

BOLETÍN CIENTÍFICO
CENTRO DE MUSEOS
MUSEO DE HISTORIA NATURAL
Vol. 24 No. 1

SCIENTIFIC BULLETIN
MUSEUM CENTER
NATURAL HISTORY MUSEUM
Vol. 24 No. 1

bol.cient.mus.his.nat.	Manizales (Colombia)	Vol. 24 No. 1	270 p.	enero-junio de 2020	ISSN 0123-3068 (Impreso)	ISSN: 2462-8190 (En línea)
------------------------	----------------------	---------------	--------	------------------------	-----------------------------	-------------------------------



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

**ISSN 0123-3068 (Impreso)
ISSN: 2462-8190 (En línea)
-Fundada en 1995-
Nueva periodicidad semestral
Tiraje 150 ejemplares
Vol. 24 No. 1, 270 p.
enero-junio, 2020
Manizales - Colombia**

Rector | *Alejandro Ceballos Márquez*
Vicerrector Académico | *Marco Tulio Jaramillo Salazar*
Vicerrectora de Investigaciones y Postgrados | *Luisa Fernanda Giraldo Zuluaga*
Vicerrector Administrativo | *Manuel Humberto Jiménez Ramírez*
Vicerrectora de Proyección Universitaria | *Patricia Salazar Villegas*
Decano Facultad de Ciencias Exactas y Naturales | *Elvira Cristina Ruiz Jiménez*
Directora Centro de Museos | *Carolina Salguero Mejía*

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

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

Indexada por | *Publindex Categoría A1*
Zoological Record
SciELO
Index Copernicus
Scopus

Cómite Editorial

Ricardo Walker
**Investigador, Fundador Boletín
Científico Museo de Historia Natural,
Universidad de Caldas**
Luis Carlos Pardo-Locarno
**Ingeniero Agrónomo, Ph.D., 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 -**
Alfonso Villalobos Moreno
**Doctor en Entomología, Ph.D. de la
Universidad Nacional de Colombia,
Bogotá**
Gabriel Jaime Castaño
**Ingeniero Forestal, Departamento de
Recursos Naturales y Medio Ambiente,
Universidad de Caldas**
Ricardo Álvarez León
**Biólogo Marino, MSc. Fundación
Maguaré, Manizales**
Efraim Reinol Henao Bañol
**PhD. en Entomología
Conservación Internacional
Colombia**

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, Ph.D., 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, Ph.D., BSc.- Colegio
Imperial de Londres, UK**
Olaf Hermann H. Mielke
**Zoólogo, Ph.D., Departamento de
Zoología, Universidad Federal de
Paraná, Brasil**

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

Ventas, Suscripciones y Canjes

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

Sitio Web

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

Edición

Universidad de Caldas
Vicerrectoría de Investigaciones y Postgrados

Patrocinadores

Universidad de Caldas

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

Fotografía Portada

Morpho cypris (Westwood), Lepidoptera: Nymphalidae.
Foto: Luis Eduardo Mejía,
cañon de Rioclaro, 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.

Distribución altitudinal de musgos en algunos sustratos en Tipacoque, Colombia

Altitudinal distribution of mosses in some substrates of the Tipacoque, Colombia

Stefanny Porras-López & María Eugenia Morales-Puentes

15

CONSERVACIÓN Y BIODIVERSIDAD EN AGROECOSISTEMAS
Conservation and Biodiversity in Agroecosystems

Molecular and morphological characterization of *Musa* spp. (Zingiberales: musaceae) cultivars

Caracterización molecular y morfológica de cultivares de *Musa* spp. (Zingiberales: musaceae)

María Angélica Buitrago-Bitar Ayda Lilia Enriquez-Valencia, Jorge Mario Londoño-Caicedo, Jaime Eduardo Muñoz-Florez, Bernardo Villegas-Estrada, Gloria Esperanza Santana-Fonseca

33

Dinámica del clima y la vegetación de los últimos 6700 años en el sector Mistrató (cordillera Occidental, Colombia)

Climate and vegetation dynamics of the last 6700 years in the Mistrató sector (western cordillera, Colombia)

Alba Lucía Acevedo H., César Augusto Velásquez R., Andrés Pardo-Trujillo., María Isabel Vélez C., Felipe Vallejo H., Daniel Jaramillo L., Raúl Andrés Trejos T.

48

Efecto de dosis subletales de azadirachtina en la capacidad de búsqueda del parasitoide *Encarsia formosa* Gahan

Effect of sublethal doses of azadirachtina on the ability to search of the parasitoid *Encarsia formosa* Gahan

Oswaldo Murillo-Ramírez, María Camila Ramírez-Montoya & Alberto Soto-Giraldo

68

bol.cient.mus.his.nat.	Manizales (Colombia)	Vol. 24 No. 1	270 p.	enero-junio de 2020	ISSN 0123-3068 (Impreso)	ISSN: 2462-8190 (En línea)
------------------------	----------------------	---------------	--------	---------------------	--------------------------	----------------------------

**Methodology for the quantification of tibial dyschondroplasia
in *Gallus gallus domesticus* (Aves: Phasianidae)**

Metodología para la cuantificación de discondroplasia tibial
en *Gallus gallus domesticus* (Aves: Phasianidae)

Adriana Quiroz-Bucheli, Diego Samir Melo-Solarte, William Narváez-Solarte

76

**ESTUDIOS DE ORGANISMOS DEL
BOSQUE HUMEDO TROPICAL**

Organisms studies of the tropical rainforest

**Una nueva subespecie de *Morpho cypris* Westwood, 1851,
descubierta en la zona norte de la cordillera central de Colombia
(Lepidoptera, Nymphalidae)**

A new subspecies of *Morpho Cypris* Westwood, 1851, discovered in the northern
zone of the Central cordillera of Colombia (Lepidoptera, Nymphalidae)

Gabriel Rodriguez G. & Carlos Rodriguez G.

89

ZOOLOGÍA VERTEBRADOS
Vertebrate Zoology

**Comportamiento de defensa de nido, discriminación de
depredadores y éxito reproductivo de *Vanellus chilensis*
(Aves: Charadriidae)**

Nest defense behavior, predator recognition and breeding success
in *Vanellus chilensis* (Aves: Charadriidae)

Lorena Cruz-Bernate

103

**Parámetros poblacionales y descripción
de los instares ninfales de *Protortonia ecuadorensis*
(Hemiptera: Monophlebidae)**

Population parameters and nymphaea instars description of
Protortonia ecuadorensis (Hemiptera: Monophlebidae)

Jonathan Salomon Igua M., Daniel Eduardo Sánchez A., John Wilson Martínez O.

121

**Ictioplancton de Cabo Manglares (Distrito nacional de manejo
integrado Cabo Manglares, Bajo Mira y Frontera), Nariño,
Colombia**

Ichthyoplankton of Cabo Manglares (Cabo Manglares National Integrated
Management District, Bajo Mira y Frontera), Nariño, Colombia

Alan Giraldo

135

**Mariposas (Lepidoptera: Hesperioidea-Papilionoidea) del bosque
seco tropical (BST) en Colombia. Conociendo la diversidad en un
ecosistema amenazado**

Butterflies (Lepidoptera: Hesperioidea-Papilionoidea) from the Tropical Dry
Forest in Colombia. Knowing diversity in a threatened ecosystem

Efraín Reinel Henao-Bañol & Carlos H. Gantiva-Q.

150

**Beobachtungen an einer Kolonie von Ithomiinae (Lepidoptera,
Nymphalidae) in einem Waldstück der Westkordillere Kolumbiens:
liste der Gattungen und Arten und der damit verbundenen
mimetischen Komplexen**

Observaciones sobre una colonia de Ithomiinae (Lepidoptera, Nymphalidae) en
un fragmento de bosque de la cordillera occidental de Colombia: lista de generos y
especies y sus complejos miméticos asociados

Julián A. Salazar E., Christine M. Hahn-von-Hessberg & Alberto Grajales-Quintero

197

Two new species of *Golofa* Hope, 1837 (Coleoptera: Melolonthidae: Dynastinae) from the Colombian Andes, South America.

Dos nuevas especies de *Golofa* Hope, 1837 (Coleoptera: Melolonthidae: Dynastinae) de los Andes Colombianos, América del Sur.

Luis Carlos Pardo-Locarno & Alfonso Villalobos-Moreno

231

Comunicación Corta

Primer registro del género *Campylocia* needham y murphy, 1924 (insecta: ephemeroptera: euthyplociidae) para el departamento del Caquetá, Colombia

Short Communication

First record of the genus *Campylocia* needham and murphy, 1924 (insecta: ephemeroptera: euthyplociidae) for the department of Caquetá, Colombia

Juliette Pauline Chaux Rojas, Gustavo Adolfo Pimentel-Parra, Angie Lorena García Peña, John Elver Pareja Neira

242

NOVEDADES EN HISTORIA NATURAL
NATURAL HISTORY NEWS

247

AUTORES
AUTHORS

256

INSTRUCCIONES A LOS AUTORES
AUTHOR GUIDELINES

259

"Daría todo lo que sé, por la mitad de lo que ignoro"

René Descartes (1596-1650)

BOTÁNICA

Botany



Árbol de Santa María del Tule, provincia de Oaxaca

Árbol de Santa María del Tule, provincia de Oaxaca

Distribución altitudinal de musgos en algunos sustratos en Tipacoque, Colombia

Stefanny Porras-López¹ & María Eugenia Morales-Puentes²

Resumen

Objetivo. Determinar la diversidad y abundancia de musgos en un gradiente altitudinal del Parque Natural Municipal “Robledales de Tipacoque”. **Alcance.** Inventario de los musgos encontrados en tres sustratos del Parque. **Metodología.** mediante levantamientos sobre tres sustratos: roca, raíz aflorante y suelo, en transectos lineales de 100 m, separados altitudinalmente cada 200 m, con la toma de datos de cobertura en cm² y la elaboración de una matriz de datos ecológicos, se evaluó la abundancia y la riqueza de las especies. **Principales resultados.** Se realizaron 110 levantamientos, donde se registraron 75 especies, distribuidas en 48 géneros y 20 familias; el 50,6 % son musgos pleurocárpicos y el 49,3 % musgos acrocárpicos. Las familias con el mayor número de géneros y especies son Leucobryaceae (2 géneros-14 especies), seguida por Sematophyllaceae (5-10) y Brachytheciaceae (5-6). Los géneros más ricos en especies son *Campylopus* con 13 y *Sematophyllum* con seis. El sustrato con el mayor porcentaje de especies fue roca con 66.6. **Conclusiones.** La composición florística por franjas altitudinales evidencia que, el sector vía al Alto del Gallo (2771 m) presentó mayor diversidad; en cuanto a la similitud entre los transectos, los más correlacionados fueron, 2771 m y 3030 m con un valor de 40 %, en general la flora de musgos está bien diferenciada, por lo que, se encontraron especies restringidas a un rango.


Palabras clave: bosque, briófitos, diversidad, páramo, sustratos.


Altitudinal distribution of mosses in some substrates of the Tipacoque, Colombia

Abstract

Objective. To determine the diversity and abundance of mosses in an altitudinal gradient of the Municipal Natural Park "Robledales of Tipacoque". **Scope.** Inventory of mosses found in three substrates of the Park **Methodology.** using surveys on three substrates: rock, outcrop root and ground, in lineal transects of 100 m at different altitudes every 200 m, with the data collection of coverage in cm² and ecological data matrix, the abundance and richness of the present species was evaluated. **Main results.** 110 surveys were carried out, where 75 species were recorded, distributed in 48 genera and 20 families; 50.6% are pleurocarpic mosses and 49.3% are acrocropic mosses. The families with the largest number of genera and species are Leucobryaceae (2 genera-14 species), followed by Sematophyllaceae (5-10) and

* FR: 23-IX-2019. FA: 7-X-2019.

¹ Grupo Sistemática Biológica, Herbario UPTC, Maestría en Ciencias Biológicas, Escuela de Posgrados en Ciencias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. stefanny.porras@uptc.edu.co  0000-0001-5662-4750

² Grupo Sistemática Biológica, Herbario UPTC, Maestría en Ciencias Biológicas, Escuela de Posgrados en Ciencias, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. maria.morales@uptc.edu.co  0000-0002-5332-9956

CÓMO CITAR:

PORRAS-LÓPEZ, S., MORALES-PUENTES, M.E., 2020.- Distribución altitudinal de musgos en algunos sustratos en Tipacoque, Colombia. *Bol. Cient. MusHist. Nat. U. de Caldas*, 24 (1): 15-30. DOI: 10.17151/bccm.2020.24.1.1



Brachytheciaceae (5-6). The genera richest in species are *Campylopus* with 13 and *Sematophyllum* with six. The substrate with the highest percentage of species was a rock with 66.6. **Conclusions.** The floristic composition by altitudinal strips evidences that the sector via to Alto del Gallo (2771 m), presented greater diversity; As for the similarity between the transects, the most correlated were 2771 m and 3030 m with a value of 40%, in general, the mosses flora is well differentiated so that species restricted to a range were found.

Key words: bryophytes, diversity, forest, paramo and substrates.

INTRODUCCIÓN

Los briófitos, y en ellos los musgos, son plantas avasculares fotosintéticas cuya estructura recuerda por analogía al tallo y las hojas de las plantas vasculares (Lloret, 1986), de igual manera, son un componente importante en el bosque húmedo tropical y de montaña en términos de funcionamiento de los ecosistemas, biomasa y diversidad, gracias a la variedad de microhábitats presentes en el bosque (Gradstein, 1992; Gradstein, Griffin, Morales & Nadkarni, 2001). Los musgos pueden ocupar superficies duras, como la corteza de árboles o rocas, que no pueden ser habitadas por la mayoría de las plantas vasculares, haciendo una notoria diferencia en su tolerancia ecológica (Schofield, 1985; Wolf, 1993).

Los briófitos son conocidos como indicadores biológicos del ecosistema, su crecimiento depende de las buenas condiciones de la humedad y de los diferentes sustratos en los que se establezcan (Richards, 1984; Frahm & Gradstein, 1991). Es así como, Churchill & Linares (1995) mencionan que la riqueza de especies es menor en altitudes bajas y, a medida que se asciende altitudinalmente, se incrementa su número hasta alcanzar su máxima expresión en la franja comprendida entre el bosque altoandino y subpáramo (Cuta & Gil, 2017); del mismo modo, Frahm & Gradstein (1991) enfatizan en la sensibilidad de los briófitos a las condiciones climáticas y proponen que este grupo podría ayudar a definir las franjas altitudinales basados en los cambios de cobertura y fitomasa. Por otra parte, Kessler (2000) afirma que, la vegetación cambia gradualmente, así como, los factores abióticos a lo largo de un gradiente altitudinal, y que solamente cuando existen discontinuidades abióticas se presentan límites acentuados en la vegetación.

El Parque Natural Municipal “Robledales de Tipacoque” PNMRT, comprende un rango altitudinal que va desde 2800 hasta 3300 m de altitud, en los que se encuentra gran parte de bosque andino, con una amplia dominancia de roble (*Quercus humboldtii*) hasta comunidades de páramo (Fundación Natura Colombia, 2007). La importancia de este ecosistema ha generado estudios como los de Gil-Novoa & Morales-Puentes (2014, 2016) y Vargas-Rojas & Morales-Puentes (2014), con trabajos detallados de la

brioflora del PNMRT sobre la estratificación de los briófitos en el roble y evaluando las hepáticas en diferentes sustratos y rangos altitudinales respectivamente, con el fin de caracterizar la vegetación de este importante ecosistema; del mismo modo, el presente estudio aproxima la riqueza y estructura de los musgos que se encuentran en dicho Parque, mediante la evaluación de tres sustratos (roca, raíz aflorante y suelo desnudo) en un rango altitudinal de 2800 a 3300 m, que permitirán evidenciar la diversidad de estas plantas y su comportamiento en los niveles altitudinales.

MÉTODOS

Área de estudio

El Parque Natural Municipal Robledales de Tipacoque (PNMRT) se encuentra ubicado al norte del departamento de Boyacá, en el sector rural del municipio de Tipacoque (figura 1). El PNMRT hace parte del corredor Guantiva-La Rusia-Iguaque, limita al norte con el municipio de Covarachía, al occidente con Onzaga (Santander), al oriente con Boavita y al sur con Soatá (Fundación Natura Colombia, 2007; Gil-Novoa & Morales-Puentes, 2014, 2016; Martínez & Díaz, 2017; Martínez-O., Díaz-Pérez & Morales-Puentes, 2019; Vargas-Rojas & Morales-Puentes, 2014).

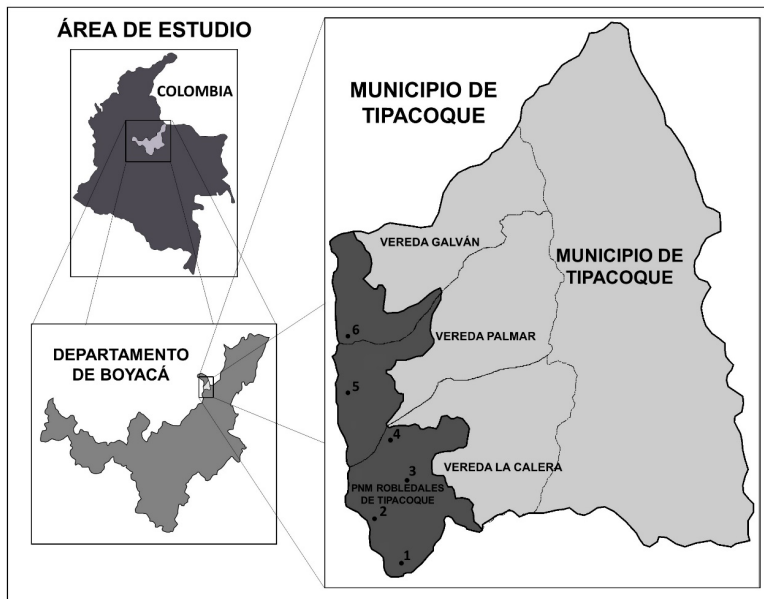


Figura 1. Localización general del área de estudio en el Parque Natural Municipal “Robledales de Tipacoque” PNMRT, municipio de Tipacoque, Boyacá (Fuente: Modificado de Vargas-Rojas & Morales-Puentes, 2014).

El PNMRT se encuentra conformado por seis sectores conocidos como: Alto La Paja, Alto El Encenillo, Alto El Gallo, El Frailejonal, Alto el Frío y La Cruz del Roble, en la mayoría de estas áreas predominan los bosques andinos que presentan un buen estado de conservación con pequeñas áreas fragmentadas, al igual que zonas de páramo (Alto El Frailejonal); estas áreas han sido afectadas por actividad agropecuaria (pastoreo de ganado vacuno y caprino, así como cultivos de papa). Sin embargo, las comunidades vegetales y animales que persisten presentan una importante diversidad y cumplen una función estratégica en la protección del agua y los suelos, debido a que se genera importantes fuentes hídricas como las quebradas Tipacoque y El Galván que proveen agua a la cabecera municipal y su área de influencia (Fundación Natura Colombia, 2007; Gil-Novoa & Morales-Puentes, 2014, 2016; Vargas-Rojas & Morales-Puentes, 2014).

Vía al Alto del Gallo (2771 m). Transecto en bosque de roble, ubicado en sentido occidente-oriente cruzando por la quebrada Tipacoque que conduce al sector llamado Alto del Gallo. El ambiente del sitio es parcialmente oscuro, con poca incidencia de luz y viento, humedad relativa del 80 % y temperatura entre 10-12°C.

Vía al Encerrado (2880 m). El transecto en sentido de oriente-occidente, en bosque, se encuentra dominado por roble, con altura del dosel entre 10 y 25 m, área parcialmente abierta o con alta incidencia de vientos y luz, humedad relativa del 70 % y temperatura entre 10-15°C.

3030 m (Alto del Gallo). Transecto ubicado de norte-sur, toma parte del camino que conduce al alto de El Gallo, área parcialmente oscura, humedad relativa del 78 % y temperatura promedio de 10°C, se encuentra en medio de un bosque dominado por roble.

3055 m (Alto de Las Águilas). Se ubica de norte-sur al lado derecho del camino que conduce al sector Alto de Las Águilas, sector parcialmente abierto, humedad relativa de 65 % y temperatura promedio de 10°C, alta incidencia de luz y viento, bosque de roble.

3232 m (Alto del Frailejón). El transecto continuo al camino que conduce al alto del Frailejonal en sentido norte-sur a borde de bosque de roble. Sector abierto, con incidencia del sol y viento, el suelo es más seco y rocoso, humedad relativa del 64 %, temperatura promedio de 15°C.

3244 m (Alto del Encenillo). El transecto se ubica contiguo al camino Alto el Encenillo norte-sur en bosque de roble, entre 8-10 m de altura; ambiente parcialmente oscuro con una humedad relativa de 80 %, temperatura de 10°C.

Muestras: se realizaron seis transectos lineales de 100 x 2,5 m, escogidos al azar cada 200 m de altitud, entre los 2800 y 3200 m en el PNMRT.

Es así como se evaluaron tres sustratos: roca, suelo y raíces aflorantes presentes en el transecto, y se tomó una muestra representativa en cada levantamiento, dentro de lo posible con estructuras reproductivas, así también se tomaron datos de cobertura (cm², mediante una planilla de acetato de 20 x 30 cm, según Iwatsuki, 1960). Para la toma de datos ecológicos se realizó una variación a la matriz de Churchill & Linares (1995), esta tabla incluyó información sobre el sustrato, hábito y forma de crecimiento.

La abundancia se estimó por observación según la escala propuesta por Braun Blanquet (1979), descrita de la siguiente forma: 1 = muy escaso (0-20%), 2 = escaso (21-40%), 3 = poco abundante (41-60%), 4 = abundante (61-80%), y 5 = muy abundante (81-100 %).

Los musgos se recolectaron bajo la numeración de *Porras-L., S.* y las muestras se empaquetaron en bolsas de papel, debidamente rotuladas con el número de colección; la información recogida de estas muestras fue consignada en la libreta de campo con datos de localidad y descripción del sitio de muestreo.

La determinación del material se efectuó mediante el uso de claves y bibliografía especializada como: Churchill & Linares (1995), Florschütz de Waard (1996), Gradstein, Churchill & Salazar-Allen (2001) y Sharp, Crum & Eckel (1994). De igual manera, se corroboró el nombre de las especies a través de la revisión nomenclatural de Andean Bryophytes (Tropicos, 2017).

Análisis de datos: se evaluó la riqueza de especies con el uso del índice de riqueza específica (S), que consiste en cuantificar el número de especies encontradas en cada uno de los transectos lineales (Moreno, 2001).

A partir del registro de las coberturas de cada una de las especies, se evaluó la estructura por medio de dos índices de abundancia proporcional: el índice de Simpson (D) como parámetro de dominancia y el índice de Shanon-Wiener (H') como parámetro de equidad (Moreno, 2001). Igualmente, se evaluó la diversidad Beta con el coeficiente de similitud de Jaccard (Cualitativo): $C_j = j/(a+b-j)$; donde j, es el número de especies halladas en ambas localidades y a el número de especies de la localidad A, siendo b el número de especies de la localidad B. Estos índices están diseñados para ser igual a 1 en casos de similitud completa, e igual a 0, si las estaciones son disimilares y no tienen especies en común. Todas las especies tienen un peso igual en la ecuación, con independencia de sí, son abundantes o raras (Moreno, 2001). Con el fin de estimar el grado de similitud entre altitudes y sustratos. Los índices fueron calculados por medio del programa *PAST (Palaeontological Statistics, ver. 1.12., 2003)*.

Tabla 1. Índices de riqueza para las especies de musgos presentes en los rangos altitudinales estudiados PNMRT.

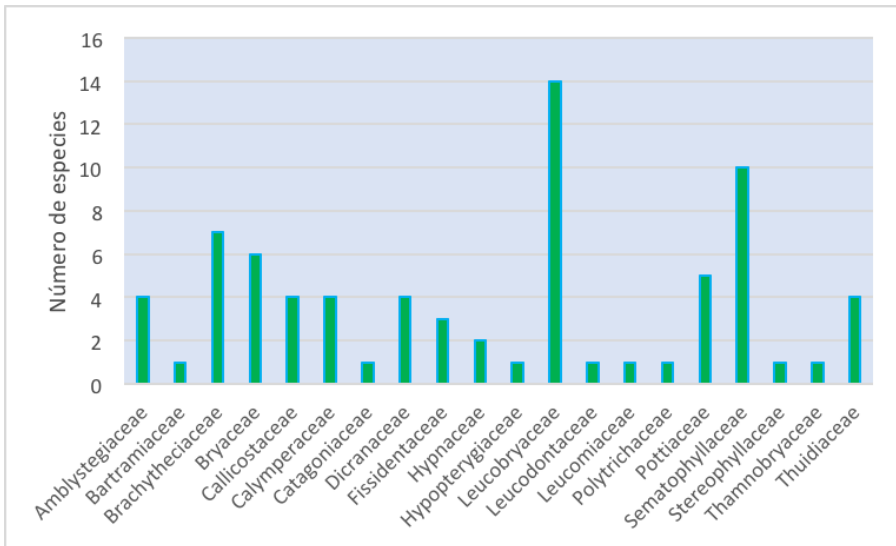
ÍNDICE	2771 m	2880 m	3030 m	3055 m	3232 m	3244 m
Taxa_S	25	18	15	23	18	22
Shannon_H	3,219	2,89	2,708	3,135	2,89	3,041
Dominance_D	0,04	0,05556	0,06667	0,04348	0,05556	0,05208
Simpson_1-D	0,96	0,9444	0,9333	0,9565	0,9444	0,9479

Fuente: propia

RESULTADOS

Se realizaron 110 levantamientos con 200 muestras recolectadas, los cuales corresponden a 75 especies en 48 géneros y 20 familias (figura 2). De las especies presentes, el 49,3 % presentan hábito acrocárpico y el 50,6 % pleurocárpico. Las rocas presentaron la mayor cobertura de musgos con 15950.4 cm², seguido por el suelo con 13166,16 y, por último, las raíces aflorantes de roble con 6024,48 cm².

Las familias más diversas se encuentran representadas por Leucobryaceae (14 especies) con el 19 % de la diversidad total, seguida por Sematophyllaceae (10) con el 13 % y Brachytheciaceae (7) con el 9 % (figura 2). Los géneros más diversos fueron *Campylopus* con 13 especies (17.3 %) y *Sematophyllum* con seis (8 %).

**Figura 2.** Número de especies presentes en las familias encontradas en el PNMRT (Fuente: propia).

La abundancia en las rocas fue registrada con la presencia de 71 de las 93 muestras, en la escala de muy escaso a poco abundante (0-60 %) y 22 entre abundante y muy abundante (61-100 %); en el suelo se encontraron, 48 muestras entre muy escaso a poco abundante y 16 entre abundante-muy abundante, para un total de 64 ejemplares recolectados; mientras que, las raíces aflorantes presentaron 35 muestras de las 43 recolectadas, en la escala de muy escaso a escaso (0-40 %) y ocho entre abundante y muy abundante.

La riqueza en los sustratos evaluados evidenció a las rocas como el sustrato más rico, debido a que presentó el 66,6 % de las especies encontradas (50), seguido del suelo 48 % (36) y por último las raíces aflorantes de roble 37,3 % (28).

Roca: se realizaron 57 levantamientos correspondiente a 50 especies, 32 géneros y 18 familias. Las familias más diversas fueron, Sematophyllaceae con 18,3 % (9 especies), seguido por Leucobryaceae con 16,3 % (8 especies), mientras que Brachytheciaceae y Amblystegiaceae con 8,2 % (4 especies cada una) y Pilotrichaceae, Pottiaceae y Thuidiaceae con 6,1 % (3 especies cada una); por último, las familias con la riqueza más baja fueron Bryaceae, Calymperaceae, Dicranaceae y Leucodontaceae con 4,1 % (2 especies cada una) y Fissidentaceae, Hypnaceae, Hypopterygiaceae, Leucomiaceae, Polytrichaceae, Stereophyllaceae y Thamnobryaceae 2 % (con una especie cada una).

Suelo: se realizaron 40 levantamientos con 36 especies en 26 géneros y 14 familias. Las familias más diversas fueron, Leucobryaceae con 18,9 % (7 especies), seguido por Bryaceae 16,2 % (6), Brachytheciaceae, Sematophyllaceae y Dicranaceae 10,8 % (4 especies cada una), mientras que, Amblystegiaceae, Fissidentaceae e Hypnaceae 5,4 % (2 especies cada una) y Bartramiaceae, Calymperaceae, Polytrichaceae, Pottiaceae, Stereophyllaceae y Thuidiaceae representaron el 2,7 % (una especie cada una).

Raíz aflorante de roble: se realizaron 25 levantamientos, donde se hallaron 28 especies en 22 géneros y 13 familias. La familia más diversa fue Leucobryaceae con 25 % (7 especies), seguida por Sematophyllaceae con 14,2 % (4), Calymperaceae y Dicranaceae con 10,7 % (3), Amblystegiaceae y Pottiaceae con 7,14 % (2 especies cada una), mientras que, las familias restantes Catagoniaceae, Hypopterygiaceae, Brachytheciaceae, Thuidiaceae, Bryaceae, Leucomiaceae y Pilotrichaceae constituyeron solo el 3,57 % (una especie cada una).

De acuerdo con el índice de Shanon-Wiener (H'), el sustrato con mayor uniformidad en la distribución de las especies es la roca con un valor de 3.296, seguido del suelo con 2.966, y el sustrato con menor uniformidad fue raíz aflorante con 1.983. En cuanto a la dominancia el valor más alto es la raíz aflorante con 0.3023, mientras que el más bajo fue roca con 0,05434, lo que indica el sustrato con mayor diversidad como lo muestra el índice de diversidad (1-D), siendo la roca, el sustrato con el valor más alto (0,9457), seguido por el suelo (0,9355) y la raíz aflorante la menor diversidad (0,6977).

El índice de similitud de Jaccard agrupó a los sustratos suelo y roca como los de mayor correlación (34 %), mientras que, raíz aflorante presenta una correlación de 20 % con respecto a la roca y el suelo, siendo más heterogénea en la composición a nivel del sustrato.

Distribución altitudinal

Vía al Alto del Gallo (2771 m). Se encontraron 25 taxones, de los cuales se destacan, Amblystegiaceae y Pilotrichaceae con seis taxones cada una, las especies con mayor frecuencia *Aerolindigia capillaceae*, *Rhynchostegium serrulatum* y *Trachyxiphium subfalcatum*, crecen como tapetes muy adheridos al sustrato, con coberturas pequeñas (0-20 %), poco exuberantes, con dominio de pleurocárpicos y el sustrato roca (tabla 2).

Vía al Encerrado (2880 m). Se encontraron 18 taxones, la familia con mayor número de especies, Dicranaceae (4), las más frecuentes *Holomitrium pulchellum*, *Dicranum frigidum* y *Dicranella heteromalla*, crecen en forma de césped y *Ectropothecium leptochaeton*, *Sematophyllum cuspidiferum* y *Rauarella praelonga* en tapete en el suelo desnudo con coberturas muy bajas (0-20 %), y con hábito acrocárpico (tabla 2).

3030 m (Alto del Gallo). Con 15 especies entre las que se destacan, nueve especies de Brachytheciaceae y cinco de Pilotrichaceae; las especies con mayor distribución a lo largo del transecto fueron *Aerolindigia capillaceae*, *Rhynchostegium serrulatum* y *Trachyxiphium subfalcatum*, en forma de tapetes muy adheridos al sustrato; todas las especies en el transecto con coberturas muy bajas (0-20 %), donde el sustrato roca, exhibe la mayoría de las especies con hábito pleurocárpico en gran parte (tabla 2).

3055 m (Alto de Las Águilas). Se presentan 23 taxones, siete de Leucobryaceae, seguido por seis de Sematophyllaceae, con especies frecuentes a lo largo del transecto como *Campylopus savannarum*, *C. densicoma* var. *yungarum* y *C. aff. zygodonticarpus*, con crecimiento en césped y *Heterophyllum affine*, *Aptychella prolifera* y *Drepanocladus exannulatus*, las cuales crecen en tapetes. Las coberturas en este transecto alcanzan hasta el 20 %, la mayoría de las especies son acrocárpicas y están presentes en el suelo (tabla 2).

3232 m (Alto del Frailejón). Se encontraron 18 taxones, la familia con mayor número de especies fue Leucobryaceae (6), y las especies con mayor frecuencia y distribución fueron *Campylopus pilifer*, *C. cleefii*, *Bryum argenteum*, *Leptodontium filicola* y *Polytrichum juniperinum*, en este rango altitudinal predominaron las formas de césped o colchones muy agrupados, en su mayoría hábitos acrocárpicos, la escala de abundancia se encuentra entre muy escaso y muy abundante, con mayor dominancia en rocas.

Tabla 2. Cobertura en cm² de las especies de musgos encontradas en Parque Natural Municipal “Robledales de Tipacoque” PNMRT.

FAMILIAS	ESPECIES	ROCA (cm ²)	SUELO (cm ²)	RAÍZ AFLO-RANTE (cm ²)
AMBLYSTEGIACEAE	<i>Amblystegium serpens</i>	399,6	66,96	0
	<i>Campylium polygamum</i>	199,2	0	0
	<i>Campylium praegracile</i>	399,6	0	119,58
	<i>Drepanocladus exannulatus</i>	399,6	912	149,4
BARTRAMIACEAE	<i>Breutelia chrysea</i>	0	699,6	0
BRACHYTHECIACEAE	<i>Aerolindigia capillacea</i>	207,54	24,96	0
	<i>Brachythecium rutabulum</i>	407,4	55,8	0
	<i>Palamocladium leskeoides</i>	99,6	0	150
	<i>Rhynchostegia flexuosa</i>	0	0	24,96
	<i>Rhynchostegium scariosum</i>	0	24,96	0
	<i>Rhynchostegium serrulatum</i>	54,96	42	0
	<i>Rozea subjulaceae</i>	499,2	0	0
BRYACEAE	<i>Bryum argenteum</i>	0	33,96	0
	<i>Poblia elongata</i>	0	150	0
	<i>Rhodobryum aff. roseum</i>	0	15	0
	<i>Rhodobryum perspinidens</i>	174,6	349,8	0
	<i>Rhodobryum roseodens</i>	24,96	399,6	0
	<i>Rhodobryum sp.</i>	0	0	9,6
CALYMPERACEAE	<i>Calymperes sp1</i>	24,6	99,6	0
	<i>Calymperes sp2</i>	0	0	24,6
	<i>Syrrhopodon incompletus</i>	0	0	49,8
	<i>Syrrhopodon sp1</i>	24,96	0	106,8
CATAGONIACEAE	<i>Catagonium brevicaudatum</i>	0	0	24,6
DICRANACEAE	<i>Campylopus aff. zygodonticarpus</i>	600	1800	0
	<i>Campylopus anderssonii</i>	0	150	199,8
	<i>Campylopus cleefii</i>	136,56	0	0
	<i>Campylopus densicoma var. yungarum</i>	36	0	49,8
	<i>Campylopus flexuosus</i>	699,6	0	15
	<i>Campylopus heterostachys</i>	279	624,6	0
	<i>Campylopus jamesonii</i>	199,8	0	0
	<i>Campylopus nivalis</i>	0	0	99,6
<i>Campylopus pilifer</i>	24,96	39,96	0	

FAMILIAS	ESPECIES	ROCA (cm ²)	SUELO (cm ²)	RAÍZ AFLO-RANTE (cm ²)
DICRANACEAE	<i>Campylopus savannarum</i>	259,8	0	0
	<i>Campylopus trichophylloides</i>	0	0	99,6
	<i>Campylopus trivialis</i>	15	149,4	0
	<i>Campylopus zygodonticarpus</i>	0	499,2	0
	<i>Dicranella heteromalla</i>	0	99,6	0
	<i>Dicranodontium aff. pulchroalare</i>	0	24,96	150
	<i>Dicranum frigidum</i>	174,6	869,4	174,6
	<i>Holomitrium pulchellum</i>	49,8	9	64,2
FISSIDENTACEAE	<i>Fissidens diplodus</i>	0	9	0
	<i>Fissidens dissitifolius</i>	78	0	0
	<i>Fissidens rigidulus</i>	0	15	0
HYPNACEAE	<i>Ectropothecium leptochaeton</i>	49,8	814,8	0
	<i>Hypnum amabile</i>	0	600	0
HYOPTERYGIACEAE	<i>Hypopterygium tamariscinum</i>	598,86	0	399,6
LEUCOBRYACEAE	<i>Leucobryum martianum</i>	0	1200	72
LEUCODONTACEAE	<i>Leucodon curvirostris</i>	239,4	0	0
LEUCOMIACEAE	<i>Leucomium strumosum</i>	1200	0	0
	<i>Trachyxiophium glanduliferum</i>	79,8	0	0
	<i>Trachyxiophium steerei</i>	74,4	0	0
PILOTRICHACEAE	<i>Trachyxiophium subfalcatum</i>	109,92	0	122,94
	<i>Polytrichum juniperinum</i>	1099,2	549	0
POLYTRICHACEAE	<i>Didymodon aff. umbrosus</i>	0	0	24,6
	<i>Leptodontium aff. stoloniferum</i>	0	0	39,6
	<i>Leptodontium filicola</i>	799,2	649,8	0
	<i>Leptodontium viticulosoides</i>	600	0	0
	<i>Weissia controversa</i>	24,96	0	0
POTTIACEAE	<i>Acroporium estrellae</i>	0	0	24,6
	<i>Aptychella proligera</i>	234,6	0	15
	<i>Heterophyllum affine</i>	2341,2	1050	3199,2
	<i>Sematophyllum adnatum</i>	99,6	0	0
	<i>Sematophyllum aff. adnatum</i>	49,8	0	0
	<i>Sematophyllum aff. swartzii</i>	24,96	9	15
	<i>Sematophyllum cuspidiferum</i>	49,8	15	0
	<i>Sematophyllum erythropodium</i>	399,6	0	0
	<i>Sematophyllum subsimplex</i>	6	0	0
	<i>Wijkia subnitida</i>	164,4	600	0

FAMILIAS	ESPECIES	ROCA (cm ²)	SUELO (cm ²)	RAÍZ AFLO-RANTE (cm ²)
STEREOPHYLLACEAE	<i>Stereophyllum radiculosum</i>	24,96	99,6	0
THAMNOBRYACEAE	<i>Porotrichum expansum</i>	525	0	0
	<i>Cyrto-hypnum campanulatum</i>	399,6	0	0
	<i>Rauiella praelonga</i>	0	414,6	600
THUIDIACEAE	<i>Thuidium carantae</i>	72	0	0
	<i>Thuidium peruvianum</i>	1199,4	0	0

Fuente: propia

3244 m (Alto del Encenillo). Se encontraron 22 taxones, donde Leucobryaceae registra seis, seguida por Sematophyllaceae (5); *Heterophyllum affine* es la especie con mayor frecuencia, seguida por *Holomitrium pulchellum* y *Campylopus heterostachys* que crecen en tapetes y céspedes respectivamente, siendo las formas de crecimientos más comunes en este transecto; de igual manera, y van desde muy escasos hasta poco abundantes, y forman grandes comunidades que comparten el mismo sustrato, y donde la raíz aflorante tiene la mayor presencia de musgos y los hábitos de crecimiento acrocárpico y pleurocárpico se encuentran muy bien distribuidos entre los taxa. Se destaca la presencia de especies como *Acroporium estrellae*, *Actinodontium sprucei*, *Calymperes* sp1, *Campylopus nivalis*, *Catagonium brevicaudatum*, *Didymodon* aff. *umbrosus*, *Fissidens rigidulus*, *Palamocladium leskeoides* y *Rhodobryum* aff. *roseum* por encontrarse exclusivas para este transecto.

De acuerdo con el índice de Shanon-Wiener el transecto en el rango altitudinal con mayor uniformidad en la distribución de las especies es el de 2771 m (con un valor de 3,219), seguido por 3055 m (3,135) y 3244 m (3,041); el rango altitudinal que presentó menor uniformidad fue 3030 m (con 2,708). En cuanto a la dominancia, el valor más alto es 3030 m (0,06667), lo que indica que es el transecto con menor diversidad, seguido por 2880 y 3232 m (0,05556 cada uno). El índice de diversidad refleja que el rango altitudinal 2771 m, que presenta mayor diversidad (con un valor de 0,96), seguido por 3055 y 3244 m (con valores de 0,9565 y 0,9479 respectivamente) (tabla 1).

DISCUSIÓN

El estudio realizado en el PNMRT muestra una alta riqueza de especies (75), de las cuales, 24 son nuevos registros para Boyacá, comparado con los trabajos de Churchill & Linares (1995), Gil-Novoa y Morales-Puentes (2014, 2016), donde presentaron 233 especies para el departamento de Boyacá; El PNMRT presenta el 32,1 % de las especies presentes en el departamento, considerando que este estudio solo evalúa tres sustratos, el número puede aumentar al cubrir más sustratos, llegando así a considerar la cifra de 400 especies para Boyacá propuesta por Churchill & Linares (1995) y Ramírez- Padilla (2013).

La familia más rica es Leucobryaceae con el género *Campylopus*, tal y como lo muestran muchos estudios, entre ellos, los de Gil-Novoa y Morales-Puentes (2014, 2016), Pinzón & Linares (2006) y Ruíz & Aguirre (2003). Según Frahm & Gradstein (1991) este grupo presenta taxones típicos de hábitats abiertos, por presentar características como el hábito acrocárpico, forma de crecimiento en césped y una serie de adaptaciones morfo-anatómicas tales como, presencia de banda central en el tallo y costa con estereidas, células basales hialinas que permiten la diversificación en todos los ambientes.

El sustrato con mayor riqueza de musgos es la roca, lo que coincide con el estudio realizado por García et al. (2015), donde evidencian que las rocas son el sustrato con mayor abundancia de musgos, esto debido a las condiciones microclimáticas que se presentan en las fisuras y agujeros donde se puede acumular polvo, materia orgánica y agua (Gradstein et al., 2001). Las rocas se encuentran ampliamente distribuidas en todo el PNMRT, las coberturas de los musgos sobre las rocas varían según la zona donde éstas se encuentren; dentro del bosque de robledales (2771, 2880, 3030, 3055, 3244 m altitudinales) la superficie de las rocas suele estar cubierta por tapetes de musgos exuberantes y, en el subpáramo (3232 m), las rocas presentan grietas con hendiduras de diversa profundidad en las que se acumula polvo, materia orgánica y, temporalmente, agua, lo que favorece el desarrollo de un buen número de especies, creciendo en forma de césped en pequeños conglomerados, donde el hábito acrocárpico de los musgos es el que domina (Pinzón & Linares, 2006). Sin embargo, los porcentajes de coberturas de musgos registrados sobre las rocas muestran la mayoría de las especies en un rango desde muy escasos hasta poco abundantes (0-60 %), lo que puede ser atribuido a la época seca en la que se realizó el muestreo, ya que el aumento de biomasa en los musgos se ve incrementada con el contenido del agua (Ruíz, Linares & Morales, 2006; Spitale, 2017). De igual manera, la presencia de ambientes sombríos y resguardados de la acción del viento, donde existe una alta humedad, permite que los briófitos se desarrollen con amplias coberturas (Wolf, 1993), aspectos que también se presentan en el PNMRT en los rangos altitudinales 2771 m, transecto que se encuentra trazado junto a una quebrada y en medio del bosque.

La cobertura se relaciona directamente con el grado de exposición de los briófitos al macroclima existente, condiciones que se presentan en el Alto El Frailejón (3232 m), con especies como *Campylopus cleefii*, *Bryum argenteum* y *Leptodontium filicola*, que resaltan por su frecuencia y distribución en el transecto; además, por estar restringidas a este rango altitudinal, lo cual es también evidenciado por Pinzón & Linares (2006), donde Dicranaceae, Pottiaceae y Bryaceae dominaron los sitios abiertos y xerofíticos por atributos como la presencia de papilas numerosas sobre la lámina, márgenes fuertemente involutas, costas fuertes y gruesas, extremos de las hojas canescentes y los hábitos no exuberantes, restringiéndose así el aumento de la biomasa (Pócs, 1982).

Las rocas son el sustrato más uniforme, visto con el índice de Shanon-Wiener (H') y con el valor más alto de diversidad ($1-D$). No obstante, el suelo presenta también valores altos en diversidad como lo indica Holz, Gradstein, Heinrichs & Kappelle (2002), siendo el suelo rico en especies, lo que puede ser atribuido a las condiciones que ofrece la vegetación arbustiva acompañante, ya que, estos ambientes sombríos y resguardados de la acción del viento, permiten que los musgos exhiban altas coberturas (Lagos, Sáenz & Morales-Puentes, 2008; Wolf, 1993), aunque el exceso de radiación solar puede llegar a limitar su crecimiento (Richards, 1984).

De igual manera Holz et al. (2002) afirman en su estudio con briófitos en robledales, que el suelo de estos bosques juega un papel importante como hábitat para estas plantas, debido a que, estos ecosistemas brindan un gran número de microhábitats, donde se exhiben muchas formas de crecimiento, tales como césped, representados por especies de Polytrichaceae, Dicranaceae, Leucobryaceae y Calymperaceae, y Pócs (1982) las destaca como especies acidófilas, por crecer en la capa superior del suelo. Del mismo modo, los resultados obtenidos en este trabajo mediante el análisis de similitud (Jaccard), establece una correlación entre los sustratos suelo y roca, debido a que comparten gran parte de las especies presentes (Porrás-López, 2011).

Por otro lado, las raíces aflorantes de los robles presentaron la menor riqueza y cobertura; solo en el transecto realizado en el sector Alto del Encenillo (3244 m), se muestran estas raíces, dominando sobre los demás sustratos, y se puede atribuir a que los robles presentes en este fragmento de bosque tienen amplia sombra de dosel, propiciando un ambiente para el crecimiento exuberante de los briófitos (Gil-Novoa & Morales-Puentes, 2014; Porrás-López, 2011; Wolf, 2003).

