepcional, al estudio de las aves de Manizales y una obra de consulta obligada, por todos aquellos que deseen apreciar nuestra fauna engalanada en palabras de los autores, por “unas alas que unen el cielo y tierra, dándole el color, y la grafía al paso del vuelo que es ritmo, corriente, cambio... y vida”.

Se puede adquirir en:

Librería Universitaria, carrera 23 No. 58A-65, tel. 8781500 ext. 21150

libreriauniversitaria@ucaldas.edu.co. Universidad de Caldas

Precio al público \$ 80.000.



*ESCARABAJOS COPRÓFAGOS (SCARABEINAE) DEL EJE CAFETERO:  
GUÍA PARA EL ESTUDIO ECOLÓGICO*

Cultid-M., Carlos, Medina, Claudia, Martínez, Bedir, Escobar, Andrés, Constantino, Luis M., Betancur, Nili Editorial Villa María: 196 p- + Figs., 2012  
Wildlife Conservation, Federación de Cafeteros de Colombia y CENICAFÉ  
ISBN: 978-958-98927-5-6

Esta contribución especial, nos introduce en el maravilloso mundo de los escarabajos del estiércol, uno de los grupos taxonómicos de insectos más utilizados en monitoreos de biodiversidad por especialistas, estudiantes de biología y ecología del país. Que se tenga conocimiento, esta es la primera guía, que se publica en Colombia del grupo enteramente dedicada al eje cafetero.

El libro, se compone de diez apartados: el primero, trata en general de la ecorregión del Eje Cafetero; la segunda sección, estudia los escarabajos coprófagos, en diversos tópicos alusivos a: la biología, taxonomía y ecología, enfatizando en sus cualidades como excelente indicador de áreas perturbadas. La tercera sección, aborda una clave ilustrada para reconocer los principales géneros, además de listar, seguidamente, 44 especies detectadas para la ecorregión, mediante fichas ilustradas con impecable fotografía de los adultos, tanto machos como hembras, con inclusión pormenorizada de datos de colecta, hábitats, distribución y notas ecológicas. De la quinta a la séptima sección de la obra, se explican técnicas de muestreo y manejo de ejemplares, protocolo para revisar trampas de captura, análisis de datos y conservación de colecciones relacionadas con este grupo llamativo de escarabajos. Para finalizar, un glosario detalla los principales términos técnicos, empleados a lo largo de la guía, unidos a útiles mapas de distribución de las especies y el catálogo de localidades donde se realizaron los muestreos. Dada la magnífica presentación del libro, se nos antoja que los autores pasaron muchos meses en una rigurosa preparación taxonómica, debido a que la taxonomía del grupo, es bien actualizada, gracias a la mano experta de Claudia Medina y Carlos Cultid, de hecho, esta obra será un gran estímulo para futuros estudios de los escarabajos del estiércol, reflejándose en más guías de otras regiones colombianas. Se puede solicitar a las siguientes entidades promotoras del trabajo:

Wildlife Conservation Society (WCS)-Colombia: [www.wscolumbia.org](http://www.wscolumbia.org).  
Centro Nacional para la investigación del Café (CENICAFÉ): [www.cenicafe.org](http://www.cenicafe.org).  
Federación Nacional de Cafeteros de Colombia: [www.federaciondefcafeteros.org](http://www.federaciondefcafeteros.org)

## INSTRUCCIONES A LOS AUTORES

**EL BOLETÍN CIENTÍFICO DEL CENTRO DE MUSEOS** de la Universidad de Caldas es una revista especializada para la divulgación de trabajos resultantes de la investigación en **HISTORIA NATURAL** relacionada en ciencias biológicas afines. La revista se publica una vez al año con las siguientes temáticas: Artículos principales (hasta 30 páginas manuscritas) relacionados con Mastozoología, Ornitología, Herpetología, Entomología, Botánica y Conservación.

Artículos enfocados a la conservación de colecciones biológicas o a diversos aspectos de Museología en Historia Natural.

Comunicaciones cortas como revisiones de libros, reconocimientos de trayectoria profesional, anuncios de cursos y eventos que tengan que ver con Historia Natural.

Sin excepción todo artículo presentado en este boletín debe ser original y no publicado en ninguna otra revista o medio electrónico existente.

## PAUTAS GENERALES

Los artículos pueden ser escritos en español o inglés y serán publicados en el idioma en que sean enviados, pero no se aceptarán aquellos que estén publicados o sometidos a otra revista.