Se observa una particularidad en el Alto del Encenillo, donde los musgos crecen en las raíces aflorantes con mayor cobertura que en el resto del árbol; lo anterior, se puede atribuir a la acumulación de agua lluvia por escorrentía, que genera humedad, dando las condiciones óptimas para el crecimiento de los musgos (Richards, 1984). En esta área del muestreo, las raíces aflorantes se tornan como una zona de transición entre el suelo y el bosque, que ofrece el nicho adecuado para el crecimiento de los briófitos, similar al que cumplen, las bases de los árboles (Pócs, 1982).

El crecimiento de los musgos sobre las raíces aflorantes de roble en el sector Alto del Encenillo, también se debe a que la superficie del suelo se encuentra cubierta por materia en descomposición; esta capa impide la adhesión de los musgos al suelo y restringe su crecimiento (Richards, 1984), bajo estas condiciones, los briófitos no se establecen con firmeza, por lo que terminan colonizando las raíces aflorantes, de tal manera que los briófitos terrestres no forman un estrato continuo, pero se encuentran en el suelo en forma esporádica (Pócs, 1982).

En cuanto a la distribución de musgos en los rangos altitudinales, se observa que no se presentan las mismas especies en todos los rangos, se evidenció la restricción por la mayoría de las especies a un rango altitudinal determinado; es el caso del rango de los 2771 m se observa la restricción de las taxa *Sematophyllum erythropodium*, *Rozea subjulaceae*, *Rhodobryum roseodens*, *Porotrichum expansum*, *Leucomium strumosum*, *Fissidens diplodus*, *Cyrto-hypnum campanulatum* y *Amblystegium serpens*.

Para el rango de 2880 m se presentan como especies exclusivas *Campylopus zygodonticarpus*, *Dicranella heteromalla*, *Pohlia elongata* y *S. cuspidiferum*; a los 3030 m de altura las especies restringidas son *Aerolindigia capillaceae*, *Thuidium carantae*, *Trachyxiphium glanduliferum* y *Rhodobryum* sp. Para el transecto de 3055 m las especies exclusivas son *Calymperes* sp2, *Campylopus densicoma* var. *yungarum*, *C. savannarum*, *Leptodontium* aff. *stoloniferum*, *Leucobryum martianum*, *Sematophyllum* aff. *adnatum*, *S. subsimplex* y *Syrrophodon incompletus*.

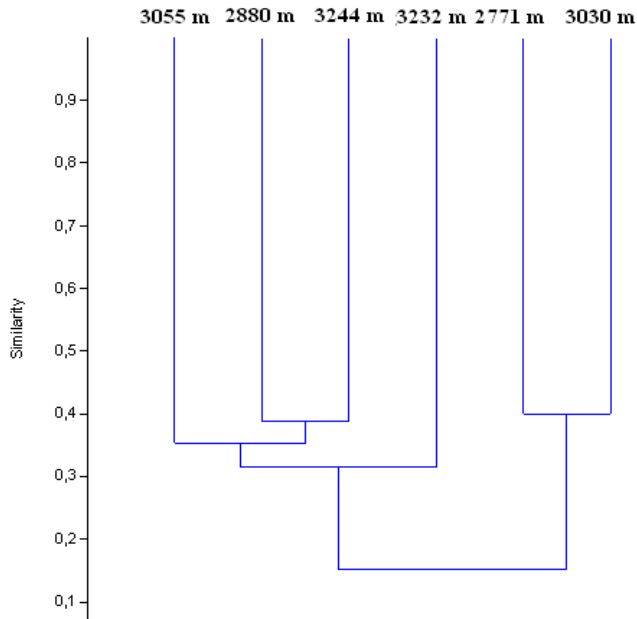


Figura 3. Índice de similitud de Jaccard entre los seis transectos evaluados (Fuente: propia).

El transecto de 3232 m se destaca por presentar a *Bryum argenteum*, *Campylopus cleefii*, *C. jamesonii*, *C. pilifer*, *Hypnum amabile*, *Leptodontium filicola*, *Sematophyllum adnatum* y *Weissia controversa* exclusivas de la zona. Por último, en el transecto de 3244 m las especies exclusivas son *Acroporium estrellae*, *Actinodontium sprucei*, *Calymperes* sp1, *Campylopus nivalis*, *Catagonium brevicaudatum*, *Didymodon* aff. *umbrosus*, *Fissidens rigidulus*, *Palamocladium leskeoides* y *Rhodobryum* aff. *roseum*; estas especificidades se

pueden atribuir a los factores como sustrato y altitud, que se presentan en los distintos sectores, condiciones que afectan el desarrollo de los briófitos (Frahm & Gradstein, 1991) (figura 2).

En cuanto a la similitud entre los transectos, los rangos altitudinales más correlacionados fueron, 2771 y 3030 m con un valor de 40%, seguido de 2880 y 3244 m altitudinales con 39% de similitud; a su vez, se encuentran relacionados con los 3055 m al presentar una similitud de 35%. Por último, se observa que el rango altitudinal de 3232 m muestra la similitud más baja (32%), siendo el menos relacionado con el resto de los transectos (figura 3).

A medida que se asciende en el rango altitudinal, se evidencia que la cobertura de especies comienza a disminuir y ser menos constantes, como, por ejemplo, el número de taxones encontrados en el rango más alto (3244 m) fue de 22, en 3232 m se encontraron 18 taxones y en el rango más bajo (2771 m) el total de taxones encontrados fue de 25 (Richards, 1984; Ramírez-Padilla, 2013; Ruíz & Aguirre, 2003) y en zonas de subpáramo, el sustrato roca se convierte en el dominante de la zona.

El hábito acrocárpico de los musgos usualmente se presenta en un ambiente heliófilo (*Leptodontium filicola*) y el pleurocárpico en ambientes ombrófilos (*Thuidium peruvianum*), Moreno-Gaona, Gil-Novoa, Morales-Puentes & Gil-Leguizamón (2018) muestran que las formas de crecimiento se encuentran directamente relacionadas con las condiciones de los microhábitats, en ese caso el hábito pleurocárpico se presentó dominante en la mayoría de las especies, siendo esto, en una zona más cálida, lo que contrasta con este estudio donde el hábito acrocárpico domina y se evidencia mayor capacidad de resistencia a la incidencia de luz y viento, como *Campylopus flexuosus*, en ambientes con condiciones de exposición como *Bryum argenteum* y *Dicranum frigidum* (Holz et al., 2002; Gradstein et al., 2001). Por otro lado, las plantas pleurocárpicas dominan la forma de crecimiento en tapete como *Thuidium peruvianum*, donde se extienden sobre el sustrato en el Alto del Encenillo (Porrás-López, 2011; Pinzón & Linares, 2006) en áreas abiertas y expuestas.

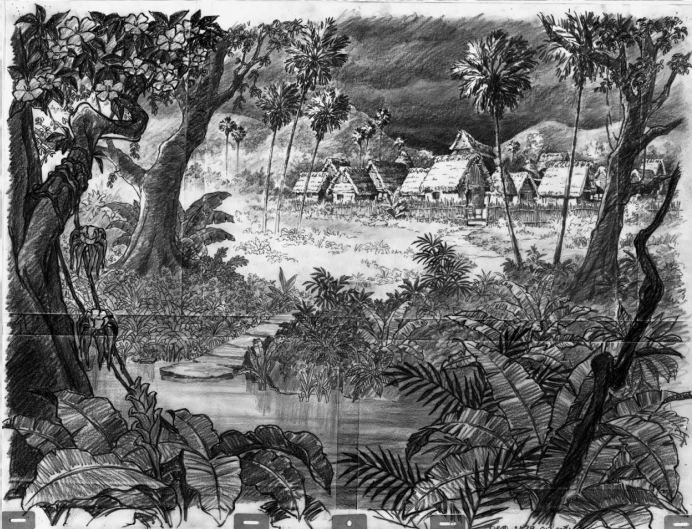
AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, a la Escuela de Biología y a la Maestría en Ciencias Biológicas. Al Grupo Sistemática Biológica y al herbario UPTC por todo el apoyo logístico y financiero. A J.E. Gil-Novoa por el apoyo en determinaciones. Así también a la población de Tipacoque y a la administración del municipio de Tipacoque de su momento con el Sr. alcalde de su momento N.H. Melgarejo.

REFERENCIAS

- Braun-Blanquet, J. (1979). *Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales*. Madrid, España: Ediciones Brume.
- Churchill, S. & Linares, E. (1995). *Prodromus Bryologiae Novo-Granatensis. Introducción a la flora de musgos de Colombia*. Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales.
- Cuta, L. E. & Gil, J. E. (2017). Brioflora de un fragmento de bosque subandino en el municipio de Bolívar (Santander-Colombia). *Ciencia en Desarrollo, 1E*(Suplemento Especial), 146-147.
- Florschütz-de Waard, J. (1996). Key to the genera of mosses of the Guianas. In A. R. A. Gürts van Rijn Musci. (Ed), *Flora of the Guianas* (pp. 480-489). Flora of the Guianas. Leiden: Botanical Garden Kew.
- Frahm, J. P. & Gradstein, S. R. (1991). An altitudinal zonation of tropical rain forests using bryophytes. Universidad de Duisburg, Germany. *J Biogeogr.*, 18, 669-678.
- Fundación Natura Colombia. (2007). *Diagnóstico socioambiental del PNM "Robledales de Tipacoque" y su área de influencia*. Convenio 106-107.
- García, M. S., Basilio, H., Herazo, F., Mercado, J. & Morales, M. (2016). Diversidad de briófitos en los Montes de María, Colosó (Sucre, Colombia). *Colombia Forestal*, 19(1), 41-52.
- Gil-Novoa, J. E. & Morales-Puentes, M. E. (2014). Estratificación vertical de briófitos epífitos de *Quercus humboldtii* (Fagales: Fagaceae) en el Parque Natural Municipal "Robledales de Tipacoque" (Boyacá - Colombia). *Revista de Biología Tropical*, 62(2), 719-727.
- Gil-Novoa, J. E. & Morales-Puentes, M. E. (2016). Catálogo de briófitos epífitos de roble (*Quercus humboldtii*: Fagaceae), en el municipio de Tipacoque, Boyacá-Colombia. *Bol. Cient. Mus. Hist. nat.*, 20(2), 19-32.
- Gradstein, S. R. (1992). Threatened bryophytes of the Neotropical rain forest: a status report. Holanda. *Tropical Bryology*, 6, 83-93.
- Gradstein, S. R., Griffin, D., Morales, M. & Nadkarni, N. (2001). Diversity and habitat differentiation of mosses and liverworts in the cloud forest of Monteverde, Costa Rica. *Caldasia*, 23(1), 203-212.
- Gradstein, S.R., Churchill, S. & Salazar-Allen, N. (2001). Guide to the bryophytes of tropical America. *Memoirs of New York Botanical Garden*, 86.
- Holz, I., Gradstein, S. R., Heinrichs, J. & Kappelle, M. (2002). Bryophyte diversity, microhabitat differentiation, and distribution of life forms in Costa Rican upper montane Quercus forest. *Bryologist*, 105(3), 334-348.
- Iwatsuki, Z. (1960). The epiphytic bryophyte communities in Japan. *Journal of the Hattori Botanical Laboratory*, 22, 159-339.
- Kessler, M. (2000). Altitudinal zonation of Andean cryptogam communities. *J Biogeogr.*, 27, 275-282.
- Lagos, M., Sáenz, F. & Morales-Puentes, M. E. (2008). Briófitos reófilos de tres quebradas del páramo de Mamapacha, Chinavita (Boyacá-Colombia). *Act Biol. Col.*, 13(1), 143-160.
- Lloret, F. (1986). La vegetación briofítica rupícola en relación con los gradientes altitudinal e hídrico en el Montseny (Barcelona). *Orsis*, 2, 55-70.
- Martínez, M. & Díaz, C. N. (2017). Riqueza de musgos por sustratos en un gradiente altitudinal del Complejo de Páramos Guantiva-La Rusia (Boyacá y Santander- Colombia). *Ciencia en Desarrollo, 1E*(Suplemento especial), 334-335.
- Martínez-O., M. F., Díaz-Pérez, C. N. & Morales-Puentes, M. E. (2019). Los musgos en el complejo de páramos Guantiva-La Rusia en los departamentos de Boyacá y Santander, Colombia. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 23(1),15-30. DOI: 10.17151/bccm.2019.23.1.1
- Moreno-Gaona, D. E., Gil-Novoa, J. E., Morales-Puentes, M. E. & Gil-Leguizamón, P.A. (2018). Capítulo 6: Bosques en miniatura, los briófitos de Cupiagua y Aguazul departamento de Casanare. En C. N. Díaz-Pérez., M. E. Morales-Puentes., P.A. Gil-Leguizamón. & J. E. Gil-Novoa. (Coords), *Flora de Aguazul: muestra de diversidad* (pp. 147-168). Tunja, Colombia: Editorial UPTC.
- Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. *Zaragoza*, 1, 84.
- Pinzón, M. & Linares, E. (2006). Diversidad de líquenes y briófitos en la región subxerofítica de la Herrera, Mosquera (Cundinamarca-Colombia). I. Riqueza y estructura. *Caldasia*, 28 (2), 243-257.
- Pócs, T. (1982). Tropical forest bryophytes. En A. J. E. Smith. (Ed), *Bryophyte ecology* (pp. 59-104). Cambridge: Cambridge University Press, USA.
- Porras-López, S. (2011). *Diversidad y abundancia de los musgos (Briophyta) en un gradiente altitudinal del Parque Natural Municipal "Robledales de Tipacoque" Tipacoque, Boyacá-Colombia* (tesis). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia.
- Ramírez-Padilla, B. R. (2013). Riqueza y distribución de musgos en el departamento del Cauca, Colombia. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 17(2), 17-37.
- Richards, P. W. (1984). The ecology of tropical forest bryophytes. En R. M. Schuster. (Ed.), *New Manual of Bryol* (pp. 1233-1270). Nichinan: Hattori Botanical Laboratory.
- Ruiz, A. C. & Aguirre, J. (2003). Las comunidades de briófitos y su relación con la estructura de la vegetación fanerogámica en el gradiente altitudinal de la Serranía del Perijá (Cesar-Colombia). *Tropical Bryology*, 24, 101-113.
- Ruiz, E. J., Linares, E. L. & Morales, M. E. (2006). *Sphagnum* (Sphagnaceae) en el departamento de Boyacá, Colombia. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.*, 30(114), 31-45.
- Schofield, W. B. (1985). *Introduction to Bryology*. New York: Department of Botany University of British Columbia.
- Sharp, A. J., Crum, H. & Eckel, P. M. (Eds). (1994). *The moss flora of México. Mem. New York Bot. Gard.*, 69(1), 1-1113.
- Spitale, D. (2017). Forest and substrate type drive bryophyte distribution in the Alps. *Journal of Bryology*, 39(2),128-140.
- Tropicos. (2017). Tropicos.org. Recuperado de <http://www.tropicos.org/>
- Vargas-Rojas, D. L. & Morales-Puentes, M. E. (2014). Hepáticas del Parque Natural Municipal "Robledales de Tipacoque", Boyacá-Colombia. *Universitas Scientiarum*, 19(3), 201-211. Doi: 10.11144/Javeriana.SC19-3.hpnms
- Wolf, J. H. D. (1993). Diversity patterns and biomass of epiphytic bryophytes and lichens along an altitudinal gradient in the Northern Andes. *Ann. Missouri Bot. Gard.*, 80(4), 928-960.
- Wolf, J. H. D. (2003). Estudios en ecosistemas tropandinos. *Diversidad y ecología de las comunidades epifíticas en la cordillera Central, Colombia*, 5, 452-502.

CONSERVACIÓN Y BIODIVERSIDAD
EN AGROECOSISTEMAS
CONSERVATION AND BIODIVERSITY
IN AGROECOSYSTEMS



Molecular and morphological characterization of *Musa* spp. (Zingiberales: musaceae) cultivars*


María Angélica Buitrago-Bitar¹ Ayda Lilia Enriquez-Valencia², Jorge Mario Londoño-Cañedo³, Jaime Eduardo Muñoz-Flórez⁴, Bernardo Villegas-Estrada⁵, Gloria Esperanza Santana-Fonseca⁶


Abstract


Objectives: The overall goal was to analyze genetic diversity in cultivars of *Musa acuminata* (Colla) and *M. balbisiana* (Colla), commonly grown in farms from Caldas department. **Scope:** Characterization of the genetic variability, at the molecular and morphological level of cultivars of *M. acuminata* and *M. balbisiana*, found in farms from Caldas farmers using morphological descriptors and fluorescent microsatellites. **Methodology:** Phenotyping evaluations comprised 57 morphological characters following the descriptors proposed by IPGRI for the *Musa* genus, and for genotyping evaluations, nine fluorescent microsatellites (Simple Sequence Repeats-SSR) were used to allow the precise identification of alleles. Additionally, cluster analyses were carried out independently for both morphological and genotypic characterizations under Principal Component Analysis (PCA) and Bootstrapping methods respectively. **Main results:** Positive and negative highly significant correlations were found for the morphological descriptors, where traits such as presence/absence of male bud was the rule, as well as the diameter and perimeter of this trait, plus the diameter and perimeter of the peduncle, number of fruits, pseudostem height and fruit length contributed considerably to the variability among the cultivars allowing the discrimination of three main groups in the cluster analyzes. From the molecular perspective a total of 72 polymorphic alleles were obtained, with an average genetic diversity of 0,79, polymorphic information content (PIC) of 0,77 and heterozygosity of 0,48, showed a moderate degree of genetic differentiation ($F_{ST} = 0,061$) among *Musa* cultivars, generating three main sub-clusters based on their genetic dissimilarity. **Conclusions:** The identification of certain morphological traits showed to be suitable for the discrimination of *Musa* cultivars evaluated here. On the other hand, molecular characterization allowed to establish the genetic relationships among groups, also fluorescent SSR were highly informative and accurate, in such a way that can be considered suitable for characterizations in *Musa* varieties.


Key words: Genetic Diversity, Genotyping, Fluorescent Microsatellites, Phenotyping


* FR: 12-IX-2019. FA: 21-XI-2019.


¹ Magister. Investigadora grupo Diversidad Biológica. Universidad Nacional de Colombia. Palmira Colombia. E-mail: mabuitragob@unal.edu.co  0000-0003-3080-0669.

² Ingeniera Agrónoma. Investigadora grupo Diversidad Biológica. Universidad Nacional de Colombia. Palmira Colombia. E-mail: alenriquezv@unal.edu.co  0000-0003-1802-9613.

³ Magister. Investigador grupo Diversidad Biológica. Universidad Nacional de Colombia. Palmira Colombia. E-mail: jomlondonoca@unal.edu.co  0000-0001-9349-9725.

⁴ Doctor. Docente investigador grupo Diversidad Biológica. Universidad Nacional de Colombia. Palmira Colombia. E-mail: jemunozf@unal.edu.co  0000-0002-8237-0499.

⁵ Magister. Docente Investigador grupo InGene. Universidad de Caldas. Manizales, Caldas Colombia. E-mail: bernardo.villegas@ucaldas.edu.co  0000-0003-4441-5278.

⁶ Doctora. Docente investigador grupo Biodiversidad y Recursos fitogenéticos. Universidad de Caldas, Manizales, Caldas Colombia. E-mail: gloria.santana@ucaldas.edu.co  0000-0001-6467-3261.



CÓMO CITAR:

BUITRAGO-BITAR, M.A., ENRÍQUEZ-VALENCIA, A.L., et al., 2020.- Molecular and morphological characterization of *Musa* spp. (Zingiberales: musaceae) cultivars. *Bol. Cient. MusHist. Nat. U. de Caldas*, 24 (1): 33-47. DOI: 10.17151/bccm.2020.24.1.2



Caracterización molecular y morfológica de cultivares de *Musa* spp. (Zingiberales: musaceae)

Resumen

Objetivos: Analizar la diversidad genética de cultivares de *Musa acuminata* Colla y *Musa balbisiana* Colla (Musaceae), cultivados en el departamento de Caldas **Alcance:** Caracterización de la variabilidad genética, a nivel molecular y morfológico de cultivares de *M. acuminata* y *M. balbisiana*, encontrados en fincas de agricultores de Caldas, utilizando descriptores morfológicos y microsatélites fluorescentes. **Metodología:** Las evaluaciones fenotípicas comprendieron la evaluación de 57 caracteres morfológicos según los descriptores propuestos por el IPGRI para el género *Musa*, mientras la genotipificación comprendió el uso de nueve marcadores microsatélites fluorescentes (SSR) para la identificación correcta de los alelos amplificados. El análisis de clúster fue llevado a cabo independientemente para ambas caracterizaciones, morfológica y molecular, bajo Análisis de Componentes Principales (PCA) y métodos de probabilidad posterior (Bootstrapping) respectivamente. **Resultados principales:** Con los descriptores morfológicos se identificaron correlaciones directas e inversamente significativas, y se destacaron descriptores como tamaño de bellota masculina, diámetro del pedúnculo, número de frutos, altura de pseudotallo y longitud del fruto, para lo cual contribuyeron considerablemente a la variabilidad entre cultivares de plátano y banano permitiendo la discriminación de tres grupos principales en el análisis de clúster; desde la perspectiva molecular un total de 72 alelos polimórficos fueron obtenidos con una diversidad genética promedio de 0.79, Contenido de Información Polimórfica (PIC) de 0.77 y heterocigocidad de 0.48, mostrando un grado moderado de diferenciación genética ($F_{ST} = 0.061$) entre especies generando tres sub-grupos principales basados en su disimilaridad genética. **Conclusiones:** La identificación de ciertos rasgos morfológicos demostraron ser adecuados para la discriminación de los cultivares del género *Musa* evaluados en el presente estudio. Por otra parte, la caracterización molecular permitió establecer las relaciones genéticas dentro de los grupos, adicionalmente los SSRs evaluados presentaron alta precisión e información, siendo apropiados para su uso en caracterizaciones de variedades y cultivares del género *Musa*.

Palabras clave: Diversidad Genética, Fenotipificación, Genotipificación, Microsatélites Fluorescentes.

INTRODUCTION

Bananas (*Musa acuminata* Colla) and Plantains (*M. balbisiana* Colla) are the fourth most important food crop in developing countries and a basic food source for 400 million people worldwide. Currently, world production grew at a compound annual rate of 3,2 percent is about 114 million tons in 2017 (Agronet, 2017). Where the main producers are India, China, the Philippines, Ecuador, and Indonesia. In economic terms, this crop represent incomes of around USD\$8 billion annually. The main

exporters in Latin America and the Caribbean are Ecuador, Costa Rica and Colombia, accounting for more than 40% of production in the region from 2010 to 2016 share between 2010 and 2016, In Colombia the production is approximately 2,0 million tons annually with a yield of 24,88 tons per hectare, being the departments of Antioquia, Magdalena, and La Guajira are the main producers (Agronet, 2017).

Through genetic studies, some attempts have been made to clarify the controversy about the origin of domesticated cultivars of the *Musa* genus, for which four wild species [*M. acuminata* (AA), *M. balbisiana* (BB), *M. textilis* Neé and *M. schizocarpa* N.W. Simmonds] have been proposed as the source of genetic background, being *M. acuminata* and *M. balbisiana* the major contributors of the genomic introgressions (D'hont *et al.*, 2012). The origin of many cultivars (hybrids) resides mainly on crosses of genomes with different ploidy constitutions such as diploids (AA, AB, BB), triploids (AAA, AAB, ABB), and tetraploids (AAAA, AAAB, AABB, ABBB). This characteristic relies on the hypothesis that the hybrid cultivars have arisen through backcrossing between interspecific hybrids and parental species. This would have led to the generation of a complex spectrum of genotypes and cultivars (De Langhe *et al.*, 2010). In our view, we consider it necessary to know these variations through both morphological and genetic characterizations. These characterizations can be performed using traditional techniques based on morphological traits (phenotype), and through laboratory techniques with the application of molecular markers (genotype), being both processes valid and complementary to each other. Considering that the morphological characterization is the first step to study the genetic variability that provides key features like colors, shapes, smells, and textures, it is possible to infer about the potential uses of a particular species (Doyle, 1991). On the other hand, molecular methods provide specific genetic information based on the development and application of technologies used to identify genetic variability present in the *Musa* germplasm, offering information about of the polymorphism found at the DNA level allowing the genetic differentiation among individuals (Christelová *et al.*, 2017). Microsatellites are codominant molecular genetic markers based on different repetitive sequences present in the genomes. These genetic markers are universally scattered, possess a high level of polymorphism, and due to their small size are of easy detection (Vieira *et al.*, 2016).

Although several methods have been used for allele detection, the technology of fluorescently labeled microsatellites or Simple Sequence Repeats-SSR is an excellent alternative due to its detection accuracy (identifying polymorphisms so small like a base pair), as well as its high reproducibility with codominant characteristics allowing a big advantage with respect to other type of markers such as RAPDs (Random Amplified Polymorphic DNA) (BLAIR *et al.*, 2009; Blacket *et al.*, 2012). The genetic identification and the morphological characterizations are important steps to identify cultivars of interest with superior attributes that allow carry out next studies of

improvement and plant breeding. The goal of the present study was to characterize molecularly and morphologically *Musa* cultivars commonly grown in farms from Caldas department with the aim to identify their classification to evaluate a small panel of fluorescently labeled SSRs applicable for *Musa* cultivars identification and germplasm evaluation respect to their capability of discrimination and polymorphism detection.

MATERIALS AND METHODS

Plant material

Plant material of 12 *Musa* spp. cultivars were analyzed *in situ* in seven farms from San Jose municipality (Caldas, Colombia; Table 1). Morphological descriptions were registered from single individuals for every cultivar, from which fresh leaf tissue was harvested for downstream molecular analyses.

Table 1. Geographical Coordinates of the sampling area for the 12 *Musa* cultivars evaluated.

Coordinates	Village	Farm	Cultivar
5,081 N 75,786 W	La Paz	Sta. Teresita	Africa
5,081 N 75,786 W	La Paz	Sta. Teresita	Dominico
5,081 N 75,786 W	La Paz	Sta. Teresita	Dominico Hartón
5,089 N 75,773 W	La Paz	La Guardia	Guineo
5,081 N 75,786 W	La Paz	Sta. Teresita	Hartón
5,089 N 75,773 W	La Paz	La Guardia	Plátano Mocho
5,088 N 75,779 W	La Paz	Manga Larga	Plátano Trescientos
5,088 N 75,779 W	La Paz	Manga Larga	Urabeño
5,069 N 75,787 W	Arrayanes	El Rubí	Banano de Andes
5,087 N 75,799 W	El Contento	El Solvento	Banano Enano
5,086 N 75,798 W	El Contento	El Crédito	Banano NN
5,092 N 75,794 W	Pueblo Rico	La Huerta	Guayabo

Morphological characterization

The morphological characterization was carried out following the descriptors proposed by IPGRI (IPGRI, 1996). The trait registration was performed on plants with bunch completely developed under physiological maturity, which comprises fruits with little prominent ridges and a light-yellow tonality on the fingers of the first hand of the bunch. A total of 57 morphological variables were registered, being 38 qualitative and 19 quantitative, ordered in seven different clusters according to the organ of the plant evaluated: plant general appearance, pseudostem and sucker, leaf, male bud, bracts, male flowers and fruit.

Data analysis for morphological variables were performed on the statistical package SAS version 9,3 (2016). For quantitative variables, analysis of variance, correlation, principal components and clustering were carried out, whereas for the qualitative descriptors a principal component analysis (PCA) was employed to select the most informative variables, also correlation and clustering analyses were built based on these traits. These analyses allow estimating the parameters of each variable that contributes to the clustering definition and consequently the identification of the cultivars with similar characteristics (Doyle, 1991).

Molecular characterization

DNA extraction

Genomic DNA was extracted from young leaf tissue using the protocol for DNA extraction proposed by Doyle (1991). To verify the quality and concentration of the DNA, measurements on a spectrophotometer (Colibri Titertek Berthold) and visualization on agarose gel 1% (stained with GelRed® Biotium) were performed. Finally, DNA dilutions were performed to normalized to 20ng/μl for PCR amplification reactions.

Fluorescent microsatellites amplification

PCR amplifications were executed using 10 specific microsatellites (SSR) markers developed for the *Musa* genus from A genome (Creste *et al.*, 2006) and B genome (Buhariwalla *et al.*, 2005). All SSRs were fluorescently labeled at the 5' end of each forward primer (the reverse primer remains unmodified) and organized in 3 panels based on the fluorescence and allele sizes reported for each SSR to avoid overlapping effects, moreover by using differential fluorescence in every panel it allows a more precise allele calling for each sample (Table 2). The PCR reactions were performed in 96-well plates and amplified in a PTC-100 thermal cycler. The samples were adjusted to a final volume of 20μl, containing 20ng of genomic DNA, 5,4μL of ultrapure water, 0,8μL of each primer (10μM), 0,16μL of Taq DNA polymerase (0,05u/μL; Fermentas), 2,16μL of PCR Buffer (NH₄)₂SO₄ 10X, 1,6μL of MgCl₂ (25mM), 3,47μL dNTP's (5mM), 2μg/mL of BSA and 1,6μL of Trehalosa (10%). The amplification parameters were as follows: initial denaturation step at 94°C x 5 min, 32 cycles of 94°C x 1 min, 62°C for 1 min and 72°C for 1min, followed by a final extension cycle of 72°C x 10 min. The amplicons were visualized under UV light in agarose gels 1,5% stained with GelRed® (Biotium).

Panels organization, multiplexing and alleles detection

All primers were organized according to the fluorescent dye [6-FAM (Blue), NED(Yellow), (PET) Red and (VIC) Green] and allele sizes previously reported.

Three panels were organized with three pairs of primers each (forward and reverse) (Table 2). The multiplexing strategy was as follows: 1) once all SSRs from every panel were amplified and verified, the PCR products were mixed in a single 96-well plate (10µl from every SSR) considering the position of every sample into the plate, in that sense three different dyes are combined in every well for every sample; 2) from the multiplexing plate an aliquot of 5µL was transferred into a new plate; and 3) the fluorescence detection was carried out in Cornell University (USA) using the ABI 3730xl DNA analyzer Applied Biosystems following the manufacturer's instructions. The detection system was based on the capillarity technology where fragment sizes are separated according to the differential migration on each capillary, at the same time a molecular-weight size marker, with known fragment sizes, is added and analyzed to determine the specific size of alleles obtained for every single sample. This detection is performed by a laser that detects the signal emitted by the fluorophore contained in the amplicons as well as in the molecular-weight size marker.

Table 2. List of microsatellites markers used with their respective sequence, fluorescent dye, and panel organization.

SSR	Motif	Primer Sequence	Product size	Dye	Panel	Author
Mb1 – 63	(GA) ₂₀	F TCTCAGGAAGGGCAACAATC R GAATCAAAGAGGCGAGAAGACGA	191	FAM	1	Buhariwalla <i>et al.</i> , 2005
Mb1 – 69	(TC) ₁₅	F CTGCCTCTCCTTCTCCTTGAA R TCGGTGATGGCTCTGACTCA	386	PET	1	Buhariwalla <i>et al.</i> , 2005
Mb1 – 113	(GA) ₁₈	F AGGTGCCACACAGTTCAGACA R CAACCCAAACCTGTCGACCAA	399	VIC	3	Buhariwalla <i>et al.</i> , 2005
Mb1- 134	(GA) ₂₁	F ATGCCCAAGAAGGGAAGGGAA R TAATGCCGAGGATCAGTGTGA	398	PET	2	Buhariwalla <i>et al.</i> , 2005
MaOCEN01	(CT) ₁₇	F TCTCAGGAAGGGCAACAATC R GGACCAAAGGAAAGAAACC	210-250	NED	3	Creste <i>et al.</i> , 2006
MaOCEN04	(AG) ₂₀	F GCCGAGAGAGAAATGGAA R CTGCGAGGGTAGAGTGGATG	130-180	VIC	2	Creste <i>et al.</i> , 2006
MaOCEN08	(GA) ₁₆	F CTGCGAGGGTAGAGTGGATG R AATCTGGACGAGGGAGCA	240-270	FAM	2	Creste <i>et al.</i> , 2006
MaOCEN13	(TC) ₁₆	F GCTGCTATTTTGTCCCTTGGTG R CTTGATGCTGGGATCTCTGG	141-200	PET	3	Creste <i>et al.</i> , 2006
MaOCEN17	(TC) ₁₅	F CGCTTCTGCCTTGTCTCTGT R TGGGTTGACTCCTTTTGTGG	150-190	VIC	1	Creste <i>et al.</i> , 2006

Data analysis

For the alleles calling, the software GeneMarker® (Soft Genetics State College, United States of America) was used specifying the panel, expected allelic sizes (in base pairs) and the dye to the respective fluorophore. Once the alleles were detected, a data matrix

was obtained and organized in Microsoft® Excel. For dissimilarity analysis, the software DARWIN v. 6.0.014 (Perrier *et al.*, 2003) was used, following the genetic distance methods and the Neighbor-Joining Tree algorithm based on a Bootstrapping of 3000 replicates, generating a Maximum Parsimony unrooted tree a priori which represents the best topology of the genetic diversity. For the identification of Polymorphic Information Content (PIC), the number of alleles, heterozygosity and genetic diversity, the software PowerMarker v. 3.25 (López & Hidalgo, 1994) was used. Additionally, the estimation of genetic distances between individuals and the Principal Coordinates Analysis (PCoA) were carried out in GenAlEx v. 6.0 (a complement program for Microsoft® Excel). To build a three-dimensional PCoA graphic, the software XLSTAT (Addinsoft, 1993) was employed, representing the distribution and relative spatial location of the cultivars according to their genetic distances. Finally, a hierarchical cluster analysis (dendrogram) was built with the statistical package R (2008) under Ward genetic dissimilarity algorithm.

RESULTS AND DISCUSSION

Morphological characterization

Correlation analysis

From a total of 57 morphological descriptors obtained for the 12 *Musa* cultivars, 19 quantitative variables were considered [five with banana type genome (A) and seven with plantain type genome (B)], for the simple correlation analysis which showed five highly significant ($P \leq 0,001$) and positively correlated variables such as: fruit length with number of empty nodules ($r^2 = 0,84$), diameter with perimeter of the peduncle ($r^2 = 0,99$), male bud perimeter with diameter ($r^2 = 1,0$), male bud length with perimeter ($r^2 = 0,92$), and male bud length with diameter ($r^2 = 0,92$). This indicates that such descriptors are very correlated and to consider them as stable descriptors, for future characterizations of related cultivars and to minimize the number of descriptors for this characters (Franco & Hidalgo, 2003; Batte *et al.*, 2018).

Among the significantly ($P \leq 0,05$) correlated variables, 16 of them were considered being 11 positively correlated and 5 negatively correlated. The variables for positive correlations ranged between $r^2 = 0,76$ (for male bud size with diameter) and $r^2 = 0,81$ (for blade length with pseudostem height), whereas the lowest correlations were between the variables: pseudostem height with aspect ($r^2 = 0,59$), blade length with peduncle length ($r^2 = 0,60$), and blade width with peduncle perimeter ($r^2 = 0,62$).

The negatively correlated variables comprised: number of fruits with leaf ratio ($r^2 = -0,61$), pseudostem height ($r^2 = -0,67$), petiole length ($r^2 = -0,61$), and fruit length ($r^2 = -0,71$), and finally fruit length with male bud size ($r^2 = -0,65$). These negative correlations highlight the influence between the number of fruits with fruit length,

considering that as the higher the number of fruits the lower the length of them, this a very important characteristic to take into account in plant breeding programs. Previous morphological studies have demonstrated the significant discrimination among *Musa* cultivars related to male bud, flower, and fruit (Daniells *et al.*, 2001) which agrees with the results obtained here.

Principal component analysis

For the principal component analysis, 74,26% of the variance was explained in the first three components, where the first contributed with 34,44% of the variance, being positive and negative correlations observed. For example, variables such as diameter (0,3237), perimeter (0,3236) and length (0,2933) of the male bud contributed positively to the component, whereas fruit length (-0,3057), number of nodules on the peduncle (-0,2411) and petiole length (-0,2389) contributed negatively. These variables represent a considerable level of differentiation among the *Musa* cultivars evaluated here, also the variables related to male bud are key factors to be considered in further analyses. For instance, Geronimo *et al.* (2013) who analyzed morphological characterizations on eight *Musa* varieties, found the highest discrimination influence related to male bud descriptors, also Brandão *et al.* (2013) identified the importance of this character for diversity quantification and variability applied in germplasm collections. These studies support the significance of male bud descriptors which, as reported here, provided the best discriminatory positive values for the cultivars analyzed.

The second component contributed with 26,07% of the variance where characteristics such as leaf length (0,4112), pseudostem height (0,4078) and aspect (0,3437) positively correlated with this component, and the negative correlations were for fruit number (-0,2347), male bud size (-0,1465) and number of nodules on the peduncle (-0,0206), being the positively correlated traits also important to be considered for cultivars discrimination. The third component, which contributed with 13,75%, is composed basically by petiole width (0,3586), perimeter (0,3301) and diameter of the peduncle (0,3280). The negative correlations comprised leaf ratio (-0,3174), male bud length (-0,2880) and petiole length (-0,2593). In general, the traits related to the bunch (i.e. male bud, peduncle, and fruit) demonstrated their influence in the three components, showing their importance for morphological characterizations.

Cluster analysis

Considering the Euclidian distance obtained for the cluster analysis for quantitative variables, a cutting line distance of seven was determined to generate four main clusters. These clusters showed a very low Euclidean distance within the groups (≤ 6). For sub-cluster 1 the plantain cultivars Africa, Plátano Trescientos, Dominico Hartón and

Hartón (known as “Horn Plantain” AAB genome) conform this group, where the most distinctive trait shared is the absence of male bud. The sub-cluster 2 is composed of plantain cultivars Guayabo, Plátano Mocho and Dominico, these cultivars are characterized by normal male bud and compact bunch appearance. For the sub-cluster 3 the cultivars Banano Urabeño, Banano NN, and Banano Andes conform the banana cluster, being B. Andes the most distant cultivar on which traits such as higher number of hands on the bunch (≥ 10), lower height, wax absence on pseudostem, long petioles and compact bunches support its differentiation, being these traits similar to those reported for the varieties known as “FHIA” (developed by FHIA organization) (Piña *et al.*, 2006). Similarly, B. NN is related to Gros Michel banana type respect to the number of hands and bunch shape (<http://www.promusa.org/Gros+Michel>, visited on July 20 – 2018). The sub-cluster 4 contained Guineo, Dominico Hartón and B. Enano, however, it is noticeable that Dominico Hartón clustered with the other cultivars classified as bananas, nevertheless traits related with male bud could be influencing this particular clustering (data not shown).

The qualitative analysis, in general, showed that intermediate leaf habit was the common condition for all cultivars surveyed (91,7%), and B. Enano was the only cultivar with erect leaf habit. Respect to pseudostem height 83,3% of the plants were above 3m (measured from the base of the pseudostem to the emerging point of the bunch), also 83,4% of them possessed pseudostem girth between 45 and 64 cm (measured at 1m from the base of pseudostem), however 8,3% of plants registered weak pseudostem (25 – 44cm) as well as 8,3% vigorous pseudostem (≥ 85 cm). Male bud was present in 53,3% of the cultivars and absent in 33,3%, although for one sample (B. Andes) there was no registration for this trait. Cluster analysis carried out for these variables showed three main sub-clusters (Euclidean cut off line distance of 10), being plantains grouped in sub-clusters 1 and 3 (highlighted in green) and bananas in sub-cluster 2 (highlighted in orange, Fig. 1). Characteristics such as presence or absence of male bud was the main trait that differentiated among the plantain cultivars into the sub-clusters 1 and 3 respectively. Moreover, additional traits related to pseudostem height and color, petiole canal, wax presence on leaf sheaths, blade symmetry, absence of pubescence in the peduncle, rachis position, transversal section of fruit and fruit apex, and length and width of the pedicel differentiated the sub-cluster 1; whereas for the sub-cluster 3, traits that corresponded to leaf habit and ratio, petiole length, peduncle diameter, male bud type, fruit position and peel thickness were differential for this sub-cluster. Finally, the differential descriptors for banana cluster included pseudostem aspect, color and pubescence of the peduncle, rachis type and position, male bud type, number of fruits in the bunch, fruit position and apex, presence of floral relicts, and fruit peel thickness. The descriptors included in this study were previously analyzed by Simmonds & Shepherd (1955) demonstrating its contribution to both banana and plantain cultivars discrimination for taxonomy purposes considering 15 morphological characters. However, recent studies (Batte *et al.*, 2018) have proposed

and demonstrated that stable characters should be considered *a priori* for any cultivar classification, which accounts: Pseudostem color, petiole sheath color, and rachis position, being these traits useful to distinguish the *M. acuminata* populations. The previously cited qualitative traits correlate with the findings of our study and all of which seem to be widely used at different levels. In spite of many morphological characters that differentiate *M. acuminata* and *M. balbisiana*, just a few characters distinguish them, however, imperative for *Musa* spp. subspecies discrimination (Rouard *et al.*, 2018). This bias on phenotyping or morphological characters are influenced by environmental factors as well as the complementary and polygenic nature of underlying genetic factors (Brown *et al.*, 2017).

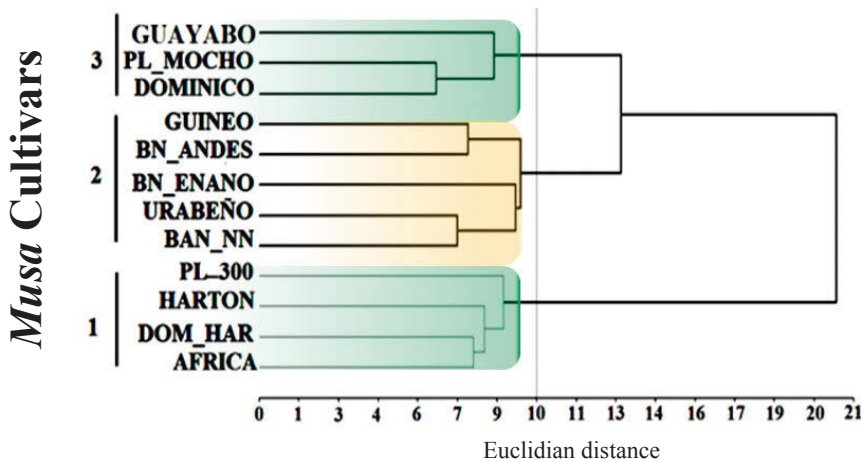


Figure 1. Cluster analysis for qualitative traits under Ward genetic dissimilarity analysis. In green, plantain sub-clusters and in yellow banana sub-cluster. The cutting line corresponds to the Euclidean distance. The numbers on the left corresponds to the sub-cluster assignment.

Molecular characterization

Genotyping analysis was carried out in 12 *Musa* cultivars using 10 fluorescently labeled Microsatellites (SSR) (See materials and methods for details). However, the SSR Mb1-139 could not be amplified even though when several thermal conditions and PCR additives were tested. In previous studies this marker has been reported as a difficult locus to be amplified (Ashikin *et al.*, 2012), probably issues related to the priming site such as mutations in the annealing sequence (Colson & Goldstein, 1999) null allele (Chapuis & Estoup, 2007), or competitive amplification (Hippolyte *et al.*, 2012) can be underlying these difficulties. For nine SSRs, a total 216 allelic data matrix was obtained (based on the triploid nature of the hybrids), where 72 alleles showed polymorphism.

The SSR MaOCEN08 provided the highest number of polymorphic alleles (12), whereas the SSR Mb1-63 contributed with the lowest number (4). In general, the average of polymorphic alleles per locus was 8. The polymorphic information content (PIC) detected by all SSRs showed an average of 0,77, where the marker Mb1-63 was the less polymorphic (PIC = 0,56) and the markers MaOCEN08 and Mb1-113 the most polymorphic ones (PIC = 0,87), being in general highly informative loci (Table 3). Additionally, these values correlate with the considerable heterozygosity ($\mu = 0,48$) and genetic diversity ($\mu = 0,79$) found in the population studied, enabling not only the discrimination of the cultivars surveyed here but also their applicability for germplasm characterizations. The remarkable polymorphism identified by the SSR employed in the present study could be related to, as proposed Rouard *et al.* (2018), paleopolyploid condition of banana, which experienced three independent whole-genome duplications generating some genome fractionations, therefore increasing genome variability among cultivars. These chromosome rearrangements and diploidization resulting in the functional divergence of subgenomes in polyploidy bananas, additionally genomic homologous exchanges may contribute to the diversity leading to a rapid genetic modification which in turn correlates to agronomic trait (Wang *et al.*, 2019).

Table 3. Microsatellites marker's parameters identified in 12 *Musa* cultivars.

SSR	Major Allele Frequency	Allele No.	Gene Diversity	Heterozygosity	PIC
Mb1-63	0.50	4	0.63	0.00	0.56
Mb1-69	0.32	7	0.80	0.27	0.78
Mb1 – 113	0.21	9	0.86	0.58	0.84
Mb1- 134	0.42	4	0.68	0.00	0.62
MaOCEN01	0.42	8	0.77	0.33	0.74
MaOCEN04	0.17	10	0.88	1.00	0.86
MaOCEN08	0.21	12	0.88	0.58	0.87
MaOCEN13	0.27	9	0.83	0.91	0.81
MaOCEN17	0.21	9	0.86	0.67	0.85
Mean	0.30	8	0.80	0.48	0.77

Genetic differentiation between plantain and banana [hereafter population one (P1) and population two (P2) respectively] based on allelic frequencies was $F_{ST} = 0,061$, and according to Wright, (1978) this value indicates a moderate genetic differentiation, where the most frequent alleles for P1 corresponded to SSRs Mb1-134 and Mb1-63, and for P2 was MaOCEN13.

Dissimilarity analysis obtained for molecular data revealed three main sub-clusters categorized by the genetic distance among cultivars (Fig. 2a). From bottom-up the first

cluster is composed basically by plantains under tree topology ((Dominico Hartón, Hartón) (B. Andes, Dominico)), the second sub-cluster showed a tree topology ((B. Urabeño) (B. NN, B. Enano)), and the third sub-cluster is composed by (Guayabo (Guineo, Africa) (Mocho, Trescientos)). Despite that Guayabo and Guineo are classified as bananas these cultivars are cooking bananas, characteristic shared with plantains and in which case, probably, the genetic background could be playing an important role in their relatedness. However, cluster comparisons demonstrated some plantain and banana cultivars well-differentiated, and this differentiation resides on the private alleles found for P1 at two loci MaOCEN04 (146, 160, 162bp) and MaOCEN08 (250, 258, 259bp), whereas for P2 the private alleles were found at three loci Mb1-34 (386), Mb1-113 (361) and MaOCEN01 (244). Additionally, the agreement between the sub-clusters for some banana cultivars (B. Enano, B. Urabeño and B. NN) obtained from quantitative and qualitative traits and molecular data represents the well-differentiated banana cultivars for both morphological and molecular analysis. However, some disagreements in tree topology between all datasets were found for the sample B. Andes (AAAA). This cultivar has not been characterized before being difficult to trace its origin. The molecular profile showed a considerable differentiation of B. Andes respect to banana cluster, instead, it is grouped with plantain cultivars. The uniqueness of this sample relies on the absence of two alleles (≥ 300 bp) at the locus Mb1-69 plus the private alleles for MaOCEN04 (144bp), MaOCEN08 (247 and 250 bp), MaOCEN13(151bp) and MaOCEN01 (238bp). However, the closeness of B. Andes with plantain cultivars reside basically on 5 private alleles shared between them, SSR Mb1-63 (384bp), MaOCEN17 (166bp), Mb1-134 (384bp) MaOCEN13 (156bp) and Mb1-113 (353bp), probably causing this association. Also due to the genomic origin of these SSRs (Buhariwalla *et al.*, 2005; Creste *et al.*, 2006) indicates that they are not related to phenotypic traits, consequently being under higher mutational events (XU *et al.* 2013; Vieira *et al.*, 2016). Moreover, studies carried by Buhariwalla *et al.* (2005) demonstrated the detection of homologous loci using SSRs designed in B genomes that later could be amplified in A genomes cultivars. Also, the hybrid origin of plantain cultivars [*M. acuminata* (A) x *M. balbisiana*(B)] could be related with the genomic background that exist among them, and finally a plausible explanation indicates that all alleles with the same length at the same locus could arise from different alleles with convergent evolution (i.e. homoplasy), condition that is widely known in microsatellites evolutionary nature (Estoup *et al.*, 2002; Hippolyte *et al.*, 2012), nevertheless the origin of this cultivar remains uncertain and further studies are required.

Genetic dissimilarity analysis

Under Neighbor-Joining (NJ) algorithm the genetic dissimilarity analysis showed three main sub-clusters that agree with the previously described cluster analysis, and again B. Andes is close to plantains demonstrating the influence of shared alleles among these cultivars. However, the only well supported sub-cluster under bootstrapping of posterior probability (3000 replicates) was the banana sub-cluster ($\geq 70\%$)(B.

Urabeño (B. Enano, B. NN)) indicating the high differentiation of these cultivars and the complex genetic background among plantains ($\leq 5\%$ of genetic dissimilarity) and the subsequent low bootstrapping support ($\leq 31\%$) for the basal nodes (Fig. 2b). On the other hand, Principal Coordinate Analysis (PCoA) explained 35,85% of the genetic variation among *Musa* cultivars through three main axes. The axis one explained 18,53% of the genetic variation, the axis two 17,4% and the axis three 13,54%. Although P1 and P2 populations are highly differentiated under this analysis, some cultivars can be identified as intermediates (Guineo and Guayabo) indicating the considerable hybridization present on them (Fig. 2c). In previous studies, Guineo and Guayabo cultivars were classified into the banana group based on the results obtained for morphological, physical, and chemical analysis (Corpoica C.I Palmira-Colombia, personal communication), nevertheless under molecular data these cultivars clustered within the plantain group, this could be a result of the genomic nature of the SSRs employed for this analysis and the hybrid nature of these cultivars (with a considerable introgression of A and B genomes). Respect to B. Andes it is grouped apart based on the differential traits that it possesses, showing disagreements among morphological and genetic analyses.

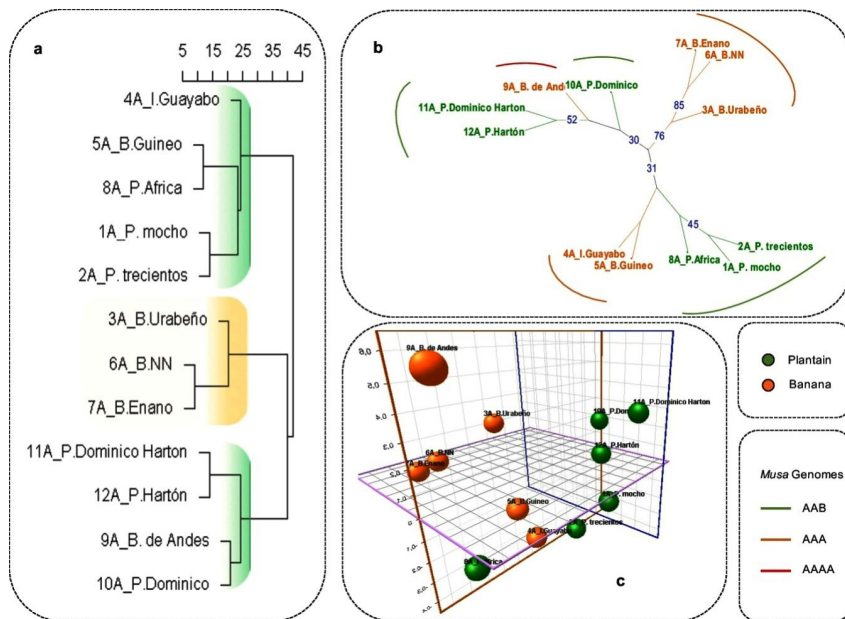


Figure 2. a. Ward dissimilarity analysis for 12 *Musa* cultivars using 9 SSRs, where the scale values are considered in percentage (highlighted in green are plantain clusters and in yellow banana cluster). b. Unrooted neighbor-joining tree where the bootstrap values are shown in blue. c. Three-dimensional graphic for Principal Coordinate Analysis (PCoA) showing the samples evaluated (plantains green and banana yellow) with their respective identifications.

CONCLUSIONS

The identification of a few differential morphological traits such as pubescence, apex fruit shape and waxy condition in pseudostem and leaves, are a very important tools for cultivars classification on the field, also highly applicable for *Musa* collections and germplasm banks to ease the codification of information inherent to specific cultivars. The set of SSR markers employed in the present study demonstrated the discrimination power, not only between *M. acuminata* and *M. balbisiana*, but also within species level and closely related cultivars. Together with automated detection systems, these fluorescently labeled SSRs can be useful for genetic diversity studies in *Musa* species and highly applicable for germplasm evaluations and genotyping. Nevertheless, more genetic markers need to be added to clarify the genetic origin of Guayabo, Guineo and B. Andes cultivars and to identify the genetic background underlying these intermediate hybrids.

ACKNOWLEDGEMENTS

Special thanks to Universidad de Caldas for the financial support under the Project “Aprovechamiento agroindustrial de los excedentes de producción de plátano y banano en San José-Caldas” and the national fund, Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías under the project “Implementación de estrategias para el fortalecimiento tecnológico de la actividad agrícola y de transformación de plátano en Caldas”.

REFERENCES

- Addinsoft. (1993). Xlstat. Statistical Analysis in Excell. Addinsoft free trial version. All rights reserved. *Berkley California*.
- Agronet. (2017). Evaluaciones Agropecuarias Municipales. *Gobierno Nacional De Colombia*, 4.
- Ashikin, N., Abdullah, P., Saleh, G. Bin, Tarwaca, E., Putra, S., & Wahab, Z. Bin. (2012). Genetic relationship among *Musa* genotypes revealed by microsatellite markers. In *African Journal of Biotechnology* (Vol. 11). <https://doi.org/10.5897/AJB10.1319>
- Batte, M., Mukiibi, A., Swennen, R., Uwimana, B., Pocasangre, L., Hovmalm, H. P., ... & Ortiz, R. (2018). Suitability of existing *Musa* morphological descriptors to characterize East African highland ‘matooke’ bananas. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 65(2), 645–657. <https://doi.org/10.1007/s10722-017-0562-9>
- Blacket, M., Robin, C., Good, R., Lee, S., & Miller, A. (2012). Universal primers for fluorescent labelling of PCR fragments—an efficient and cost-effective approach to genotyping by fluorescence. *Molecular Ecology Resources*, 12(3), 456–463; <https://doi.org/10.1111/j.1755-0998.2011.03104.x>
- Blair, M., Díaz, L., Buendía, H., & Duque, M. (2009). Genetic diversity, seed size associations and population structure of a core collection of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Theoretical and Applied Genetics*, 119(6): 955–972. <https://doi.org/10.1007/s00122-009-1064-8>
- Brandão, L., Souza, C., Pereira, V., Silva, S., Santos-Serejo, J., Ledo, C., & Amorim, E. (2013). Descriptor selection for banana accessions based on univariate and multivariate analysis. *Genetics and Molecular Research*, 12(2): 1603–1620. <https://doi.org/10.4238/2013.May.14.1>
- Brown, A., Tumuhimbise, R., Amah, D., Uwimana, B., Nyine, M., Mduma, H., ... Swennen, R. (2017). Bananas and Plantains (*Musa* spp.) (in) H. Campos & P. D. S. Caligari (Eds.), *Genetic Improvement of Tropical Crops* (1st ed., pp. 219–240). <https://doi.org/10.1007/978-3-319-59819-2>
- Buhariwalla, H., Jarret, R., Jayashree, B., Crouch, J., & Ortiz, R. (2005). Isolation and characterization of microsatellite markers from *Musa balbisiana*. *Molecular Ecology Notes*, 5(2): 327–330. <https://doi.org/10.1111/j.1471-8286.2005.00916.x>
- Chapuis, M.-P. & Estoup, A. (2007). Microsatellite Null Alleles and Estimation of Population Differentiation. *Mol. Biol. Evol.*, 24(3), 621–631; <https://doi.org/10.1093/molbev/msl191>

- Christelová, P., De Langhe, E., Hřibová, E., Čížková, J., Sardos, J., Hušáková, M., ... Doležel, J. (2017). Molecular and cytological characterization of the global *Musa* germplasm collection provides insights into the treasure of banana diversity. *Biodiversity and Conservation*, 26(4): 801–824. <https://doi.org/10.1007/s10531-016-1273-9>
- Colson, I., & Goldstein, D. B. (1999). Evidence for complex mutations at microsatellite loci in *Drosophila*. *Genetics*, 152(2): 617–627.
- Creste, S., Benatti, T., Orsi, M., Risterucci, A., & Figueira, A. (2006). Isolation and characterization of microsatellite loci from a commercial cultivar of *Musa acuminata*. *Molecular Ecology Notes*, 6(2), 303–30. <https://doi.org/10.1111/j.1471-8286.2005.01209.x>
- D'hont, A., Denoeud, F., Aury, J. M., Baudens, F. C., Carreel, F., Garsmeur, O., ... & Wincker, P. (2012). The banana (*Musa acuminata*) genome and the evolution of monocotyledonous plants. *Nature*, 488(7410): 213–217. <https://doi.org/10.1038/nature11241>
- Daniells, J., Jenny, C., Karamura, D., & Tomekpe, K. (2001). Musalogue: A Catalogue of *Musa* Germplasm, Diversity in the Genus *Musa*. INIBAP, Montpellier, France.
- De Langhe, E., Hřibová, E., Carpentier, S., Doležel, J., & Swennen, R. (2010). Did backcrossing contribute to the origin of hybrid edible bananas? *Annals of Botany*, 106(6): 849–857. <https://doi.org/10.1093/aob/mcq187>
- Doyle, J. (1991). DNA Protocols for Plants. In: Hewitt G.M., Johnston A.W.B., Young J.P.W. (eds) *Molecular Techniques in Taxonomy*. NATO ASI Series (Series H: Cell Biology), 57. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-83962-7_18
- Estoup, A., Jarne, P., & Cornuet, J. M. (2002). Homoplasy and mutation model at microsatellite loci and their consequences for population genetics analysis. *Molecular Ecology*, 11(9): 1591–1604. <https://doi.org/10.1046/j.1365-294X.2002.01576.x>
- Franco, T. L., & Hidalgo, R. (2003). Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos (in) *Boletín Técnico. no. 8, Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI)*.
- Geronimo, F., Ibarra, Q., Navia, M., & Aguirre, G. (2013). Caracterización morfológica de platano (*Musa paradisiaca* L.) en la provincia nor Yungas de la Paz y Provincia Chapare de Cochabamba Bolivia. *Agrociencias Amazonia*, 1(2), 35–41.
- Hippolyte, I., Jenny, C., Gardes, L., Bakry, F., Rivallan, R., Pomies, V., ... & Perrier, X. (2012). Foundation characteristics of edible *Musa* triploids revealed from allelic distribution of SSR markers. *Annals of Botany*, 109(5): 937–951. <https://doi.org/10.1093/aob/mcs010>
- IPGRI. (1996). *Descriptors for banana (Musa spp.)*. International Network for the Improvement of Banana and Plantain (INIBAP)
- López, J., & Hidalgo, M. D. (1994). Análisis de componentes principales y análisis factorial. In *Fundamentos de estadística con Systat* (21): 457–503).
- Perrier, X., Flori, A., & Bonnot, F. (2003). Data analysis methods in *Genetic diversity of cultivated tropical plants*. 43-76. *Enfield, Science Publishers, Plymouth, UK*.
- Piña, G., Laborem, G., Sarga, J., Marín, C., Rangel, L., Espinoza, M., & Delgado, A. (2006). Atributos de calidad en frutos de híbridos FHIA (*Musa*) para tres ciclos de cosecha. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*, 23(1): 425–442.
- R core team (2008). R: A Language and Environment for Statistical. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*, Vienna, Austria. Retrieved from <https://www.r-project.org/>
- Rouard, M., Droc, G., Martin, G., Sardos, J., Hueber, Y., Guignon, V., ... & Roux, N. (2018). Three new genome assemblies support a rapid radiation in *Musa acuminata* (Wild Banana). *Genome Biology and Evolution*, 10(12): 3129–3140. <https://doi.org/10.1093/gbe/evy227>
- Simmonds, N., & Shepherd, B. (1955). The taxonomy and origins of the cultivated bananas. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 55(359): 302–312. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.1955.tb00015.x>
- Vieira, M. L. C., Santini, L., Diniz, A. L., & Munhoz, C. de F. (2016). Microsatellite markers: What they mean and why they are so useful. *Genetics and Molecular Biology*, 39(3): 312–328. <https://doi.org/10.1590/1678-4685-GMB-2016-0027>
- Wang, Z., Miao, H., Liu, J., Xu, B., Yao, X., Xu, C., ... & Jin, Z. (2019). *Musa balbisiana* genome reveals subgenome evolution and functional divergence. *Nat. Plants*, 5(8): 810–821. <https://doi.org/10.1038/s41477-019-0452-6>
- Wright, S. (1978). Variability Within and Among Natural Populations: 157 (in) *Evolution and the genetics of populations* (4). University of Chicago Press, Chicago.
- Xu, J., Liu, L., Xu, Y., Chen, C., Rong, T., Ali, F., ... & Lu, Y. (2013). Development and characterization of simple sequence repeat markers providing genome-wide coverage and high resolution in maize. *DNA Research*, 20(5): 497–509. <https://doi.org/10.1093/dnares/dst026>

Dinámica del clima y la vegetación de los últimos 6700 años en el sector Mistrató (cordillera Occidental, Colombia)*


Alba Lucía Acevedo H.¹, César Augusto Velásquez R.², Andrés Pardo-Trujillo.³, María Isabel Vélez C.⁴, Felipe Vallejo H.⁵, Daniel Jaramillo L.⁶, Raúl Andrés Trejos T.⁷

Resumen


Objetivo. Se presenta un estudio de la dinámica del clima y la vegetación del humedal Medellincito (5° 19' 022"N y 75°54' 515"W), localizado en el flanco occidental de la cordillera Occidental de Colombia a 2020 msnm. **Alcance.** El predominio del bosque Andino durante todo el registro indica que este creció en los alrededores inmediatos bajo condiciones casi permanentes de humedad. Sin embargo, eventos de menor precipitación se registraron alrededor de 6700, 5900, 5100, 4500, 4100-4300, 3200-1300, 1000-750 cal años AP, durante los cuales crecieron especies de vegetación abierta conformadas por Poaceae, Asteraceae, Ericaceae y Cyperaceae. La alta humedad del sitio puede deberse a la influencia constante de la corriente de chorro del Pacífico colombiano y de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT). Aunque no hay evidencias directas de la acción del fenómeno El Niño de alto impacto en el occidente de Colombia, si puede especularse que los eventos más secos puedan tener alguna relación con este fenómeno. **Resultados.** Los registros de polen, esporas y diatomeas de los últimos ~6700 años cal AP muestran que la vegetación del bosque Andino estuvo dominada por Cyatheaceae, *Hedyosmum* (Chloranthaceae), Solanaceae, *Viburnum*, *Miconia*, *Weinmannia* y *Myrsine*, y el bosque Subandino por Fabaceae, *Alchornea* (Euphorbiaceae) y Bignoniaceae. **Conclusiones.** En los últimos ~150 cal años AP, el paisaje se ha modificado significativamente pasando de ser un bosque muy húmedo a bosque húmedo, reflejado en el drástico decrecimiento de *Hedyosmum*, Solanaceae y Cyatheaceae, y un incremento en la vegetación abierta, principalmente Poaceae junto a Cyperaceae en ambientes de pantano, debido a intervención antrópica (extracción selectiva de especies maderables y ganadería extensiva). Es posible que efectos negativos de advección de humedad por la corriente de Chorro hayan afectado la precipitación horizontal y con ello la disminución del bosque de niebla, característico de ecosistemas montanos bajos.

Palabras clave: palinología, Holoceno, cambio climático, dinámica de la vegetación, bosque de niebla Mistrató-Risaralda, cordillera Occidental, chorro del Chocó, Andes tropicales.


* FR: 12-IX-2019. FA: 21-XI-2019.


¹ Universidad de Caldas - Manizales, albaluciaacevedoherandez@yahoo.es Departamento de Ciencias Geológicas. Instituto de Investigaciones en Estratigrafía-IIES.  0000-0002-3468-0740


² Universidad Nacional de Colombia – Medellín, cavelasq@unal.edu.co Facultad de Ciencias.

³ Universidad de Caldas - Manizales, andres.pardo@ucaldas.edu.co Departamento de Ciencias Geológicas. Instituto de Investigaciones en Estratigrafía-IIES.  0000-0001-9678-6818

⁴ University of Regina – Canadá, María.Velez.Caicedo@uregina.ca Department of Geology 

⁵ Universidad de Caldas - Manizales. Departamento de Ciencias Geológicas. Instituto de Investigaciones en Estratigrafía-IIES. diego.vallejo@ucaldas.edu.co  0000-0002-0743-0906

⁶ Universidad de Caldas - Departamento de Ciencias Geológicas. Instituto de Investigaciones en Estratigrafía-IIES. Manizales, danieljlo@hotmail.com  0000-001-9406-1119

⁷ Universidad de Caldas - Manizales, Departamento de Ciencias Geológicas. Instituto de Investigaciones en Estratigrafía-IIES. raulandrest@gmail.com  0000-0003-1093-8493



CÓMO CITAR:

ACEVEDO H., A.L., VELÁSQUEZ R, C.A., et al., 2020.- Dinámica del clima y la vegetación de los últimos 6700 años en el sector Mistrató (cordillera Occidental, Colombia). *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 24 (1): 00-00. DOI: 10.17151/bccm.2020.24.1.3

Climate and vegetation dynamics of the last 6700 years in the Mistrató sector (western cordillera, Colombia)

Objective. Our research is focused on climate and vegetation dynamic recorded by the Medellín wetland (5° 19 '022 "N and 75°54' 515" W), located on the western flank of the Western cordillera of Colombia at 2020 masl. **Scope.** A predominance of the Andean forest along the entire core suggests that the wetland was established under almost permanent humidity conditions. Nevertheless, low precipitation events are also recorded around 6700, 5900, 5100, 4500, 4100-4,300, 3200-1300, and 1000-750 cal years AP, when open vegetation such as Poaceae, Asteraceae, Ericaceae and Cyperaceae occurred. The high humidity conditions interpreted for the studied site may be indicating the constant influence of the Pacific jet stream and the Intertropical Convergence Zone (ITCZ). Although there is no direct evidence of El Niño activity, which has a high impact on the western Colombia, we speculate that drier events identified in the Medellín wetland may be related to this phenomenon. **Results.** The pollen, spore, and diatom records reveal that during the last ~ 6700 years Cal AP, the Andean forest vegetation was dominated by Cyatheaceae, *Hedyosmum* (Chloranthaceae), Solanaceae, *Viburnum*, *Miconia*, *Weinmannia* and *Myrsine*, and the Subandean forest by Fabaceae, *Alchornea* (Euphorbiaceae) and Bignoniaceae. **Conclusions.** In the last ~ 150 years cal BP, the landscape has significantly changed from a very humid to a humid forest. This is evidenced by the drastic decrease of *Hedyosmum*, Cyatheaceae, and Solanaceae, and the increase of open vegetation, mainly Poaceae and Cyperaceae in swamp environments, due to anthropic intervention (selective extraction of timber species and extensive livestock). It is possible that negative effects of humidity advection by the Jet stream, have affected the precipitation and, consequently, decreased the cloud forest characteristic of low montane ecosystems.

Key words: palynology, Holocene, climate change, vegetation dynamics, Mistrató-Risaralda cloud forest, Western cordillera, Chocó Jet stream, tropical Andes.

INTRODUCCIÓN

Los últimos 6000 años son particularmente importantes para entender el sistema climático del planeta, ya que durante este periodo se han producido rápidos cambios en el clima en comparación con los largos períodos glacial–interglacial (Wanner et al., 2008). Algunos de estos cambios como el Óptimo Climático Medieval, la Pequeña Edad de Hielo o el Calentamiento Reciente están mejor documentados en el Hemisferio Norte que en el Sur y, en el trópico, no son muy claros en la mayoría de los registros existentes. Los estudios paleoecológicos y paleoclimáticos que utilizan diferentes técnicas permiten una mejor comprensión de estos eventos. Una valiosa herramienta empleada en estudios neotropicales, es el estudio de los granos de polen acumulados en sedimentos que permiten entender la composición de la vegetación del pasado e inferir condiciones paleoclimáticas (Velásquez, 2005).

Son muchas las investigaciones palinológicas que se han realizado en la región andina colombiana, especialmente en la cordillera Oriental (Groot et al., 2011; Marchant et al., 2004c), abarcando periodos tan extensos como 3.5 millones de años (Hooghiemstra, 1984). Dentro de ellos se encuentran los trabajos de Velásquez (2005); Bogotá, (2011); Groot et al., (2011); González-Carranza, Hooghiemstra & Vélez (2012); Muñoz et al. (2017), entre otros. La cordillera Occidental de Colombia es de gran interés por su proximidad al océano Pacífico y por la influencia que recibe del Atlántico. Además, allí el clima está afectado por fenómenos climáticos como zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), El Niño y la Corriente de Chorro del occidente colombiano (Chocó). Además esta cordillera ha sido la menos estudiada en Colombia, desde el punto de vista paleoecológico. La corriente de Chorro del Chocó, perpendicular a la cordillera, asciende por efecto orográfico e interactúa con los vientos alisios del este que soplan desde el Mar Caribe o desde la cuenca del Amazonas, originando alta divergencia de vientos en la parte superior de la atmósfera sobre la región y una convección profunda responsable de la gran cantidad de precipitación sobre la costa Pacífica Colombiana (Poveda & Mesa, 1999). Esta corriente se manifiesta notablemente en el estrecho topográfico existente entre 5°N y 5°30'N, conocido como el Paso de Mistrató (Alzate et al., 2004). Además de la fuerte precipitación, esta corriente es responsable de fuertes procesos erosivos sobre la cordillera Occidental de los Andes colombianos (Alzate et al., 2004).

La ZCIT y el fenómeno El Niño afectan permanentemente la zona de estudio; el primero porque se presentan dos temporadas lluviosas (abril-mayo y octubre-noviembre), y dos temporadas secas (diciembre-febrero y junio-agosto) sobre el centro de Colombia como resultado del doble paso de la ZCIT sobre el territorio (Poveda, 2004). Su oscilación no es simétrica alrededor del Ecuador terrestre, ya que su posición media se encuentra desplazada alrededor de 5°-10°N (Philander et al., 1996). La ZCIT constituye el lugar preferente para la convergencia superficial de los vientos alisios, y es una región de bajas presiones atmosféricas superficiales, ascenso de vientos húmedos, desarrollo de mecanismos de convección profunda, alta nubosidad y divergencia en la alta atmósfera (Poveda, 2004). El segundo, por presentarse más fuerte e inmediato para las zonas localizadas en el occidente colombiano en comparación con las localizadas al este del país donde son más débiles y retardadas; de tal manera que la fase cálida tiene un efecto de disminución de la precipitación y la escorrentía sobre la mayor parte del territorio nacional, es así como en la parte norte de la costa del Pacífico disminuyen las lluvias, mientras que hacia la parte sur aumentan (Rueda & Poveda, 2006); este descenso de la precipitación también disminuye la humedad del suelo y la actividad vegetal (Poveda & Jaramillo, 2000; Poveda, Ramírez y Jaramillo, 2001). Las contribuciones paleoecológicas y paleoclimáticas en localidades de la cordillera Occidental son relativamente escasas (Rangel-CH et al., 2005). El sector más estudiado es el páramo de Frontino al norte de Mistrató, donde se determinaron cambios en el clima, vegetación y ambientes sedimentarios durante el Tardiglacial y el Holoceno

(Velásquez, 2005; Muñoz, 2013; Parra, Rangel & Van der Hammen, 2006; Marchant et al., 2004b) . En el macizo Tatamá se realizaron estudios palinológicos de media a baja resolución que abarcaron todo el Holoceno (Velásquez, 1999; Rangel-CH et al., 2005). De igual manera, se estudió la Laguna Jotaordó en el Pacífico colombiano, un registro que abarca los últimos 4200 años (Berrío et al., 2000). Otros estudios incluyen el Macizo Colombiano y Volcán del Puracé donde se reconstruyó la vegetación y el clima de los últimos 10000 años (Espejo & Rangel, 1989). Con el fin de complementar los estudios mencionados, se realizó una reconstrucción de la vegetación y el clima del humedal Medellincito durante los últimos 6700 años, utilizando el estudio de polen y esporas, dataciones de ^{14}C , y diatomeas. El estudio es pionero para esta región y será un punto más de referencia para entender la dinámica del clima y la vegetación en el norte de los Andes.

El humedal Medellincito se localiza en la línea divisoria de la cordillera Occidental colombiana en la vereda Aribató, distrito de manejo integrado Cuchilla del San Juan, jurisdicción del municipio de Mistrató (departamento de Risaralda), a una altura de 2020 msnm y coordenadas $5^{\circ}19'N$ y $75^{\circ}54'W$ (figura 1). El humedal se encuentra dentro del bosque muy húmedo montano bajo (2000-2350 m.s.n.m) con una temperatura de 14°C - 18°C , un promedio anual de lluvias entre 2000-4000 mm y una provincia perhúmeda (Gómez, 2009). El orobioma Andino de este sector tiene una temperatura media de $18,7^{\circ}\text{C}$ y precipitación media anual de 2586 mm (Sirap Eje Cafetero & Wildlife Conservation Society, 2013). Los sectores más lluviosos son las partes occidentales de Mistrató y Pueblo Rico con 3935 mm, influenciados por corrientes del Pacífico (Sirap Eje Cafetero & Wildlife Conservation Society, 2013). La precipitación pluvial es alta en todo el año y los periodos secos son muy cortos; es frecuente la ocurrencia de neblina en las mañanas y en las horas de la tarde, durante casi todos los días del año, lo cual contribuye a aumentar la humedad del medio ambiente (Ruíz, 2005).

El humedal es alimentado por pequeños arroyos y aguas de escorrentía que, al parecer, se infiltran en el suelo. El sector estudiado cuenta con una cobertura forestal natural de cerca del 80 %, con procesos puntuales de fragmentación y constituye un corredor biológico natural entre dos de las más importantes áreas montañosas y reservas biológicas de la cordillera Occidental: Macizo de Tatamá y Cerro de Caramanta (Ballesteros et al., 2005). El uso que se le ha dado al suelo en el humedal es el de ganadería extensiva, por lo menos en los últimos 100 años, pero su zona de amortiguación desde hace varios años viene siendo sometida a extracción selectiva de árboles maderables; sin embargo, desde hace unos 10 años se ha venido restringiendo, por lo menos la extracción de madera. La vegetación moderna del humedal está constituida primordialmente de Cyperaceae (vegetación de pantano), Poaceae (vegetación abierta), Cyatheaceae (bosque andino) y pteridofitas; según el registro de polen en el techo del núcleo y observaciones de campo.

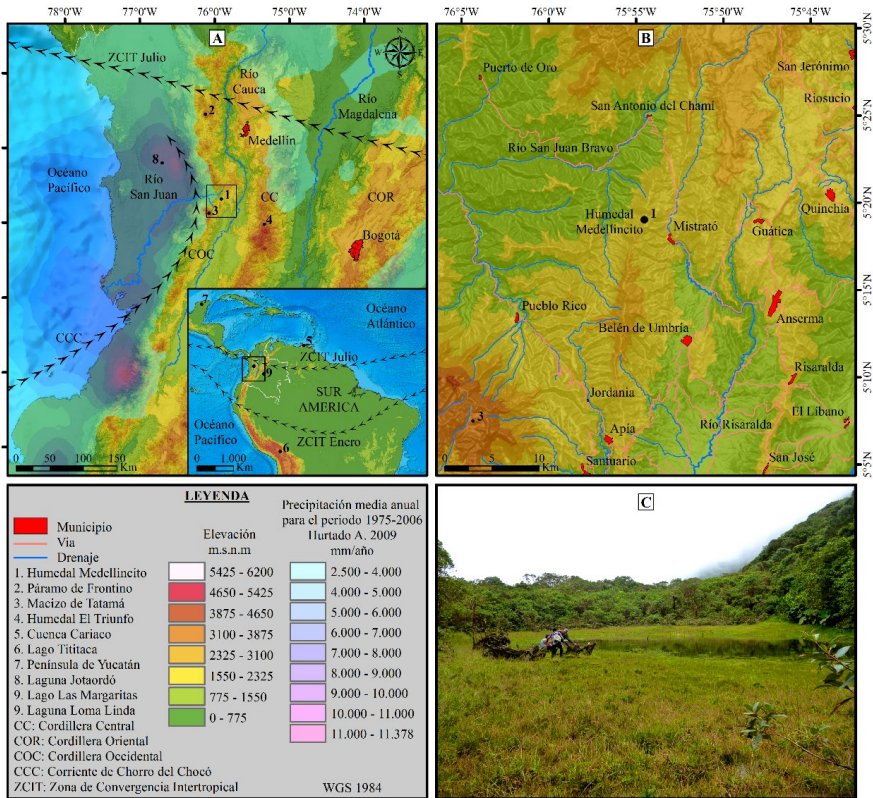


Figura 1. Mapa de ubicación del humedal Medellincito: A. Mapa de Sur América y Colombia en el cual se indica la posición de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) y la corriente de Chorro del Chocó con respecto a la localización del humedal Medellincito en la cordillera Occidental de los Andes Colombianos, el modelo de elevación en metros sobre el nivel del mar y la precipitación media anual en mm/año del periodo comprendido entre 1975 - 2006 utilizado por Hurtado (2009). B. Ubicación del humedal Medellincito en el estrecho topográfico conocido como Paso Mistrató entre 5° y 5°30'N y su localización entre las cuencas de los ríos San Juan y Risaralda. C. Aspecto actual del humedal Medellincito.

METODOLOGÍA

En el humedal se extrajo un núcleo de sedimento de 300 cm de profundidad, con una sonda Rusa de cinco centímetros de diámetro y 50 cm de avance. A su vez, de este se extrajo una muestra de sedimento de 1cm³ cada 5 cm (61 muestras). Se obtuvieron ocho muestras para análisis de radiocarbono AMS, en los centímetros 20, 50, 80, 110, 165, 215, 260 y 300, que incluyen sedimento orgánico o fragmentos de madera (tabla 2). Las muestras fueron analizadas en el laboratorio de Radiochronologie–Radiochronology (University of California, USA) y la Université Laval (Canadá). La muestra de la base (300cm) fue analizada por Beta Analytic (USA). Los núcleos fueron almacenados en

canaletas de PVC rotuladas y protegidas con plástico y papel de aluminio. Estas se almacenaron en un cuarto frío a una temperatura de 4°C en el Instituto de Investigaciones en Estratigrafía-IIES de la Universidad de Caldas. En la descripción litológica y estratigráfica se tuvieron en cuenta características como textura, color, fragmentos vegetales y humedad (Figura 2).

El tratamiento fisicoquímico de las muestras fue realizado inicialmente con KOH [5%] para disolver algunos compuestos orgánicos y eliminar los coloides de los suelos orgánicos insaturados. Cada muestra fue sometida a filtración con tamices entre 150 y 10 μm ; 150 μm (> 150 μm no diagnósticas) y 10 μm para eliminar limos y arcillas presentes. El filtrado (entre 150 μm y 10 μm) se recogió en un tubo de ensayo y se centrifugó durante 5 minutos a 3500 r.p.m. y se decantó el sobrenadante. Se hizo un pre-tratamiento con HF [70%] por 1 hora y HCl [37%] y se realizó luego una acetólisis utilizando la metodología de Erdtman (1960). Para las muestras 2 – 50 cm y 55-300cm se hizo un tratamiento similar a las primeras muestras, pero con KOH [10 %] y sin acetólisis, ya que por la gran cantidad de materia orgánica y después de varios ensayos, se optó por no realizarla con el fin de obtener un mejor recobro del material polínico. El polen, las esporas y demás residuos sedimentarios fueron montados en placas permanentes utilizando bálsamo de Canadá como sellante. Las placas fueron almacenadas en la Palinoteca del IIES.

El conteo de polen y esporas de pteridofitos fue de 500 granos, los cuales permiten observar aproximadamente el 65 % de la diversidad polínica del humedal. Los palinomorfos fueron identificados utilizando atlas palinológicos como los de Hooghiemstra (1984); Velásquez (1999); Colinvaux, De Oliveira & Moreno (1999); Murillo & Bless (1974); Roubik & Moreno (1991) y la colección de referencia de la palinoteca del laboratorio de paleoecología de la Universidad Nacional (Medellín, Colombia). Con el software TILIA & TILIAGRAPH se elaboraron los diagramas polínicos y se organizaron los grupos ecológicos; con Coniss (Grimm, 1987) se hizo el análisis de clúster de los espectros de polen. Los diagramas se elaboraron haciendo la diferenciación de tres grupos de vegetación: 1) Bosque Subandino-BS, 2) Bosque Andino-BA y 3) vegetación Abierta-VA, correspondientes a la vegetación regional. La vegetación de pantano se separó como parte de la vegetación local.

Se tuvo en cuenta dos cinturones de vegetación: el BS y el BA (o bosque Montano Superior); además de la VA que crece en el humedal mismo o alrededores inmediatos y, con los resultados obtenidos, se hicieron inferencias de temperatura y humedad. Los elementos considerados para cada grupo de vegetación fueron tomados teniendo en cuenta el orobioma al cual pertenece el humedal según la clasificación de ecosistemas terrestres del Eje Cafetero (Sirap Eje Cafetero & Wildlife Conservation Society, 2013) y la distribución vertical de la vegetación realizada para la cordillera Occidental por Velásquez, (2005) y Rangel-CH et al. (2005) (tabla 1).

Tabla 1. Taxones de los diagramas polínicos de la vegetación regional (Bosque Subandino, Bosque Andino) y la vegetación local (se exceptúa pteridofitos y plantas de pantano).

Taxones considerados principalmente en la suma de polen	
Vegetación regional	Bosque Subandino: <i>Alchornea</i> , Fabaceae, Bignoniaceae y tipo <i>Prestoea</i> .
	Bosque Andino: Cyatheaceae, <i>Hedyosmum</i> y Solanaceae.
	Vegetación Abierta: Poaceae, Asteraceae, Ericaceae, Lycopodiaceae, <i>Arenaria</i> .
Otros taxones presentes en el diagrama polínico con un menor número o menor frecuencia en la suma de polen:	
Vegetación regional	Bosque Subandino: <i>Desmodium</i> , <i>Heliocarpus</i> , Urticaceae, <i>Panopsis</i> , <i>Erythrina</i> , <i>Cordia</i> , <i>Bromelia</i> , <i>Protium</i> , <i>Anthurium</i> , Clusiaceae, Rubiaceae, Bromeliaceae, Araceae, Tipo <i>Pouteria</i> , Malphigiaceae, <i>Acalypha</i>
	Bosque Andino: <i>Viburnum</i> , <i>Ilex</i> , <i>Miconia</i> , <i>Weinmannia</i> , <i>Sapium</i> , <i>Croton</i> , <i>Symplocos</i> , Araliaceae, <i>Vallea</i> , <i>Clethra</i> , Myrtaceae, Coriaceae, <i>Juglans</i> , <i>Columnea</i> , <i>Monnina</i> , Melastomataceae, <i>Podocarpus</i> , <i>Spondias</i> , Balsaminaceae, <i>Quercus</i> .
	Vegetación Abierta: <i>Valeriana</i> , Tipo <i>Puya</i>

Tabla 2. Edades AMS radiocarbono de las muestras obtenidas del humedal Medellincito. Se muestra la edad convencional y la calibrada, así como el tipo de material datado y profundidad del núcleo.

Código de Laboratorio	Profundidad (cm)	Tipo de Muestra	Edad Radiocarbono Convencional	Edad Estimada (años Cal AP)
UCIAMS-193804 ULA-7151	20	Sedimento	100+/-20	208
UCIAMS-193805 ULA-7152	50	Sedimento	1380 +/-15	1259
UCIAMS-193806 ULA-7153	80	Sedimento	3705 +/-20	3937
UCIAMS-177050 ULA-6235	110	Madera	3825 +/- 15	4261
UCIAMS-177051 ULA-6236	165	Madera	4025 +/-15	4781
UCIAMS-177052 ULA-6237	215	Madera	5075 +/- 15	5822
UCIAMS-177049 ULA-6234	260	Madera	5250 +/- 15	6200
Beta-330146	300	Sedimento orgánico	5850 +/- 25	6723

El diagrama polínico de la vegetación regional se elaboró con base en los porcentajes de taxones cuya abundancia relativa fue mayor o igual al 5 % del total del conteo; los diagramas de vegetación de pantano y comportamiento de Poaceae vs vegetación de pantano se hicieron con base en los porcentajes de la totalidad de los elementos contados. Algunos elementos potencialmente indicadores de humedad y temperatura fueron utilizados para hacer inferencias al respecto. Para la temperatura se tomaron como indicadores los elementos del bosque, especialmente los taxones del BS (*Alchornea*,

Fabaceae y Bignoniaceae principalmente), mayores temperaturas corresponderían a mayores proporciones polínicas, sin poder excluir las influencias de la variación en la producción de polen local, o el cambio de medio de depositación (Rangel-CH et al., 2005). Los taxones del BA, tales como *Cyatheaceae* y *Hedyosmum* sugieren condiciones húmedas puesto que son considerados como taxones higrófilos (Hooghiemstra, 1984; Velásquez & Hooghiemstra, 2013). La ínfima presencia de *Quercus* a lo largo de todo el registro sugiere que en el humedal han prevalecido condiciones muy húmedas ya que este taxón se encuentra en regiones más secas, tales como las del sector oriental de la cordillera Occidental (Rangel et al., 2005). Las algas también constituyeron un elemento importante en el análisis de los datos para inferir condiciones húmedas, especialmente cuando no se tuvo presencia de vegetación de pantano. Además se incluyó alguna información de diatomeas recuperadas en muestras tomadas a intervalos de 10 cm en el núcleo. El diagrama polínico fue dividido en zonas, con base en la variación de tipos y proporciones de polen y esporas y se interpretaron las posibles condiciones ambientales (Velásquez, 2005). Estas zonas se establecieron utilizando análisis de clúster CONISS a través del programa TILIA 2.0.2 (Grimm, 1987). En la descripción de los taxones de polen se indican entre paréntesis los porcentajes máximos alcanzado

El análisis de radiocarbono fue realizado por el laboratorio de radiocronología Université Laval, mediante espectrometría de masas con acelerador (AMS). Para el modelo de edad se utilizó el programa BACON – versión 2.2 (Blaauw & Christeny, 2011) y para la edad calculada R-versión 3.1.0 (Ihaca & Gentleman, 1996). La interpretación de los datos se hace con la edad calculada en años antes del presente (AP) a partir de la edad radiocarbono convencional. El modelo de edad fue realizado con Bacon– v2.2. (Blaauw & Christeny, 2011) (Tabla 2) y las edades estimadas se presentan como años antes del presente (figura 3).

RESULTADOS

El núcleo extraído de 3 metros de longitud muestra un material no consolidado de arcilla limosa con variaciones en el color y la textura. Los colores oscuros a marrones claro son los más comunes. Se observaron en buena parte del núcleo abundantes fragmentos de madera y raíces. El cambio más notable de color se presentó alrededor de 55-60 cm, también se presenta en este sector la tasa de sedimentación más baja (figura 2). Las edades radiocarbono obtenido se relaciona en la tabla 2. Dado que la tasa media de acumulación está cerca de 22.4 años/cm y las muestras fueron colectadas cada 5cm (o cada 110 años), la resolución del análisis es a escala de centuria (tabla 2). En los diagramas polínicos se pueden identificar cuatro zonas (figura 4, 5 y 6), las cuales se describen a continuación.

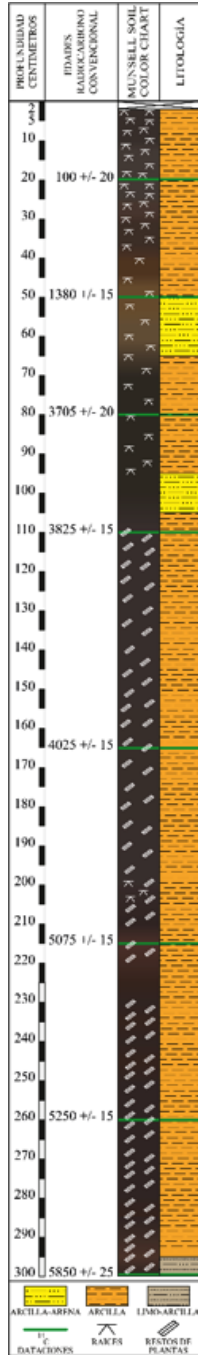


Figura 2.

Columna estratigráfica del núcleo recuperado en el humedal Medellincito. A la izquierda, columna con los colores según Munsell (2005), presencia de material vegetal, la profundidad (cm) y la edad radiocarbono convencional. A la derecha, columna con la litología.

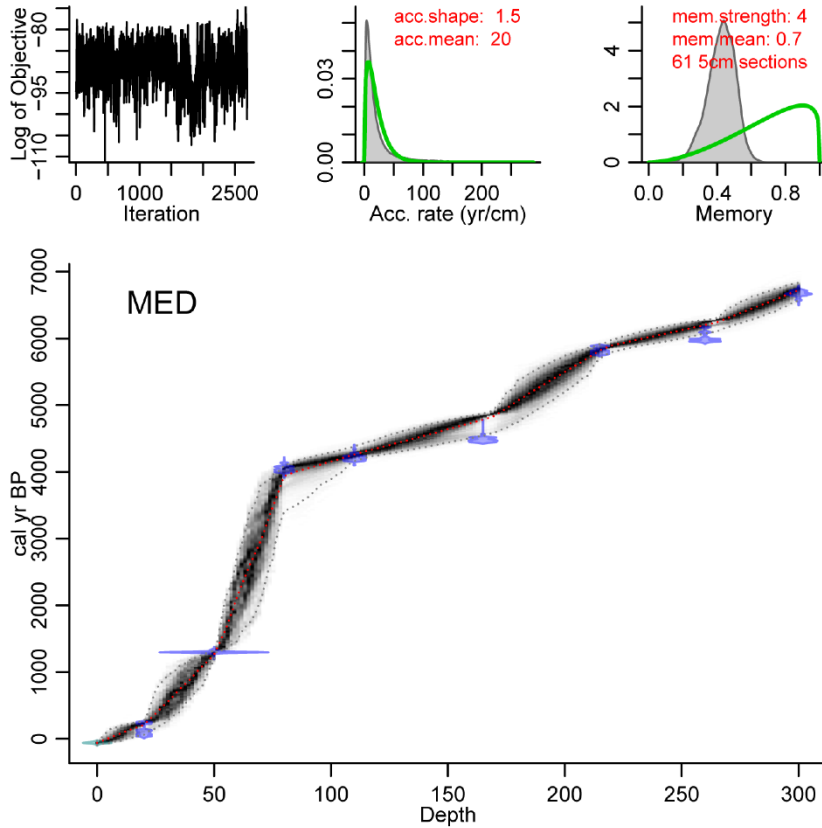


Figura 3. Modelo de edad del núcleo del humedal Medallito realizado en Bacon – v2.2. (Blaauw & Christeny, 2011). El panel superior izquierdo representa las interacciones MCMC (Markov chain Monte Carlo simulations), en el panel central se encuentra la distribución de la tasa de acumulación representada por la curva verde y el histograma gris y en el panel derecho la memoria que define la cantidad de tasa de acumulación de una profundidad determinada en un núcleo. El panel inferior muestra las fechas calibradas ^{14}C (azul), y el modelo de edad vs. profundidad (grises más oscuros que indican edades calendario más probables; las líneas punteadas grises muestran intervalos de confianza del 95 %, la curva roja punteada muestra el “mejor” modelo en base a la edad media ponderada para cada profundidad).