Los manuscritos serán revisados por, al menos uno o dos especialistas en el tema y podrán consultar con el director para su aceptación o no en la revista. Aquellos artículos ceñidos fielmente a las instrucciones indicadas aquí serán más favorecidos para su publicación.

Se debe enviar un original y dos copias de los trabajos, con letra de tamaño grande (12 o 14 puntos), alineados a la izquierda, en papel tamaño carta, con márgenes de 3 cm en todos los lados y a doble espacio (incluyendo título, palabras clave, resúmenes, textos, tablas y bibliografía).

Además se debe enviar el material en medio magnético (Disquete, Disco Compacto) y grabado en archivo MS-Word. En lo posible, todos los manuscritos deben llevar un título, un resumen y un índice de palabras clave en español (ideal si se incluye una versión en inglés), excepto en los de reconocimiento. No es indispensable que las páginas vayan numeradas.

Cuando los trabajos sean resultado de investigaciones sobre especies en particular que necesiten ejemplares testigo de colecciones, es importante indicar el lugar (museo, herbario o institución ojalá registrada ante el Instituto Alexander Von Humboldt) donde se encuentren depositados los especímenes. Así mismo, se debe indicar el colector o colectores, las fechas de captura y los sitios de recolección estrictamente. Igualmente, al referir material conservado o depositado en el Museo de Historia de Natural, Universidad Caldas debe citarse esta institución abreviadamente (MHN-UC) que lo diferencia del material contenido en el Museo de Historia Natural, Universidad del Cauca, puesto que tiene siglas abreviadas parecidas (MHN-UCC) y que han sido empleadas de modo confuso en otros números del boletín.

## De los artículos principales

El manuscrito de los artículos principales o el relacionado con la conservación de colecciones biológicas se debe dividir del siguiente modo secuencial: el título, el resumen y las palabras clave debajo de cada resumen, los nombres y apellidos de los autores omitiendo el segundo apellido o mencionándolo con la letra inicial, la dirección institucional de cada autor y el correo electrónico para correspondencia, la introducción, la metodología y los materiales empleados, los resultados, su discusión, los agradecimientos, la bibliografía citada en el texto, las tablas y la figuras respectivas usadas.

De las abreviaciones y estilo Los nombres científicos de especies se escriben en *itálica*. Es recomendable escribir el nombre completo por primera vez en el texto, pero en adelante se abrevian en lo posible. Por ninguna razón se deben dividir las palabras en el margen derecho en ningún lugar del manuscrito.

Se debe usar el sistema métrico y sus abreviaciones para todas las medidas y utilizar cifras decimales que en los artículos en español van separadas con comas y en los de inglés con puntos (ej: 0,010 y 0.010).

## De la Bibliografía

Los nombres de los autores consultados en la bibliografía y que son mencionados en el texto deben citarse con letras mayúsculas y bajo las siguientes indicaciones o ejemplos:

“MARTÍNEZ (2000)” si el nombre del autor es parte de la oración, y “(MARTÍNEZ, 2000)”

si no lo es

“(MUÑOZ, 1999, 2000)” para dos artículos de un autor citados a la vez.

“(MUÑOZ, 1999a, 1999b)” para dos artículos por el mismo autor en el mismo año

“(ALBERICO *et al.*, 2000; BERTH *et al.*, 2001; CALLEJAS *et al.*, 2002; JORDAN *et al.*, 2003; SALAZAR *et al.*, 2003)”, para dos o más publicaciones de autores diferentes.

Deberán citarse en orden alfabético y luego cronológico o cuando aparezca un grupo de citas bibliográficas del mismo autor en años distintos. Los diversos autores se separan por punto y coma. Cuando la referencia corresponda a una cita de dos autores, los apellidos se conectan por el símbolo “&” y si la publicación es de más autores, debe mencionarse únicamente el primer autor en mayúsculas seguidos por “*et al.*”: “(MUÑOZ *et al.*, 2001)”.

Se pueden mencionar datos no publicados, comunicaciones personales o por vía electrónica y artículos recientemente aceptados, en este caso deben enviar copia de la carta de aceptación al director de la revista para su verificación.

La lista bibliográfica mencionada al final del artículo debe ser en orden alfabético, con base en el primer apellido de los autores siempre en mayúsculas y luego el cronológico, siguiendo los siguientes ejemplos:

### Artículo publicado en revista

PECK, S.B. & FORSYTH, A., 1982.- Composition, structure and competitive behavior in a guild of Ecuadorian rain forest dung beetles (*Coleoptera: Scarabaeidae*). *Canadian J. Zool.*, 60 (7): 1624-1634.