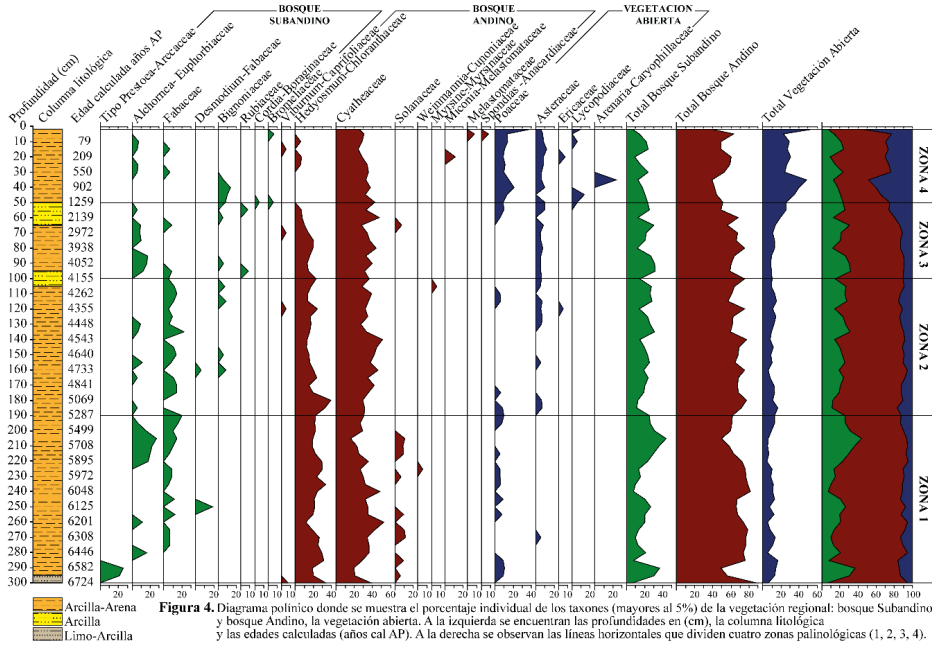


Figura 4. Diagrama polínico donde se muestra el porcentaje individual de los taxones (mayores al 5%) de la vegetación regional: bosque Subandino y bosque Andino, la vegetación abierta. A la izquierda se encuentran las profundidades en (cm), la columna litológica y las edades calculadas (años cal AP). A la derecha se observan las líneas horizontales que dividen cuatro zonas polinológicas (1, 2, 3, 4).

Figura 4. Diagrama polínico donde se muestra el porcentaje individual de los taxones (mayores al 5%) de la vegetación regional: bosque Subandino y bosque Andino, la vegetación abierta. A la izquierda se encuentran las profundidades en (cm), la columna litológica y las edades calculadas (años cal AP). A la derecha se observan las líneas horizontales que dividen cuatro zonas polinológicas (1, 2, 3, 4).

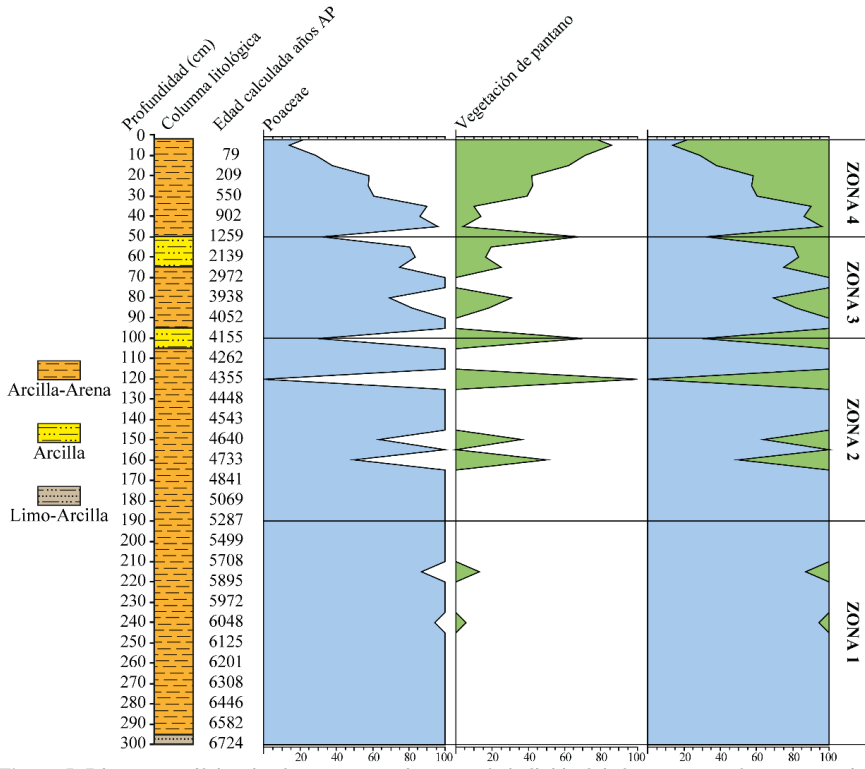


Figura 5. Diagrama polínico donde se muestra el porcentaje individual de los taxones más representativos de la vegetación de pantano (*Cyperaceae*, *Apiaceae*, *Ranunculus*) vs. *Poaceae* (vegetación abierta). A la izquierda se encuentran las profundidades en (cm), la columna litológica y las edades calculadas (años cal AP). A la derecha se observan las líneas horizontales que dividen cuatro zonas palinológicas (1, 2, 3, 4).

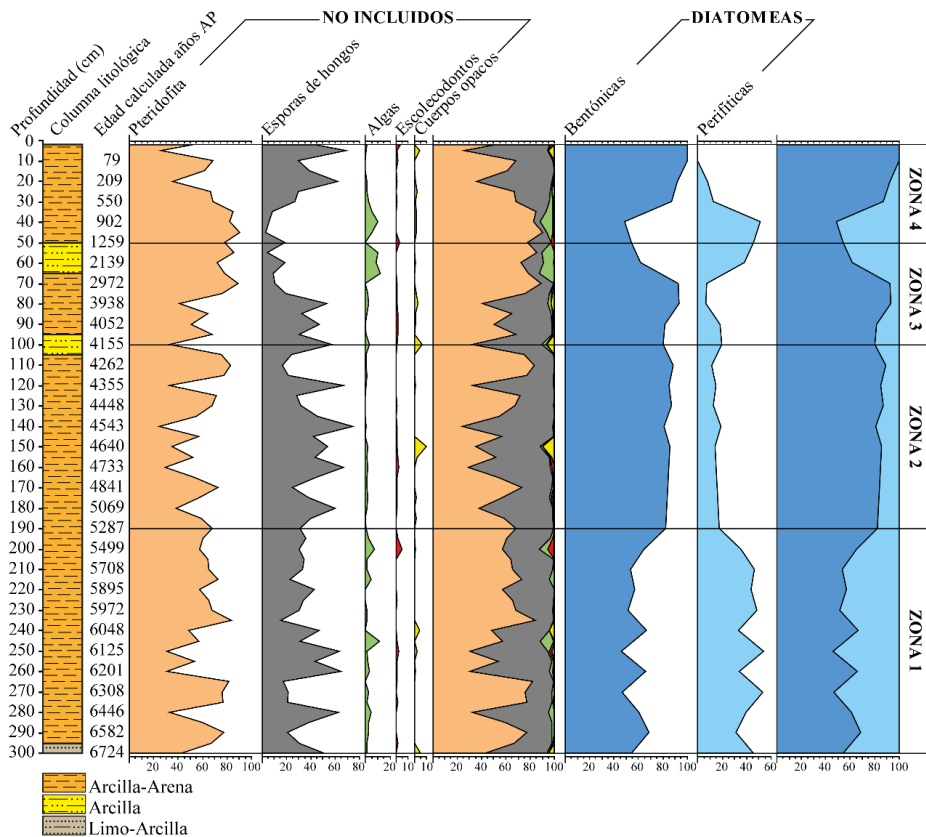


Figura 6. Grupos de palinormorfos no incluidos en la suma de polen. A la izquierda se encuentran las profundidades en (cm), la columna litológica y las edades calculadas (años cal AP). A la derecha se observan las líneas horizontales que dividen cuatro zonas palinológicas (1, 2, 3, 4) y la presencia de diatomeas bentónicas y perifíticas.

Zona 1 (300-190 cm, 23 muestras): para esta zona la vegetación regional se encuentra representada principalmente por el BA (69 %) seguida de BS (21 %) y en menor medida por la VA (10 %). En el BS el taxón dominante fue *Alchornea* (27 %), le siguen los tipos *Prestoea*-Arecaceae (25,7 %) que muestra su mayor expresión en la parte inferior de la zona y Fabaceae (20,2 %). Otros taxones con valores muy bajos fueron *Desmodium*, Bignoniaceae, Clusiaceae, *Heliocarpus*, *Protium*, *Bromelia*, *Erythrina*, *Anthurium*, *Panopsis*, *Cordia*, Rubiaceae, Urticaceae y Tipo *Pouteria*. En el BA la representación más alta fue para Cyatheaceae (52,5 %) y *Hedyosmum* (34,1 %) seguidos de Solanaceae (11,5 %). Con valores muy bajos se registraron *Viburnum*, *Weinmannia*, *Ilex*, Myrtaceae, *Myrsine*, Araliaceae, Coriaceae, *Miconia*, *Alnus*, *Symplocos*, *Sapium*, *Monnina*, *Croton*, *Clethra*, *Vallea*, *Spondias* y Balsaminaceae. El taxón que representa mejor la VA fue Poaceae (5,2 %) seguido de Asteraceae (3,1 %) y Ericaceae (2 %). Con respecto a los elementos no incluidos en la suma de polen, hay un bajo registro de los taxones de *Ranunculus* y Apiaceae y ausencia de Cyperaceae. Son importantes diferentes formas de pteridofitas (75 %) y esporas de hongos (60 %) y hay poca representación de algas. Los escolecodontos y partículas opacas se presentan en muy bajas proporciones y de forma intermitente, no solo en esta zona sino a lo largo de todo el diagrama, dificultando así cualquier interpretación.

Zona 2 (185-100 cm, 18 muestras): en general el BA (67,8 %) continuó predominando sobre el BS (21 %) y la VA (11,18 %). Aunque se observan unas oscilaciones periódicas, estas fueron menos intensas que en la zona anterior. Los taxones más representativos para el BS fueron Fabaceae (22 %), *Alchornea* (11,4 %) y Bignoniaceae (8,6 %). Los demás taxones fueron poco representativos. Los del BA más sobresalientes fueron Cyatheaceae (51,4 %) y *Hedyosmum* (39,4 %). Aunque siempre están presentes, parece haber un comportamiento antagónico entre ambos en muchos puntos del registro. Solanaceae disminuyó sensiblemente respecto a la zona anterior y los demás taxones mantuvieron registros bajos (*Myrsine*, *Viburnum*, *Ilex*, *Croton*, Balsaminaceae, *Sapium*, *Alnus*, *Weinmannia*, Araliaceae, *Miconia*, Myrtaceae, *Clethra*, *Monnina*, *Spondias*, *Quercus* y *Columnea*). En la VA Asteraceae (8,1 %) fue dominante seguida por Poaceae (7,2 %) y Ericaceae (5,4 %). Lycopodiaceae y *Valeriana* tuvieron una representación cercana a 2-3 %. Se aprecia un incremento de Asteraceae y Ericaceae y una reducción de Poaceae con respecto a la zona anterior. Entre la hidrófitas hay un pico de Apiaceae en 160cm y dos de Cyperaceae en 150cm y 100cm. Pteridofita y hongos permanecen con representación alta aunque hay tendencia de aumento de los últimos y disminución de Pteridofitos. Los demás elementos no incluidos siguen con valores muy bajos, se resalta un pico de opacos en el centímetro 150.

Zona 3 (95-55 cm, 9 muestras): la vegetación regional continúa representada en su mayoría por el BA (62,74 %), seguido de BS (23,37 %) y en menor medida por la VA (13,86 %); esto a pesar de que al final de la zona el BA disminuyó sensiblemente a expensas del incremento de VA. En el BS el taxón más representativo fue *Alchornea*

(16,9 %), seguido de Bignoniaceae (10 %), Fabaceae (8,9 %) y Rubiaceae (8,3 %). Otros taxones como Urticaceae, *Desmodium*, *Cordia*, *Panopsis* y *Heliocarpus* tuvieron representaciones muy bajas. En el BA siguen dominando Cyatheaceae (47,7 %) y *Hedyosmum* (19,9 %) y se incrementaron ligeramente *Viburnum* (5,1 %) e *Ilex* (4,7 %). *Hedyosmum* tuvo una fuerte disminución al final de la zona. Los demás taxones tuvieron representación inferior al 2 %. La VA se incrementa especialmente al final y continúa dominando Asteraceae (9,9 %) y Poaceae (9,9 %), seguido por Ericaceae (3,8 %) y Lycopodiaceae. *Arenaria* y tipo *Puya* también están presentes aunque con baja representación. Entre las hidrófitas, Cyperaceae sigue incrementando y se presentan también Apiaceae y *Ranunculus*. Otros elementos no incluidos sobresalientes fueron Pteridofita, algas y hongos. Los dos primeros aumentaron sensiblemente al final y los hongos disminuyeron de forma antagónica.

Zona 4 (50-02 cm, 11 muestras): la vegetación regional siguió representada en su mayoría por el BA (49,95 %), seguido de la VA (32,9 %) y del BS (17,13 %). El taxón más representativo en el BS fue Bignoniaceae (13,6 %), seguido de *Alchornea* (7,6 %) y Fabaceae (6,8 %). Los demás tuvieron muy baja representación. El BA continúa dominado por Cyatheaceae (42,8 %), pero *Hedyosmum* sigue sin registro al comienzo de la zona. Después que reaparece, se mantiene con registros bajos hasta hoy (6,1 %). En la segunda mitad de esta zona se detecta un aumento escalonado de varios taxones como *Viburnum*, *Miconia*, *Weinmannia*, *Spondias* y Melastomataceae; simultáneo con la disminución de Cyatheaceae y *Hedyosmum*. Otros taxones con representación inferior al 2 %; Myrtaceae, *Vallea*, *Alnus*, *Juglans*, Balsaminaceae, *Quercus*, *Moninna*, *Podocarpus* y Loranthaceae también se incrementaron respecto a la zona anterior, pero otros como *Ilex*, Araliaceae, *Myrsine*, *Symplocos*, Solanaceae disminuyeron. Con respecto a la VA, es en esta zona donde se presenta el aumento más significativo: desde la base Poaceae (37,6 %), Lycopodiaceae (13,1 %), Asteraceae (11,9 %) y Ericaceae (7,3 %) y desde 35-40cm de profundidad *Arenaria* (23,4 %), donde hace mayor presencia a lo largo del núcleo. También se presentan otros taxones en bajas proporciones como *Valeriana* y Tipo *Puya*. Entre la vegetación hidrófita, Cyperaceae se incrementa muy significativamente hacia el techo de la zona, seguido de Apiaceae y en menor escala por *Ranunculus*. Respecto a otros elementos no incluidos en la suma, Pteridofita y algas fueron abundantes en la base y decrecieron hacia el techo, contrario a lo mostrado por los hongos.

DISCUSIÓN

Los cambios en la composición florística del humedal de los últimos 6000 años reflejan condiciones climáticas, cambios en la humedad y temperatura en este sector de la cordillera Occidental. A continuación, se presentarán la reconstrucción ambiental y climática derivada del estudio.

Periodo 1 (~6724 a ~5287 cal años AP, 300-190 cm): la presencia permanente de gramíneas y helechos en el sitio y la ausencia de Cyperaceae, indica que durante ese periodo no existió un cuerpo de agua en el sitio. Sin embargo, la humedad fue importante y los suelos estuvieron saturados, como se evidencia por la presencia mayoritaria de diatomeas perifíticas, en comparación con las bentónicas. Estas condiciones de humedad fueron interrumpidas por dos pulsos más secos: uno a comienzo del registro en ~6700 cal años AP (295 cm), indicado por la disminución sensible de los taxones higrófilos Cyatheaceae y *Hedyosmum* y otro ~5900 cal años AP, cuando disminuyen drásticamente las diatomeas y las algas; aquí se inicia también un cambio en la litología (solo arcilla, sin fragmentos de restos de plantas o de raíces). Ambos eventos se manifestaron de forma similar en el Páramo de Frontino (Velásquez & Hooghiemstra, 2013; Muñoz, 2013).

Respecto de la temperatura, las condiciones fueron un poco frías, en razón de la ligera disminución del BS e incremento del BA, excepto en los pulsos secos mencionados cuando fue más cálido y el BS estuvo mejor representado. Condiciones similares se reportan para el páramo de Frontino en Velásquez & Hooghiemstra (2013); Muñoz et al. (2017) para el páramo de Frontino. El periodo termina con un pulso ligeramente frío y seco (~5200 cal años AP), sugerido por la disminución progresiva de BS e incremento del BA y de las gramíneas. En este momento se incrementan las diatomeas bentónicas y disminuyen las perifíticas. En el páramo de Frontino el registro de acuáticas y la geoquímica muestran un cambio similar.

Periodo 2 (~5287 a ~4155 cal años AP, 190 – 100 cm): La disminución en la representación de gramíneas y helechos y el aumento de Apiaceae y Cyperaceae, de forma intermitente sugiere que durante este periodo tampoco existió un cuerpo de agua, pero sí se presentaron pantanos esporádicos. La mayor humedad en este periodo respecto del anterior se evidencia por la significativa disminución de diatomeas perifíticas y el aumento de las bentónicas. Tres pulsos secos alrededor de 5100, 4500 y 4300 cal años AP, cuando disminuye *Hedyosmum* y aumentan las Poaceae, interfieren la humedad del periodo. La ausencia de diatomeas en el primer evento puede no ser indicadora de extrema sequía porque se registran elementos de pantano, algas y plantas de VA; sin embargo, la disminución en la precipitación es evidente porque la estratigrafía muestra un sedimento arcilloso, compacto y sin presencia aparente de raíces.

En cuanto a la temperatura, las condiciones fueron algo más frías que el periodo anterior, en razón de que el BS disminuyó ligeramente respecto al BA; sin embargo, al final se observa una tendencia a calentamiento, comportamiento similar a lo registrado en el páramo de Frontino (Velásquez & Hooghiemstra, 2013; Muñoz, 2017). Es muy notorio desde el comienzo de este periodo hasta el presente una casi periodicidad de 500 años en el registro total del BS y BA, similar a lo registrado para

el sector de Llano Grande en el páramo de Frontino para los últimos 4000 años (Velásquez, 2005), debido a variaciones en la radiación solar.

Periodo 3 (~4155 a ~1259 cal años AP, 100 – 50 cm): al igual que la zona anterior, la presencia continua de gramíneas y helechos en el sitio con la baja representación de taxones de pantano, indica que no hay un cuerpo de agua y que el lugar continúa con suelos saturados y charcas ocasionales. La primera mitad de este periodo fue húmeda, con altos valores de *Hedyosmum*, Cyatheaceae y diatomeas bentónicas; pero con un pulso seco alrededor 4100 cal años AP (95 cm) cuando disminuyó sensiblemente *Hedyosmum* y aumentaron un poco las diatomeas perifíticas. Condiciones muy secas se iniciaron alrededor de 3200 cal años AP (70cm) hasta el final del periodo, alrededor del año 1300 cal años AP tal como lo evidencia la fuerte disminución de *Hedyosmum*, el incremento de diatomeas perifíticas y el aumento de los principales taxones de la VA. Estas condiciones de sequía se reflejan también en el cambio en la litología que pasó de arcillosa a arcillo arenosa, color más claro, mayor compactación y baja presencia de raíces.

En cuanto a la temperatura, las condiciones fueron inicialmente similares al periodo anterior, pero alrededor del año 3000 cal años AP (70 cm), descendió bruscamente hasta el final del periodo (año 1300 cal años AP).

Periodo 4 (~1259 cal años AP a la actualidad, 50 – 2 cm): este periodo tiene dos fases muy marcadas: al inicio un pulso muy seco ~ 1259- ~ 730 cal años AP (50 – 35 cm), indicado por la drástica disminución de *Hedyosmum* y el fuerte incremento de taxones de VA, acompañado de un aumento significativo de diatomeas perifíticas y algas, con baja presencia de Cyperaceae. Este evento tuvo tendencia a ser cálido y muy seco en el páramo de Frontino (Velásquez, 2005) lo mismo que en el Macizo de Tatamá (Rangel-CH et al., 2005), norte de los Andes (Marchant et al., 2001), lago Titicaca (Abbot, Binford, Brenner & Kelts, 1997), humedal El Triunfo (Giraldo, Velásquez & Pardo, 2017) y península de Yucatán (Brenner et al., 2001). Sin embargo, en Mistrató aunque seco aparentemente no fue cálido, lo que sugiere que en este sector es más de humedad que de temperatura por la baja altitud del sitio. Un cambio en la litología de areno arcillosa a arcillosa con moderada cantidad de raíces, dio paso a la segunda fase de este periodo (750 cal años AP – presente); más húmeda con suelos saturados, abundantes Cyperaceae e incremento de diatomeas bentónicas; aquí se recuperó *Hedyosmum* pero nunca como en periodos pasados, se mantuvo Cyatheaceae y resurgieron otros taxones de BA. La VA se ha mantenido alta y el BA no volvió a los registros del Holoceno Medio, quizá como efecto de la intervención antrópica que ha sufrido este lugar desde hace centurias.

Considerando que el humedal Medellincito se encuentra ubicado en el estrecho topográfico a 5°19N y 75°54W, es posible que la advección de humedad proveniente

de la corriente de Chorro del Chocó sea uno de los principales factores que determinen su humedad y la de sectores aledaños (e.g. Lloró a 80 km del humedal en línea recta), en el Pacífico colombiano es considerado como el sector más lluvioso del mundo (Poveda & Mesa, 1999, 2000). Esta circunstancia, más la posición altitudinal (bosque muy húmedo montano bajo) y ubicación en el límite de aguas de los flancos oriental y occidental de la cordillera Occidental, favorece que se den las condiciones húmedas necesarias para que el BA haya permanecido en los alrededores del sitio a lo largo de los últimos ~6700 cal años AP, y que fenómenos como ENSO (El Niño), que se ha incrementado durante el Holoceno Tardío (Yan et al., 2011), y la variación en la posición de la ZCIT, no hayan tenido un fuerte impacto en el humedal estudiado y, en contraste, se registra en otros sitios montañosos de Colombia. Otro factor que podría haber influido en la permanencia del BA durante todo el tiempo estudiado, es que el impacto de los intervalos secos se ve mitigado por la “precipitación horizontal” que en los bosques nublados contribuye frecuentemente con un 20 % o más del aporte hídrico total (Hölscher, Van Dijk & Bruijnzeel, 2004).

CONCLUSIONES

El estudio palinológico realizado por primera vez en el humedal Medellincito (cordillera Occidental de Colombia), permitió detectar cambios en la vegetación y el clima en los últimos 6700 cal años AP. A lo largo del registro predominaron condiciones húmedas; sin embargo, se presentaron pulsos secos alrededor de 6700, 5900, 5100, 4500, 4100-4.300, 3200-1300, 1000-750 cal años AP. Durante todo el periodo la vegetación dominante alrededor del sitio fue BA y en el sitio mismo predominaron gramíneas, Asteraceae y Ericaceae. En las últimas centurias se incrementaron también taxones de Lycopodiaceae y Caryophyllaceae. Estas condiciones son debidas probablemente a la localización del humedal en la zona de influencia de la corriente en Chorro del occidente colombiano y de la ZCIT, sumado a la baja altitud y posicionamiento en la divisoria de aguas de la cordillera.

El fenómeno El Niño, de gran impacto en el occidente de Colombia como generador de sequías, no parece registrarse sistemáticamente en este núcleo, aunque es posible que algunos de los pulsos secos puedan atribuirse finalmente a su influencia.

El humedal desde comienzos del registro no ha tenido un cuerpo de agua; en su lugar dominaron los pantanos esporádicos con Cyperaceae como principal taxón.

En los últimos 150 años se ha modificado significativamente el paisaje en el humedal y su zona de amortiguación, por la intervención antrópica relacionada con actividades agropecuarias y extracción selectiva de árboles maderable que fragmentan los bosques y dan paso al establecimiento de VA, principalmente Gramíneas y, consecuentemente, la disminución de la vegetación de BA (e.g. *Cyatheaceae* y *Hedyosmum*).

Las condiciones paleoecológicas del humedal con respecto a la temperatura pueden ser menos precisas considerando que no se hallaron indicadores para este factor (e.g. vegetación sumergida); no obstante, la presencia de algunos taxones higrófilos propios de bosques de niebla y lluvioso como *Hedyosmum* y *Cyatheaceae*, permiten hacer algunas interpretaciones en conjunto con las diatomeas, la VA y la de pantanos.

Los humedales de los orobiomas transicionales de BS y BA en la cordillera Occidental de Colombia, también constituyen un potencial científico para el estudio del Holoceno y, de esta manera, poder explorar, indagar e inferir sobre la dinámica del clima y la vegetación a nivel global, regional y local; de modo que puedan aportar información relevante sobre las condiciones ambientales de estas zonas.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Vicerrectoría de Investigaciones y Posgrados-VIP de la Universidad de Caldas por la financiación de este proyecto (proyecto No. 202010017331). Al personal del IIES de la Universidad de Caldas, al laboratorio de Paleoecología de la Universidad Nacional por su invaluable apoyo logístico y a Julian A. Salazar editor de esta publicación por su apoyo en el proceso de edición.

REFERENCIAS

- Abbot, M., Binford, M., Brenner, M. & Kelts, K. (1997). A 3500 14C yr high - resolution record of water - level changes in Lake Titicaca, Bolivia/Perú. *Quaternary Research*, 47, 169–180.
- Alzate, J. M., Poveda, G., Montoya, P. A., Ayala, J. C., Olaya, C. & Chica, A. (2004). ¿Ha sido el paso de Mistrató labrado por el chorro del Chocó? *Memorias del XVI Seminario Nacional de Hidráulica e Hidrología*. Armenia, Quindío, Colombia.
- Ballesteros, H., Ríos, C., Hernández, J., Restrepo, R., Gallego, L., López, F., Rojas, J. (2005). *Plan de manejo Parque Nacional Natural Tatamá: plan básico de manejo 2005-2009* [Documento].
- Berrio, J. C., Behling, H. & Hooghiemstra, H. (2000). Tropical rain-forest history from the Colombian Pacific area: a 4200-year pollen record from Laguna Jotaordo. *The Holocene*, 10 (6), 749–756.
- Blaauw, M. & Christeny, J. A. (2011). Flexible paleoclimate age-depth models using an autoregressive gamma process. *Bayesian Analysis*, 6 (3), 457–474. DOI: <https://doi.org/10.1214/11-BA618>.
- Bogotá, R. G. (2011). *Pleistocene centennial-Scale vegetational, environmental, and climatic change in the Colombian Andes: based on biotic and abiotic proxy analyses from lake Fúquene sediments*. Amsterdam: University of Amsterdam.
- Brenner, M., Hodell, D. A., Curtis, J. H., Rosenmeier, M. F., Binford, M. W. & Abbott, M. B. (2001). Abrupt climate change and pre-columbian cultural collapse. In V. Markgraf. (Ed.), *Interhemispheric Climate Linkages* (pp. 87–103). California: Academic P.
- Colinvaux, P. De Oliveira, P. & Moreno, J. (1999). *Amazon Pollen Manual and Atlas. Quaternary Science Reviews*, 20(18), 1955-1956
- Erdtman, G., 1960. *The acetolysis method, a revised description. Svensk Botanisk Tidskrift* (Vol. 54).
- Espejo, B. & Rangel, O. (1989). Análisis palinológico del sitio Cabaña de San Nicolás (perfil 8) en el parque Puracé. *Archaeology*, 2, 138–165.
- Giraldo, M. J., Velásquez, C. & Pardo, A. (2017). Late Holocene pollen-based paleoclimatic reconstruction of the El Triunfo wetland, Los Nevados National Park (Central cordillera of Colombia). *The Holocene*, 450, 1-12.
- Gómez, A. (2009). *Plan de Gestión del Parque Municipal Natural Arrayanal-Mistrató, Departamento de Risaralda*. Pereira, Colombia: CARDER- Universidad Tecnológica de Pereira.
- González-Carranza, Z., Hooghiemstra, H. & Vélez, M. I. (2012). Major altitudinal shifts in Andean vegetation on the Amazonian flank show temporary loss of biota in the Holocene. *The Holocene*, 22, 1227–1241.
- Grimm, E. (1987). CONISS: a fortran 77 program for stratigraphically constrained cluster analysis by the method of incremental sum of squares. *Computers & Geosciences*, 13(1): 13–35. [https://doi.org/10.1016/0098-3004\(87\)90022-7](https://doi.org/10.1016/0098-3004(87)90022-7)
- Groot, M. H. M., Bogotá, R. G., Lourens, L. J., Hooghiemstra, H., Vriend, M., Berrio, J. C., Tuenter, E., Jansen, M. W. W. (2011). Ultra high resolution pollen record from the northern Andes reveals rapid shifts in montane climates within the last two glacial cycles. *Climate of the Past*, 7, 299–316. DOI: <https://doi.org/10.5194/cp-7-299-2011>

- Hölscher, D., Kohler, L., Van Dijk, A. & Bruijnzeel, L. (2004). The importance of epiphytes to total rainfall interception by a tropical montane rain forest in Costa Rica. *Journal of Hydrology*, 292(1–4), 308–322.
- Hooghiemstra, H. (1984). Vegetational and Climatic History of the High Plain of Bogotá, Colombia: A Continuous Record of the Last 3.5 Million Years. In T. Van der Hammen (Ed.), *The Quaternary of Colombia* (pp. 368). Bogotá, Colombia.
- Hurtado, A. (2009). *Estimación De Los Campos Mensuales Historicos De Precipitación En El Territorio Colombiano* (tesis de maestría). Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/2305/1/71364267.2009.pdf>
- Ihaca, R. & Gentleman, R. (1996). R-A Language for Data Analysis and graphics.pdf. *Journal of Computational and Graphical*, 5, 299–314.
- Marchant, R., Behling, H., Berrío, J. C., Cleef, A., Duivenvoorden, J., Hooghiemstra, H., Wille, M. (2001). Mid to Late-Holocene pollen-based biome reconstructions for Colombia. *Quaternary Science Reviews*, 20, 11289–11308.
- Muñoz, P. (2013). *Holocene climate variability in tropical South America : case history from a high-mountain wet zone in NW Colombia based on palynology and X-ray microfluorescence* (thèse de doctorat). Univ. Genève, Genève, Suiza.
- Muñoz, P., Gorin, G., Parra, N., Velásquez, C., Lemus, D., Monsalve, M. C. & Jojoa, M. (2017). Holocene climatic variations in the Western cordillera of Colombia: A multiproxy high-resolution record unravels the dual influence of ENSO and ITCZ. *Quaternary Science Reviews*, 155, 159–178. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2016.11.021>.
- Murillo, M. & Bless, M. (1974). Spores of recent Colombian Pteridophyta. I. Trilete spores. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 25, 319–365.
- Parra, L. N., Rangel, O. & Van der Hammen, T. (2006). Análisis Facial de Alta Resolución de sedimentos del Holoceno Tardío en el Páramo de Frontino, Antioquia, Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 11(1), 133–176.
- Philander, S. G. H., Gu, D., Halpern, D., Lambert, G., Lau, N. C., Li, T. & Pacanowski, R. (1996). Why the ITCZ is mostly north of the equator. *Journal of Climate*. DOI: [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(1996\)009<2958:WTIIMN>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1996)009<2958:WTIIMN>2.0.CO;2)
- Poveda, G. & Jaramillo, A. (2000). ENSO-related variability of river discharges and soil moisture in Colombia Biospheric Aspects of the Hydrologic Cycle, IGBP. *Biospheric Aspects of the Hydrologic Cycle, IGBP*, 8, 3–6.
- Poveda, G. (2004). La Hidroclimatología De Colombia: Una Síntesis Desde La Escala Inter-Decadal. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias*, 28, 201–222.
- Poveda, G. & Mesa, O. (1999). La Corriente de chorro superficial del Oeste (“Del Chocó”) y Otras Dos Corrientes de Chorro en Colombia: Climatología y Variabilidad Durante las Fases del ENSO. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias*, 23(89), 517–528.
- Poveda, G. & Mesa, O. (2000). On the Existence of Lloró (the Rainiest Locality on Earth): Enhanced Ocean-Land-Atmosphere Interaction by a Low-Level Jet. *Geophysical Research Letters*, 27(11), 1675–1678.
- Poveda, G., Ramírez, J. & Jaramillo, A. (2001). Modelación estocástica de la variabilidad anual e interanual de la humedad del suelo en Colombia bajo diferente cobertura vegetal. *Memorias IX Congreso Latinoamericano e Ibérico de Meteorología*. Buenos Aires, Argentina.
- Rangel-CH, J. O., Moyano, E. & Van der Hammen, T. (2005). Estudio palinológico del Holoceno de la parte alta del macizo de Tatamá. En T. V. der H. M., J. O. Rangel-Ch. & A. M. Cleef. (Eds.), *La cordillera Occidental Colombiana, Transecto Tatamá. Estudio de Ecosistemas Tropicandinos-Ecoandes 6* (pp. 757–796). Berlín: J Cramer (BORNTRAEGER).
- Rangel-CH, J. O., Rivera, O., Franco, P., Torres, J. H., Van der Hammen, T. & Cleef, A. M. (2005). Catálogo de la flora vascular del macizo de Tatamá. En T. V. der H. M., Rangel-Ch, J. O. & A. M. Cleef. (Eds.), *La cordillera Occidental Colombiana, Transecto Tatamá. Estudio de Ecosistemas Tropicandinos-Ecoandes 6* (pp. 288–376). Berlín: J Cramer (BORNTRAEGER).
- Roubik, D. & Moreno, J. (1991). Pollen and spores of Barro Colorado Island. Monographs in Systematic Botany. *Missouri Botanical Garden*, 36, 1–270.
- Rueda, Ó. & Poveda, G. (2006). Variabilidad Espacial y Temporal Del Chorro Del “Choco ” y su Efecto en la Hidroclimatología de la Región del Pacifico Colombiano. *Meteorología Colombiana*, 10(501), 132–145.
- Ruiz, E. (2005). Climosecuencia altitudinal de los suelos del transecto Tatamá (cordillera Occidental). En T. V. der H. M., J. O. Rangel-Ch. & A. M. Cleef (Eds.), *La cordillera Occidental Colombiana, Transecto Tatamá. Estudio de Ecosistemas Tropicandinos-Ecoandes 6* (pp. 156–224). Berlín: J Cramer (BORNTRAEGER).
- Sirap Eje Cafetero, W. C. & Wildlife Conservation Society, T. N. C. (2013). *Clasificación de Ecosistemas Naturales Terrestres del Eje Cafetero, Análisis de Representatividad del Sistema Regional de Áreas Protegidas*. Recuperado de http://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/eje_cafetero_final_marcadores.pdf.
- Velásquez, C. & Hooghiemstra, H. (2013). Pollen -based 17-kyr forest dynamics and climate change from the Western cordillera of Colombia; no-analogue associations and temporarily lost biomes. *Palaeobotany and Palynology*, 194, 38–49. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2013.03.001>
- Velásquez, C. (1999). *Atlas Palinológico de la Flora Vascular Paramuna de Colombia: Angiospermae*. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia sede Medellín.
- Velásquez, C. (2005). *Paleoecología de Alta Resolución del Holoceno Tardío en el Páramo de Frontino Antioquia*. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia sede Medellín.
- Wanner, H., Beer, J., Butikofer, J., Crowley, T. J., Cubasch, U., Flückiger, J.,...Widmann, M. (2008). Mid- to Late Holocene climate change: an overview. *Quaternary Science Reviews*, 27, 1791–1828. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2008.06.013>
- Yan, H., Sun, L., Wang, H., Qiu, S. & Yang, C. (2011). A record of the Southern Oscillation Index for the past 2,000 years from precipitation proxies. *Nature Geosciences*, 4, 611–614.

Efecto de dosis subletales de azadirachtina en la capacidad de búsqueda del parasitoide *Encarsia formosa* Gahan*

Oswaldo Murillo-Ramírez¹, María Camila Ramírez-Montoya² & Alberto Soto-Giraldo³

Resumen

Objetivos. Evaluar el efecto de la azadirachtina sobre la capacidad de búsqueda del parasitoide *Encarsia formosa* por volátiles provenientes de plantas de frijol infestadas por *Trialeurodes vaporariorum*. **Alcance.** La azadirachtina no afecta la capacidad de búsqueda de *E. formosa*. **Metodología.** Fue evaluado el efecto de la azadirachtina en dosis subletal sobre la capacidad de búsqueda del parasitoide *E. formosa* por volátiles provenientes de plantas de frijol infestadas por *T. vaporariorum*. **Principales resultados.** Cuando *T. vaporariorum* fue asperjado con la dosis subletal de azadirachtina, el parasitoide *E. formosa* expuesto a residuos de azadirachtina continuó prefiriendo los olores de plantas de frijol infestadas con *T. vaporariorum* a los de plantas no infestadas. **Conclusiones:** La azadirachtina aplicada en la dosis subletal no afecta la capacidad de búsqueda de *E. formosa* sobre *T. vaporariorum*.

Palabras clave: volátiles de plantas, manejo integrado de plagas, *Trialeurodes vaporariorum*, señales químicas


Effect of sublethal doses of azadirachtina on the ability to search of the parasitoid *Encarsia formosa* Gahan

Abstract


Objectives. To evaluate the effect of azadirachtina on the ability to search for the parasitoid *Encarsia formosa* by volatiles from bean plants infested by *Trialeurodes vaporariorum*. **Scope.** Azadirachtina does not affect the ability to search for *E. formosa*. **Methodology.** The effect of azadirachtina in sublethal dose on the ability to search for the parasitoid *E. formosa* by volatiles from bean plants infested with *T. vaporariorum* was evaluated. **Main results.** When *T. vaporariorum* was sprayed with the sublethal dose of azadirachtina, the parasitoid *E. formosa* exposed to azadirachtina residues continued to prefer the odors of bean plants infested with *T. vaporariorum* to those of non-infested plants. **Conclusions:** Azadirachtina applied in the sublethal dose does not affect the ability to search for *E. formosa* on *T. vaporariorum*.

Key words: volatile plants, integrated pest management, *Trialeurodes vaporariorum*, chemicals signals

* FR: 12-IX-2019. FA: 21-XI-2019.

¹ Estudiante Ingeniería Agronómica. Universidad de Caldas, Colombia E-mail: oswaldo.501320837@ucaldas.edu.co  0000-0001-7446-9475

² Estudiante Ingeniería Agronómica. Universidad de Caldas, Colombia E-mail: maria.501412640@ucaldas.edu.co  0000-0003-0560-5744.

³I.A., M.Sc., Ph.D Entomología, Departamento de Producción Agropecuaria, Universidad de Caldas. E-mail: alberto.soto@ucaldas.edu.co  000-0002-9727-8919



CÓMO CITAR:

MURILLO-RAMIREZ, O., RAMIREZ-MONTOYA, M.C. & SOTO-GIRALDO, A., 2020.- Efecto de dosis subletales de azadirachtina en la capacidad de búsqueda del parasitoide *Encarsia formosa* Gahan. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 24 (1): 68-75. DOI: 10.17151/bccm.2020.24.1.4



Introducción

Cuando las plantas son atacadas por artrópodos liberan compuestos volátiles que cumplen importantes funciones ecológicas debido a las interacciones que se presentan entre dichas plantas con factores bióticos y abióticos, actuando como señales en la comunicación planta-planta, planta-ambiente y planta-animal (Mattiacci et al., 1995; Turlings et al., 1995; Röse et al., 1996; Calyecac et al., 2006; Holopainen & Gershenzon, 2010; Vivaldo et al., 2017).

Los compuestos volátiles de las plantas son sustancias químicas generalmente líquidas y lipofílicas, con una presión de vapor alta que les permite atravesar las membranas celulares libremente y salir hacia la atmósfera o el suelo en ausencia de una barrera de difusión (Pichersky et al., 2006), los cuales son emitidos por las partes vegetativas de las plantas cuando están expuestas a estímulos bióticos o abióticos (Scala et al., 2013; Dong et al., 2016; Cantúa et al., 2019). Estos compuestos volátiles son importantes para las plantas por que actúan como mecanismos de defensa para repeler insectos, atraer parasitoides y depredadores, los cuales actúan como mensajeros intra e interespecíficos (Takabayashi & Dicke, 1996; De Moraes et al., 1998; Du et al., 1998; Venzon et al., 1999; Arimura et al., 2000; Knudsen & Gershenzon, 2006; Marín & Céspedes, 2007; Khan et al., 2008; D'Alessandro et al., 2009; Dicke & Baldwin, 2010; Filella et al., 2011; Ángeles et al., 2012., Patiny, 2012; Ponzio et al., 2013; Schettino et al., 2017).

Michereff et al. (2011) determinó alta producción de compuestos volátiles (*E*, *E*)- α -farneseno, salicilato de metilo, (*Z*)-3-hexenil acetato y (*E*)-2-octen-1-ol, en estudios realizados sobre volátiles emitidos por el daño de herbívoros en plantas resistentes, comparado con plantas susceptibles de soja (*Glycine max* L.). Ángeles et al. (2012), detectaron un total de 36 compuestos orgánicos volátiles diferentes, 23 terpenoides, decanal, decano y salicilato de metilo producidos por plantas de tomate infestadas con mosca blanca de los invernaderos *T. vaporariorum*. Zabala (2010) menciona que frente al ataque de insectos las plantas responden produciendo compuestos volátiles como los monoterpenos o sesquiterpenos, que atraen a insectos carnívoros o parasitoides que se alimentan de las larvas que dañan las hojas. El ácido jasmónico regula la activación no solo de las defensas directas sino también las indirectas (volátiles), coordinando la defensa contra los insectos herbívoros. Tanto los insectos carnívoros como los parasitoides tienen receptores que pueden detectar los diferentes compuestos volátiles que emiten las plantas.

Los compuestos volátiles vegetales se podrían utilizar como una alternativa adicional para integrarla en los programas de manejo integrado de plagas, la cual ofrece un enfoque nuevo y ambientalmente racional para la protección de cultivos (James, 2005; Arab & Bento, 2006; Martínez, 2013; Peñaflor & Bento, 2013). También podrían explotarse como una alternativa importante para el manejo de plagas con el fin de

reducir la aplicación de insecticidas de síntesis utilizados para su control, disminuir la contaminación ambiental, aumentar la resistencia de las plantas a los insectos, particularmente la resistencia inducida, también puede ser manipulada con el uso de elicitors químicos de metabolitos secundarios, que confieren resistencia a los insectos (Sharma et al., 2012; Stenberg et al., 2015).

En este trabajo fue estudiado el efecto de dosis subletales del aceite de Neem en la respuesta olfativa del parasitoide *E. formosa* a olores de plantas de fríjol no atacadas y atacadas con *T. vaporariorum*

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el Centro de Investigación y Cría de Enemigos Naturales de la Universidad de Caldas, ubicado en el municipio de Manizales, Colombia (Coordenadas: 5° 05' N y 75° 40' W). Fue evaluado el efecto de la azadirachtina sobre la capacidad de búsqueda del parasitoide *E. formosa* por volátiles provenientes de plantas de fríjol infestadas por *T. vaporariorum*. El aceite de Neem (4,5 mg/L de azadirachtina) fue aplicado en dosis de 0,2 mg i.a/L, valor este definido previamente por el análisis de Probit y que corresponde a CL_{53} , o sea a cuando la tasa instantánea de crecimiento poblacional $r_i = 0,1$ para el parasitoide *E. formosa* (Gutiérrez, 2016).

El experimento correspondiente a la respuesta olfativa de hembras *E. formosa* a los volátiles de la planta hospedera infestada con *T. vaporariorum* asperjados con azadirachtina fue evaluado en olfatómetro tipo “Y” (diámetro interno de 0,5 cm y el largo de los brazos de 5 cm) (Pallini et al., 1997). El aparato está constituido por un tubo de vidrio en forma de “Y”, siendo que cada brazo está conectado por una manguera a dos cajas de plástico transparentes (50 x 36 x 43 cm). Dentro de estas cajas fueron colocadas las fuentes de olores, representadas por plantas de fríjol no atacadas por fitófagos o plantas de fríjol atacadas con *T. vaporariorum*. El flujo de aire fue producido por un ventilador conectado a la base del tubo de vidrio, formando una corriente de aire uniforme en los dos brazos del aparato. La velocidad de la corriente de aire al interior del olfatómetro fue de 0,45 m/s en cada brazo, medida por fluxómetros digitales y calibrada por registro manual. Las hembras fueron colocadas en la extremidad basal del olfatómetro, contra la corriente de aire formada en el interior del aparato. Fueron consideradas en el análisis aquellas hembras que respondieron y llegaron al punto de unión del tubo en donde realizaron escogencia por una de las fuentes, considerándose una respuesta positiva la llegada de la hembra hasta la extremidad de uno de los brazos del olfatómetro.

Los tratamientos correspondieron a la exposición de los parasitoides *E. formosa* a agua destilada (control) y a *T. vaporariorum* con residuos de azadirachtina (aceite de Neem 0,2 mg i.a/L). Como fuentes de olores fueron utilizadas plantas de fríjol con 10 hojas

no infestadas y plantas infestadas con cerca de 1000 formas inmaduras y adultos de *T. vaporariorum* por planta. Hembras *E. formosa* fueron liberadas individualmente en el olfatómetro y evaluadas una a una, en un total de 20 parasitoides por repetición, totalizando tres repeticiones por tratamiento. A cada cinco hembras evaluadas, las posiciones de las fuentes de olores fueron invertidas y, al final de cada repetición, las hojas de frijol fueron trocadas con el fin de evitar la pseudorepetición (Ramirez et al., 2000). Las diferencias entre los números de parasitoides que escogieron para cada una de las fuentes de olores fueron evaluadas utilizando la prueba estadística Replicated Goodness of Fit (Sokal & Rohlf, 1995) considerando una frecuencia esperada de 0,5 para cada fuente de olor (Pallini et al., 1997).