### Capítulo en volumen editado

LÓPEZ, H. & MONTENEGRO, O., 1993.- Mamíferos no voladores de Carpanta: 165-187 (en) ANDRADE, G.I (ed.) *Carpanta: Selva Nublada y Páramo*. Fundación Natura, Bogotá.

### Citación de Libro

HILTY, S.L. & BROWN, W.L., 1986.- *A Guide to the Birds of Colombia*. Princeton Un. Press.

### Citación de Tesis

ÁLVAREZ, J.A., 1993.- Inventario de las mariposas (*Lepidoptera, Rhopalocera*), con anotaciones ecológicas para dos zonas del departamento de Risaralda, Colombia: Tesis, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Bogotá.

En lo posible se deben abreviar los nombres de las revistas citadas y escribirlos en itálica, así mismo el título de los libros pero estos se escriben completamente sin abreviar. Para efectos de esta revista en la bibliografía o cuando se cite el Boletín Científico Museo de Historia Natural, Universidad de Caldas debe abreviarse como “*Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*”.

### De las comunicaciones cortas

En ellas se incluye las Novedades en Historia Natural, las Revisiones Bibliográficas, los homenajes biográficos etc. que pueden escribirse sin el uso de subtítulos en la introducción, materiales o métodos, resultados o discusión.

### Tablas

Deben citarse en el texto, identificadas y enumeradas consecutivamente con números arábigos. El encabezamiento debe ser conciso y descriptivo e ir sobre éstas. Las abreviaturas o símbolos se deben explicar al pie de la tabla. Las tablas deben salvarse como parte del texto y estar separadas en páginas diferentes después de las referencias bibliográficas. Deben explicarse por sí solas y no duplicar lo planteado en el texto. Es imprescindible digitalarlas todas de acuerdo con el menú del Word “Insertar Tabla”, en celdas distintas (no se aceptarán cuadros con valores separados por la herramienta ENTER o colocadas como figura).

## Figuras

Incluyen gráficos y fotografías, los cuales deben citarse apropiadamente en el texto y estar identificados y enumerados consecutivamente, usando números arábigos. El título de la figura debe ser conciso y descriptivo y se debe colocar debajo de la figura. Es importante cerciorarse de que cada gráfico o figura estén citados en el texto. Si se utilizaron figuras, datos publicados o inéditos provenientes de otra fuente, deben contener la fuente de donde fueron extraídos y referenciarla.

Las unidades, letras, números y símbolos deben ser claros y uniformes en todas las ilustraciones y de tamaño suficiente para que sigan siendo legibles, incluso después de la reducción necesaria para su publicación. Los títulos y explicaciones detalladas se deben incluir en los pies o epígrafes y no sobre las propias ilustraciones.

Los puntos de las curvas en los gráficos estadísticos se deben representar con marcadores contrastantes como círculos, cuadrados, triángulos o rombos (reellenos o vacíos). Así mismo, las curvas se deben identificar, de forma tal que el exceso de información no comprometa la comprensión del gráfico.

En el caso de gráficos de barras, se deben usar diferentes efectos de relleno (puntillados, líneas horizontales, verticales, diagonales, etc.). Se deben evitar los colores grises ya que dificultan la visualización en la impresión y no se debe usar fuente de letra en negrilla en las figuras.

Para enviar las figuras en medio digital se deben escanear a una resolución de mínimo 300 dpi, o se pueden digitalizar por medio de una cámara fotográfica.

## De la Correspondencia

Todo material para publicar debe enviarse a:  
 Comité Editorial  
 Boletín Científico Museo de Historia Natural  
 Centro de Museos, Universidad de Caldas  
 Apartado aéreo 275, Manizales- Colombia  
 Carrera 23 No 58-65 Sede Palogrande  
 Telefax 8851374  
 E-mail: [ucaldas@cumanday.ucaldas.edu.co](mailto:ucaldas@cumanday.ucaldas.edu.co), [julianadolfofoster@gmail.com](mailto:julianadolfofoster@gmail.com)

Los manuscritos que no se ciñan a las normas indicadas arriba se devolverán a sus autores con recomendaciones pertinentes para una adecuada publicación. A cada autor a quien se le publique se le enviarán copias del Boletín Científico del Museo de Historia Natural correspondientes al número donde aparece su trabajo publicado.