Resultados y Discusión

En los análisis de olfatómetro, el parasitoide *E. formosa* pulverizado con agua prefirió los olores de plantas de frijol infestadas con *T. vaporariorum* a olores de plantas no infestadas ($G_p = 33,25$; $g.l. = 1$; $p < 0,0001$) (figura 1). De estos parasitoides, el 81 % prefirieron plantas de frijol infestadas con *T. vaporariorum* a plantas no infestadas. Estos resultados muestran evidencia de que volátiles de la planta hospedera atacada por *T. vaporariorum* tienen un papel relevante en la localización de la presa por parte de *E. formosa*.

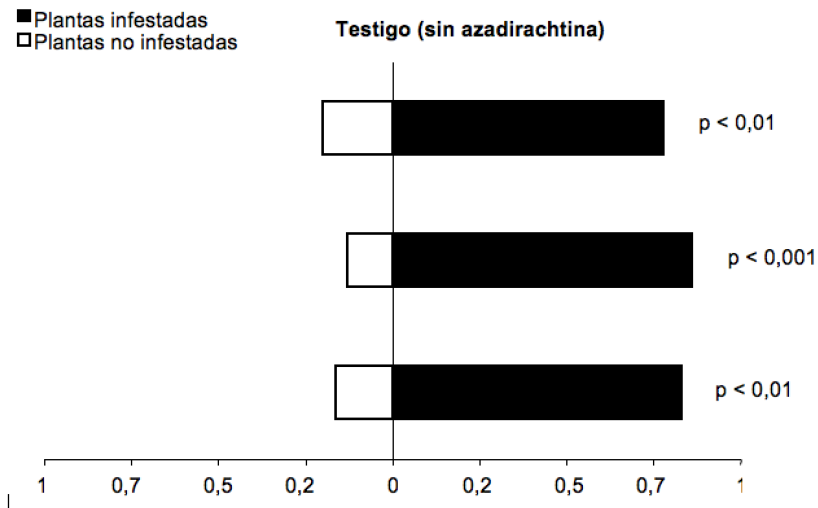


Figura 1. Respuesta del parasitoide *E. formosa* a los olores de plantas no infestadas y plantas de frijol infestadas por *T. vaporariorum* en olfatómetro tipo "Y". Cada barra corresponde a una repetición ($n = 20$ parasitoides). ($G_p = 33,25$; $g.l. = 1$; $p < 0,0001$)

Cuando *T. vaporariorum* fue asperjado con la dosis subletal de azadirachtina, el parasitoide *E. formosa* expuesto a residuos de azadirachtina continuó prefiriendo los olores de plantas de fríjol infestadas con *T. vaporariorum* a los de plantas no infestadas ($G_p = 45,23$; $g.l. = 1$; $p < 0,0001$) (figura 2). De estos parasitoides, 86 % prefirieron plantas de fríjol infestadas con *T. vaporariorum* asperjadas con azadirachtina, lo que indica que en la dosis subletal aplicada de azadirachtina el producto no afecta la capacidad de búsqueda de *E. formosa*.

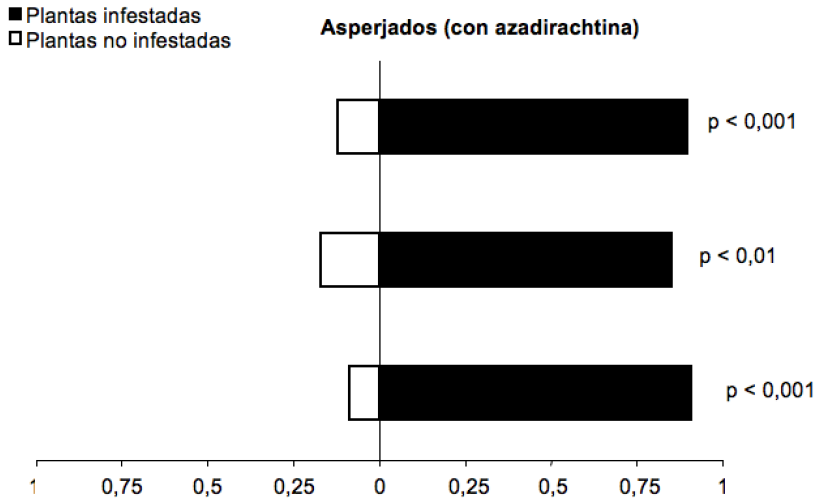


Figura 2. Respuesta del parasitoide *E. formosa* a los olores de plantas no infestadas y plantas de fríjol infestadas por *T. vaporariorum* con aplicación de azadirachtina en olfatómetro tipo "Y". Cada barra corresponde a una repetición ($n = 20$ parasitoides). ($G_p = 45,23$; $g.l. = 1$; $p < 0,0001$)

Los resultados muestran que *E. formosa* puede diferenciar entre olores de plantas de fríjol no atacadas y plantas de fríjol atacadas por *T. vaporariorum*. La azadirachtina en la concentración de 0,2 mg i.a/L (equivalente a la concentración cuando $ri = 0,1$ para el parasitoide) no interfirió en la respuesta olfativa de *E. formosa* alimentado de presas asperjadas, pudiendo discriminar entre plantas infestadas por *T. vaporariorum* y plantas no infestadas. La olfatometría es utilizada para estudiar la respuesta olfativa de parasitoides a olores de larga distancia, o sea, plantas no atacadas y plantas atacadas, así como colonias de insectos fitófagos dentro de la planta. Por tanto, *E. formosa* expuesta a concentraciones subletales de azadirachtina en el campo, al conseguir encontrar sus presas, no compromete el control biológico natural ejercido sobre *T. vaporariorum*. De esta manera *E. formosa* puede aumentar la eficiencia en la localización de presas, pudiendo reducir el tiempo necesario para localizarlas. Los resultados aquí encontrados evidencian que el Neem en la dosis aplicada se podría

utilizar en plantaciones de frijol cuando la mosca blanca *T. vaporariorum* alcance los niveles de daño económico, complementando el control con liberaciones del parasitoide *E. formosa*, sin que dicho producto afecte al enemigo natural.

Los volátiles de plantas dañadas por herbivoría se consideran que actúan como defensas indirectas de las plantas ya que sirven como señales confiables de que están presentes los hospederos y presas de los parasitoides y depredadores (Turlings & Wackers, 2004). Ton et al. (2007) en experimentos de laboratorio realizados con plantas de maíz, observaron el aumento en la concentración de compuestos orgánicos volátiles provocado por el daño de *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) a la planta, los cuales generaron una fuerte atracción del parasitoide *Cotesia marginiventris* (Hymenoptera: Braconidae). Ortiz et al., (2019) encontraron que los volátiles liberados por plantas de maíz sanas son atractivos para las hembras de *Cotesia insularis* (Hymenoptera: Braconidae) y los volátiles que liberan las plantas dañadas por *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) son aún más atractivos, por lo que deducen que los volátiles juegan un papel clave en las decisiones de localización del hospedante.

Shi et al. (2016) encontraron que el ácido salicílico induce resistencia en las plantas contra patógenos biotróficos e insectos que se alimentan del floema; las aplicaciones de ácido salicílico podrían usarse para repeler, reducir la fecundidad, longevidad y supervivencia de la mosca blanca *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) en los cultivos y que aplicaciones de ácido salicílico también aumentan la cantidad y la composición de volátiles liberados por las plantas, especialmente la cantidad de metil salicilato y δ -limoneno.

Con el entendimiento del papel que juegan los semioquímicos en la ecología y en los mecanismos de emisión de los compuestos orgánicos volátiles de las plantas inducidos por herbívoros, se abren caminos para desarrollar nuevas estrategias en programas de control biológico y etológico, con el objetivo de mejorar la eficacia de los enemigos naturales en la supresión de poblaciones de plagas en los cultivos (Peñaflor & Bento, 2013).

Conclusiones

En este trabajo se determinó que la azadirachtina aplicada en la dosis subletal no afecta la capacidad de búsqueda de *E. formosa* sobre *T. vaporariorum*.

Agradecimientos

A la Vicerrectoría de Investigaciones y Postgrados de la Universidad de Caldas por la financiación de la investigación.

Referencias

- Ángeles, L.Y.I., Martínez, G.N.A., Ramírez, R.R., López, M.G., Sánchez, H.C. & Délano, F.J.P. (2012). Cross-Kingdom effects of plant-plant signaling via volatile organic compounds emitted by tomato (*Solanum lycopersicum*) plants infested by the greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*). *J. Chem. Ecol.*, 38(11), 1376-1386.
- Arab, A. & Bento, J.M.S. (2006). Plant volatiles: new perspectives for research in Brazil. *Neotropical Entomol.*, 35(2), 151-158.
- Arimura, G., Ozawa, R., Shimoda, T., Nishiokai, T., Boland, W. & Takabayashi, J. (2000). Herbivory-induced volatiles elicit defense genes in lima bean leaves. *Nature*, 406, 512-515.
- Calyceac, C.H.G., Cibrián, T.J., López, C.J. & García, V.R. (2006). Emisores de los volátiles de atracción de *Trichobaris championi* Barber. *Agrociencia*. 40(5), 655-663.
- Cantúa, J.A., Flores, A. & Valenzuela, J.H. (2019). Compuestos orgánicos volátiles de plantas inducidos por insectos: situación actual en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10 (3), 729-742.
- D'Alessandro, M., Brunner, V., Von Mérey, G. & Turlings, T.C. (2009). Strong attraction of the parasitoid *Cotesia marginiventris* towards minor volatile compounds of maize. *Journal of Chemical Ecology*, 35, 999-1008.
- De Moraes, C.M., Lewis, W.J., Pare, P.W., Alborn, H.T. & Tumlinson, J.H. (1998). Herbivore-infested plants selectively attract parasitoids. *Nature*, 393, 570-573.
- Dicke, M. & Baldwin, I.T. (2010). The evolutionary context for herbivore-induced plant volatiles: beyond the 'cry for help'. *Trends Plant Sci.*, 15(3), 167-175.
- Dong, F., Fu, X., Watanabe, N., Su, X. & Yang, Z. (2016). Recent advances in the emission and functions of plant vegetative volatiles. *Molecules*, 21(2), 1-10.
- Du, Y., Poppy, G.M., Powell, W., Pickett, J.A., Wadhams, L.J. & Woodcock, C.M. (1998). Identification of semiochemicals released during aphid feeding that attract parasitoid *Aphidius ervi*. *Journal of Chemical Ecology*, 24, 1355-1368.
- Filella, I., Bosch, J., Llusà, J., Peñuelas, A. & Peñuelas, J. (2011). Chemical cues involved in the attraction of the oligolectic bee *Hoplitis adunca* to its host plant *Echium vulgare*. *Biochemical Systematics and Ecology*, 39(4-6), 498-508.
- Gutiérrez, J.C. (2016). Efecto insecticida de extractos vegetales sobre *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae) y sobre el parasitoido *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) (tesis de pregrado). Universidad de Caldas, Manizales, Colombia.
- Holopainen, J.K. & Gershenson, J. (2010). Multiple stress factors and the emission of plant VOCs. *Trends in Plant Science*, 15(3), 176-184.
- James, D.G. (2005). Further evaluation of synthetic herbivore-induced plant volatiles as attractants for beneficial insects. *Journal of Chemical Ecology* 31, 481-495.
- Khan, Z.R., James, D.G., Midega, C.A.O. & Pickett, J.A. (2008). Chemical ecology and sustainable biological control. *Biological Control*, 45, 210-224.
- Knudsen, J.T. & Gershenson, J. (2006). The chemical diversity of floral scent. In N. Dudareva. & E. Pichersky. (Eds.), *Biology of Floral Scent* (pp. 27-45). Boca Raton: Taylor & Francis Group.
- Marín, L.J.C. & Céspedes, C.L. (2007). Compuestos volátiles de plantas. Origen, emisión, efectos, análisis y aplicaciones al agro. *Rev. Fitotec. Mex.*, 30(4), 327-351.
- Martínez, A. (2013). Introducción a la ecología química y su uso en el manejo de insectos plaga en sistemas forestales. En J. Villalide y J. Corley. (Eds), *Manejo integrado de plagas forestales* (pp. 1-14). Buenos Aires, Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Mattiacci, L., Dicke, M. & Posthumus, M.A. (1995). β -glucosidase: an elicitor of herbivore-induced plant odor that attracts host-searching parasitic wasps. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 92, 2036-2040.
- Michereff, M. F. F., Laumann, R. A., Borges, M., Michereff, F. M., Diniz, I. R., Neto, A.L.F. & Moraes, M. C. B. (2011). Volátiles mediating a plant-herbivore-natural enemy interaction in resistant and susceptible soybean cultivars. *J. Chem. Ecol.*, 37(3), 273-285.
- Ortiz, F.R., Hernández, J.C. & Malo, E.A. (2019). Respuesta olfativa de *Chelonus insularis* Cresson, 1865 (Hymenoptera: Braconidae) a compuestos volátiles emitidos por plantas de maíz. *Entomología mexicana*, 6, 346-351.
- Pallini, A., Janssen, A. & Sabelis, M. W. (1997). Odour-mediated responses phytophagous mites to conspecific and heterospecific competitors. *Oecologia*, 110, 179-185.
- Patiny, S. (2012). *Evolution of plant-pollinator relationships*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Peñaflor, M.F.G.V. & Bento, J.M.S. (2013). Herbivore-induced plant volatiles to enhance biological control in agriculture. *Neotropical Entomol.*, 42(4), 331-343.
- Pichersky, E., Noel, J.P. & Dudareva, N. (2006). Biosynthesis of plant volatiles: nature's diversity and ingenuity. *Science*, 311(5762), 808-811.
- Ponzo, C., Gols, R., Pieterse, C.M.J. & Dicke, M. (2013). Ecological and phytohormonal aspects of plant volatile emission in response to single and dual infestations with herbivores and phytopathogens. *Functional Ecol.* 27(3), 587-598.
- Ramírez, C.C., Fuentes, E., Rodríguez, L.C. & Niemeyer, H.M. (2000). Pseudoreplication and its frequency in olfactometric laboratory studies. *Journal of Chemical Ecology*, 26: 1423-1431.
- Röse, U.S.R., Manukian, A., Heath, R.R. & Tumlinson, J.H. (1996). Volatile semiochemicals released from undamaged cotton leaves. *Plant Physiology*, 111, 487-495.
- Scala, A., Allmann, S., Mirabella, R., Haring, M.A. & Schuurink, R.C. (2013). Green Leaf Volatiles: A Plant's Multifunctional Weapon against Herbivores and Pathogens. *Inter. J. Mol. Sci.*, 14(9), 17781-17811.
- Schettino, M., Grasso, D.A., Weldegergis, B.T., Castracani, C., Mori, A., Dicke, M., Van Lenteren, J.C. & Van Loon, J.J.A. (2017). Response of a predatory ant to volatiles emitted by aphid and caterpillar-infested cucumber and potato plants. *J. Chem. Ecol.*, 43(10), 1007-1022.
- Sharma, H.C., Ward, A.R., Paulraj, M.G., Ahmad, T., Buhro, A.H., Hussain, B. & Ignacimuthu, S. (2012). Mechanisms of plant defense against insect herbivores. *Plant Signaling and Behavior*, 7(10), 1306-1320.

- Shi, X., Chen, G., Tian, L., Peng, Z., Xie, W., Wu, Q., Wang, S., Zhou, X. & Zhang, Y. (2016). The salicylic Acid-mediated release of plant volatiles affects the host choice of *Bemisia tabaci*. *Inter. J. Mol. Sci.*, 17 (7), 1-11.
- Sokal, R. R. & Rohlf, F. J. (1995). *Biometry: The principles and practice of statistics in biological research*. New York: W.H. Freeman.
- Stenberg, J.A., Heil, M., Ahman, I. & Björkman, C. (2015). Optimizing Crops for Biocontrol of Pests and Disease. *Trends Plant Sci.*, 20(11), 698-712.
- Takabayashi, J. & Dicke, M. (1996). Plant-carnivore mutualism through herbivore-induced carnivore attractants. *Plant Science.*, 1, 109-113.
- Ton, J., D'Alessandro, M., Jourdie, V., Jakab, G., Karlen, D., Held, M., Mauch-Mani, B. & Turlings, T.C. (2007). Priming by airborne signals boosts direct and indirect resistance in maize. *Plant Journal*, 49, 16-26.
- Turlings, T.C.J. & Wäckers, F.L. (2004). Recruitment of predators and parasitoids by herbivore-damaged plants. In R. T. Cardé & J. G. Miller (Eds), *Advances in Insect Chemical Ecology* (pp. 21-75). New York: Cambridge University Press
- Turlings, T.C.J., Loughrin, J.H., McCall, P.J., Rose, U.S.R., Lewis, W.J. & Tumlinson, J.H. (1995). How caterpillars-damaged plants protect themselves by attracting parasitic wasps. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 92, 4169-4174.
- Venzon, M., Janssen, A. & Sabelis, M.W. (1999). Attraction of a generalist predator towards herbivore-infested plants. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 93, 305-314.
- Vivaldo, G., Masi, E., Taiti, C., Caldarelli, G. & Mancuso, S. (2017). The network of plants volatile organic compounds. *Scientific Reports*, 7(1), 1-18.
- Zabala, J.A. (2010). Respuestas inmunológicas de las plantas frente al ataque de insectos. *Universidad Católica de Argentina*, 20 (117), 53-59

Methodology for the quantification of tibial dyschondroplasia in *Gallus gallus domesticus* (Aves: Phasianidae)*

Adriana Quiroz-Bucheli¹, Diego Samir Melo-Solarte², William Narváez-Solarte³

Abstract

Objective: To compare the efficacy of the score technique of the tibial dyschondroplasia lesions with a quantification technique in broiler chickens, in search of a better objectivity and reliability of the diagnosis. **Materials and methods:** 384 male one-day-old chickens were raised until day 36. A total of 192 chickens were sampled, 96 at day 21 and 96 at day 36; the tibial dyschondroplasia disorder was evaluated by comparing two techniques: 1. Qualitative evaluation of the score of tibial dyschondroplasia and, 2. Quantitative measurement of the percentage of area with tibial dyschondroplasia as an alternative test. **Results:** the Score test of TD lesions had a sensitivity of 83% and 100% with a specificity of 55% and 54% for day 21 and day 36 respectively, and a positive predictive value of 60% for day 21 and of 66% for day 36, while the negative predictive value was 80% and 100% for days 21 and 36. **Conclusions:** The evaluated alternative test proved to be an effective and efficient method of quantification of tibial dyschondroplasia in broiler chickens, offering more objectivity than the traditional macroscopic test.

Key words: bird, cartilage, bone development diseases, tibia.


Metodología para la cuantificación de discondroplasia tibial en *Gallus gallus domesticus* (Aves: Phasianidae)


Resumen


Objetivo: Comparar la eficacia de la técnica de score de las lesiones de discondroplasia tibial con una técnica de cuantificación en pollos de engorde, en búsqueda de una mejor objetividad y confiabilidad del diagnóstico. **Materiales y métodos:** Se criaron 384 pollos machos, de un día de edad, los cuales fueron criados hasta el día 36. Fue muestreado un total de 192 pollos, 96 al día 21 y 96 al día 36 de edad de las aves, a las cuales se les evaluó el estado de discondroplasia tibial comparando dos técnicas: 1. Evaluación Cualitativa del Score de discondroplasia tibial y, 2. Medición Cuantitativa del porcentaje de área con discondroplasia tibial como prueba alterna. **Resultados:** Se obtuvo que la prueba del Score de las lesiones de DT tuvo una sensibilidad del 83% y del 100% con una especificidad del 55% y 54% para el día 21 y 36 de edad respectivamente; y un valor predictivo positivo para el día 21 del 60% y para el día 36 del 66%, mientras que el valor predictivo negativo fue del 80% y del 100% para los días 21 y 36 de edad. **Conclusiones:** La prueba alterna evaluada, demostró ser un método eficaz y eficiente de cuantificación de discondroplasia tibial en pollos de engorde, ofreciendo mayor objetividad que la prueba macroscópica tradicional.

Palabras clave: ave, cartilago, Enfermedades del Desarrollo Óseo, tibia.

* FR: 21-X-2019. FA: 6-XII-2019.

¹ Maestría en Ciencias Veterinarias, Área: Nutrición y Patología Animal, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia. E-mail: buquiadri@hotmail.com  0000-0002-9540-0108

² Universidad de Manizales, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Grupo de Investigación y Desarrollo en Informática y Telecomunicaciones, Manizales, Colombia. E-mail: mdiego@umanizales.edu.co  0000-0003-0941-6697

³ Universidad de Caldas, Departamento de Salud Animal, Grupo de Investigación en Nutrición, Metabolismo y Seguridad Alimentaria. Manizales, Colombia. E-mail: wnarvaez@ucaldas.edu.co  0000-003-4698-3818



CÓMO CITAR:

QUIROZ-BUCHELL, A; MELO-SOLARTE, D. & NARVÁEZ-SOLARTE W. (2020). Methodology for the quantification of tibial dyschondroplasia in *Gallus domesticus*. *Bol. Cient. MusHist. Nat. U. de Caldas*, 24 (1): 76-85. DOI: 10.17151/bccm.2020.24.1.5



INTRODUCTION

Tibial dyschondroplasia (TD) is a disorder of endochondral ossification in fast growing birds. This osteopathy affects the growth of the cartilage of the proximal tibiotarsus, the proximal metatarsal, and the femoral head affecting the longitudinal growth of the bones because of the interruption in the normal maturation of cartilage chondrocytes. It is produced by the inability of the pre hypertrophic chondrocytes to undergo terminal differentiation, forming an opaque plaque characterized by the presence of transitional cartilage, which is not reabsorbed and persists as a non-vascularized, demineralized soft tissue of irregular shape and size which extends from the growth plate to the metaphysis (Farquharson & Jefferies, 2000; Julian, 1998; Julian, 2005; Rath *et al.*, 1998; Saif *et al.*, 2008; Tselepis *et al.*, 2000; Whitehead, 1995; Whitehead, 2009).

Various techniques are used to evaluate TD in broiler chickens including X-rays during ante-mortem examination, histological examination, immunohistochemical tests, microdensitometric analyzes, and macroscopic analysis of the lesion during the postmortem examination (Almeida Paz *et al.*, 2005).

Diagnostic imaging of TD by means of a portable X-ray fluoroscope (lixiscope) is a non-invasive method performed on live animals resulting in an image of the bone in real time. The device uses low-intensity gamma rays and amplifies the image of the affected bone between 45,000 and 50,000 times. With this technique, used in field selection procedures, samples are scored differently and the disease is detected after 21 days of age. The Lixiscope often underestimates the severity of the lesion in cases of severe TD and does not detect small lesions of the disease (Almeida Paz *et al.*, 2005; Takita *et al.*, 1998; Thorp *et al.*, 1993; Thorp *et al.*, 1997).

The diagnosis of TD by histological examination is a reliable method to differentiate this disease from others such as rickets, hypocalcemia and other growth plate abnormalities (Thorp, 1994; Whitehead, 1995, 2009). This test evaluates the morphology and distribution of chondrocytes in the epiphyseal growth plate of the tibiotarsal joints, evidencing the degenerative alterations characteristic of tibial dyschondroplasia such as lack of calcification in chondrocytes, accumulation of avascular cartilage, absence of urate crystals and the presence of necrotic chondrocytes (Imik *et al.*, 2012; Kapakin *et al.*, 2019; Thorp *et al.*, 1991). The measurement of proliferation or absence of cells is performed with the evaluation of the translucent area in which the rest, proliferative, hypertrophic or degenerative and calcification histological areas are, and which are essential to determine tibial dyschondroplasia in broiler chickens (Imik *et al.*, 2012; Thorp, 1994). It is critical to consider that the diagnosis of TD through histological examination only, should be made by a specialist in histopathology after having processed the samples in a procedure that lasts approximately one week.

Immunohistochemical and microdensitometric analyses have also been applied in the TD study mainly to locate and quantify the expression of genes in birds with this disease. Through molecular tests, 1,630 Differentially Expressed Genes have been identified in animals with tibial dyschondroplasia (Tian *et al.*, 2013; Zhang *et al.*, 2019) and deficiency of the expression of the following factors, during this disorder, have been identified: transforming growth factor α and β (TGF- α , TGF- β); type X collagen; c-Myc protein, insulin-like growth factor-I (IGF-I); basic fibroblast growth factor; vascular endothelial growth factor (VEGF); proteoglycans and precursors of prostaglandins and glycosaminoglycans, as well as the decrease in the concentration of the core cartilage-specific proteoglycan or aggrecan (Farquharson *et al.*, 1992; Mehmood *et al.*, 2018; Saif *et al.*, 2008; Thorp *et al.*, 1993; Tselepis *et al.*, 2000; Zhang *et al.*, 2013; Zhang *et al.*, 2018). Although the diagnosis with the use of molecular techniques for the identification and analysis of biological markers in pathological processes is efficient, when the classical methods are not effective, its use frequently raises the price of the diagnosis costs and specialized personnel is required for its execution and interpretation.

The macroscopic analysis is based on the observation and score of TD lesions present in the proximal tibial epiphysis where unilateral or bilateral thickening of the epiphyseal plate and the formation of an abnormal opaque mass of cartilage are observed (Almeida Paz *et al.*, 2005; Imik *et al.*, 2012; Kapakin *et al.*, 2019; Thorp *et al.*, 1991). Edwards & Veltmann (1983) on a scale, where the degree of TD is judged with a score between zero and three; zero means a normal cartilage and three means a large mass of hypertrophied cartilage, has been traditionally used. Based on the degree of thickening of the physis (Rath *et al.*, 2004, 2007; Thorp *et al.*, 1991, 1993, 1997) some modifications have been made to this scale used to calculate index and the incidence of TD. Despite its frequent use in the diagnosis of TD, macroscopic analysis is a highly subjective technique with variable results and low reliability because it is subject to the interpretation and expertise of the evaluator.

As objectivity is an essential element in diagnostic tests, even better if it is accompanied by low costs, quickness and easy execution, this research proposes a macroscopic analysis with a Quantitative Area Measurement Test including its respective scale for the diagnosis of TD in commercial lines of *Gallus domesticus*.

MATERIALS AND METHODS

All procedures performed in this experiment were endorsed by the Ethics Committee for Animal Experimentation at Universidad de Caldas, through Act No. 1 of 2014.

The animals were not subjected to processes that caused unnecessary pain or stress. The animals were immobilized considering the technical norms of handling and subjection of the animals, framed in Law 84 of October 27, 1989 (Colombian Statute of Protection of the Animals) (Mrad A., 2006).

The experiment was carried out in the Laboratory of Nutrition and Poultry Health of the Faculty of Agricultural Sciences at Universidad de Caldas, Manizales, Colombia, with the endorsement of the University Ethics Committee for Experimentation with Animals to carry out all the procedures.

A total of 384 one-day-old Ross x Ross male broilers with an average initial weight of 43.9 ± 1.2 g were reared distributed in forty-eight 0.36 m² vertical cages, equipped with a nipple type fountain and a trough. The animals received balanced feed of corn and soybean cake according to recommendations of NRC (1994) and Rostagno *et al.*, (2011), plus a marginal dose of vitamin D (34.5 µg of 25-hydroxycholecalciferol/kg of food) to induce tibial dyschondroplasia. The lighting program with an intensity of 20 lumens/m² was 24-hour light day, the internal humidity of the sheds remained at $57.5 \pm 2.5\%$, and ventilation and temperature were regulated by an automatic control system according to the age of the birds.

Two random samples of 96 fowls each were taken (Figures 1, 2, 3, and 4). The first sample was taken at day 21 and the second at day 36 of chicken age for the clinical diagnosis of TD and to compare the two forms of measurement: Qualitative Score test (QST) and Quantitative Area Measurement (QAM) test. The birds were dazed by CO₂ exposure and slaughtered. The right tibia was taken from each bird and a diagonal cut was made on the medial face of the head to expose the growth of the cartilage and to diagnose tibial dyschondroplasia by means of the TD qualitative scale with the participation of seven expert evaluators using the Edwards & Veltmann scale (1983). Then a photograph of the same samples was taken with a digital camera (Samsung DV150F, 16.2 MP and 5x optical zoom), mounted on a tripod at 20 cm. Subsequently, the areas were measured using the ArcGIS® program (version 9.3). The photograph of each sample was inserted in the ArcMap program, regardless of the measurement scale, and a total area between the epiphyseal articular cartilage area and the translucent area was delimited (Figures 1, 2, 3, and 4) corresponding to the 100% and, from this, the translucent area representing the tibial dyschondroplasia lesion was measured and its percentage score was given based on the tibial dyschondroplasia quantification scale, according to the QAM test (Table 1). Area measurement can also be done with software such as CorelDRAW, Publisher, AutoCAD and Solidworks.

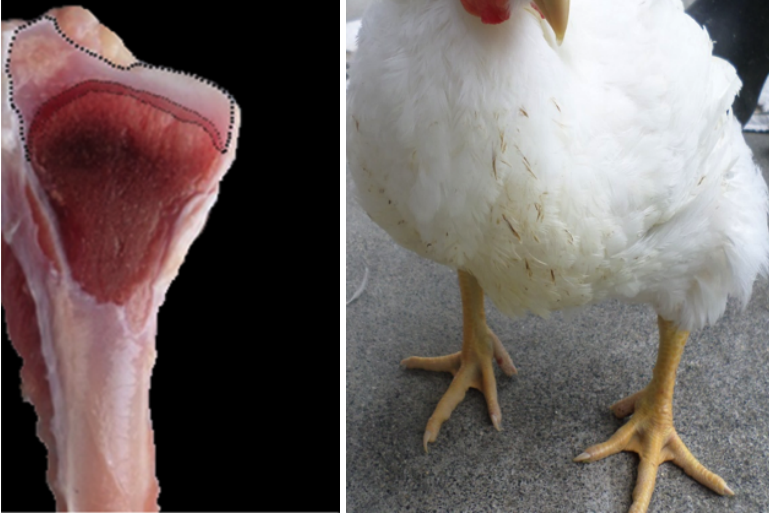


Figure 1. 36 day old broilers and their diagonal cut on the medial face of the head of the right tibia. Normal degree: Inferior to 27% of translucent area space



Figure 2. 36 day old broilers and their diagonal cut on the medial face of the head of the right tibia. Low degree: Between 27 and 37% of translucent area space

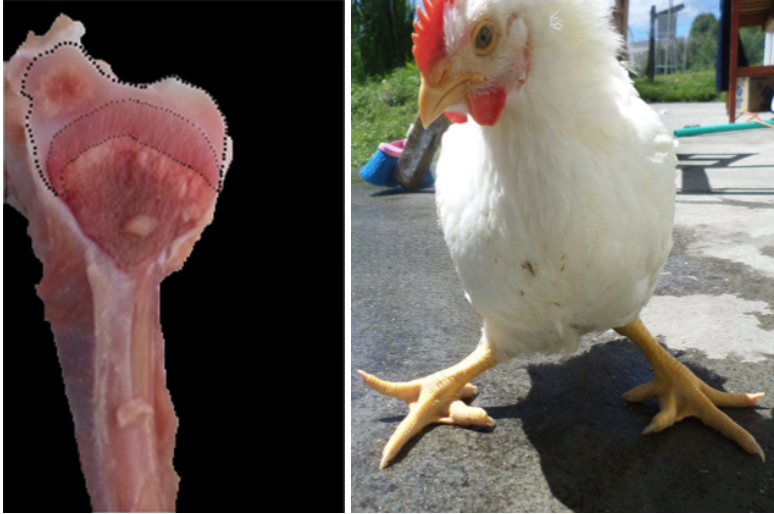


Figure 3. 36 day old broilers and their diagonal cut on the medial face of the head of the right tibia. Medium degree: Between 38 and 47 % of translucent area space

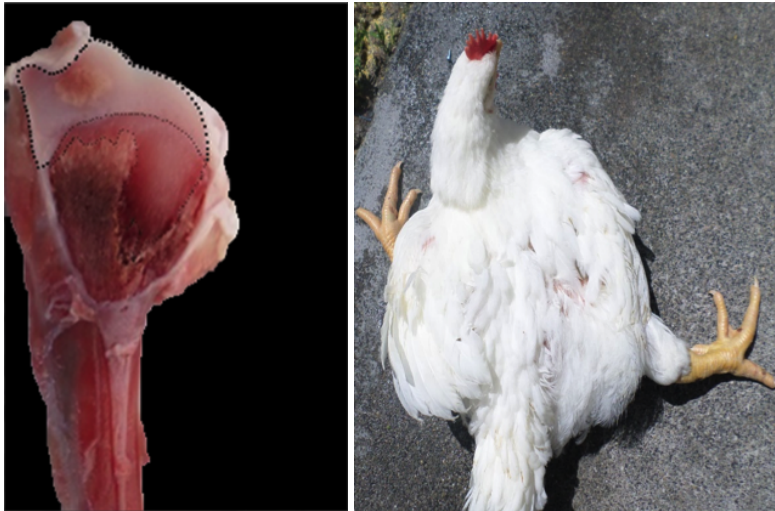


Figure 4. 36 day old broilers and their diagonal cut on the medial face of the head of the right tibia. High degree: Superior to 47% of translucent area space.

Table 1. Tibial dyschondroplasia quantification Scale according to the Area Measurement System in broiler chicken.

Methodology	Degree of Tibial Dyschondroplasia			
	Normal < 27%	Low 27 – 37 %	Medium 38 – 47 %	High > 47 %
The present study				

Given that the test is purely qualitative, sensitivity, specificity, positive predictive value, and negative predictive value were calculated (Table 2) taking the QAM test as the reference test. In addition to that, the Spearman correlation test was applied to determine possible correlations between the two tests used in the experiment.

To compare the results, only the diagnoses evaluated with score zero and one with the QST, which corresponded to those less than 27% or negative, and those between 27 and 37% considered as positive by the QAM test, were selected respectively. To reduce the error of subjectivity in the QST, and after the reading by seven experts of the same sample, the evaluation with the highest statistical mode was taken as reference.

RESULTS AND DISCUSSION

Tables 2 and 3 present the contingency tables of the diagnostic values of TD in broiler chickens of 21 and 36 days of age respectively, contrasting the QST versus the QAM test. In the 21-day-old chickens the QST had a sensitivity of 83%, while at 36 days of age the sensitivity was 100% meaning that, in older broilers, the macroscopic identification of TD becomes easier, possibly due to the increase in the size of the bone.

Table 2. Comparative table for diagnosis of tibial dyschondroplasia in broiler chickens at 21 days of age using Qualitative Score test and Quantitative Area Measurement test as a percentage

	Quantitative Area Measurement Test in %		
	Positive	Negative	Total
Qualitative Test (Score)	Positive	40	58
	Negative	8	30
	Total	48	88

Table 3. Comparative table for diagnosis of tibial dyschondroplasia in broilers at 36 days of age using the Qualitative Score test and the Quantitative Area Measurement test in percentage.

		Quantitative Area Measurement Test in %		
		Positive	Negative	Total
Qualitative Test (Score)	Positive	12	22	34
	Negative	0	26	26
	Total	12	48	60

The QST had a specificity of 55% in chickens of 21 days of age, while at 36 days it was 54%. When determining the positive predictive value (PPV) of this test in 21-day-old chickens in the region studied, out of every 100 positive results, 60 chickens were positive and the remaining 40 were false positives. Meanwhile, when calculating the negative predictive value (NPV) with the QST, in 21-day-old chickens 80% of the negative cases did not actually have TD while the remaining 20% were false negatives. At day 36, 100% of the cases diagnosed as negative were indeed negative.

The results of the Spearman correlation test show that in 21-day-old chickens there is a significant positive correlation between the PCS and the MCA test with a rho of 0.40 ($p < 0.01$) and in 36-day-old chickens with a correlation of 0.43 ($p < 0.01$). This shows a low correlation for these techniques.

When comparing the two macroscopic diagnostic tests of TD in broiler chickens with or without the disease in degrees zero and one, the subjectivity of the QST test is already reflected. When it comes to classifying the evolution of the disease in degrees from zero to three, the discrepancy in the diagnostic results between the evaluators may be different since it depends only on the expert's judgment and criterion without a continuous quantitative reference of measure.

CONCLUSIONS

The Qualitative Score test for TD detection in 21-day old broiler chickens with diagnostic degrees between zero and one proved to be ineffective; there was a sensitivity of 83% and specificity of 55% when compared with the Area Quantitative Measurement test. Meanwhile, in 36-day-old broilers the same test showed a sensitivity of 100% and a specificity of 54%, verifying that the Quantitative Area Measurement test for tibial dyschondroplasia is an alternative quantification system for tibial dyschondroplasia in broiler chickens, which provides greater accuracy and objectivity

against the conventional macroscopic diagnostic test. Similarly, the proposed method will allow research about new approaches of an etiology, pathogenesis and treatment of this disease.

REFERENCES

- Almeida Paz, I.C.L., Mendes, A.A., Takita, T.S., Vulcano, L.C., Guerra, P.C., Wechsler, F.S., Garcia, R.G., Takahashi, S.E., Moreira, J., Pelícia, K., Komiya, C.M. & Quintero, R.R. (2005). Comparison of techniques for tibial dyschondroplasia assessment in broiler chickens. *Brazilian Journal of Poultry*, 7(1): 27–31. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-635X2005000100005>
- Edwards, H.M. & Veltmann, J.R. (1983). The role of calcium and phosphorus in the etiology of tibial dyschondroplasia in young chicks. *Journal of Nutrition*, 113(8): 1568–1575. doi: <https://doi.org/10.1093/jn/113.8.1568>
- Farquharson, C., Loveridge, N., Whitehead, C., Rennie, S., Jakowlew, S. & Thorp, B. (1992). P9. Control of chondrocyte maturation: role of glycosaminoglycans, c-myc and TGFβ in the development of avian tibial dyschondroplasia. *Bone*, 13(3): 277. doi: [https://doi.org/10.1016/8756-3282\(92\)90228-O](https://doi.org/10.1016/8756-3282(92)90228-O)
- Farquharson, C. & Jefferies, D. (2000). Chondrocytes and Longitudinal Bone Growth: The Development of Tibial Dyschondroplasia. *Poultry Science*, 79(7): 994–1004. doi: <https://doi.org/10.1093/ps/79.7.994>
- Imik, H., Kapakin, K., Gümüş, R., Kapakin, S. & Kurt, A. (2012). The effect of tibial dyschondroplasia on metabolic parameters in broiler chickens. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 59(1): 271–277. doi: 10.1501/Vetfak_0000002538
- Julian, R.J. (1998). Rapid growth problems: ascites and skeletal deformities in broilers. *Poultry Science*, 77(12): 1773–1780. doi: <https://doi.org/10.1093/ps/77.12.1773>
- Julian, R.J. (2005). Production and growth related disorders and other metabolic diseases of poultry—a review. *The Veterinary Journal*, 169(3): 350–369. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2004.04.015>
- Kapakin, K., Kapakin, S., Imik, H., Gumus, R. & Eser, G. (2019). The Investigation of the Relationship Between HSP27 Release and Oxidative DNA Damage in Broiler Chickens with Tibial Dyschondroplasia by Using Histopathological and Immunohistochemical Methods. *Brazilian Journal of Poultry*, 21(3): 1–6. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9061-2019-1091>
- Mehmood, K., Zhang, H., Li, K., Wang, L., Rehman, M., Nabi, F., ... & Li, J. (2018). Effect of tetramethylpyrazine on tibial dyschondroplasia incidence, tibial angiogenesis, performance and characteristics via HIF-1a/VEGF signaling pathway in chickens. *Scientific Reports*, 8(1):2495. doi: 10.1038/s41598-018-20562-3.
- Mrad, A. (2006). Ética en la investigación con modelos animales experimentales. Alternativas y las 3 RS de Russel. Una responsabilidad y un compromiso ético que nos compete a todos. *Revista Colombiana de Bioética*, 1(1): 163-183.
- NRC - National Research Council, (1994). *Nutrient Requirements of Poultry*. (9th rev. ed.). Washington, DC: National Academy Press.
- Rath, N.C., Huff, W.E., Bayyari, G.R. & Balog, J.M. (1998). Cell death in avian tibial dyschondroplasia. *Avian Diseases*, 42(1): 72–79.
- Rath, N.C., Huff, W.E., Balog, J.M. & Huff, G.R. (2004). Comparative efficacy of different dithiocarbamates to induce tibial dyschondroplasia in poultry. *Poultry Science*, 83(2): 266–274. doi: <https://doi.org/10.1093/ps/83.2.266>
- Rath, N.C., Kannan, L., Pillai, P.B., Huff, W.E., Huff, G.R., Horst, R.L. & Emmert, J.L., (2007). Evaluation of the efficacy of vitamin D3 or its metabolites on thiram-induced tibial dyschondroplasia in chickens. *Research in Veterinary Science*, 83(2): 244–250. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2006.12.008>
- Rostagno, H.S., Albino, L.F.T., Donzale, J.L., Gomes, P.C., Oliveira, R.F, Lopes, D.C., ... & Euclides, R.F. (2011). *Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais*. (3ra ed.). Viçosa, Brasil: MG, Universidade Federal de Viçosa.
- Saif, Y.M., Fadly, A.M., Glisson, J.R., McDougald, L.R., Nolan, L.K. & Swayne, D.E. (2008). *Diseases of poultry*. (12th ed.). Ames, Iowa: Blackwell Publishing.
- Takita, T.S., Gonzales, E., Loddí, M.M. & Ramos, A.A. (1998). Métodos de avaliação de discondroplasia tibial em frangos de corte. In: Conferência Apinco de Ciência e Tecnologia Avícola, Anais. Campinas: Facta.
- Thorp, B.H., Whitehead, C.C. & Rennie, J.S. (1991). Avian tibial dyschondroplasia: a comparison of the incidence and severity as assessed by gross examination and histopathology. *Research in Veterinary Science*, 51(1): 48–54. doi: [https://doi.org/10.1016/0034-5288\(91\)90030-R](https://doi.org/10.1016/0034-5288(91)90030-R)
- Thorp, B.H., Ducro, B., Whitehead, C.C., Farquharson, C. & Sorensen, P. (1993). Avian tibial dyschondroplasia: the interaction of genetic selection and dietary 1,25-dihydroxycholecalciferol. *Avian Pathology*, 22(2): 311–324. doi: <https://doi.org/10.1080/03079459308418923>
- Thorp, B.H. (1994). Skeletal disorders in the fowl: a review. *Avian Pathology*, 23(2): 203–236. doi: <https://doi.org/10.1080/03079459408418991>
- Thorp, B.H., Dick, L., Jefferies, D., Houston, B. & Wilson, J. (1997). An assessment of the efficacy of the lixoscope for the detection of tibial dyschondroplasia. *Avian Pathology*, 26(1): 97–104. doi: <https://doi.org/10.1080/03079459708419197>
- Tian, W.X., Li, J.K., Qin, P., Wang, R., Ning, G.B., Qiao, J.G., ... & Guo, D.Z. (2013). Screening of differentially expressed genes in the growth plate of broiler chickens with Tibial Dyschondroplasia by microarray analysis. *Bio Med Central Genomics*, 14(1): 276. doi: <https://dx.doi.org/10.1186%2F1471-2164-14-276>
- Tselepis, C., Kwan, A.P.L., Thornton, D. & Sheehan, J. (2000). The biochemical characterization of aggrecan from normal and tibial-dyschondroplastic chicken growth-plate cartilage. *Biochemical Journal*, 351(2): 517–525.
- Whitehead, C.C. (1995). The role of vitamin D metabolites in the prevention of tibial dyschondroplasia. *Animal Feed Science and Technology*, 53(2): 205–210. doi: [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(95\)02013-P](https://doi.org/10.1016/0377-8401(95)02013-P)

- Whitehead, C.C. (2009). Factores nutricionales que influyen en los problemas óseos actuales de los broilers. Memorias XLVI Simposio científico de avicultura. Zaragoza.
- Zhang, J.P., Deng, Y.F., Zhou, Z.L. & Hou, J.F. (2013). Expression and identification of recombinant chicken vascular endothelial growth factor in *Pichia pastoris* and its role in the pathogenesis of tibial dyschondroplasia. *Poultry Science*, 92(12): 3214–3227. doi: 10.3382/ps.2013-03420.
- Zhang, H., Mehmood, K., Li, K., Rehman, M., Jiang, X., Huang, S., Wang, L., Zhang, L., ... & Li, J. (2018). Icariin ameliorate thiram-induced tibial dyschondroplasia via regulation of WNT4 and VEGF Expression in broiler chickens. *Frontiers in Pharmacology*, 9(1):123. doi: 10.3389/fphar.2018.00123
- Zhang, J., Huang, S., Tong, X., Zhang, L., Jiang, X., Zhang, H., Mehmood, K., & Li, J. (2019). Chlorogenic Acid Alleviates Thiram-Induced Tibial Dyschondroplasia by Modulating Caspases, BECN1 Expression and ECM Degradation. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(13):3160. doi: 10.3390/ijms20133160

**ESTUDIOS DE ORGANISMOS DEL
BOSQUE HUMEDO TROPICAL**
Organisms studies of the tropical rainforest



Una nueva subespecie de *Morpho cypris* Westwood, 1851, descubierta en la zona norte de la cordillera central de Colombia (Lepidoptera, Nymphalidae)*

Gabriel Rodríguez G.¹ & Carlos Rodríguez G.

Resumen

Resultados. La nueva subespecie *Morpho cypris zafiro n. ssp.*, representa una población endémica de la cuenca del río Porce, en la vertiente norte de la cordillera Central de Colombia en el departamento de Antioquia, diferente de las tres subespecies conocidas en Colombia: *Morpho cypris cypris* que habita el Valle Medio del río Magdalena, *Morpho cypris johnsoni* que habita el piedemonte de la Serranía de Los Motilones y *Morpho cypris crhysonicus* que habita la vertiente occidental de los Andes y la llanura pacífica desde Ecuador hasta el Urabá en Colombia. **Conclusiones.** La mayor área de coloración azul y la delgada franja blanca medial, constituyen un patrón constante de la nueva subespecie, más reducido en la cara dorsal que el descrito para la subespecie panameña *Morpho cypris smalli*. **Metodología.** Con base en siete especímenes colectados en los últimos 37 años, presentamos la descripción y comparación de la *Morpho cypris zafiro n. ssp* con la *Morpho cypris cypris* y la *Morpho cypris crhysonicus*. **Objetivo.** El objetivo es aportar al conocimiento de los lepidópteros de Colombia y su distribución y mostrar que aún es posible, en uno de los grupos más estudiados a nivel mundial, encontrar nuevas subespecies locales que representan poblaciones endémicas.