El Boletín Científico se encuentra indexado en los siguientes *abstracts* internacionales:

Biosis: Biological Abstract y Zoological Record Bibliography of Neotropical Butterflies (Association For Tropical Lepidoptera)- Abstracts  
 Icom: Conseil International des Musées- Abstract

## AUTHOR GUIDELINES

The **BOLETÍN CIENTÍFICO del CENTRO DE MUESEOS** of the Universidad de Caldas is a specialized journal, whose purpose is to disclose research results in **NATURAL HISTORY** related to similar biological sciences. The journal is published once a year with the following topics: Main articles (up to 30 printed pages) related to Mastozoology, Ornithology, Herpetology, Entomology, Botany, and Conservation.

Articles aimed at the conservation of biological collections or at diverse aspects of Museology in Natural History.

Short communications such as book revisions, acknowledgements of professional trajectory, course and event announcements related to Natural History.

Without exceptions, all articles presented to this journal should be original. They must not be published in another journal or electronic means.

## GENERAL GUIDELINES

The articles can be written in Spanish or English and will be published in their original language. However, articles that have been published in other journals will not be included.

The texts will be revised by at least one or two specialists and their concept will influence the director's decision regarding publication. The articles that strictly follow these indications will be favored.

The original, two copies, a CD copy of the text with letter size 12 or 14, letter size pages, with 3 cm margins on all sides and doubled spaced (including title, key words, abstract, texts, tables and bibliography) in MSWord format should be sent.

Whenever possible, all of the texts should have a title, abstract and key words in both Spanish and English, except in the acknowledgments texts. When the texts are research results on particular species that require witness samples of collections, it is important to indicate the place (museum, herbarium or institution, preferably one that is registered in the Alexander Von Humboldt Institute) where the specimens are deposited. The collectors, the capturing dates and the recollection sites should also be indicated.

In addition, when referring to conserved or deposited material from the Museum of Natural History of the Universidad de Caldas, the institution should be cited using the abbreviation (MHN-UC), which differentiates it from the material found at the Museum of Natural History, Universidad del Cauca (MHN-UCC), to clear up the confusion, since they have been used interchangeably in previous volumes of the journal.

Main articles Main articles and those related to the conservation of biological collections should have the following order: title, abstract and key words, authors' full names,

institutional address and electronic mail address, introduction, methodology and materials, results, discussion, acknowledgments, bibliography, tables and graphs.

### **Abbreviations and style**

The scientific names of the species should be written in italics. It is advisable to write the complete name the first time it appears in the text, but from then on it should be abbreviated.

Words should not be divided anywhere in the text. The metric system and its abbreviations must be used for all measurements, separating the decimal numbers with periods.

### **Bibliography**

The name of the authors consulted in the bibliography and that are mentioned in the text, should be cited in capital letters and under the following specifications:

MARTINEZ (2000), if the author's name is part of the sentence, and (MARTINEZ, 2000) if not.

(MUÑOZ, 1999, 2000) for two articles of the same author cited simultaneously.

(MUÑOZ, 1999a, 1999b) for two articles of the same author from the same year.

(ALBERICO *et al.*, 2000; BERTH *et al.*, 2001; CALLEJAS *et al.*, 2002; JORDAN *et al.*, 2003; SALAZAR *et al.*, 2003), for two or more publications of different authors. They should be cited in alphabetical order, first, and then in chronological order. The diverse authors should be separated by semicolons.

When the reference corresponds to a citation of two authors, the last names should be connect by the “&” symbol, and if the publications belong to more than two authors, the last name of the first author goes in capital letters followed by “*et al.*”: (MUÑOZ, *et al.*, 2001).

Unpublished information, personal communications, electronic mails, and recently accepted articles can be mentioned. In the last case, the acceptance letter should be sent to the director for its verification.

The bibliographical list mentioned a the end of the article should be in alphabetical order according to the last name of the authors, always in capital letters and then in chronological order, as in the following examples:

### **Journal article**

PECK, S.B. & FORSYTH, A., 1982.-Composition, structure and competitive behavior in a guild of Ecuadorian rain forest dung beetles (*Coleoptera: Scarabaeidae*). *Canadian J. Zool.*, 60 (7):1624-1634.

## Book chapter

LÓPEZ, H. & MONTENEGRO, O., 1993-Non—flying mammals of Carpanta: 165-187 (in) ANDRADE, G.I. (ed.) *Carpanta: Selva Nublada y Páramo*. Fundación Natura, Bogotá.

## Book

HILTY, S.L. & BROWN, W.L., 1986-*A Guide to the Bird of Colombia*. Princeton Un. Press.

## Thesis

ÁLVAREZ, J.A., 1993-Butterfly (*Lepidoptera, Rhopalocera*) inventory, with ecological notes for two zones of the department of Risaralda, Colombia: Thesis, Universidad Nacional de Colombia, Science Faculty, Bogotá.

Whenever possible the name of the cited journals should be abbreviated and written in italics, additionally, the book titles should be written completely, without any abbreviations. When citing the Boletín Científico Museo de Historia Natural, Universidad de Caldas should be abbreviated as follows: “*Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U de Caldas*”.

## Short communications

These include novelties in Natural History, Bibliographical Revisions, Bibliographical Tributes, which can be written without subtitles (introduction, materials and methods, results, discussion).

## Charts

They must be mentioned in the text, identified and enumerated consecutively with Arabic numbers. The heading must be concise and descriptive and must be placed above the charts. The abbreviations or symbols must be explained below the chart. The charts must be saved as part of the text and be separated on different pages after the bibliographical references. They must explain themselves, and not repeat what was mentioned in the text. It is essential that they are created with the Word menu “Insert Chart”, with different cells (charts with values separated by the ENTER key or as figures will not be accepted).

## Figures

They include graphs and photographs, which must be mentioned appropriately in the text. They must be identified and enumerated consecutively, using Arabic numbers. The title of the figure must be concise and descriptive and it should be placed underneath the figure.



It is important to make sure that each graph or figure is mentioned in the text. If figures, published or unpublished data originating from another source were used, they must contain the original source, and it must be referenced.

The units, letters, numbers and symbols must be clear and uniform in all the illustrations and of a size big enough for their legibility, even after the necessary reduction made for their publication. The titles and detailed explanations must be included underneath, and not in the illustrations themselves.

The points of the curves in statistical graphs should be represented with contrasting markers such as circles, squares, triangles or rhombuses (filled or empty). Additionally, the curves should be clearly identified, so that the excess of information does not jeopardize the understanding of the graph.

In the case of bar graphs, different filling effects must be used (dotted or horizontal, vertical, diagonal lines, etc.). The gray colors should be avoided since they hinder the visualization of the printed form, and bold letters should not be used in the figures.

In order to send the figures in digital form, they should be scanned in a resolution of minimum 300 dpi, or whenever possible, digitized by means of a camera.

## **Correspondence**

Materials can be sent to:

Comité Editorial

Boletín Científico Museo de Historia Natural

Centro de Museos, Universidad de Caldas

A. A. 275, Manizales, Caldas, Colombia

Carrera 23 # 58-65 Sede Palogrande

Telefax: 8851374

E-mail: [ucaldas@cumanday.ucaldas.edu.co](mailto:ucaldas@cumanday.ucaldas.edu.co), [julianadolfoster@gmail.com](mailto:julianadolfoster@gmail.com)

The texts that do not follow the indicated norms will be returned to their authors with the appropriate comments for its publication.

Each author whose article is published will receive a copy of the Boletín Científico del Museo de Historia Natural Journal, corresponding to the number in which it is included.

The Boletín Científico Journal is indexed in the following international abstracts:

Biosis: Biological Abstract and Zoological Record.

Bibliography of Neotropical Butterflies (Association for Tropical Lepidoptera)-Abstracts.

Icom: Conseil International des Musées- Publication Abstract.

## AUTORES

**ESCOBAR, Natalia** Grupo de Investigación en Sistemas Agroforestales, Universidad de Cundinamarca, Fusagasugá. E-mail: nnescobar@hotmail.com