Palabras clave: Colombia, Lepidóptera, *Morpho cypris*, nueva subespecie.


A new subspecies of *Morpho Cypris* Westwood, 1851, discovered in the northern zone of the Central cordillera of Colombia (Lepidoptera, Nymphalidae)


Abstract

Results. The new subspecies *Morpho cypris zafiro n. ssp.*, represents an endemic population of the Porce river basin, on the northern slope of the Central Cordillera of Colombia in the department of Antioquia, different from the three subspecies known in Colombia: *Morpho cypris cypris* which inhabits the Middle Magdalena River Valley, *Morpho cypris johnsoni* which inhabits the request of the Serranía de Los Motilones and the *Morpho cypris crhysonicus*, which inhabits the western slope of the Andes and the Pacific plain from Ecuador to Urabá, in Colombia. **Conclusions.** The larger blue coloration area and the thin medial white strip constitute a constant pattern of the new subspecies, smaller in the dorsal face than that described for the Panamanian subspecies *Morpho cypris smalli*. **Methodology.** Based on seven specimens collected in the last 37 years, we present the description and comparison of *Morpho cypris zafiro n. ssp* with *Morpho cypris cypris* and *Morpho cypris crhysonicus*. **Objective.** The objective is to contribute to the knowledge of the lepidoptera of Colombia and their distribution, and to show that it is still possible, in one of the most studied groups of the world, to find new local subspecies that represent endemic populations.

Key words: Colombia, Lepidóptera, *Morpho cypris*, new subspecies.

* FR: 21-X-2019. FA: 6-XII-2019.

¹ Especialización proyectos mineros, Serrvicio Geológico Colombiano, Medellín, Antioquia, grodriguez@sgc.gov.co  0000-0003-1422-3523

² Ingeniero Mecánico, Estructuras y Servicios, Medellín, Antioquia. estructurasyservicios1@hotmail.com  0000-0002-2259-532X



CÓMO CITAR:

Rodríguez G, G., Rodríguez G, G., (2020).- Una nueva subespecie de *Morpho cypris* Westwood, 1851, descubierta en la zona norte de la cordillera central de Colombia (Lepidoptera, Nymphalidae) *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 24 (1): 89-100. DOI: 10.17151/bccm.2020.24.1.6



Introducción

Morpho cypris Westwood, 1851, ha sido considerada una de las especies más bellas del género *Morpho*, con ocho subespecies descritas a la fecha, cuatro de ellas reconocidas por Lamas (2004): *Morpho cypris cypris*, Westwood, 1851, *M. cypris aphrodita* Le Moulton & Real, 1962; *M. cypris bugaba* Staudinger, 1887 y *M. cypris chrysonicus* Fruhstorfer, 1913; la quinta descrita por Blandin (2007) como *M. cypris smalli*, y tres descritas por Schädler & Frankenbach (2009) y Schädler et al. (2011): *M. cypris johnsoni*, *M. cypris limonensis* y *M. cypris ceibaensis*. Para Colombia se han descrito tres subespecies *M. cypris cypris*, *M. cypris johnsoni* y *M. cypris chrysonicus*, la primera es endémica de la cuenca del río Magdalena, donde los lugareños la conocen con el nombre de “**mariposa de Muzo**” (Fruhstorfer, 1912; Salazar, 1993). El holotipo fue colectado en esta región y reposa en el museo británico (Le Moulton & Real, 1962; Lamas, 2004); habita en el Valle Medio del río Magdalena en los departamentos de Santander, Antioquia, Caldas y Boyacá a altitudes que varían entre los 300 y 1100 m.s.n.m. La segunda fue colectada al oriente de la localidad de Las Palmas en La Gloria - Cesar (Schädler & Frankenbach, 2009) y la subespecie *M. cypris chrysonicus* es endémica del Andén pacífico y la vertiente occidental de los Andes desde Ecuador hasta el Urabá en Colombia. En Colombia habita en los departamentos de Nariño, Cauca, Valle del Cauca, Risaralda, Chocó y Antioquia, se presenta en altitudes que van desde 50 a 1100 m.s.n.m.

Le Moulton & Real (1962: 180) describieron una forma individual que denominaron *f. punctigera*, nov., a partir de un único espécimen. Esta forma es ilustrada en la plancha XXVII, figura 85 (Le Moulton & Real, 1963), se asemeja a algunos especímenes de *M. cypris smalli* de Panamá y a la nueva subespecie *M. cypris zafiro* n.ssp, con la banda discal blanca reducida y con puntos submarginales blancos separados en el ala posterior; desafortunadamente la localidad geográfica no fue bien establecida (“*probablemente Muzo*”, Le Moulton & Real, 1962, p. 264), de ser correcta la localidad corresponde a una forma de *M. cypris cypris*. Blandin (2007) prefirió adoptar otro nombre para designar la subespecie panameña: *M. cypris smalli*, considerando que *punctigera* es un taxón infra subespecífico y, por lo tanto, este nombre no está disponible. Nosotros adoptamos la misma posición de Blandin (2007) con relación a la *f. ind. punctigera* y no acogemos esta denominación debido a que se publicó como “forma” o “variedad” después de 1960, y que el Código Internacional de Nomenclatura Zoológica la ha considerado como infrasubespecífico y como tal no es regulado por éste (Art. 1.1.1) y es excluido su uso (Arts. 1.3.4, 45.6.3) (ICZN, 1999). Por tal razón nosotros llamamos la nueva subespecie *M. cypris zafiro* ssp. nov. Teniendo en cuenta, además, que no hay certeza del sitio de colecta y que posiblemente se trata de una forma de la especie tiponómica, nosotros comparamos los patrones de *punctigera* con la nueva subespecie y encontramos diferencias en las caras dorsal y ventral entre la *f. ind. punctigera* con la nueva subespecie *M. cypris zafiro*, las cuales se discutirán más adelante.

Le Moults & Real (1962) describen la forma *lelargei* con banda delgada amarillenta colectada en juntas y los ríos Micay y Dagua, en la región pacífica del departamento del Valle del Cauca. Nosotros hemos examinado especímenes de esta región y del Andén pacífico Colombiano, de la subespecie *M. cypris chrysonicus*, y hemos encontrado algunos especímenes con la banda blanca discal delgada, concluyendo que se trata de formas de la misma subespecie. Nosotros no adoptamos este nombre por las mismas razones expresadas con relación a *f. ind. punctigera* ya que se trata de una forma de *M. cypris chrysonicus*.

Materiales y Métodos

Se examinó material procedente de colecciones nacionales y algunas extranjeras cuyos acrónimos son los siguientes:

IiAvH: Instituto de Investigaciones Alexander Von Humboldt (colección de E. W. Schmidt-Mumm), Villa de Leyva, Boyacá.

MEFLG: Museo entomológico Francisco Luis Gallego-Universidad Nacional sede Medellín.

MHN-UCa: Museo de Historia Natural, Universidad de Caldas, Manizales

CJIV: Colección José I. Vargas.

CJS: Colección Julián Salazar.

CVP: Colección Vaclav Pacl

COS: Colección Oliver Schäßler

CGR: Colección Gabriel Rodríguez

CCR: Colección Carlos Rodríguez

Nosotros comparamos especímenes colombianos de diferentes colecciones y localidades con fotografías de los holotipos disponibles en www.butterfliesofamerica.com, comparando los holotipos de *Morpho cypris cypris*, Westwood, 1851, *Morpho f. cyanites* Fruhstorfer, 1913; *Morpho f. mirandus*, Reiff, 1918; *Morpho cypris lathyi* Joicey & Talbot, 1922; *Morpho cypris erna* Weber, 1951; *Morpho (Cypritis) f. magiscaeca* Le Moults & Réal, 1962; *Morpho (Cypritis) f. stoffeliana* Le Moults y Réal, 1962; *Morpho cypris chrysonicus* Fruhstorfer, 1913; *Morpho cypris lelargei* Oberthür, 1921; *Morpho cypris aphrodita* Le Moults y Real, 1962; *Morpho cypris bugaba* Staudinger, 1887. Además, se comparó con la forma *Morpho (Cypritis) f. punctigera* Le Moults y Real, 1962, y el tipo de *M. cypris johnsoni* Schäßler y Frankenbach, 2009.

De la subespecie *M. cypris chrysonicus* se examinaron 2 machos y 2 hembras de la CJS, 3 machos de la CVP, 2 machos de la MHN-UCa, 2 machos de la colección del MEFLG, dos machos y 1 hembra de la COS y 2 machos de la CGR, cuyos datos de colecta se resumen a continuación:

1 ♂: Colombia, departamento de Risaralda; Pueblo Rico, a 350 m, 10-X-1981, J. Salazar & J. Vélez leg. (MHN-UCa 025); 1 ♂: Colombia, departamento de Risaralda; río San Juan (Bacorí), a 350 m, IV-1982, J. Salazar (MHN-UCa, 060); 1 ♂: Colombia, departamento de Chocó, Paimadó, a 100 m, VII-2001; G. Rodríguez leg., CGR; 1 ♂: Colombia, departamento de Antioquia, Dabeiba, a 500 m, 20-IV-2004; G. Rodríguez leg., CGR; 1 ♂: Colombia, departamento del Valle del Cauca, Aguas claras, a 100 m, 11-VIII-2018, V. Pacl leg. CVP; 1 ♂: Colombia, departamento del Chocó, río San Juan, a 350 m, 12/-X-1991, J. Salazar leg. CVP; 1 ♂: Ecuador, Esmeraldas, Chuchuvi, V. Pacl leg. CVP; 2 ♂: Colombia, departamento del Chocó, Cañaverál, La Mula, a 235 m, I-2002, E. Martínez leg., MEFLG, 1 ♂: departamento del Valle del Cauca, río Dagua, III-1997, O Schffler leg., COS; 1 ♀: departamento del Valle del Cauca, río Dagua V-1999, O Schäffler leg., COS, 1 ♂: departamento de Risaralda, San José del Palmar, V-2009, O Schäffler leg., COS.

De la subespecie *M. cypris cypris* se examinaron 2 machos de la CJS, 5 machos y una hembra de la CGR, 2 machos CUC, 2 machos MEFLG y 1 macho y 2 hembras de la C LiAvH cuyos datos de colecta se resumen a continuación:

2 ♂: Colombia, departamento Boyacá, Otanche, J. Salazar leg., CJS; 2 ♂: Colombia, departamento Boyacá, Otanche-Penjamo, 850 m, 1-III-1980, E.W.Schmidt-Mumm leg. (MHN-Ca 034 y 001) CUC; 1 ♂: Colombia, departamento de Antioquia, San Luis, a 900 m, 27VII-2010, G. Rodríguez leg., CGR; 1 ♂: Colombia, departamento de Antioquia, San Luis, 900 m, 26-VII-2011; G. Rodríguez leg., CGR; 1 ♂: Colombia, departamento de Antioquia, San Luis, a 800 m, 15-VII-2016, G. Rodríguez leg., CGR 1; 1 ♂: Colombia, departamento de Antioquia, San Luis, a 900 m, 20-VII-2010, G. Rodríguez leg., CGR; ♀: Colombia, departamento de Boyacá, 850 m, 01-VIII-1980, J. Salazar leg., CGR; 2 ♂: Colombia, departamento de Cundinamarca, VI-1938, F.L. Gallego leg., MEFLG (642 - 1, 2)

Previamente, se obtuvo información de trabajos publicados como Fruhstorfer (1912, 1913), Le Moults & Real (1962, 1963), Blandin (2007), D'Abbrera (1984), De Vries (1987), Salazar (1993), Vargas & Salazar (2014), Vargas & Henao (2004), Neild (2008), Schäffler & Frankenbach (2009), Gayman et al. (2016); además de un trabajo en preparación de Luis Miguel Constantino sobre el Género *Morpho*, donde se muestran las diferentes especies y subespecies y su distribución geográfica, comparando las imágenes de estos trabajos con el material tipo, el material de colecciones nacionales y los siete especímenes de la nueva subespecie.

***Morpho cypris zafiro* Rodríguez G., Rodríguez C. & Salazar, J., n. ssp**

Holotipo 1 ♂: Colombia, Departamento de Antioquia, Porce II, 800 m, 27.VII.2017, G. Rodríguez leg., CGR. (Figura 1 a, b)

Paratipos (5 ♂) 1 ♂: Colombia, Departamento Antioquia, Porce II, 1000 m, 25.VII.2014, C. Rodríguez leg., GR, CGR; 2 ♂: Colombia, Departamento Antioquia, Porce II, 900 m, 08.VIII.2019, C. Rodríguez leg., CCR; 1 ♂: Colombia, Departamento Antioquia, Porce II, 1000 m, 5.VII.1982, C. Rodríguez leg., CCR; 2 ♂ Colombia, Departamento Antioquia, Porce- Amalfi, Hda. Normandía, 1050 m, 30.VIII.1998, P. Duque leg., MEFLG.

Descripción. Macho: cabeza negra; antenas negras y largas, ojos pardo oscuros. Patas blancas. Tórax dorsal negro y ventral con manchas rojas. Abdomen negro dorsal y blanco ventral

Forma alar: la forma alar es similar a las demás subespecies de *M. cypris*. El ala anterior (AA) es triangular con el borde distal ligeramente cóncavo y ondulado. El ala posterior (AP) es más redondeada y con el borde distal suavemente ondulado, con prolongaciones suaves en M3, Cu1 y Cu2. Envergadura alar 108 a 118 mm.

Cara dorsal: ala dorsal anterior (ADA) y ala dorsal posterior (ADP) de color azul metálico más extendido que en las otras subespecies y extremado brillo en ambas alas, con reflexiones purpuras, atravesada por una banda blanca delgada central generalmente continua que en algunos especímenes puede estar discontinua a manera de manchas finas blancas que pueden estar ausentes o difuminadas en el fondo azul metálico y en otros especímenes presenta una extensión en el frente de la celda a manera de manchas blancas que se puede extender hasta cerca de la costa. La banda medial siempre que está presente es más delgada que en la subespecie nominal y en algunos especímenes aparece como puntos difuminados en las ADA y ADP. El ápice del ADA tiene borde negro que se extiende a lo largo del borde costal, con mancha blanca costal. Presenta seis manchas posdiscales irregulares, variables en forma y tamaño, generalmente finas, de color blanco en el ADA y ADP, de menor tamaño que en la subespecie nominal y en algunos especímenes están ausentes entre las venas cubital y post cubital. En el ADP las manchas submarginales pueden presentarse como manchas individuales o forman en conjunto un banda delgada continua según el espécimen (figura 1a).

Cara ventral: alas con coloración de fondo marrón vino tinto en diferentes escalas de tonalidad: hacia la zona basal y el área precelular el fondo marrón vino tinto es oscuro con parches de coloración rosado pálido, contrastantes con la banda central discal que es de coloración rosado pálido con parches blancos discontinuos, en algunos especímenes se presentan como manchas difuminadas o como una banda delgada blanca enmarcada por bordes anchos de color rosado pálido, tanto en el AVA como en el AVP, mal desarrolladas las áreas blancas, siendo variables de un espécimen a otro. Presenta ocelos similares a los de otras subespecies, formados por un anillo externo amarillo ocre limitado por una línea externa negra y una delgada corona rosada pálida y hacia el núcleo encierran un círculo negro con mancha blanca central; en el AVP se

presentan seis ocelos de diferente tamaño entre las venas a1 y R flotando en la zona submarginal que es de color marrón vino tinto y tonalidad más clara que la zona basal. En el AVA se presenta un solo ocelo en la zona premarginal entre las venas M1 y M2. Presentan línea de puntos submarginales blancos como en la cara ventral: en el AVA y el AVP seis manchas blancas pequeñas separadas y repartidos al interior de cada celda, en conjunto cada una tiene forma de punta de flecha seguida por color rosado claro, algunos especímenes pueden tener ausentes algunos de estos puntos blancos o formar una banda delgada en el AVP.

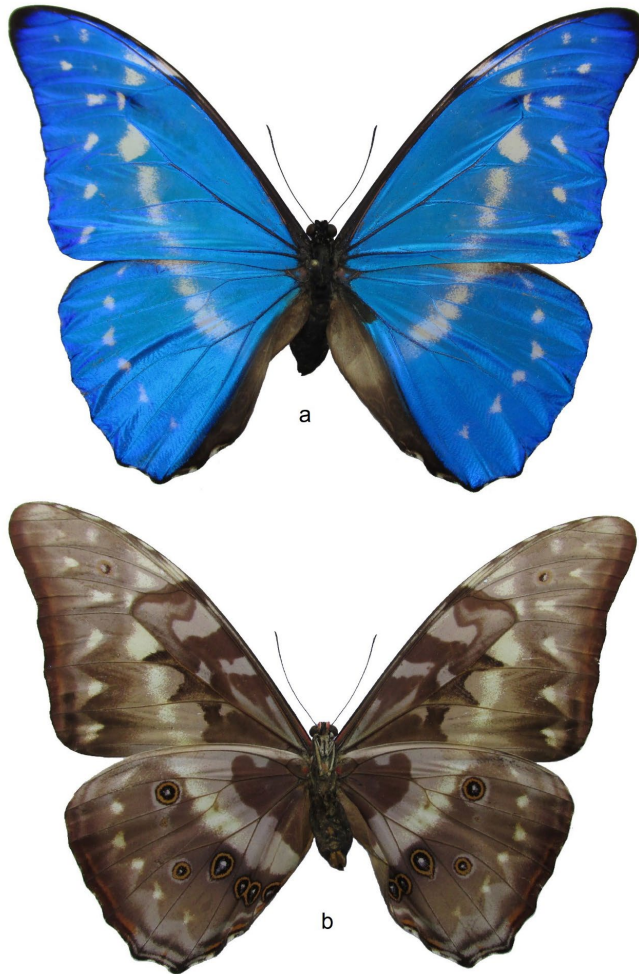


Figura 1. *Morpho cypris zafiro* n.ssp, macho holotipo, a. Cara dorsal. b. Cara ventral, Rodríguez, G., Rodríguez, C. & Salazar, J., n. ssp

Distribución geográfica. *Morpho cypris zafiro n. ssp* se encuentra en la cuenca media y baja del río Porce, localizada en la zona nororiental de la cordillera Central de Colombia, en los municipios de Amalfi y Anorí – Antioquia, probablemente se extienda su hábitat hasta la vertiente occidental de la Serranía de San Lucas (figura 2). Esta nueva subespecie habita en un rango altitudinal entre 600 m y 1200 m. Se traslapa en la zona inferior altitudinal con *Morpho theseus* (Deyrolle, 1860) y *Morpho helenor peleides* (Kollar, 1850), y en la zona altitudinal superior con *M. niepelti antioquiensis* (Rodríguez y Rodríguez, 2014).

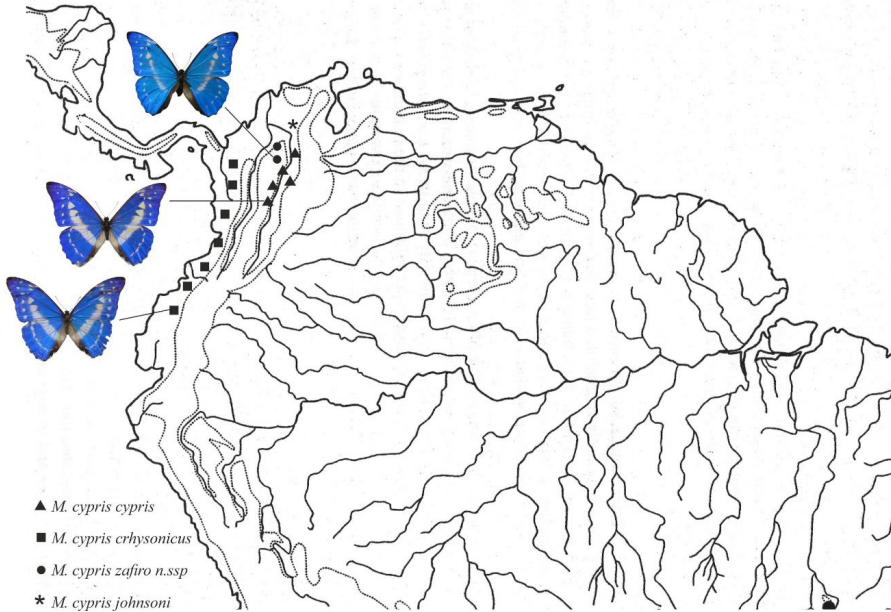


Figura 2. Distribución geográfica en Colombia de *Morpho cypris*, Westwood, 1851.

Hábitat: esta nueva subespecie se encuentra en bosques premontanos húmedos entre 600 y 1200 m de altura en la cordillera Central, en los departamentos de Antioquia y probablemente Bolívar. Los adultos vuelan sobre las copas de los árboles de manera suave en días soleados, en bosque poco o nada intervenidos y a lo largo de ríos y quebradas.

Derivación del nombre. El nombre de zafiro se toma de la variedad del mineral corindón, con característico color azul que se deriva de la palabra latina “*saphirus*” y de la palabra griega “*sapheiros*”. La nueva subespecie presenta una coloración azul más extendida que las otras subespecies que asemeja a esta piedra preciosa.

Comparación entre *M. cypris zafiro* con *M. cypris cypris* y *M. cypris chrysonicus*

Para la comparación de *M. cypris zafiro* n.ssp con *M. cypris cypris* se analizaron especímenes de Otanche y Muzo – Boyacá de donde salió el holotipo y especímenes colectados en San Luis - río Samaná y río Claro en Antioquia, esta última región corresponde a la localidad de *M. cypris cypris* más próxima a la localidad de Porce II, sitio de colecta de la nueva subespecie.

Cara dorsal: la nueva subespecie presenta un amplio rango de variabilidad en la banda blanca central y en los puntos submarginales (figura 3 a, b, c). La banda blanca central puede estar completamente ausente o puede presentarse de manera continua (figura 3 a, b, c), y siempre más delgada que en las subespecies nominal y *chrysonicus*. Los puntos submarginales blancos son generalmente más pequeños en *M. cypris zafiro* y variables en tamaño y forma, puede aparecer en el ADP como una banda submarginal, similar a la subespecie nominal y a *M. cypris chrysonicus*.

Se revisaron cinco especímenes de *M. cypris cypris* colectados en los ríos Samaná y Claro de la subespecie nominal, los cinco presentan la banda blanca discal de un grosor constante y mayor al de todos los individuos de *M. cypris zafiro* (figura 3 d, e, f), al igual que los especímenes analizados de Otanche – Boyacá. La banda submarginal se presenta en el ADA a manera de puntos alineados en cada celda y de mayor tamaño que en la nueva subespecie y en el ADP como una banda continua segmentada por las venas y ligeramente más gruesa.

De *M. cypris chrysonicus* se revisaron especímenes desde Ecuador hasta el Noroccidente de Colombia (Urabá-Antioquia), la cara dorsal tiene un patrón constante, con una banda discal similar en grosor a la subespecie nominal y algunas formas individuales con la banda discal delgada pero más ancha que en la subespecie *zafiro*. La banda submarginal presenta en el ADA manchas blancas separadas e irregulares de mayor tamaño que en *zafiro* y *cypris* (figura 3 h, i, j). En el ADP la banda submarginal es continua segmentada por las venas y similar a la subespecie *cypris* y más ancha que en *zafiro*. Algunos especímenes en el ADP presentan en el borde alar, entre la celda anal y costal, en el centro de las celdas, manchas delgadas y blancas separadas por las venas y azul metálico (figura 3 h, i, j), esta característica no se presenta en ningún espécimen analizado de *zafiro*.

Cara ventral: la subespecie *zafiro* tiene un color generalmente violeta con un tinte marrón más oscuro que la subespecie nominal y *chrysonicus*, que son de color violeta rojizo. La mayor diferencia se presenta en la banda central: en *zafiro* esta banda está bien marcada, las márgenes de esta banda son de color rosado pálido enmarcando una delgada banda de color blanco que se puede presentar continua o a manera de parches blancos difuminados en el rosado pálido, variable de un individuo a otro. En *M. cypris cypris* la banda medial es más ancha y de color blanco, bien definida en ambas alas. En *M. cypris chrysonicus* la banda medial es amarilla pálida en el AVA y blanca en el AVP y de un ancho similar a la subespecie nominal y más gruesa que en *zafiro* (figura 4).

Entre la celda discal y la banda medial se presentan manchas de forma triangular en el AVA que rompen la banda central, estas manchas son similares en *zafiro* y la subespecie nominal, pero tienen un diseño y coloración diferente en la subespecie *chrysonicus*, que presenta el triángulo bordeado de violeta con centro amarillo en algunos especímenes (figura 4). La celda discal y el área subcostal del AVP, en la zona basal y posbasal presentan una mancha violeta oscura en las tres subespecies, siendo el diseño, hacia la margen costal, diferente en *zafiro*. La banda delgada entre la zona postmedial y submarginal de la cara ventral está mejor formada en las subespecies *M. cypris cypris* y *M. cypris chrysonicus*, presenta en el AVP una serie de manchas blancas alargadas segmentadas por las venas y el color violeta, mientras en *zafiro* se presenta generalmente como pequeños puntos flotantes dentro de la celda, en ocasiones estos puntos pueden estar ausentes; de igual forma ocurre en el AVA donde los puntos submarginales son de menor tamaño en *zafiro* (figura 4). La posición y diseño de los ocelos en la zona postmedial es similar en las tres subespecies.

Al comparar la cara ventral de *f. ind.punctigera*, ilustrada en la plancha XXVII, figura 85 (Le Moults & Real, 1963), el patrón de la banda medial y los puntos pos mediales son como en la cara ventral de *M. cypris cypris*, con la banda blanca continua y sin márgenes enmarcando la banda blanca más delgada, como se presenta en *M. cypris zafiro*.

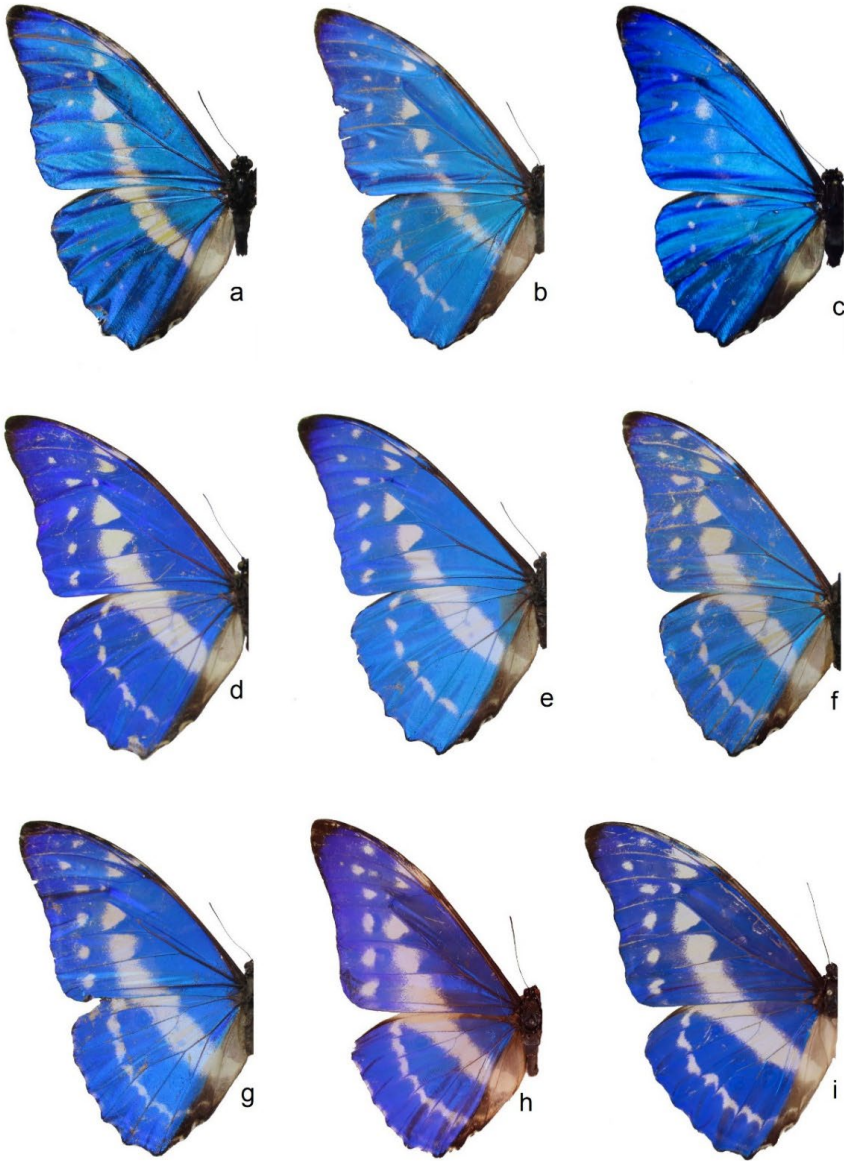


Figura 3. Figura 3. Cara dorsal de *Morpho cypris zafiro* a, b, c: (paratipos - Porce II-Antioquia); *M. cypris cypris* d, e, f: (San Luis – Antioquia); *M. cypris chrysonicus* g, h, I: (g: Mutatá-Antioquia, h: San José del Palmar-Risaralda, i: río San Juan-Risaralda)

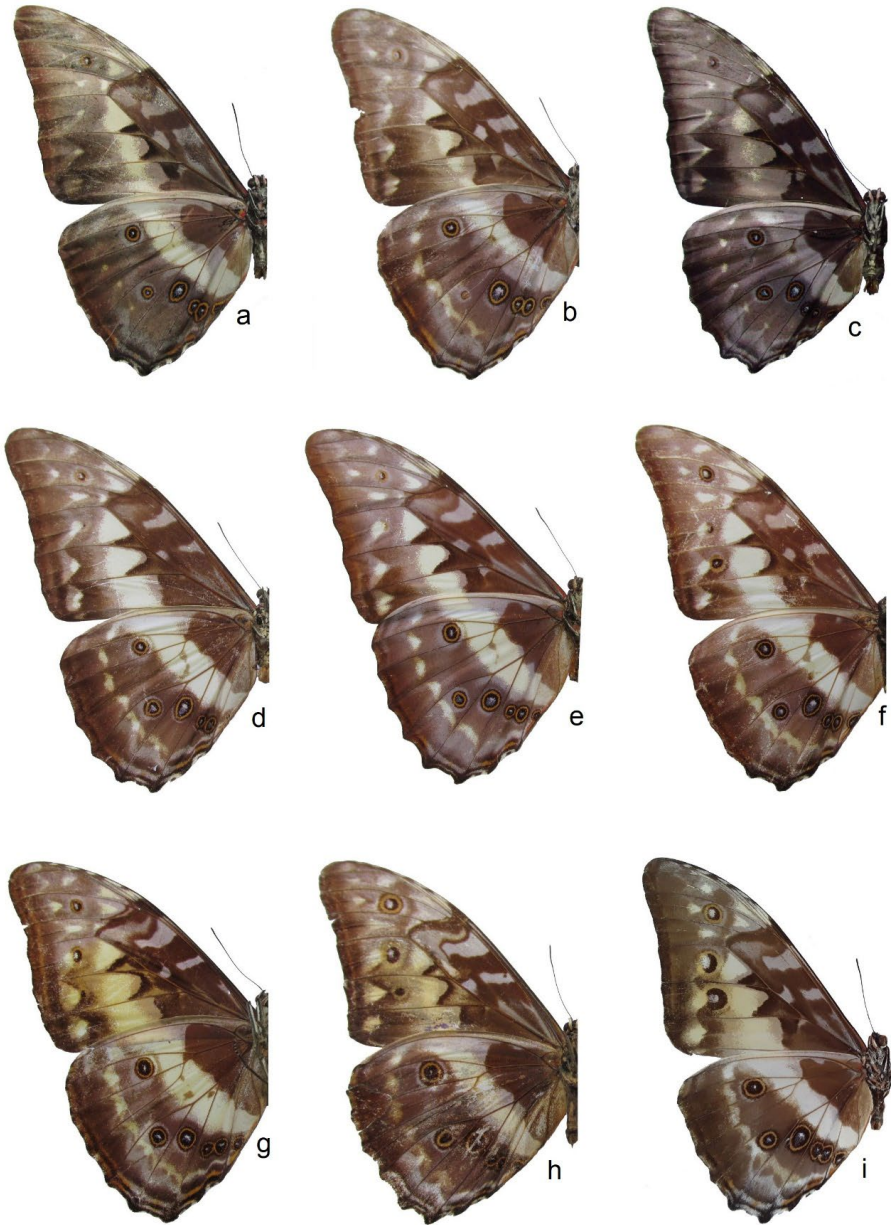


Figura 4. Cara ventral de *Morpho cypris zafiro* a, b, c: (paratipos - Porce II-Antioquia); *M. cypris cypris* d, e, f: (San Luis - Antioquia); *M. cypris chrysonicus* g, h, i: (g: Mutatá-Antioquia, h: Paimadó-Chocó e i: río San Juan-Risaralda)

CONCLUSIONES

Esta nueva subespecie es un endemismo propio del refugio Nechí en el norte de Antioquia, Colombia, con una distribución restringida a la cuenca del río Porce y probablemente el río Nechí, mientras que la especie nominal *M. cypris cypris* vuela en el Valle Medio del Río Magdalena y la subespecie *M. cypris chrysonicus* está restringida al andén pacífico y a la vertiente occidental de los Andes desde Ecuador hasta el Urabá en el noroccidente de Colombia.

La nueva subespecie muestra un patrón de color alar diferente, conformando una población con características propias que permiten diferenciarla de todas las otras subespecies descritas de *M. cypris*, siendo rara y restringida, con escasos registros en otras colecciones del país.

AGRADECIMIENTOS

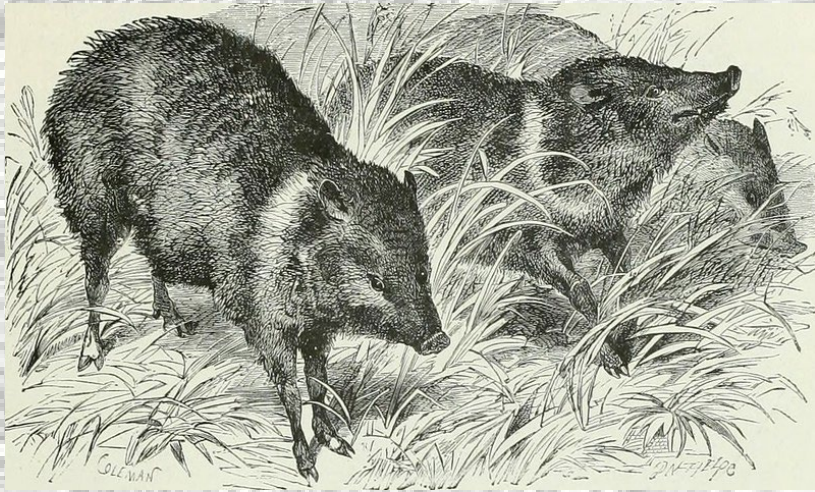
Especial agradecimiento a Julián A. Salazar, quien facilitó material fotográfico utilizado en el artículo, bibliografía y por las interesantes discusiones que enriquecieron el trabajo. Se agradece a Vaclav Pacl, Oliver Schäßler, José I. Vargas por facilitar el material de sus colecciones. Al Museo Francisco Luis Gallego por permitir tomar los datos del material y compararlo con la nueva subespecie, confirmando la existencia de dos paratipos en esta colección. A Tomas Correa por la traducción del resumen.

REFERENCIAS

- Blandin, P. (2007a). *The Systematics of the genus Morpho Fabricius, 1807*. 1-277. Canterbury: Hillside Books publish.
- Blandin, P. (2007b). *The genus Morpho, Lepidoptera Nymphalidae, Part 3. addenda to Part 1 and Part 2 & the Subgenera Personia, Grassiea, and Morpho. i-ix + 99-237*. Canterbury: Hillside Books publish.
- D'Abbrera, B. (1984). *Butterflies of the Neotropical Region*. Victoria: Hill House.
- De Vries, P.J. (1987). *The butterflies of Costa Rica and Their Natural History: Papilionidae, Pieridae, Nymphalidae*. Princeton: Princeton University Press.
- Fruhstorfer, H. (1912.-1913). 6. Familie: Morphidae Westw. In A. Seitz. (Ed), *Die Gross-Schmetterlinge der Erde. Die Amerikanischen Tagfalter* (pp. 333-354). Stuttgart: Alfred Kernen Verlag.
- Gayman, J.M., Merlier, F., Ouvraro, J., Bénéluz, F., Lacomme, D. & Purser, B. (2016). *Les Morpho: Distribution, Diversification, Comportement*. Paris: ALF, Association de Lépidoptéristes de France.
- ICZN. (1999). *INTERNATIONAL CODE OF ZOOLOGICAL NOMENCLATURE*. London: BMNH.
- Lamas, G. (2004). *Checklist: Part 4A. Hesperioidea – Papilionoidea. Association for Tropical Lepidoptera*. Gainesville: Scientific Publishers.
- Le Moul, E. & Real, P. (1962-1963). *Les Morpho de l'Amérique du Sud et Centrale*. Paris: Éditions du Cabinet entomologique e.
- Neild, A.F.E. (2008). *The butterflies of Venezuela. Part 2: Nymphalidae II (Acraeinae, Libytheinae, Nymphalinae, Ithomiinae, Morphinae). A comprehensive guide to the identification of adult Nymphalidae, Papilionidae, and Pieridae*. London: Meridian Publications.
- Rodríguez, G. & Rodríguez, C. (2014). Una nueva subespecie de *Morpho niepelti* Röber para Colombia. *Boletín científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural, Caldas*, 18 (2), 237-242.
- Salazar, J.A. (1993). Contribución al conocimiento de los Morphinae colombianos III. Estudio de una población de *Morpho cypris* (Westwood, 1851) en el occidente de Colombia (Lep. Nymph. Morphinae). *SHILAP* 21 (84), 227-232.
- Schäßler, O. & Frankenbach, T. (2009). *Notes on butterflies* Vol. 3 Fünf neue Unterarten der Gattung Morpho Fabricius, 1807: 8 pp. Goecke & Evers, Keltern
- Vargas, J.I. & Henao, E. (2004). Muestreo preliminar de mariposas (Lep. Rhop.) del municipio de Samaná, Caldas. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 8, 329-351.
- Vargas, J.I. & Salazar, C.A. (2014). Biodiversidad y mariposas en una región del alto Chocó, San José del Palmar, Colombia. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 18 (1), 259-284.
- Warren, A.D., Davis, K.J., Stangeland, E.M., Pelham, J.P. & Grishin, N.V. (2013). *Illustrated List of American Butterflies*. Recovered from <http://www.butterfliesofamerica.com>.

ZOOLOGÍA VERTEBRADOS

Vertebrate Zoology



Comportamiento de defensa de nido, discriminación de depredadores y éxito reproductivo de *Vanellus chilensis* (Aves: Charadriidae)

Lorena Cruz-Bernate¹

Resumen

La defensa del nido presenta gran variación inter e intraespecífica, a menudo asociada a diferencias en el sistema social o al tipo de amenaza. El Pellar (*Vanellus chilensis*) es conocido por la defensa de nido vigorosa contra depredadores, sin embargo, esta respuesta puede variar desde huida en silencio con maniobras de distracción al depredador (defensa pasiva), hasta vuelos estridentes de ataque directo a depredadores (defensa activa). Este estudio examina la relación entre los patrones conductuales de defensa de nido, la naturaleza de los estímulos próximos, el desarrollo embrionario y el éxito reproductivo del Pellar en estado silvestre en Colombia. Se sometieron parejas marcadas y reproductivamente activas a tres estímulos que representaron amenazas potenciales para la nidada (hombre a pie, jinete y tractor) y sus respuestas conductuales se clasificaron en diferentes categorías según su intensidad. La defensa del nido varió según el estado de desarrollo embrionario de los polluelos; con un desarrollo embrionario temprano, la defensa fue principalmente pasiva y a medida que avanzó el desarrollo embrionario se incrementó la defensa activa. El jinete fue el estímulo que desencadenó la mayor defensa activa mientras que, ante el hombre a pie y el tractor, la respuesta fue principalmente pasiva. La distancia a la cual las aves abandonaron los nidos al aproximarse un estímulo se correlacionó con la naturaleza del mismo. Los adultos toleraron más cerca del nido al tractor que a los estímulos de hombre a pie y jinete, lo cual sugiere discriminación entre estímulos. Los machos realizaron el doble de vuelos de ataque directo que las hembras. El éxito reproductivo no se correlacionó con la categoría de intensidad de defensa del nido manifestada ni con el tamaño de la postura de la pareja.

Palabras clave: agresión, Alcaraván, Colombia, cuidado paternal, desarrollo embrionario, depredación, Pellar.

* FR: 1-IV-2019. FA: 10-V-2019.

¹ M.Sc. Profesor asistente. Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad del Valle, Cali, Colombia. E-mail: lorena.cruz@correounivalle.edu.co  0000-0002-6854-8852



CÓMO CITAR:

CRUZ-BERNATE, L., (2020).- Comportamiento de defensa de nido, discriminación de depredadores y éxito reproductivo de *Vanellus chilensis* (Aves: Charadriidae). *Bol. Cient. MusHist. Nat. U. de Caldas*, 24 (1): 103-118. DOI: 10.17151/bccm.2020.24.1.7



Nest defense behavior, predator recognition and breeding success in *Vanellus chilensis* (Aves: Charadriidae)

Abstract

The defense of the nest presents great inter and intraspecific variation often associated with differences in the social system or the type of threat. The Southern Lapwing (*Vanellus chilensis*) is known for the vigorous nest defense against predators, however, this response can vary from silent flight with distraction maneuvers to the predator (passive defense), to strident flights of direct attack on predators (defense active). This study examines the relationship between the behavioral patterns of nest defense, nature of nearby stimuli, embryonic development and reproductive success of the Southern Lapwing in the wild in Colombia. Ringed and reproductively active pairs were submitted to three stimuli that represented potential threats to the nest (walking person, rider and tractor) and their behavioral responses were classified into different categories according to their intensity. The defense of the nest varied according to the stage of embryonic development of the chicks; with an early embryonic development, the defense was mainly passive and as the embryonic development advanced, the active defense was increased. The rider was the stimulus that triggered the greatest active defense while, before the walking person and the tractor, the response was mainly passive. The distance at which the birds left the nests on the approach of a stimulus correlated with the nature of the same. Adults tolerated the tractor closer to the nest than to the stimuli of walking person and rider, which suggests discrimination between stimuli. The males performed twice as direct attack flights as the females. Reproductive success was not correlated with the category of defense intensity of the manifested nest or with the clutch size.

Key words: aggression, Colombia, embryonic development, parental care, predation, Southern Lapwing.

Introducción

Las conductas de defensa varían en forma e intensidad según especie, sistema social, clase de depredador, etapa de reproducción de la pareja, distancia de sus descendientes a la amenaza y relación costo-beneficio de la acción (Gottfried, 1979; Wittenberg, 1981; Alcock, 1989; Piersma y Xiersma, 1996). Estudios anteriores establecen que la defensa del nido aumenta en frecuencia y nivel de agresividad a medida que avanza el desarrollo de la nidada o a medida que la progenie gana edad (Barash, 1975., Anderson Wiklund & Rundgren, 1980; Greig-Smith, 1980; Shields, 1984; Lavery & Keenleyside, 1990). Este fenómeno puede ser explicado por la teoría de la Inversión Parental Óptima (Trivers, 1972), que relaciona costo-beneficio con respecto a las

expectativas futuras de reproducción. A medida que avanza el periodo de incubación, las probabilidades de ganar éxito reproductivo con la nidada actual se incrementan en especies nidífugas y, por ende, se espera que los adultos respondan con una mayor inversión en conductas defensivas. Sin embargo, el exceso de inversión en defensa podría disminuir drásticamente las posibilidades de reproducción futura (Coleman et al., 1985). Otra explicación al incremento de la defensa de la nidada durante el período de incubación es la llamada “Falacia del Concorde” o de la “Gran Inversión” (Dawkins & Brockmann, 1980), según la cual la inversión actual depende de qué tanto se ha invertido en el pasado. Esta hipótesis implica una inversión continua y cada vez mayor para evitar perder lo que se ha invertido hasta el momento y supone que los animales tienen acceso ilimitado a los recursos de tiempo y energía.

La tercera propuesta para explicar el fenómeno está basada en la probabilidad de detección de la progenie. Esta alternativa, que no excluye a las anteriores, sugiere que los polluelos de mayor edad son más conspicuos a depredadores que los de menor edad y que, por consiguiente, el nido y su contenido se hacen más visibles a medida que el ciclo de anidamiento progresa. Según esta hipótesis, se requiere un incremento en la intensidad de la defensa de los adultos para contrarrestar el incremento de detectabilidad por los depredadores (Davies, Krebs & West, 2012; Knight & Temple, 1986).

La forma de defender un esfuerzo reproductivo puede presentar una gradación de patrones conductuales que pueden ir desde huir del depredador en silencio hasta ataques directos efectuados individual o colectivamente (Curio, Ernest & Vieth, 1978; Frankenberg, 1981; Chandler & Rose, 1988; Flasskamp, 1994; Gehlbach & Leverett, 1995; Griesser & Ekman, 2005). El Pellar (*Vanellus chilensis*) es territorial y muy agresivo en la defensa del nido (Myers, 1978; Gallegos, 1984; Mena-Valenzuela, 2018); detectan depredadores próximos, los adultos manifiestan conductas como: *falsa incubación*: el individuo se agazapa en el suelo y opta postura de incubación en un lugar diferente al del nido; *ala rota*: el adulto con una ala completamente extendida camina con aparente dificultad; *vuelos de ataque directo*: vuelos rápidos y con orientación directa hacia un depredador potencial, que ejecutan a medida que se alejan del nido y con los que supuestamente distraen la atención del depredador (Myers, 1978; Gallegos, 1984; Piersma & Wiersma, 1996). Esta especie parece discriminar entre depredadores y no depredadores, a juzgar por la respuesta diferencial de los adultos ante los estímulos próximos durante la incubación y cría de polluelos (Walters, 1990).