**DELGADO, Jairo** Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad del Tolima, Ibagué. E-mail: jrmora@hotmail.com

**ROMERO, Nestor** Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad del Tolima, Ibagué. E-mail: nesrom34@gmail.com

**BACCA, Tito** Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto. E-mail: titobacca@gmail.com

**LÓPEZ, Juan Carlos** CENICAFÉ, Chinchiná, Caldas. E-mail: juancar.lopez@cafedecolombia.com

**BENAVIDES, Pablo** Disciplina Entomología, CENICAFÉ. Chinchiná, Caldas. E-mail: pablo.benavidez@cafedecolombia.com

**SALGADO, Natalia** Universidad federal de Viscorcía, Brasil. E-mail: natysalgado@hotmail.com

**D'ANTONIO, Leda Rita** Universidad federal de Viscorcía, Brasil. E-mail: lfaromi@ufr.br

**SOTO, Alberto** Dpto de Producción Agropecuaria, Universidad de Caldas, Manizales. E-mail: alberto.soto@ucaldas.edu.co

**ORDOÑEZ, María Fernanda** Agronomía, Universidad de Nariño, Pasto. E-mail: maferoch@gmail.com

**ROSERO, Julio** Agronomía, Universidad de Nariño, Pasto. E-mail: juliorosero@gmail.com

**VENZON, Madelaine** Pesquisa Agropecuaria, Minas Gerais, Vicosá, Brasil

**PALLINI, Angelo** Universidad Federal de Vicosá, Brasil. E-mail: pallini@ufr.br

**LOZANO, Luis Alfredo** Facultad de Ingeniería Forestal, Universidad del Tolima, Ibagué. E-mail: llozano@ut.edu.co

**FRANCO, Nathaly** Facultad de Ingeniería Forestal, Universidad del Tolima, Ibagué. E-mail: nfranco@ut.edu.co

**LORENA, Jeimy-B.** Facultad de Ingeniería Forestal, Universidad del Tolima, Ibagué. E-mail: forest.lorena@gmail.com

**MENDOZA, Angela** Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad del Valle, Cali. E-mail: am.mendoza@gmail.com

**AGUIRRE, Lina** Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad del Valle, Cali.

**SARRIA, Maryory** Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad del Valle, Cali.

**GIRALDO, Alan** Grupo de Ecología Animal, Dpt de Biología, Universidad del Valle, Cali. E-mail: ecologia@univale.edu.co

**LÓPEZ, Luis Gabriel** Grupo de Investigación en biodiversidad y Ecosistemas Forestales, Universidad del Tolima, Ibagué.

**RAMIREZ, Yenny** Grupo de Investigación en biodiversidad y Ecosistemas Forestales, Universidad del Tolima, Ibagué.

**ZAMORA, Yury** Grupo de Investigación en biodiversidad y Ecosistemas Forestales, Universidad del Tolima, Ibagué.

**COCA, Luis Fernando** Herbario, Universidad de Caldas, Manizales Grupo Colombiano de Liquenología (GCOL). E-mail: jflcoca@gmail.com

**SANIN, David** Herbario, Universidad de Caldas, Instituto de Investigaciones IIES, Manizales. E-mail: dav.sanin@gmail.com

**POSADA, Juan** Herbario, Universidad de Caldas, Manizales

**SIERRA, Andrés** Herbario, Universidad de Caldas, Manizales

**TORRES, Alba** Dpto de Biología, Universidad del valle, Cali. E-mail: alba.torres@correounivalle.edu.co

**PEÑA, Enrique** Dpto de Biología, Universidad del valle, Cali.

**ZUÑIGA, Orlando** Dpto de Biología, Universidad del valle, Cali. E-mail: orlandozuniga@correounivalle.edu.co

**PEÑA, Julián** Dpto de Biología, Universidad del valle, Cali. E-mail: julanpo@correounivalle.edu.co

**OSSA, Paula** Grupo de Investigación en genética, Biodiversidad y Fitomejoramiento, GEBIOME, Facultad de Ciencias, Exactas Físicas y Naturales, Universidad de Caldas, Manizales. E-mail: paulaandrea.ossa@hotmail.com

**GIRALDO, Javier** Grupo de Investigación en genética, Biodiversidad y Fitomejoramiento, GEBIOME, Facultad de Ciencias, Exactas Físicas y Naturales, Universidad de Caldas, Manizales. E-mail: plamao43@hotmail.com

**ARIEL-LÓPEZ, Germán** Grupo de Investigación en genética, Biodiversidad y Fitomejoramiento, GEBIOME, Facultad de Ciencias, Exactas Físicas y Naturales, Universidad de Caldas, Manizales. E-mail: german.lopez@ucaldas.edu.co

**DIAS-G., Lucimar** Grupo de Investigación en genética, Biodiversidad y Fitomejoramiento, GEBIOME, Facultad de Ciencias, Exactas Físicas y Naturales, Universidad de Caldas, Manizales. E-mail: Lucimar.dias@ucaldas.edu.co

**RIVERA, Fredy** Grupo de Investigación en genética, Biodiversidad y Fitomejoramiento, GEBIOME, Facultad de Ciencias, Exactas Físicas y Naturales, Universidad de Caldas, Manizales. E-mail: Fredy.rivera@ucaldas.edu.co

**HAHN, Christine** Producción Agropecuaria, Universidad de Caldas, Manizales. E-mail: christine.hahn@ucaldas.edu.co

**GRAJALES, Alberto** Producción Agropecuaria, Universidad de Caldas, Manizales. E-mail: Alberto.grajales@ucaldas.edu.co

**RESTREPO, Martín** Estudiante MVZ, Universidad de Caldas, Manizales. E-mail: atanadir@hotmail.com

**OSORIO, José Henry** Bioquímica, Clínica y Patología Molecular, Universidad de Caldas, Manizales. E-mail: jose.osorio@ucaldas.edu.co

**ZULAY-CAÑAS, Eliana** Bioquímica, Clínica y Patología Molecular, Universidad de Caldas, Manizales.

**PEREZ, Jorge** Laboratorio de Microbiología, Dpt. Ciencias Básicas de la Salud, Universidad de Caldas, Manizales.

**CASTELLANOS, César** Universidad Santo Tomas, sede Villavicencio. E-mail: cesarcas@gmail.com

**GALVIS, Fabián** Universidad Francisco de Paula Santander, Grupo MAJUMBA.

**RESTREPO, Carlos-A.** Biología, Universidad del Quindío, Armenia. E-mail: carlosbiologia@gmail.com

**BOTERO, Álvaro** Fundación Neotropical-BIOEDUQ, Universidad del Quindío, Armenia. E-mail: abotero@uniquindio.edu.co

**ESCOBAR-LASSO, Sergio** Fundación RANA, Restauración en Ambientes Neotropicales Alterados. E-mail: biosergjobike@gmail.com

**ROJAS, Julián A.** Investigador asociado Historia Natural, Centro de Museos, Universidad de Caldas, Manizales-ICAE, Mérida, Venezuela. E-mail: julian.herpetologia@gmail.com

**VELANDIA-PERILLA, Jorge** Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad del Valle, Cali

**GARCÉS, Mario** Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad del Valle, Cali

**MOSCOSO, Martha** Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad del Valle, Cali

**ESCORCIA, Ruth Y.** Grupo de Biodiversidad del Caribe Colombiano, Universidad del Atlántico, Barranquilla. E-mail: r.escorcias@gmail.com

**NEIS, José** Grupo de Biodiversidad del Caribe Colombiano, Universidad del Atlántico, Barranquilla. E-mail: neyjosemartinez@gmail.com

**SILVA, Jessica-P.** Estudiante pregrado-Neoptera, Universidad del Atlántico, Barranquilla.

**CULTID, Carlos-M.** Dpt. Biología, Universidad del Valle, Cali. E-mail: carloscultid@gmail.com

**DE LA PAVA, Nataly** Universidad del Magdalena, Santa Marta. E-mail: natydlp@hotmail.com

**SEPÚLVEDA, Paula** Laboratorio de Entomología, Universidad del Magdalena, Santa Marta.

**CONSTANTINO, Luis M.** Museo Entomológico “Marcial Benavides”, CENICAFÉ, Chinchiná. E-mail: luismiguel.constantino@hotmail.com

**RODRIGUEZ, Gabriel** INGEOMINAS, Medellín. E-mail: gabrieldimera@yahoo.com

**SALAZAR-E. Julián** MHN, Centro de Museos, Universidad de Caldas, Manizales. E-mail: julianadolfofoster@gmail.com



# Entregando lo mejor de los **colombianos**

Línea de atención al Cliente Nacional: 01 8000 111 210

Línea de atención al Cliente Bogotá: (57-1) 4199299

➔ [www.4-72.com.co](http://www.4-72.com.co)





**BOLETÍN CIENTÍFICO  
CENTRO DE MUSEOS  
MUSEO DE HISTORIA NATURAL  
Vol. 15 No. 2**

**FORMATO DE SUSCRIPCIÓN**

Vicerrectoría de Investigaciones y Postgrados  
Universidad de Caldas. Calle 65 N° 26 - 10  
A.A. 275 Manizales - Colombia  
Tel: 8781500 ext 11222  
emails: [revistascientificas@ucaldas.edu.co](mailto:revistascientificas@ucaldas.edu.co)  
[museo@ucaldas.edu.co](mailto:museo@ucaldas.edu.co)

Nombre / Name		
Cédula / Identificación number		
Dirección / Address		
Ciudad / City		
Departamento / State	Código Postal / Zip Code	
País / Country		
Teléfono / Phone Number		
Profesión / Profession		
Institución / Employer		
Email		
Dirección de envío / Mailing Address		

Suscriptores Nacionales por un año: (1) Ejemplar : \$10.000

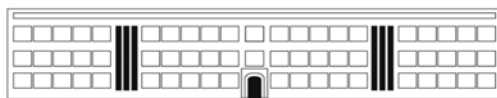
Se debe consignar en Bancafe, cuenta de ahorros N° 084500007467 código 00HD005 Promoción e indexación de publicaciones científicas. Con envío posterior de copia de recibo y hoja de suscripción al Fax (576) 8781500 ext. 11622.