Los detalles y tipo de respuesta conductual que pueden tener los adultos frente a diferentes estímulos de su hábitat y sus implicaciones ecológicas con relación a la supervivencia de las crías, son aspectos aún poco conocidos. Si la especie discrimina diferentes riesgos potenciales durante el evento reproductivo, se espera que la respuesta de defensa varíe en categoría, intensidad o distancia a la cual se ejecute; además se

asume que, según la relación costo beneficio, los adultos presentarán una respuesta conductual que confiera ventajas reproductivas actuales, pero sin afectar drásticamente las probabilidades de anidamiento futuro. Se esperaría que la conducta de defensa más generalizada entre los adultos sea la que mayor éxito reproductivo les confiera. Los objetivos de este estudio fueron: a) evaluar si los patrones conductuales de defensa de nido varían con el grado de desarrollo embrionario de los polluelos; b) determinar si la respuesta conductual está relacionada con la naturaleza del estímulo próximo (en dos momentos del desarrollo embrionario); y c) examinar si existe una relación entre la categoría de respuesta defensiva y el éxito reproductivo de las parejas.

Materiales y Métodos

Área de estudio

Este estudio se realizó entre marzo de 2001 y diciembre de 2003 en la Reserva Natural El Hatico, municipio de El Cerrito ($3^{\circ}38'25.6''\text{N}$ y $76^{\circ}19'13.6''\text{W}$) y el campus de la Universidad del Valle ($3^{\circ}22'23.94''\text{N}$ y $76^{\circ}32'1.23''\text{W}$), municipio de Cali, departamento de Valle del Cauca, Colombia. Ambas áreas de estudio se encuentran a una elevación de 1000 m y sus precipitaciones presentan una distribución bimodal comparable con máximos de lluvia en marzo–abril y octubre–diciembre, separados por dos épocas secas con mínimos de precipitación en agosto y febrero. De acuerdo con sus características climáticas, ambas localidades se clasifican como Bosque Seco Tropical, según el sistema de Holdridge (Espinal, 1967).

La Reserva Natural El Hatico tiene una extensión de 288 ha con una cobertura de bosque natural, potreros de extensión variable dedicados al cultivo de la caña de azúcar orgánica y sistemas silvopastoriles. La precipitación y temperatura promedio anual es de 511 mm y $23,6^{\circ}\text{C}$, respectivamente. El campus de la Universidad del Valle posee una extensión de ca.100 ha ocupadas por construcciones civiles (9,5 ha), dos lagos (1 ha), jardines, prados y pastizales (45,5 ha), y áreas con densa vegetación de regeneración natural (44 ha). La precipitación y temperatura promedio anual es de 1094,5 mm y $24,5^{\circ}\text{C}$, respectivamente (IDEAM 2015).

Especie y seguimiento de nidos

El Pellar es una especie que excava una depresión circular poco profunda para anidar en el suelo (Piersma & Wiersma, 1996). Esta excavación es recubierta con pequeñas ramas y hojas secas que encuentra en la vecindad inmediata de los sitios de anidamiento (Piersma & Wiersma, 1996). El tamaño de la nidada es de 3 o 4 huevos y el período de incubación es de 27 días (Naranjo, 1991; Piersma & Wiersma, 1996; Santos, 2009). Mediante recorridos diarios y observación constante del comportamiento de los adultos en las zonas de estudio, se identificaron aquellas parejas reproductivamente activas.

Los nidos tuvieron monitoreo diario durante todo el evento reproductivo y su estado de desarrollo embrionario se determinó por seguimiento de éstos desde el momento de la puesta. Una nidada se clasificó en estado de desarrollo embrionario temprano (DET) desde la postura de los huevos hasta los primeros 10 días de incubación y en estado de desarrollo embrionario avanzado (DEA) desde el día 21 de incubación hasta la eclosión.

Experimentos en campo

Se capturaron y marcaron 45 adultos reproductivamente activos (41 en la Reserva El Hatico y 4 en la Universidad del Valle), con dedicación de 222 horas trampa en los nidos. La trampa, con forma cúbica (1 m^3), paredes translúcidas y un lado móvil, cubrió el nido y se accionó a distancia cuando el individuo ingresó a incubar. Antes de la captura de los adultos hubo un periodo de tres días de familiarización con la trampa durante el cual ésta se instaló en el nido por cortos períodos de tiempo, pero sin ser accionada. Cada individuo recibió anillos de celuloide de colores en combinaciones únicas en la región del tibio-tarso para su reconocimiento individual y se determinó su sexo mediante métodos moleculares (Ellegren, 1996; Fridolfsson & Ellegren, 1999; Cruz-Bernate, Riascos & Barreto, 2013). Se tomaron $100 \mu\text{l}$ de muestra sanguínea de la vena braquial con jeringa para insulina y se empleó el anticoagulante EDTA (ácido etil-enediamín tetra-acético). Se almacenaron a -20°C y se procesaron en el laboratorio de Biología Molecular Humana de la Universidad del Valle.

Se seleccionaron 21 parejas marcadas y a cada una se le presentaron tres estímulos: un humano a pie, un jinete y un tractor. Los estímulos fueron presentados de manera controlada y se aproximaron en dirección al nido en línea recta desde aproximadamente 45 m de distancia. Todos los estímulos recorrieron la distancia dos veces: primero para aproximarse y segundo para alejarse del nido; en las dos trayectorias la velocidad fue constante ($0,8 \text{ m/s}$). Los tractores usados en ambas áreas fueron similares en cuanto al tamaño y modelo (Tractor Ford 5000, modelo 1982). El humano que participó en los experimentos fue una persona que nunca tuvo contacto previo con el área ni con los Pellares del estudio. Los estímulos se seleccionaron por representar diferente riesgo para la nidada, como aplastamiento (jinete y tractor) o depredación directa (humano). Las 21 parejas del estudio se dividieron en dos grupos según el estado de desarrollo embrionario; 11 en estado desarrollo embrionario temprano y 10 en estado desarrollo embrionario avanzado. Los eventos experimentales tuvieron ordenamiento aleatorio y se distanciaron entre 14-31 horas (media = 23, DE = 3,87, n = 42). En cada uno de ellos se determinó la identidad y número de los individuos involucrados en la respuesta conductual frente a los estímulos, la distancia al estímulo a la cual el ave abandonó el nido y el éxito reproductivo de cada una de las parejas; este último medido como el número de huevos que llegaron al momento de la eclosión. Todas las observaciones relacionadas con comportamiento reproductivo de adultos y defensa

de nidada (experimental) fueron registradas en video y se hicieron desde un escondite móvil a 30 m del nido.

La respuesta conductual se clasificó en una de las siguientes categorías mutuamente excluyentes según su intensidad: defensa pasiva, activa o colectiva. 1. Defensa Pasiva (DP): el ave permanece incubando ante la proximidad de un estímulo, o se levanta un poco del suelo, emitiendo vocalizaciones fuertes. En otras ocasiones, el ave se aleja del nido caminando inclinada hacia adelante (eventualmente ejecuta incubación falsa), corriendo o volando directamente desde el nido (Walters, 1990) (figura 1a, b). 2. Defensa Activa (DA): los individuos atacan por medio de vuelos directos orientados hacia el depredador potencial y emiten vocalizaciones estridentes en series largas (Gallegos, 1984; Walters, 1990; Piersma & Wiersma, 1996). Pueden intervenir uno (DA₁) o ambos miembros de la pareja (DA₂). (figura. 1c, d). 3. Defensa Colectiva (DC): los dos miembros de la pareja y otros individuos de la misma especie hacen sobrevuelos y vuelos de ataque directo al depredador potencial con vocalizaciones estridentes (Myers, 1978; Gallegos, 1984; Walters, 1982, 1990; Piersma & Wiersma, 1996).



Figura 1. Patrones conductuales de defensa de nidada del Pellar ante depredadores en el departamento del Valle del Cauca, Colombia. Defensa pasiva: se levanta un poco del nido (a) o se aleja del nido con su cuerpo inclinado hacia adelante (b). Defensa activa: vuelo de ataque directo al depredador de un individuo (c) o los dos miembros de la pareja (d).

Análisis estadísticos

Se analizó si la conducta de defensa (variable de respuesta) varió con el estado de desarrollo embrionario y con el estímulo próximo al nido (factores fijos) con un Modelo Lineal Generalizado Mixto (MLGM), con distribución de errores binomial. Se incluyó la identidad de la pareja como efecto aleatorio debido a que cada una de ellas se evaluó para cada uno de los estímulos. Se generaron dos MLGM, con y sin interacción entre los factores fijos, seleccionando el mejor modelo mediante los criterios de verosimilitud penalizada (criterio de información de Akaike-AIC y criterio de información Bayesian-BIC) y la prueba de razón de verosimilitudes (Agresti, 2015). También se evaluó si la distancia a la cual el ave abandonó el nido (variable de respuesta) varió con el estado de desarrollo embrionario y con el estímulo próximo (factores fijos) con un Modelo Lineal Mixto (MLM). Se incluyó la identidad de la pareja como factor aleatorio y se generaron tres modelos MLM. Los dos primeros modelos, con interacción entre los factores, para determinar si las varianzas eran homogéneas o heterogéneas. Una vez estimado el modelo con la mejor estructura de varianza, según la prueba de razón de verosimilitudes, se comparó con un tercer modelo donde se examinó la influencia de la interacción de los factores, según los criterios AIC y BIC (Agresti, 2015). Se utilizó la prueba de comparación múltiple de Tukey para evaluar si había diferencias significativas al interior de uno de los factores.

El tamaño de nidada y éxito reproductivo de las parejas que defendieron siempre de manera pasiva y aquellas que al menos manifestaron una defensa activa, se comparó por medio de la prueba Mann-Whitney (Zar, 2010). Para las pruebas estadísticas se utilizó el paquete estadístico R (RCORE TEAM 2018).

Resultados

Defensa de nidada

Las frecuencias de los distintos tipos de defensa de nidada por parejas en reacción al paso de los estímulos cercanos al nido en las dos etapas de desarrollo embrionario se muestran en la figura 2a. En solo ocho defensas pasivas, de 51 que hubo en total, el individuo incubante llegó a tolerar la presencia del estímulo a una distancia de 0,2 m (media = 0,84, DE = 0,59). En esta situación, se presentaron tres tipos de variaciones: a) el individuo incubante continuó con su tarea, pero eventualmente cambió la orientación de su cuerpo (cinco defensas), b) el individuo se agazapó más en el nido y bajó su cabeza a nivel del suelo (dos defensas) y c) el individuo extendió una o las dos alas y expuso las retrices (una defensa). En las 43 defensas pasivas restantes, el adulto incubante no permaneció en el nido y respondió alejándose frente a la presencia de los estímulos experimentales.

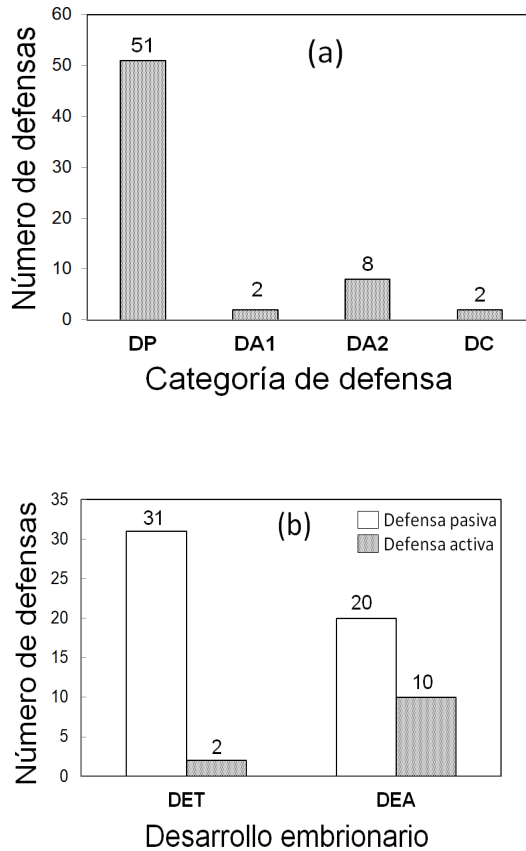


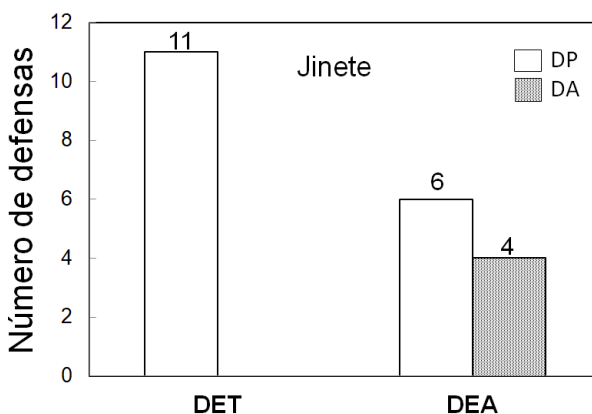
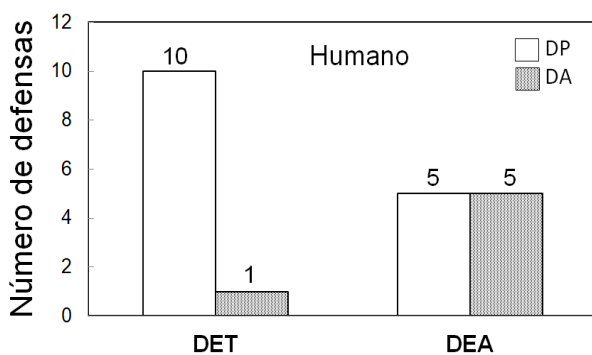
Figura 2. Patrones conductuales de defensa de nidada de los adultos reproductivamente activos, durante la fase experimental (a) y según estado de desarrollo embrionario (b) en el departamento del Valle del Cauca, Colombia. DP = defensa pasiva, DA₁ = defensa activa: interviene un solo individuo de la pareja, DA₂ = defensa activa: ambos miembros de la pareja intervienen, DC = defensa colectiva, DET= desarrollo embrionario temprano, DEA= desarrollo embrionario avanzado.

Las dos defensas activas, en las que participó un solo individuo, fueron realizadas por machos, con 1 y 4 vuelos de ataque directo. En las defensas activas en las que ambos participaron, los machos realizaron el mayor número de vuelos de ataque directo por defensa (media = 3,75, DE= 6,18, n = 8) en comparación con las hembras (media = 1,75, DE=0,89, n = 8). En las dos defensas colectivas, además de la pareja propietaria de nido, participaron dos parejas vecinas que ejecutaron vuelos en círculo sobre el estímulo. La pareja propietaria de la nidada fue la única que realizó vuelos de ataque directo a estímulos próximos al nido, 20 vuelos ante humano y cinco ante jinete. Todas las parejas marcadas tuvieron parejas vecinas alrededor de su territorio, que tuvo un

tamaño promedio de 6.389,23 m² (DE = 2911,02, n = 28). La distancia promedio entre nidos cercanos simultáneamente activos fue de 81,03 m (DE = 27,18, n = 23).

Tipo de defensa, desarrollo embrionario y estímulos próximos

La prueba de razón de verosimilitudes entre los dos MLGM explorados (con y sin interacción entre los factores) indica que no hay diferencia entre los modelos ($X^2 = 3,1371$, $gl = 2$, $p = 0,2083$). Los criterios de verosimilitud penalizada AIC y BIC, sugieren al modelo sin interacción como el de mejor ajuste (AIC = 60,366 vs 61,229 y BIC = 71,082 vs 76,231 modelo sin vs. con interacción; respectivamente). La respuesta conductual de las parejas varió con el estado de desarrollo embrionario de la nidada (figura 2b), pero no con el tipo de estímulo próximo (MLGM: Desarrollo embrionario $X^2 = 6,404$, $gl = 1$, $p = 0,011$; Estimulo $X^2 = 2,615$, $gl = 2$, $p = 0,270$) (figura 3). Este modelo indica que los Pellares disminuyen la defensa pasiva de la nidada con el avance del desarrollo embrionario mientras que la defensa activa se incrementa (figura 2b).



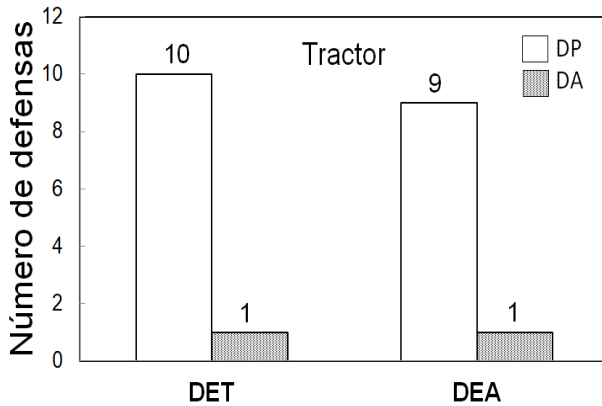


Figura 3. Conducta de defensa de nidada del Pellar ante estímulos próximos al nido en los estados de desarrollo embrionario temprano (DET) y avanzado (DEA) en el departamento del Valle del Cauca, Colombia. DP=defensa pasiva, DA=defensa activa.

Distancia, desarrollo embrionario y estímulos próximos

La prueba de razón de verosimilitud entre los dos Modelos Lineales Mixtos Generados con interacción para evaluar la estructura de varianza, indica que el modelo presenta un patrón heterogéneo debido al estímulo (Razón de verosimilitud = 8,1752, $p = 0,0168$). Al comparar los modelos de varianzas heterogéneas con y sin interacción de factores, se sugiere el modelo con interacción, como el de mejor ajuste según criterios de verosimilitud penalizada (AIC = 525,218 vs. 516,197 y BIC = 541,838 vs. 536,627 modelo sin vs. con interacción; respectivamente). Se encontró que sólo la naturaleza del estímulo próximo afecta la distancia a la que el ave se aleja del nido (umbral) (MLM: Estímulo $X^2 = 34,936$, $gl = 2$, $p = 0,001$; Desarrollo embrionario $X^2 = 0,471$, $gl = 1$, $p = 0,492$; Estímulo-Desarrollo embrionario ($X^2 = 0,262$, $gl = 2$, $p = 0,877$). La distancia a la cual el ave abandona el nido frente al tractor es significativamente menor que ante los otros dos estímulos y, la distancia de respuesta de los Pellares ante el jinete y el humano es estadísticamente similar, según la prueba de comparación múltiple de Tukey (tabla 1, figuras 4 y 5).

Éxito reproductivo

Se registraron 59 huevos en 21 nidos (21 parejas evaluadas) de los cuales 27 (45,76 %) eclosionaron. Las parejas que respondieron siempre de manera pasiva tuvieron el mismo éxito reproductivo que aquellas parejas que presentaron al menos una defensa activa dentro de su conjunto de defensas de nidada (Prueba U de Mann-Whitney, $U = 126$, $p = 0,69$). De 12 parejas pasivas en su defensa, el 58,3 % tuvo huevos que

llegaron al momento de la eclosión, con un promedio de 2,57 huevos/nido. De siete parejas con defensa activa, el 55,56 % presentaron supervivencia de huevos hasta la eclosión, con promedio de tres huevos/nido. Tampoco hubo relación entre el tamaño de nidada y la intensidad de la respuesta manifestada por los adultos (Prueba U de Mann-Whitney, $U = 139,5$, $p = 0,62$).

Tabla 1. Prueba de Tukey para la comparación de la distancia a la cual el adulto abandona el nido ante los estímulos, H=humano, T=tractor y J=jinete, en Colombia.

Estímulo	Diferencia estimada	Error estándar	Gl	Estadístico de Tukey	P
H-J	11,772	6,421	38	1,833	0,172
H-T	26,295	4,772	38	5,510	<0,0001
J-T	14,522	5,076	38	2,861	0,0183

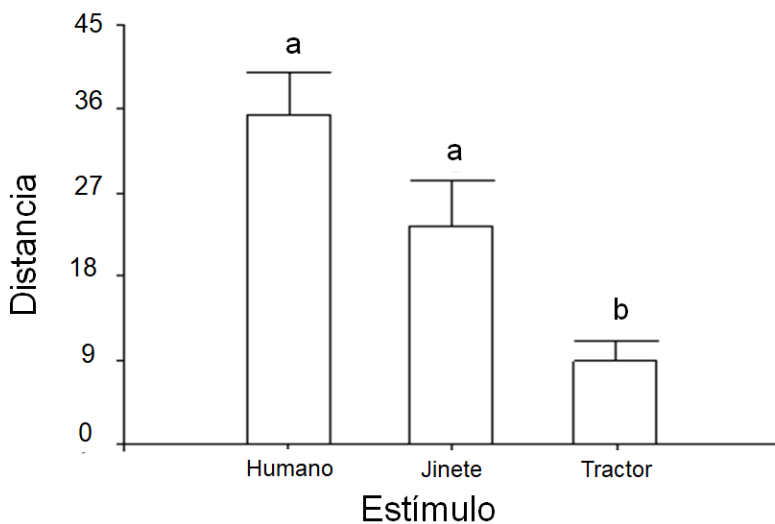


Figura 4. Conducta de defensa de nidada del Pellar ante estímulos próximos al nido en los estados de desarrollo embrionario temprano (DET) y avanzado (DEA) en el departamento del Valle del Cauca, Colombia. DP=defensa pasiva, DA=defensa activa.



Figura 5. Comportamiento y distancia de adulto reproductivamente activo ante la proximidad del estímulo. Tractor pasa a 0,5 m del nido y el adulto no interrumpe la incubación pese a la proximidad del estímulo en el departamento del Valle del Cauca, Colombia. Flecha indica posición del adulto incubando.

Discusión

La respuesta de defensa de nido manifestada por el Pellar es principalmente pasiva, la cual disminuye con el avance del desarrollo embrionario a medida que la defensa activa se incrementa. Existe respuesta diferencial según el estímulo próximo al nido y hay mayor tolerancia del tractor en la vecindad del nido que ante los estímulos jinete y humano, lo cual sugiere discriminación entre estos. El Pellar efectúa defensas activas tanto individuales como en pareja, en las que el macho es quien tiene mayor participación que la hembra, triplicando el número de vuelos de ataque directo al depredador.

La conducta de defensa de nidada en Pellares varía con el estado de desarrollo embrionario probablemente por las diferencias en expectativas futuras de los padres en las dos situaciones (Royle, Smiseth & Kölliker, 2012). Según Trivers (1972), la inversión paterna varía en función de las posibilidades de éxito del actual intento reproductivo y de la proporción costo/beneficio esperado de la presente reproducción versus las posibilidades de re-anidamiento futuro. Se tiene evidencia del incremento de la defensa de la nidada a lo largo del período de anidamiento en algunas especies al igual que en el Pellar (Anderson et al., 1980; Greig-Smith, 1980; Biermann &

Robertson, 1983; Shields, 1984; Galeotti, Tavecchia & Bonneti, 2000; Carrillo & Aparicio, 2001; Pavel & Bures, 2001).

La conducta de defensa pasiva de la nidada se manifiesta con mayor frecuencia en estado de desarrollo embrionario temprano. En ella están incluidos algunos casos (ocho de 51 que hubo en total) en los que la respuesta del ave fue permanecer inmóvil en el nido y sin vocalizar ante el riesgo potencial. La defensa pasiva es una respuesta no tan costosa energéticamente para su ejecución y puede traer beneficios para la pareja, al estar apoyada con estrategias conductuales de disuasión del depredador. Gallegos (1984), Walters (1990), Naranjo (1991) y Piersma & Wiersma (1996); reportan conductas no tan demandantes energéticamente como “incubación falsa y “ala rota” dentro de su repertorio de disuasión. Si la pareja sólo responde de manera pasiva y por ello sus huevos/polluelos son depredados, es posible que sea menos costoso producir una nidada de reemplazo al inicio de la temporada reproductiva que correr un alto riesgo de supervivencia, al responder agresivamente al estímulo de depredación. Otra de las características, que puede otorgar una ventaja adaptativa a la conducta pasiva, es la presencia de patrones de coloración críptica en huevos y polluelos, que dificultan su detección en potreros con y sin vegetación (Piersma & Wiersma, 1996; Hilty & Brown, 2001).

La defensa activa de la nidada es un comportamiento que, si bien protege y aumenta la supervivencia de los huevos o descendientes (Anderson et al., 1980; Greig-Smith, 1980; Blancher & Robertson, 1982; Parish & Coulson, 1998; Macedo, Karubian & Webster, 2008; Saracura, Macedo & Blomqvist, 2008), también implica la inversión de tiempo, energía y riesgo de daño corporal para el individuo que lo ejecuta (Denson, 1979; Wittenberg, 1981; Brunton, 1986; Alcock, 1989; Sordahl, 1990). Myers (1978), por ejemplo, documentó la captura de un Pellar por parte del Guaraguaco común (*Polyborus plancus*) mientras efectuaba defensa colectiva de nidada con otros cinco individuos. En este estudio, la intensidad de la defensa aumentó con el desarrollo embrionario significativamente, pero en ninguno de los casos la defensa activa sobrepasó a la pasiva. Esto evidencia el incremento de la inversión paternal en el esfuerzo reproductivo actual sin comprometer la supervivencia futura del adulto, como lo propone Davies et al. (2012).

En los Pellarres, la distancia a la cual el ave se aleja del nido cuando se aproxima el tractor es menor que cuando se aproxima un humano o un jinete. La respuesta que manifiesta la especie va a depender de la habituación anterior, en términos evolutivos, a los estímulos a los que está siendo sometida y al riesgo que representa en relación con los beneficios de una reproducción futura (Davies et al., 2012). En la Gaviota Occidental (*Larus occidentalis*), se demostró que la variación del disturbio humano afecta la distancia a la cual el ave inicia el vuelo para alejarse del depredador potencial (Wittenberg, 1981; Webb & Blumstein, 2005). El tractor parece ser un estímulo para el cual se tiene

habitación por experiencias previas; en la zona de estudio se presentan diferentes usos del suelo, como bosque natural, sistema silvopastoril y cultivos orgánicos de caña de azúcar, en los que se emplean con frecuencia herramientas agrícolas propias para tales fines y con las cuales los Pellares interactúan tanto visual como acústicamente. Además, si se tiene en cuenta que, en el Pellar, según Walters (1990), existe reconocimiento visual de estímulos en el hábitat, la figura humana sería menos reconocible dentro del tractor que en cualquiera de las otras dos opciones experimentales, lo cual contribuye a explicar la diferencia entre los umbrales de respuesta (distancia) ante el estímulo tractor vs. jinete y humano a pie.

Para estímulos potencialmente riesgosos para la nidada pero que normalmente se encontraron en el hábitat y que se aproximaron de manera no controlada al nido, se presenciaron respuestas conductuales no manifestadas con los estímulos planeados en este trabajo. Para ungulados como vacas, obesos y caballos la conducta estuvo centrada en señalización visual y, ante su aproximación, se levantaron del suelo, expusieron las zonas blancas del plumaje ubicadas en las rectrices y las alas y emitieron vocalizaciones estridentes. Con ello lograron que cambiaran la trayectoria de su desplazamiento y no afectaran la nidada por aplastamiento. Ante humanos y perros, el adulto que se encontraba incubando siempre respondió de manera más activa y agresiva; se alejó del nido y ejecutó vuelos de ataque directo contra el depredador potencial emitiendo fuertes vocalizaciones. La diferencia en respuesta comportamental insinúa un reconocimiento (visual) de estímulos en el hábitat, como lo documentan Walters (1990) y otros autores con varias especies que ejecutan comportamientos diferenciales según la clase de depredador (Cully & Ligon, 1976; Chandler & Rose, 1988; Gehlbach & Leverett, 1995; Kleindorfer, Fessl & Hoi, 2005).

El éxito reproductivo similar para parejas con diferente intensidad de defensa de nidada sugiere factores adicionales involucrados, tales como intensidad, estrategia de depredación y/o falta de una respuesta evolutiva ante otros depredadores potenciales. Pude registrar, por ejemplo, el ingreso de hormigas en huevos de los Pellares al momento de la eclosión, sin que el adulto respondiera a esta situación. Es conocido que varias especies de hormigas, como *Solenopsis invicta* y *Myrmica rubra*, tienen un impacto negativo en el éxito reproductivo de varias especies de aves y de vertebrados en general (Ridleyhuber, 1982; Kopachena, Buckley & Potts, 2000; Allen, Epperson & Gamerstani, 2004; Campomizzi et al., 2009; Wilcoxon & Rensel, 2009; Defisher & Bonter, 2013). La mayoría de la depredación se atribuyó a desaparición de huevos y polluelos. En una de las revisiones de los nidos, se encontraron dos polluelos recién nacidos con heridas profundas en el dorso y con *Rupornis magnirostris* posado y vocalizando a 15 m sobre el suelo, en un árbol a 8 m de distancia del nido. También se halló un adulto reproductivamente activo y dueño del nido, muerto a 20 cm de este. Los huevos del nido habían desaparecido. Se conoce que en el área de estudio se pueden observar *Didelphis marsupialis* y *Potus flavus*, como potenciales depredadores

para la especie, merodeando en zonas cercanas a los nidos monitoreados.

Por otro lado, es importante determinar a futuro cuál es la tendencia conductual de defensa de la pareja durante todo el período de incubación frente a diversos estímulos próximos y durante épocas reproductivas consecutivas, para poder analizar su relación con el éxito reproductivo en una escala temporal más amplia. El Pellar manifiesta una mayor inversión paternal al final del período de incubación con el incremento en la intensidad de la defensa de la nidada y además reconoce estímulos potencialmente riesgosos para la nidada debido a la variación en distancia a la cual el ave abandona el nido (tractor vs humano-jinete).

Agradecimientos

Agradezco especialmente al Dr. Humberto Álvarez López por su excelente orientación en todas las etapas de esta investigación. Al programa de posgrado de Biología de la Universidad del Valle por su apoyo económico y logístico al proyecto de tesis de M.Sc. de LCB. A la Familia Molina Durán, propietarios de la Reserva Natural El Hatico. A Wilmar Torres y al Dr. Kaspar Delhey por su excelente asesoría estadística y a los evaluadores anónimos por sus invaluable aportes que permitieron enriquecer el manuscrito.

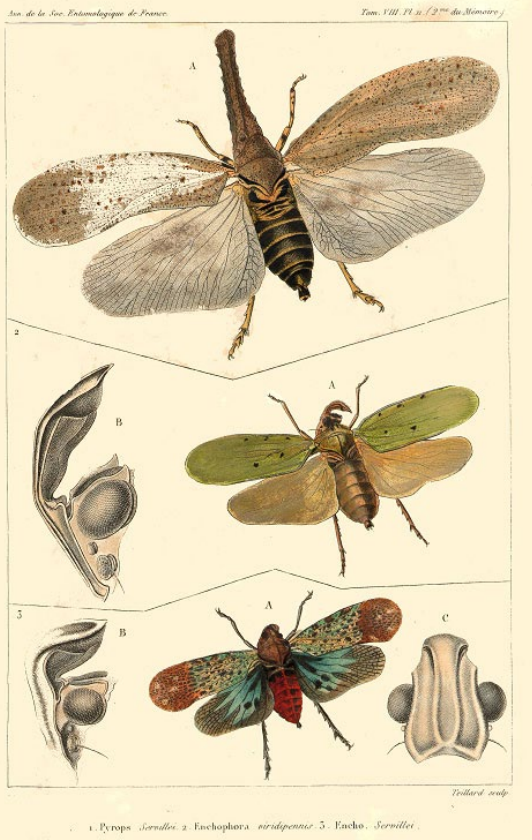
Referencias

- Agresti, A. (2015). *Foundations of Linear and Generalized Linear Models*. New York: Wiley.
- Alcock, J. (1989). *Animal Behavior: An Evolutionary Approach*. Massachusetts: Sinauer Associates, INC.
- Allen, C. R., Epperson, D. M. & Garmestani, A. S. (2004). Red imported fire ant impacts on wildlife: a decade of research. *Am. Midl. Nat.*, 152, 88–103.
- Anderson, M., Wiklund, C. G. & Rundgren, H. (1980). Parental defense of offspring: a model and an example. *Anim. Behav.*, 28, 536–542.
- Barash, D. P. (1975). Evolutionary aspects of parental behavior: distraction behavior of the Alpine accentor. *Wilson Bull.*, 87, 367–373.
- Biermann, G. C. & Robertson, R. J. (1983). Residual reproductive value and parental investment. *Anim. Behav.*, 31, 311–312.
- Blancher, P. J. & Robertson, R. J. (1982). Kingbird aggression: does it deter predation? *Anim. Behav.*, 30, 929–930.
- Brunton, D. H. (1986). Fatal antipredator behavior of a Killdeer. *Wilson Bull.*, 98, 605–607.
- Campomizzi, A. J., Morrison, M. L., Farrell, S. L., Wilkins, R. N., Drees, B. M. & Packard, J. M. (2009). Red imported fire ants can decrease songbird nest survival. *Condor*, 111, 534–537.
- Carrillo, J. & Aparicio, J. M. (2001). Nest defence behaviour of the Eurasian Kestrel (*Falco tinnunculus*) against human predators. *Ethology*, 107, 865–875.
- Chandler, C. R. & Rose, R. (1988). Comparative analysis of the effects of visual and auditory stimuli on avian mobbing behaviour. *J. Field Ornithol.*, 59, 269–277.
- Coleman, R. M., Gross, M. R. & Sargent, R. C. (1985). Parental investment decision rules: a test in Bluegill Sunfish. *Behav. Ecol. Sociobiol.*, 18, 59–66.
- Cruz-Bernate, L., Riascos, Y. & Barreto, G. (2013). Dimorfismo sexual y determinación del sexo con DNA en el Pellar Común (*Vanellus chilensis*). *Ornitol. Neotrop.*, 24, 433–444.
- Cully, J. F. JR. & Ligon, J. D. (1976). Comparative mobbing behavior of Scrub and Mexican Jays. *Auk*, 93, 116–125.
- Curio, E., Ernest, U. & Vieth, W. (1978). Cultural transmission of enemy recognition: one function of mobbing. *Science*, 202, 899–901.
- Davies, N. B., Krebs, J. R. & West, S. A. (2012). *An Introduction to Behavioural Ecology*. Oxford: Wiley Blackwell.
- Dawkins, R. & Brockmann, H. J. (1980). Do digger wasps commit the Concorde fallacy? *Anim. Behav.*, 28, 892–896.
- Defisher, L. E. & Bonter, D. N. (2013). Effects of invasive European Fire Ants (*Myrmica rubra*) on Herring Gull (*Larus argentatus*) reproduction. *PLoS One*, 8, e64185. DOI: 10.1371/journal.pone.0064185.
- Piersma, T. & Wiersma, P. (1996). Family Charadriidae (plovers). In J. del Hoyo, A. Elliot. & J. Sargatal. (Eds), *Handbook of the birds of the world* (pp. 384–442). Barcelona, España: Lynx ediciones.
- Denson, R. D. (1979). Owl predation on a mobbing crow. *Wilson Bull.*, 91, 133.
- Ellegren, H. (1996). First gene on the avian W chromosome (CHD) provides a tag for universal sexing of non-ratite birds. *Proc. R.*

- Soc. Lond. Ser. B* 263, 1635–1641.
- Espinal, L. S. (1967). *Apuntes sobre Ecología Colombiana*. Cali, Colombia: Universidad del Valle.
- Frankenberg, E. (1981). The adaptive significance of avian mobbing: IV. "Alerting others" and "perception advertisement" in blackbirds facing an owl. *Z. Tierpsychol.*, 55, 97–118.
- Flaskamp, A. (1994). The adaptive significance of avian mobbing. V. An experimental test of the 'move on' hypothesis. *Ethology*, 96, 322–333.
- Fridolfsson, A. & Ellegren, H. (1999). A simple and universal method for molecular sexing of non-ratite birds. *J. Avian Biol.*, 30, 116–121.
- Galeotti, P., Tavecchia, G. & Bonetti, A. (2000). Parental defence in Long-eared owl *Asio otus*: effects of breeding stage, parent sex and human persecution. *J. Avian Biol.*, 31, 431–440.
- Gallegos, D. (1984). Aspectos de la biología reproductiva del Tero Común *Vanellus chilensis* (Gmelin). I: Comportamiento y territorialidad. *Hornero*, 12, 150–155.
- Gehlbach, F. R. & Levereit, J. S. (1995). Mobbing of Eastern Screech Owls: predatory cues, risk to mobbers and degree of threat. *Condor*, 97, 831–834.
- Griesser, M. & Ekman, J. (2005). Nepotistic mobbing behaviour in the Siberian Jay, *Perisoreus infaustus*. *Anim. Behav.* 69, 345–352.
- Greig-Smith, P. W. (1980). Parental investment in nest defence by Stonechats (*Saxicola torquata*). *Anim. Behav.* 28, 604–619.
- Gottfried, B. M. (1979). Anti-predator aggression in birds nesting in old field habitats: an experimental analysis. *Condor*, 81, 251–257.
- Hilty, S. L. & Brown, W. L. (2001). *Guía de las Aves de Colombia*. Bogotá, Colombia: American Bird Conservancy.
- IDEAM. (2005). *Datos Meteorológicos del Estación 26055070*. Cali, Colombia: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- Kleindorfer, S., Fessl, B. & Hoi, H. (2005). Avian nest defence behaviour: assessment in relation to predator distance and type, and nest height. *Anim. Behav.*, 69, 307–313.
- Knight, R. & Temple, S. A. (1986). Why does intensity of avian nest defense increase during the nesting cycle? *Auk*, 103, 318–327.
- Kopachena, J. G., Buckley, A. J. & Potts, G. A. (2000). Effects of the red imported Fire Ant (*Solenopsis invicta*) on reproductive success of Barn Swallows (*Hirundo rustica*) in northeast Texas. *Southwest. Nat.*, 45, 477–482.
- Lavery, R. J. & Keenleyside, M. H. A. (1990). Parental investment of a biparental cichlid fish, *Cichlasoma nigrofasciatum*, in relation to brood size and past investment. *Anim. Behav.* 40, 1128–1137.
- Macedo, R. H., Karubian, J. & Webster, M. S. (2008). Extrapair paternity and sexual selection in socially monogamous birds: are tropical birds different? *Auk*, 125, 769–777.
- Mena-Valenzuela, P. (2018). Comportamiento y reproducción de *Vanellus chilensis* (Charadriidae) en Imbabura, Ecuador. *Biota Col.*, 19 (2), 105–116.
- Myers, J. P. (1978). One deleterious effect of mobbing in the Southern Lapwing (*Vanellus chilensis*). *Auk*, 95, 419–420.
- Naranjo, L. G. (1991). Notes on reproduction of the Southern Lapwing in Colombia. *Ornitol. Neotrop.*, 2, 95–96.
- Parish, M. B. & Coulson, J. C. (1998). Parental investment, reproductive success and polygyny in the lapwing, *Vanellus vanellus*. *Anim. Behav.*, 56, 1161–1167.
- Pavel, V. & Bures, S. (2001). Offspring age and nest defence: test of the feedback hypothesis in the meadow pipit. *Anim. Behav.*, 61, 297–303.
- RCORE TEAM. (2018). *A language and environment for statistical computing*. Recovered from <http://www.Rproject.org>.
- Ridleyhuber, K. T. (1982). Fire ant predation on Wood Duck ducklings and piped eggs. *Southwest. Nat.*, 27, 222.
- Royle, N. J., Smiseth, P. T. & Kölliker, M. (2012). *The Evolution of Parental Care*. Oxford: Oxford University Press.
- Santos, E. S. A. (2009). Biología reproductiva de *Vanellus chilensis* (Aves: Charadriidae): Porque reproduzir em grupo? [dissertação de mestrado]. Universidad de Brasília, Brasília, Brasil.
- Saracura, V., Macedo, R. H. & Blomqvist, D. (2008). Genetic parentage and variable social structure in breeding Southern Lapwings. *Condor*, 110, 554–558.
- Shields, W. M. (1984). Barn Swallow mobbing: self-defence, collateral kin defence, or parental care?. *Anim. Behav.* 32, 132–148.
- Sordahl, T. A. (1990). The risks of avian mobbing and distraction behavior: an anecdotal review. *Wilson Bull.*, 102, 349–352.
- Trivers, R. L. (1972). Parental investment and sexual selection. In Campbell. (Ed), *Sexual selection and the descent of man* (pp. 136–179). Chicago, United States of America: Aldine Publishing Company.
- Walters, J. R. (1982). Parental behavior in Lapwings (Charadriidae) and its relationships with clutch sizes and mating systems. *Evolution*, 36, 1030–1040.
- Walters, J. R. (1990). Anti-depredatory behavior of Lapwings: Field evidence of discriminative abilities. *Wilson Bull.* 102, 49–70.
- Webb, N. V. & Blumstein, D. T. (2005). Variation in human disturbance differentially affects predation risk assessment in Western Gulls. *Condor*, 107, 178–181.
- Wilcoxon, T. E. & Rensel, M. A. (2009). Invasive Fire Ants depredate nest of Florida Scrub-Jay. *Wilson J. Ornithol.*, 121, 846–847.
- Wittenberg, J. F. (1981). *Animal Social Behavior*. Belmont: Wadsworth, INC.
- Zar, J. H. (2010). *Biostatistical Analysis*. Ciudad: Pearson Education, Inc., Upper Saddle River.

ZOOLOGÍA INVERTEBRADOS

Invertebrate Zoology



2

3

Parámetros poblacionales y descripción de los instares ninfales de *Protortonia ecuadorensis* (Hemiptera: Monophlebidae)

Jonathan Salomon Igua M.¹, Daniel Eduardo Sánchez A.², John Wilson Martínez O.³

Resumen


En Hemiptera, el infraorden Coccoomorpha es considerado un taxón con gran potencial invasivo. En este contexto, se han observado infestaciones de *Protortonia ecuadorensis* (Hemiptera: Monophlebidae) sobre hospedantes arbóreos neotropicales de alto valor económico y ambiental en el área urbana de Tunja (Boyacá, Colombia).


Objetivo. En el presente trabajo se analizaron algunos aspectos biológicos de esta especie, registrando atributos de su ciclo de vida, factores de mortalidad-fecundidad y descripción de sus instares ninfales en la zona de estudio. **Metodología.** El trabajo se realizó en condiciones de casa malla y laboratorio. Por una parte, ninfas de *P. ecuadorensis* provenientes de campo se establecieron y observaron sobre esquejes de *S. humboldtiana* en una estructura de madera, plástico y polisombra de 3,8 m³ bajo casa malla. Por otro lado, 120 huevos obtenidos se acondicionaron en laboratorio en recipientes de polipropileno, provistos con algodón, realizando observaciones y toma semanal de datos hasta la obtención de adultos. **Resultados.** A partir de las ninfas colectadas en campo, se registró un ciclo de vida univoltino de 301,8 ± 40,5 días (14,5°C; H.R: 72,5%; Fotoperiodo 12 horas), pasando por tres instares ninfales de 283,6 ± 32,4 días y longevidad estimada en 18,2 ± 8,1 días. El índice de mortalidad específico (q_x) calculado en la tabla de vida, se estimó para huevo en 0,24; ninfa I 0,17; ninfa II 0,47 y ninfa III 0,83. La tasa intrínseca de crecimiento per cápita ($r = -0,63 < 0$), al igual que el índice reproductivo neto R_0 (0,798 < 1) indican una posible diapausa bajo condiciones de casa malla. **Conclusión.** De acuerdo con las curvas de supervivencia l_x halladas en ninfa III (0,19) y hembra adulta (0,03), se recomienda aplicar agentes de control en estas etapas de mayor susceptibilidad.

Palabras clave: escamas, coccoidea, ninfas, desarrollo biológico.

* FR: 9-IX-2019. FA: 23-IX-2019.

¹ Lic. Ciencias Naturales y Educación Ambiental, Grupo Manejo Biológico de Cultivos, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Boyacá, Colombia, jonathan.igua@uptc.edu.co  0000-0002-4233-7088

² Biólogo, Estudiante de Maestría, Universidad de Guadalajara danielsanchez.bio@gmail.com  0000-0001-9157-2941

³ M.Sc. Ciencias Agrarias énfasis Entomología, Grupo Manejo Biológico de Cultivos, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Boyacá, Colombia, john.martinez@uptc.edu.co  0000-0002-5742-8062



CÓMO CITAR:

IGUA M, J.S., SÁNCHEZ A. D.E., MARTINEZ O. J.W., (2020).- Parámetros poblacionales y descripción de los instares ninfales de *Protortonia ecuadorensis* (Hemiptera: Monophlebidae). *Bol. Cient. MusHist. Nat. U. de Caldas*, 24 (1): 121-134. DOI: 10.17151/bccm.2020.24.1.8



Population parameters and nymphaea instars description of *Protortonia ecuadorensis* (Hemiptera: Monophlebidae)

Abstract

In Hemiptera, Cocomorpha infraorder is considered a taxon with a high invasive potential. Regarding with this, the *Protortonia ecuadorensis* scale has been observed infesting neotropical arboreal hosts of high economic and environmental value at the urban area of Tunja (Boyacá, Colombia). **Objective.** In this work some biological features of this scale specie were analyzed and observed, recording specific life cycle attributes, such as population dynamics, mortality-fecundity factors and a description of their nymphal instars in the studied place. **Methodology.** The work was conducted under a mesh house and laboratory conditions. In one hand, nymphs from the field were established on *S. humboldtiana* cuttings located in a 3,8 m³ wood, plastic and mesh structure into a mesh house. On the other hand, 120 eggs were conditioned in polipropilene dishes with wood. Weekly observations and data collection were done until adult emergence. **Results.** From the nymphs collected in the field, a 301,8 ± 40,5 days univoltine life cycle was registered (14.5°C, RH: 72.5; 12 hours photoperiod), with three nymphal stages of 283,6 ± 32,4 days and 18,2 ± 8,1 days estimated longevity. The specific mortality rate (q_x) calculated in the life table by cohorts, was estimated for egg in 0.24; nymph I 0,17, nymph II 0,47 and nymph III 0,83. The intrinsic *per capite* growth rate ($r = -0,63 < 0$), as well as the net reproductive index R_0 (0,798 < 1) indicate a possible diapause under hoop house. **Conclusion.** According to the survival curves (lx) found in nymph III (0,19) and adult female (0,03), the application of control agents in these susceptible stages is recommended.