Último ejemplar recibido / Last issue mailed:

Año/Year      Volumen/Volume      Número/Number      Fecha / Date







## CENTRO DE MUSEOS

Universidad de Caldas Vicerrectoría de Proyección Universitaria

---

### Servicios

El Centro de Museos tiene abiertas para el público en la actualidad tres salas de exposición, con acceso gratuito, las cuales pueden ser visitadas entre 8:00 a.m. a 12:00 m. y 2:00 a 6:00 p.m. de lunes a viernes, ubicadas en las siguientes direcciones:

1. Exposición “Pobladores del Cauca Medio, un entorno por descubrir”: a través de la puesta en escena de cerámicas, metalurgia y líticos arqueológicos, se muestra la vida de nuestros antepasados indígenas. SEDE PALOGRANDE.
2. Exposición de arte David Manzur: El Martirio de San Sebastián en homenaje a Andrés Escobar.
3. Exposición de Historia Natural “Fauna Andina de Colombia”: Aves, mamíferos, anuros e insectos de la región andina.  
SEDE PALOGRANDE UNIVERSIDAD DE CALDAS.

---

### Colección de Historia Natural



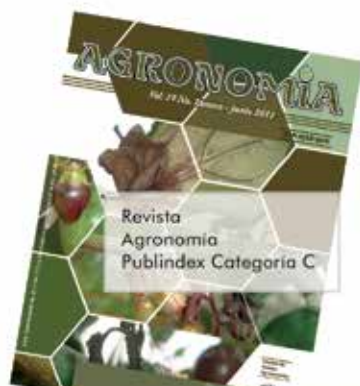
Sede Palogrande  
Cra. 23 No. 58 - 65  
Dirección electrónica:  
[museo@ucaldas.edu.co](mailto:museo@ucaldas.edu.co)  
Manizales-Colombia

---

Universidad de Caldas  
Cra. 23 No. 58-65  
Conmutador (6)8862720 ext. 24133  
Dirección electrónica: [ucaldas@ucaldas.edu.co](mailto:ucaldas@ucaldas.edu.co)



**Ventas, suscripciones y canjes**  
Vicerrectoría de Investigaciones y  
Postgrados  
Universidad de Caldas  
Sede Central  
Calle 65 No. 26 - 10  
A.A. 275  
Teléfonos: (+6) 8781500  
ext. 11222  
e-mail:  
revistascientificas@ucaldas.edu.co  
Manizales - Colombia



Revista  
Agronomía  
Publindex Categoría C



Revista  
Biosalud  
Indexada en:  
Publindex Categoría B  
Lilacs



Revista  
Cultura y Droga



Revista  
Eleuthera  
Indexada en:  
Publindex Categoría C



Revista  
Luna Azul (On Line)  
<http://lunazul.ucaldas.edu.co>  
Indexada en:  
Publindex Categoría B  
Index Copernicus, DOAJ



Revista  
Discusiones Filosóficas  
Indexada en:  
Publindex Categoría A2  
Philosopher's Index  
SciELO  
Ulrich's Periodicals Directory

# Revistas





Revista  
Boletín Científico  
Museo de Historia Natural  
Indexada en:  
Publindex Categoría A2  
SciELO



Revista Colombiana de  
las Artes Escénicas



Revista  
Veterinaria y Zootecnia



Revista  
Hacia la promoción  
de la Salud  
Indexada en:  
Publindex Categoría B  
Lilacs  
SciELO



Revista  
Jurídicas  
Indexada en:  
Publindex Categoría C  
DialNet



Revista Latinoamericana  
de Estudios Educativos



Revista  
Vector



Revista de Antropología  
y Sociología (Virajes)  
Indexada en:  
Publindex Categoría C



Revista  
Universidad de Caldas



Revista  
Kepes  
Indexada en:  
Publindex Categoría C



Revista Latinoamericana  
de Estudios de Familia

# Científicas





Esta revista se terminó de imprimir  
en el mes de diciembre de 2011  
en los talleres litográficos  
de Capital Graphic  
Universidad de Caldas  
Manizales - Colombia