Key words: scales, coccoidea, nymphs. biological development.

INTRODUCCIÓN

Muchas especies animales poseen diversos mecanismos de adaptación, a tal punto de comportarse como plagas de tipo invasor, con impactos negativos ya sea en sistemas agrícolas, urbanos o en áreas de protección ambiental (Baptiste & Munera, 2010). Hoy por hoy, dichas especies son la segunda causa de extinción de biodiversidad a nivel mundial, dado que constituyen un detrimento sobre los organismos nativos (Mcneely *et al.*, 2001); también, las especies invasoras generan “tensión” directa, con otras especies, compitiendo por recursos o generando una alteración en los ciclos tróficos (Baptiste & Munera, 2010; Capdevila, Iglesias, Orejuela & Zilleti, 2006). Entre los insectos que pueden invadir ambientes modificados por el hombre, se destacan las cochinillas

o escamas (Hemiptera: Sternorrhyncha), organismos ectoparasitarios que ocasionan daños fisiopatológicos sobre sus hospederos vegetales (Gullan & Martin, 2009).

Las escamas, pertenecen al suborden Sternorrhyncha, que alberga al menos 16000 especies descritas, divididas en cuatro grandes grupos fitófagos: superfamilia Psylloidea (psiloides o pulgones saltadores), Aphidoidea (áfidos), Aleyrodoidea (moscas blancas) y Coccoidea (escamas o cochinillas) (Gullan & Martin, 2009). Esta última superfamilia Coccoidea abarca cerca de 8000 especies distribuidas en 32 familias actuales (Gullan & Cook, 2007) y 43-49 incluyendo las familias extintas (Hodgson & Hardy, 2013; Simón & Zyla, 2015).

Monophlebidae, una de las familias de coccoidea, tiene relevancia en agricultura, puesto que alberga plagas de interés económico como *Drosicha mangiferae* Stebbing, conocida como una plaga voraz del mango en la India; *Icerya purchasi* Maskell, *I. aegyptiaca* Douglas e *I. seychellarum* Maskell, que atacan innumerables hospederos forestales y cítricos en el mundo; *Protortonia navesi* Fonseca, que ataca tubérculos de yuca en Brasil (Oliveira, Frizzas, Fialho & Gullan, 2008) e *I. imperatae* Rao, que en el pacífico ataca varias herbáceas (Williams & Gullan, 2008).

En el contexto nacional, las escamas han sido poco exploradas. Reportes de la década de 1950 indican la presencia de *Icerya sp.*, en la sabana de Bogotá, a consecuencia de brotes de esta especie en sectores aledaños por introducción de acacias con fines estéticos (Valenzuela, 1993). Se estima, para Colombia alrededor de 216 especies de Coccoidea (Ramos & Serna, 2016) con más de 50 especies catalogadas nativas y varias registradas como plagas en hospedantes de importancia agrícola. Dentro de la familia Monophlebidae se encuentran las especies *Crypticerya abrahami* Newstead, *C. brasiliensis* Hempel, *C. genistae* Hempel, *C. montserratensis* Riley & Howard, *C. zeteki* Cockerell, e *I. seychellarum* Westwood; que se caracterizan por ser polífagas, afectando plantas de importancia económica en nuestro país (Kondo, Ramo-Portilla, Peronti & Gullan, 2016). En esta misma familia se destaca *Crypticerya multicitricifera* Kondo & Unruh, reportada como plaga del arbolado urbano de Cali (Kondo, 2016) que también ha logrado establecerse en la isla de San Andrés, afectando palmas, árboles leguminosos y frutales (Kondo, Barrera, Quintero & Belline, 2014). Por otro lado, *Laurencella colombiana* (Foldi, 2001), es considerada una potencial plaga de *Persea americana* Mill (Gil, Posada, Pérez & Cárdenas, 2007).

Protortonia es un género monofilético neotropical, restringido a México, el caribe, América central y del sur; en donde se registran las especies *P. azteca* y *P. primitiva* de México, *P. cacti* de Puerto Rico, *P. crotonis* de las Antillas Holandesas, *P. ecuadorensis* de Ecuador y Colombia, *P. navesi* de Brasil y una nueva especie, *P. querneana* sp. nov. de Costa Rica (Williams & Gullan, 2008).

Recientemente se ha evidenciado en la ciudad de Tunja un incremento poblacional de *P. ecuadorensis* sobre árboles con distribución neotropical, involucrando a especies importantes como *Retrophyllum rospigliosii* (Pilg. C.N. Page, 1989) (Pinales: Podocarpaceae), conífera nativa de Colombia presente en la lista de especies amenazadas (Gardner & Thomas, 2013), y *Salix humboldtiana* Willd (Malpighiales: Salicaceae), del cual se extrae el ácido acetil salicílico y es una especie de alto interés en programas de restauración ecológica en ecosistemas primarios (Meli & Carrasco, 2011). Asimismo, *P. ecuadorensis* se presenta en otras especies de interés ecológico que están siendo implementadas en la arborización urbana en municipios del altiplano cundiboyacense y que prestan servicios ecosistémicos como barrera rompe-vientos, cercas vivas, disminución de la compactación del suelo y de la erosión como *Lafoesia acuminata* (Lythraceae), *Schinus molle* (Anacardiaceae), *Escallonia pendula* (Escalloniaceae), *Croton magdalenensis* (Euphorbiaceae), *Retrophyllum rospigliosii* (Podocarpaceae), *Inga sp.* (Fabaceae), *Trichanthera gigantea* (Acanthaceae), *Tecoma stans* (Bignoniaceae) y *Ficus soatensis* (Moraceae).

En un análisis preliminar realizado en el campus de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia en Tunja, y mediante muestreo en 15 sitios al azar, se evidenció un detrimento en el área foliar de las especies forestales arriba mencionadas, indicando una pérdida de foliolos cercana al 50 % en las plantas afectadas, en comparación con las plantas sanas y presencia del insecto en etapas de desarrollo de II y III estadio ninfal (datos sin publicar) evidenciando el impacto negativo de *P. ecuadorensis* en la zona.

Estudios demográficos como tablas de vida, ciclos biológicos y su relación con el ambiente, han resultado ser herramientas muy útiles en el Manejo Integrado de Plagas (MIP), pues permiten tomar decisiones sobre el potencial de establecimiento, impactos y posibles estrategias para su control (Kondo, López & Quintero, 2010). Bajo estas premisas, esta investigación tuvo como propósito establecer parámetros poblacionales y describir los instares ninfales de *Protortonia ecuadorensis* Foldi bajo condiciones de casa malla, de una población experimental. Los valores hallados, sumados a la descripción del ciclo de vida, permitieron una aproximación a la biología de esta cochinilla, con el fin de proponer puntos de inflexión en donde la especie puede llegar a ser más susceptible ante el uso de agentes de control.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en el campus de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (U.P.T.C) ubicado en Tunja, Boyacá (Colombia) (05°33'051"N 73°21'30"O) a 2710 msnm, en el laboratorio y casa malla del Grupo de Investigación Manejo Biológico de Cultivos (GMBC).

El ciclo de vida de *P. ecuadorensis* se monitoreó desde abril de 2015 a mayo de 2016 bajo condiciones de casa malla (Temperatura media: $14,12 \pm 4,95^\circ\text{C}$; H.R: $72,27 \pm 6,48 \%$ y Fotoperiodo de 12 horas), confinando el material en una jaula cúbica de tela (Barrios, Cuchimba & Bustillo, 2015).

Seguimiento al ciclo de vida

Se colectaron aleatoriamente 10 ovisacos de *P. ecuadorensis* sobre hospedantes de *S. humboldtiana* muestreando en el campus un área aproximada de 3000 m². Estos se llevaron al laboratorio y se depositaron en cajas de Petri previamente esterilizadas, seleccionando el ovisaco de mejor aspecto y volumen. De allí se tomó una población de 200 huevos que fueron transferidos a recipientes de polipropileno con ayuda de un pincel y un estereoscopio Euromex-Holland.

La población se disgregó en conglomerados de 20 huevos en 6 compartimientos, para una población total (N) de 120 individuos, número suficiente para mantener la población (Barrios *et al.*, 2015). Los huevos se acondicionaron en recipientes de polipropileno de 10 onzas, provistos con algodón para simular las condiciones ofrecidas por el ovisaco, así como para estimular el desarrollo de los órganos locomotores, importantes en el instar ninfal I (crawlers). En este periodo, se evaluó la eficiencia de eclosión.

Para el establecimiento de las ninfas en plantas de *S. humboldtiana*, se elaboró previamente una estructura de 3,8 m³, cubierta con plástico de invernadero en los laterales y en la sección superior con polisombra calibre 35 (Barrios *et al.*, 2015), la cual se ubicó en la casa malla. Dentro de esta estructura, se introdujeron diez esquejes de *S. humboldtiana*, de los cuales se seleccionaron los mejor desarrollados, destinados así: dos para ubicar las ninfas de los conglomerados previamente seleccionados; dos para observar patrones de emigración o inmigración y dos para colectar material biológico necesario en la identificación de estadios de desarrollo postembrionario, para un total de seis plantas en observación. Los hospedantes tenían entre 60 a 80 cm de altura y 4-5 meses de edad, siendo ubicados en bolsas de encapachar de 30 cm de alto por 15 cm de diámetro.

Previamente a la infestación con las ninfas de *P. ecuadorensis*, se realizó limpieza a las plantas con agua a presión para eliminar cualquier individuo adherido o contaminante no deseado. Las ninfas obtenidas en laboratorio se colocaron en el tallo principal con pincel número cero, ofreciéndoles condiciones ambientales favorables que permitieran su establecimiento y posterior observación.

Una vez establecida la cohorte, se realizaron dos conteos por semana durante un año, donde se registró el número de individuos sobrevivientes a la edad x a $x+1$, haciendo un seguimiento minucioso a la reducción de la población (N) en los instares ninfales y luego adultos. La información se analizó implementando estadística descriptiva.

Parámetros poblacionales

Estos se obtuvieron a través del seguimiento al ciclo de vida y elaboración de la respectiva tabla de vida, durante una generación o cohorte de *P. ecuadorensis*, donde se registró: n_x , número de sobrevivientes en el intervalo de edad x ; d_x , número de individuos que mueren entre las edades x a $x+1$; q_x , índice de mortalidad entre x a $x+1$; l_x , índice de supervivencia a la edad x ; m_x , número de progenie: individuos producidos por cada hembra a la edad x y R_o , Índice reproductivo neto (Benavides, 1995; Barrios *et al.* 2015). Los parámetros anteriores fueron tomados iniciando con un N de 120 (huevos), divididos en unidades experimentales de 20 individuos, realizando seguimiento semanal hasta la obtención de los individuos adultos. Los datos se tabularon y procesaron mediante el programa Microsoft® Excel 2013.

Material examinado

Protortonia ecuadorensis. Ocho láminas de montaje. 2♀ (dorsal/ventral) y 6 ninfas, indeterminado (ninfa: I, II, III. dorsal/ventral) COLOMBIA. Boyacá. Tunja. Campus Uptc. 2715m. Implementación de medios de montaje para identificar especies de Coccoidea (Kozarzhevskaya, 1968). 11-Jun-2015 (Ninfa 1); 25-Ago-2015 (Ninfa II); 17-Dic-2015 (Ninfa 3); 15-Ene-2016 (Hembra adulta). Igua, J. [MHNLGA]. La especie se corroboró con asesoría de Penny J. Gullan, Australian National University experta en Coccoidea, quien revisó el material a través de registros fotográficos enviados.

Morfometría de estados de desarrollo

Se tomaron medidas de largo y ancho sobre huevos, instares ninfales I, II, III y hembra adulta (fase imaginal); asimismo, morfometrías en longitud antenal, número de artejos; coxa, trocánter + fémur, tibia, garra y número de denticulos en miembros posteriores; poros multiloculares del dorso y vientre (loculi internos y externos) caracteres bien definidos en publicaciones sobre este género (Morrison, 1928; Foldi, 2006; Williams & Gullan, 2008).

Se empleó reglilla micrométrica adaptada a microscopio Nikon YS2, cámara Moticam580 - 5MP y programa Motic Images Plus, para observar caracteres morfológicos provistos en epicutículas membranosas, previamente montadas en bálsamo de Canadá, según el método sugerido por Gullan (Kozarzhevskaya, 1968). Asimismo, se hicieron registros fotográficos *in-vivo* de la morfología en las etapas de desarrollo postembrionario soportados mediante morfometría en cada estadio ninfales e imagos, los cuales permitieron la separación de las cohortes analizadas en laboratorio y se documentaron caracteres morfológicos en microscopio electrónico de barrido Carl Zeiss EVO-MAD 10.

Los montajes realizados se depositaron en el Museo de Historia Natural Luis Gonzalo Andrade de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los ovisacos colectados en campo por hembra contenían entre 150 a 250 huevos de coloración rojo intenso (Figura 1A). Los huevos presentaron forma elipsoide u ovalada con $748,8 \pm 0,98\mu\text{m}$ de largo y $425,3 \pm 3,6\mu\text{m}$ de ancho. La superficie del corión presentaba rugosidades y minúsculos canales del contorno oval (Figura 1B), cubiertos por exuberante secreción cerosa (ovisaco), probablemente como aislamiento de temperaturas críticas y ataques por enemigos naturales. Se evidenció la segmentación del huevo por la aparición de una serie de incisiones transversales del corión.

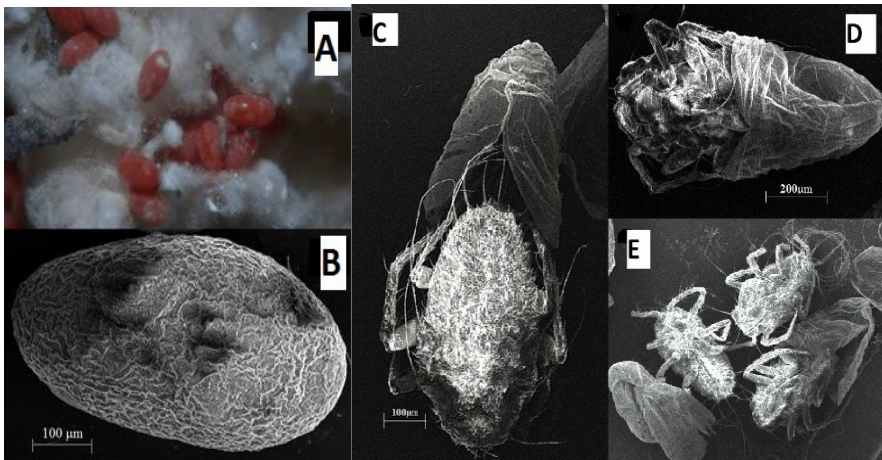


Figura 1. Estados iniciales de desarrollo *P. ecuadorensis*. A. Huevos (25X), B. detalle externo del corión (269X), C. Apertura del corión - dorsal (93X), D. Apertura del corión - ventral (111X), E. Ninfa I recién emergidas (77X).

Estudios con *P. navesi* establecieron posturas por hembra cercanas a 244 huevos (Oliveira *et al.*, 2008), siendo estos registros similares a los observados en *P. ecuadorensis* en el presente estudio. Este nivel de oviposición permite inferir una alta fecundidad en las hembras de *P. ecuadorensis* bajo condiciones *in-situ* con un gran potencial invasivo. La única diferencia existente entre las puestas de *P. navesi* y *P. ecuadorensis* es el sitio de ubicación, que en la primera especie es bajo tierra, mientras que en la segunda son completamente aéreas (Oliveira *et al.*, 2008).

Posteriormente, se verificó la formación completa de los individuos por los movimientos de sus apéndices locomotores (figuras 1C y D). Este primer instar ninfal móvil es llamado gateador (Crawlers) (figura 1E) y es considerado el principal estado de dispersión para Coccoidea (Gullan & Martin, 2009).

Las ninfas sobrevivientes de laboratorio lograron ser transferidas de forma satisfactoria sobre las plantas *S. humboldtiana*, ubicadas en casa malla, permitiendo su establecimiento para el registro del ciclo de vida y la cuantificación de los parámetros poblacionales y biométricos en las diferentes fases ninfales e imaginal de *P. ecuadorensis*.

Ciclo de vida

Los detalles del ciclo de vida se exponen en la tabla 1. La duración total del ciclo de vida de *P. ecuadorensis* fue en promedio de $301,8 \pm 40,5$ días. La fase embrionaria duró alrededor de $56,1 \pm 4,9$ días (figura 2A).

La fase posembrionaria se compone de tres instares ninfales con una duración total de $283,6 \pm 32,4$ días en promedio (figura 2B a 2H). La longevidad de las hembras fue de $18,2 \pm 8,1$ días (figura 2I), considerándose una especie semélpara univoltina (figura 3).

El periodo de incubación desde la ovoposición hasta la apertura del corión tuvo una duración aproximada de 56 días, lo cual contrasta con Schrader (1930), quien registró en *Protortonia primitiva* una duración menor cercana a los 24 días de incubación, esto debido muy probablemente al rango de temperatura mayor ($8-28^{\circ}\text{C}$), al sometido en el presente estudio. Asimismo, Oliveira *et al.* (2008) establecieron en *P. navesi* un periodo de incubación de 24,7 días, con fases de transición muy cortas en comparación con los registros obtenidos aquí con *P. ecuadorensis*, lo cual indica que tanto la temperatura ambiental como los recursos proporcionados son factores importantes en su desarrollo pre y post embrionario de esta cochinilla. Dichos factores determinan el ciclo vital, que en este caso corresponde a un desarrollo postembrionario paurometábolo (Chapman, 1982) distinguible y persistente.

Tabla 1. Duración promedio (\pm Desviación Estándar) en días del ciclo de vida de *P. ecuadorensis* sobre *S. humboldtiana* en condiciones de casa malla en Tunja, Boyacá, Colombia. Temperatura promedio de $14,5^{\circ}\text{C}$ y humedad relativa promedio de 72,5 %.

Estados	N	Media \pm D.E. (Días)	Intervalo (Min-Max)
Huevo	120	$56,1 \pm 4,9$	49 - 63
Ninfa I	53	$61,2 \pm 7,6$	49-70
Ninfa II	44	$69,3 \pm 4,1$	62-73
Ninfa III	23	$97,0 \pm 15,8$	82-120
Total, estado Ninfa		$283,6 \pm 32,4$	
Hembra adulta	4	$18,2 \pm 8,1$	5-27
Total		$301,8 \pm 40,5$	

Fuente: Autores



Figura 2. Ciclo de vida de *P. ecuadorensis*. A. Huevo, B. eclosión, C. ninfa I, D. transición a ninfa II; E. ninfa II sésil, F. transición ninfa III, G. ninfa III con lana serosa; H. transición imaginal; I. hembra adulta. (25X).

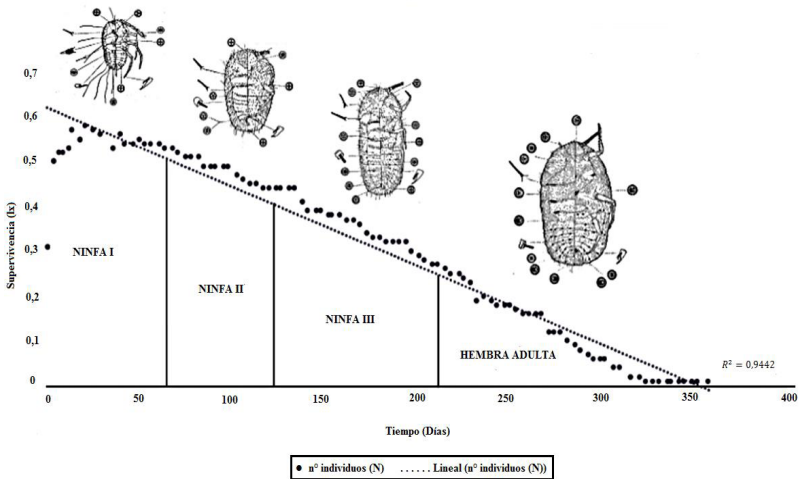


Figura 3. Curva de supervivencia de los diferentes estados de desarrollo de *P. ecuadorensis* alimentada con *S. humboldtiana* en condiciones de casa malla.

Respecto a la duración total de ciclo de vida, los resultados aquí presentados para *P. ecuadorensis* difieren de los hallados para *P. navesi*, en la cual se evidenció un ciclo de $96,0 \pm 1,7$ días desde la ovoposición hasta la senescencia en hembras adultas con condiciones de temperatura y humedad mayores ($25 \pm 2^\circ\text{C}$ y $70 \pm 23\%$ HR) a las del presente estudio, logrando establecerse hasta cuatro generaciones en un año en plantas de yuca (Oliveira *et al.*, 2008). En *P. primitiva*, se reportan cerca de 85 días en total con condiciones de temperatura que oscilaron entre 18 a 38°C (Schradler, 1930).

Dentro de la poca información documentada en Colombia sobre tablas de vida en coccoideos, en *Eurhizococcus colombianus* (Hemiptera: Margarodidae), un insecto plaga de importancia económica en frutales, se describió un ciclo de vida univoltino con curva de supervivencia similar a *P. ecuadorensis* (Figura 3); se estimó su ciclo total entre 183 a 239 días, a $20 \pm 5^\circ\text{C}$, $70 \pm 6\%$ HR y 0 horas luz, sobre cuatro tratamientos, representados en estructuras como tallos y frutos de brevo (*Ficus carica* L.), bulbos de remolacha (*Beta vulgaris* L.) y tubérculos de papa criolla (*Solanum phureja* Juzepczuk y Bukasov) (Arévalo, Londoño y Tobón, 2012).

Respecto a la proporción de sexos *P. ecuadorensis* presentó un 6,66% de machos y 93,33% en hembras en la población evaluada, mientras tanto, en *P. navesi*, Oliveira *et al.* (2008) no evidenciaron la presencia de machos, y las vías de reproducción parasexual se consideraron estrictamente partenogenéticas. Por su parte, en este estudio, *P. ecuadorensis*, no manifestó mecanismos o vías parasexuales en la fase reproductiva.

En las condiciones ofrecidas por la estructura de la población evaluada de *P. ecuadorensis*, los machos eclosionaron asincrónicamente respecto a la cohorte de hembras adultas, alterando el periodo de cópula. De acuerdo con Williams & Gullan (2008) y Gullan & Martin (2009), los machos son de vida corta, hecho que conduce al estrés de hembras adultas una vez eclosionan, indicando una reproducción propiamente sexual, donde el macho juega un papel preponderante (especie naturalmente diploide).

En la gran mayoría de coccoideos, los machos son funcionales por el rol que cumplen al enriquecer el intercambio genético (Gullan & Martin, 2009), tales sucesos registrados permiten considerar una posible “diapausa” bajo las condiciones de la casa malla que, indudablemente, se reflejó en los índices de crecimiento per cápita e índice reproductivo neto observados.

Parámetros Poblacionales

La mayor supervivencia (l_x) se evidenció en el momento de eclosión del huevo ($l_x = 0,75$) con una reducción progresiva hasta las hembras adultas ($l_x = 0,03$) (tabla 2). Estos resultados indican que el porcentaje de individuos que mueren es constante, traduciéndose a una curva hipotética tipo II (Figura 3), con una correlación alta

respecto al tiempo ($R^2= 0,9442$). Respecto a la tasa de mortalidad (q_x), la más crítica se presentó en ninfa III ($q_x = 0,83$) y las menores en ninfa I ($q_x = 0,17$) y el huevo ($q_x = 0,24$) (Tabla 2).

Tabla 2. Tabla de vida de *P. ecuadorensis*. n_x , número de sobrevivientes en el intervalo de edad x ; d_x , número de individuos que mueren entre las edades x a $x+1$; q_x , probabilidad de morir entre x a $x+1$; l_x , índice de supervivencia a la edad x ; m_x , número de progenie: individuos producidos promedio por cada hembra a la edad x ; R_o , Índice reproductivo neto.

	n_x	d_x	q_x	l_x	m_x	R_o
Huevo	120	29	0.24	1.00	-	
Eclosión	91	38	0.41	0.75	-	
Ninfa I	53	9	0.17	0.44	-	
Ninfa II	44	21	0.47	0.36	-	
Ninfa III	23	19	0.83	0.19	-	
Hembra adulta	4	4	1.00	0.03	2.66	0.0798

Fuente: Autores

En cuanto a la supervivencia (l_x), estos resultados indican que el porcentaje de individuos que mueren es constante, traduciéndose a una curva hipotética tipo II (figura 3), con una correlación alta respecto al tiempo ($R^2= 0,9442$). Estos resultados son muy similares a los obtenidos por Arévalo *et al.* (2012) en *E. colombianus* sobre remolacha ($R^2= 0,9584$).

Se evidenció una posible “diapausa” o alguna expresión de estrés por la condición ambiental experimental (Tabla 2); esto concuerda con lo reportado por Benavides (1995), quien plantea que pueden presentarse alteraciones en poblaciones biológicas susceptibles a modificaciones en la disponibilidad de recursos, por competencia o por estrés ambiental. Asimismo, el bajo valor de la última variable (r) corrobora que las condiciones micro climáticas son determinantes en la variación temporal de la mortalidad y supervivencia registradas, siendo las últimas etapas más susceptibles (Curva Hipotética tipo II) con posibilidad de proyectar un manejo la población de *P. ecuadorensis* en dichas etapas.

P. ecuadorensis expresó bajo las condiciones experimentales una reducida tasa reproductiva neta (R_o) ($R_o = 0,0798$) al igual que un bajo índice intrínseco de crecimiento per cápita ($r = -0,63$), evidenciando nuevamente una posible “diapausa” o alguna expresión de estrés por la condición ambiental artificial (Tabla 2).

Por otro lado, se observó un patrón en el acto de la cópula no reportado en *P. ecuadorensis*, donde las hembras adultas pliegan el abdomen en señal de pronta cópula, lo cual puede inducir a estudios de comportamiento nupcial y posible presencia y liberación de feromonas.

Morfometría de estados de desarrollo

Esta permitió ratificar la identidad taxonómica de *P. ecuadorensis* como la especie de cochinilla que se encuentra afectando los nichos arbóreos urbanos en la ciudad de Tunja. Los caracteres diagnóstico más sobresalientes correspondieron a la presencia de poros multiloculares con centros tri y cuadriloculados, los instares ninfales II y III con presencia de setas con ápices redondeados y expandidos, y el instar I con setas en tórax y margen abdominal más largas que las registradas en su género (Tabla 3).

CONCLUSIONES

Se registró en condiciones de laboratorio y casa malla para la cochinilla *P. ecuadorensis* un ciclo de vida univoltino de aproximadamente 301 días, en el cual se observaron tres instares ninfales de aproximadamente 283 días en total y una longevidad estimada cercana a 18 días.

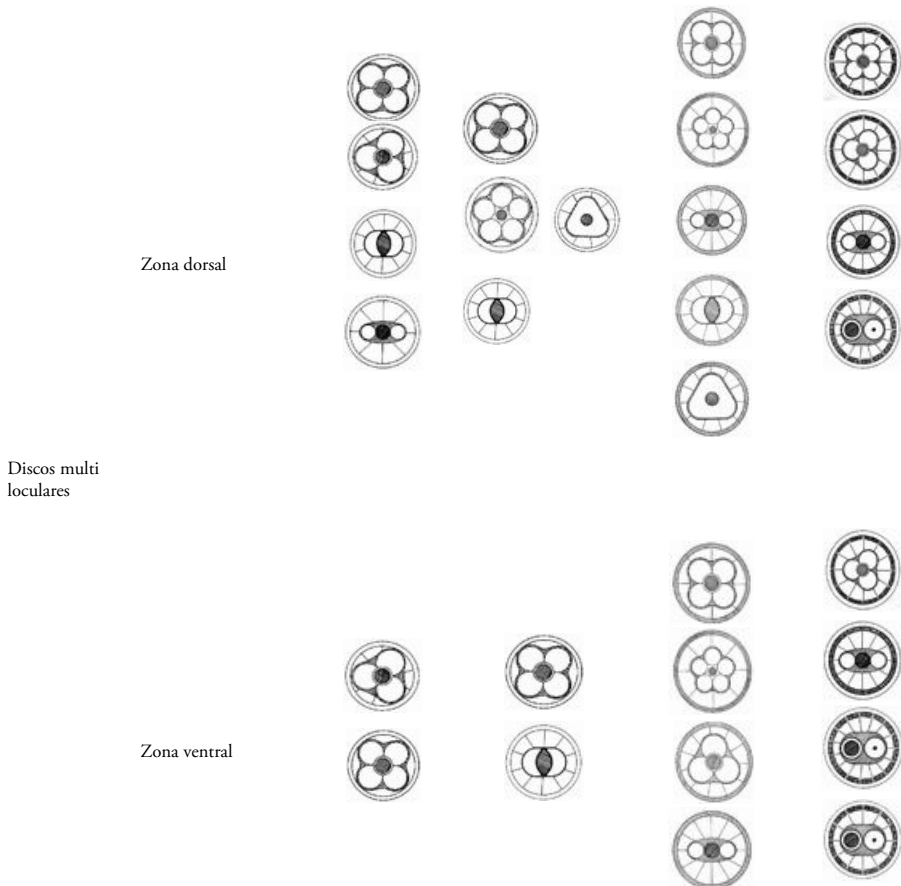
Dada la alta fecundidad y tendencia polífaga de *P. ecuadorensis*, se recomienda en la zona urbana de Tunja la aplicación de tácticas de manejo preferiblemente dirigidas a ninfa III o etapa adulta, puesto que corresponden a las etapas más vulnerables según la curva de supervivencia observada.

AGRADECIMIENTOS

A la Vicerrectoría de Investigaciones y Grupo Manejo Biológico de Cultivos - GMBC de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia por la financiación de la presente investigación.

Tabla 3. Datos morfométricos e ilustración de discos multiloculares observados en el desarrollo post-embionario de *P. ecuadorensis* bajo condiciones de casa malla.

	Ninfa I	Ninfa II	Ninfa III	Hembra adulta
Largo Total (mm ± D.E.)	0,75±0,15	1,85±0,15	3,78±0,08	8,7±0,92
Ancho total (mm ± D.E.)	0,51±0,19	1,13±0,03	2,13±0,02	4,9 ±0,14
Longitud antenal (mm)	500-550	530-540	820 - 900	1395- 1575
Número de artejos antenales	6	6	9	11
Coxa (mm)	75-78	110	180-200	330-340
Trocánter+fémur (mm)	260 -255	400-410	650 - 750	1410-1430
Tibia (mm)	270-213	395-400	620 - 660	1010-1400
Tarso (mm)	238-200	208-233	320 - 380	423-500
Patas Posteriores				
Garra (mm)	38-40	40-50	88-96	130- 150
# de denticulos	1	3	4 a 6	5 a 8



REFERENCIAS

- Arévalo, H., Londoño, M. & Tobón, W. (2012). Tablas de vida de *Eurhizococcus colombianus* Jakubski (Hemiptera: Margarodidae). *Rev. U.D.C.A. Act. & Div. Cient.*, 15 (1), 125-133.
- Baptiste, M. & Munera, C. (2010). Análisis de riesgo para especies introducidas de vertebrados terrestres en Colombia. En: M. Baptiste., N. Castaño, D. Cárdenas., F. Gutiérrez., D. L. Gil. & C. LASSO. (Ed). *Análisis de riesgo y propuesta de categorización de especies introducidas para Colombia* (pp. 149-169). Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Barrios, C., Cuchimba, M. & Bustillo, A. (2015). Parámetros poblacionales de *Leptopharsa gibbicarina* (Hemiptera: Tingidae) plaga de la palma de aceite. *Rev. Col. Entomol.*, 41 (1), 1-4.
- Benavides, E. (1995). *Ecología de Poblaciones*. Bogotá, Colombia: Unidad Universitaria del Sur. UNISUR. Facultad de Ciencias Agrarias.
- Capdevila, L., Iglesias, Á., Orejuela, J. & Zilletti, B. (2006). *Especies Exóticas Invasoras: Diagnóstico y bases para la prevención y el manejo. Organismo autónomo parques nacionales*. Madrid, España: Ministerio de Medio Ambiente.
- Chapman, R. (1982). *The Insects: Structure and Function*. London: Third Edition.
- Foldi, I. (2006). Deux Nouvelles Cochenilles du Brésil et de l'Équateur (Hemiptera, Sternorrhyncha, Coccoidea). *Bull. Soc. Entomol.*, 111 (1), 101-113.
- Gardner, M. & Thomas, P. (2013). *Retrophylum rospigliosii* The IUCN Red List of Threatened Species: e.T34110A2846471. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-1.RLTS.T34110A2846471.en>.
- Gil, Z., Posada, F., Perez, M. & Cárdenas, R. (2007). Registro y notas bionómicas de una nueva plaga del aguacate *Lawrencella colombiana* (Hemiptera: Margarodidae) en Colombia. *Rev. U.D.C.A. Act & Div. Cient.*, 10 (2), 43-50.
- Gullan, P. & Cook, L. (2007). Phylogeny and higher classification of the scale insects (Hemiptera: Sternorrhyncha: Coccoidea). *Linnaeus Tercentenary: Progress in Invertebrate Taxonomy, Zootaxa*, 1668, 413-425.
- Gullan, P. & Martin, J. (2009). Sternorrhyncha (Jumping plant-lice, whiteflies, Aphids, and Scale Insects). In V. Resh. & R. Cardé. (Eds.), *Encyclopedia of Insects* (pp. 957-967). San Diego: Elsevier.
- Hodgson, C. & Hardy, N. (2013). The Phylogeny of the superfamily Coccoidea (Hemiptera: Sternorrhyncha) based on the morphology of extant and extinct macropterous males. The Royal Entomological Society. *Systematic Entomology*, 38, 794-804.
- Kozarzhvskaya, E. (1968). Techniques for preparing slides for coccoid (Homoptera; Coccoidea) determination. *Entomol. Rev.*, 47, 146-149.
- Kondo, T., López, B. & Quintero, M. (2010). Manejo integrado de insectos escama (Hemiptera: Coccoidea) con énfasis en Control biológico. *Revista Regional, Corpoica, Novedades técnicas*, 14 (1), 1-8.
- Kondo, T., Barrera, G., Quintero, M. & Belline, B. (2014). Distribución y niveles de infestación de *Crypticeria multicastrices* Kondo y Hunruh (Hemiptera: Monophlebidae) en la Isla de San Andres. Manejo fitosanitario y Epidemiología. *Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecu.*, 15 (1), 63-72.
- Kondo, T. (2016). *Insectos plaga del árbol urbano con énfasis en los insectos escama (hemiptera: coccoidea) en Colombia*. Recuperado de http://www.imok.ufl.edu/hlb/database/pdf/14_KondoInsectos_15.pdf.
- Kondo, T., Ramos-Portilla, A., Peronti, A. & Gullan P. (2016). Known distribution and pest status of fluted scale insects (Hemiptera Monophlebidae Iceryini) in South America. *Redia.*, 94, 187-195.
- Kondo, T., Gullan, P., Peronti, A., Ramos, A. & Caballero, A. (2016). First records of the icerine scale insects *Crypticeria brasiliensis* (Hempel) and *Crypticeria genistae* (Hempel) (Hemiptera: Monophlebidae) for Colombia. *Insecta Mundi.*, 0480, 1-9.
- Mcneely, J., Mooney, H., Neville, L., Schei, P. & Waage, J. (2001). La ecología de las especies exóticas invasoras. En Estrategia mundial sobre especies exóticas invasoras (pp. 22-24). Londres, UK: UICN Gland y Cambridge.
- Meli, P. & Carrasco, C. (2011). *Restauración ecológica de riberas. Manual para la recuperación de la vegetación ribereña en arroyos de la selva Lacandona. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad*. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/280775876_Restauracion_ecologica_de_riberas_Manual_para_la_recuperacion_de_la_vegetacion_riberena_en_arroyos_de_la_Selva_Lacandona
- Morrison, H. (1928). A classification of the coccid family Margarodidae. *USDA Tech. Bull.*, 52, 1-239.
- Oliveira, C., Frizzas, R., Fialho, J. & Gullan, P. (2008). Biology of *Protortonia navesi* (Hemiptera: Monophlebidae), a new cassava pest in Brazil, with notes on its behavior in the field. *Ann. Entomol. Soc. Ame.*, 101(4), 779-785.
- Ramos, A. & Serna, J. (2004). Coccoidea de Colombia con énfasis en las cochinillas harinosas (Hemiptera: Pseudococcidae). *Rev. Fac. Nat. Agron.*, 57 (2), 2383-2412.
- Schrader, F. (1930). Observations on the biology of *Protortonia primitiva* (Coccidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 23, 126-132.
- Simón, E. & Zyla, D. (2015). New Fossil Taxa of Monophlebidae (Sternorrhyncha: Coccoidea) from Baltic Amber. *Eur. J. Entomol.*, 112 (2), 381-388.
- Valenzuela, G. (1993). Aspectos históricos del control biológico. En F. Palacios. (Ed), *Control biológico en Colombia: historia, avances y proyecciones* (pp. 18). Palmira, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Williams, D. & Gullan, P. (2008). A Revision of the Neotropical scale insect genus *Protortonia* Townsend (Hemiptera: Monophlebidae: Llaveiini). *J. Nat. Hist.*, 42 (1), 77-128.

Ictioplancton de Cabo Manglares (Distrito nacional de manejo integrado Cabo Manglares, Bajo Mira y Frontera), Nariño, Colombia*

Alan Giraldo¹

Resumen

Objetivo. Establecer el listado taxonómico de las larvas de peces presentes en Cabo Manglares asociadas al distrito nacional de manejo integrado (DNMI) Cabo Manglares, Bajo Mira y Frontera, **Alcance.** Promover el conocimiento taxonómico sobre las larvas de peces presentes en ambientes costeros del Pacífico colombiano **Metodología.** Se realizaron campañas de muestreo oceanográfico durante diciembre de 2016 y marzo de 2017 en el DNMI Cabo Manglares, Bajo Mira y Fronteras siguiendo una malla de muestreo de 32 estaciones. En total fueron obtenidas 128 muestras de zooplancton utilizando una red bongo con malla de 300 μm y 500 μm , a partir de las cuales se separaron las larvas de peces y se identificaron con base en sus caracteres morfométricos. **Principales resultados.** Se capturaron y procesaron 4947 larvas de peces durante los dos periodos de estudio. Se identificaron 153 unidades taxonómicas morfológicas de larvas de peces, pertenecientes a 43 familias, siendo las más abundantes las larvas de *Bregmaceros bathymaster*, *Benthoosema panamense* y *Cetengraulis mysticetus*. El 9,9 % de las larvas capturadas durante diciembre de 2016 fueron vitelinas, mientras que durante marzo del 2017 solo el 2,7 % fueron vitelinas. El 28,8 % de las especies identificadas fueron registradas en ambos periodos de muestreo, mientras que el 63 % solo fueron registradas durante diciembre de 2016 y el 43,6 % solo en marzo de 2017. **Conclusiones.** Se establece el primer listado taxonómico de larvas de peces asociado la zona de Cabo Manglares (DNMI Cabo Manglares, Bajo Mira y Fronteras), encontrando evidencias que sugieren que la estructura del ensamblaje de larvas de peces en esta localidad exhibe una variación en escala estacional.


Palabras clave: larvas peces, peces marinos, pacífico oriental tropical, ensamblaje de peces.

Ichthyoplankton of Cabo Manglares (Cabo Manglares National Integrated Management District, Bajo Mira y Frontera), Nariño, Colombia

Abstract

Objective. To establish the taxonomic list of fish larvae from Cabo Manglares, associated with the National Integrated Management District (DNMI) Cabo Manglares, Bajo Mira and Frontera. **Scope.** Promote taxonomic knowledge about fish larvae present in coastal environments of the Colombian Pacific. **Methodology.** Oceanographic sampling campaigns were carried out during December 2016 and March 2017 at the DNMI Cabo Manglares, Bajo

* FR: 4-VI-2019. FA: 18-XI-2019.

¹ Universidad del Valle, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Departamento de Biología, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología - INCIMAR, Grupo de Investigación en Ciencias Oceanográficas. Cali, Colombia. Email: alan.giraldo@correounivalle.edu.co, oceanografia@correounivalle.edu.co  0000-0001-9182-888X



CÓMO CITAR:

GIRALDO, A., 2020.- Ictioplancton de Cabo Manglares (Distrito nacional de manejo integrado Cabo Manglares, Bajo Mira y Frontera), Nariño, Colombia. *Bol. Cient. MusHist. Nat. U. de Caldas*, 24 (1): 135-149. DOI: 10.17151/bccm.2020.24.1.9



Mira y Fronteras following a sampling grid of 32 stations. In total, 128 samples of zooplankton were obtained using a bongo net with 300 μm and 500 μm mesh, from which the fish larvae were separated and identified based on their morphometric characters. **Main Results.** 4947 fish larvae were captured and processed during the two study periods. 153 morphological taxonomic units of fish larvae, belonging to 43 families, were identified, the most abundant being the *Bregmaceros bathymaster*, *Benthoosema Panamensis* and *Cetengraulis mysticetus* larvae. 9.9% of the larvae captured during December 2016 were vitelline, while during March 2017 only 2.7% were vitelline. 28.8% of the identified species were recorded in both sampling periods, while 63.0% were only registered during December 2016 and 43.6% were only registered in March 2017. **Conclusions.** The first taxonomic list of fish larvae from Cabo Manglares and DNMI Cabo Manglares, Bajo Mira y Fronteras area was established, finding evidence that suggests that the structure of fish larvae assembly in this locality exhibits a variation in a seasonal scale.

Key Words: fish larvae, marine fish, eastern tropical pacific, Pacific Ocean, fish assemblage.

INTRODUCCIÓN

Lo que se conoce sobre la biología de los peces marinos no puede considerarse suficiente debido al escaso conocimiento sobre la taxonomía y ecología de sus larvas. Ecológicamente, las larvas y los adultos de los peces son diferentes en cuanto a sus requerimientos de hábitat, alimento e incluso varían en cuanto a su comportamiento (Sameoto, 1984, Allen, Pondella & Horn, 2006). En este sentido, ha sido reiteradamente reconocido que la escasa información disponible sobre la taxonomía de las larvas de peces no solo es un obstáculo en el avance teórico, sino que también es una problemática recurrente en los esfuerzos realizados para lograr un adecuado manejo de este importante recurso alimentario (Sale, 1980; Govoni, 2005; Fuiman & Werner, 2009; Brochier et al., 2013).

En términos generales, la investigación en ictioplancton requiere de una mayor dedicación y esfuerzo debido a la problemática que representa su identificación taxonómica (Richards, 1985; Leis, 1991; Hernández et al., 2013; Leis, 2015), al punto que la literatura al respecto es escasa, muchas de las descripciones tienen poca calidad, han sido descritos estadios larvales de pocas especies de peces, se desconocen los estadios de desarrollo larval de una gran cantidad de familias y los esfuerzos científicos en esta temática generalmente han estado direccionados a pocas regiones geográficas o hacia especies de interés comercial (Olney, 1983; Sanvicente-Añorve, Flores-Coto & Chiapas-Carrara, 2000; Duffy-Anderson et al., 2006; Boeing & Duffy-Anderson, 2008; Auth & Brodeur, 2013). Estas limitaciones son aún más acentuadas en áreas tropicales, en donde la diversidad de peces es más elevada y la abundancia larval, para

gran parte de las taxa recolectadas, es baja (Leis, 1993, Franco-Gordo et al., 2003; Hernández et al., 2013).

Para el Pacífico colombiano, los escasos esfuerzos de investigación en ictioplancton han estado direccionados principalmente el análisis de aspectos ecológicos relacionados con especies de interés comercial o la descripción de los ensamblajes de larvas de peces en sitios específicos de los ambientes costeros (Beltrán, Ramos, Escobar & Ríos, 1994; Escarria, Beltrán-León, Giraldo & Zapata, 2006; Escarria, Beltrán-León, Giraldo & Zapata, 2007; Martínez-Aguilar, Giraldo & Rodríguez-Rubio, 2010; Medina-Contreras et al., 2014; Calle-Bonilla, Giraldo & Cuéllar-Chacón, 2017). Sin embargo, se destacan los trabajos sobre la taxonomía de larvas de peces realizado por Ahlstrom (1971), quien identificó la presencia de larvas de más de 50 familias de peces y el trabajo realizado por Beltrán-León & Ríos (2000), quienes describen las características taxonómicas de las larvas de 236 especies de peces del Pacífico colombiano.

Ha sido ampliamente demostrado que la estructura de los ensamblajes de larvas de peces es altamente variable en cuanto a su composición, respondiendo de manera específica a las variaciones ambientales propias de cada localidad (Whitfield & Patrick, 2005; Houde, 2008; León-Chavez et al., 2010; De Macedo-Soares et al., 2014; León-Chávez et al., 2015; Keskin & Pauly, 2019). En este sentido, el objetivo de la presente investigación es consolidar la identificación taxonómica de las larvas de peces presentes en Cabo Manglares – DNMI Cabo Manglares, Bajo Mira y Frontera, región sur del Pacífico colombiano, considerando la variación estacional de las condiciones de temperatura y salinidad que han sido descritas para el Pacífico colombiano (Rodríguez-Rudio & Schneider, 2003; Devis-Morales, Schneider, Montoya-Sánchez & Rodríguez-Rubio, 2008; Giraldo, Rodríguez-Rubio & Zapata, 2008; Rodríguez-Rubio & Giraldo, 2011; Valencia, Lavaniegas, Giraldo & Rodríguez, 2013; Villegas, Málíkov & Díaz, 2016; Jerez-Guerrero, Críales-Hernández & Giraldo, 2017)

MATERIALES Y METODOS

Cabo Manglares se localiza en el sector sur del litoral Pacífico Colombiano (1° 38' N – 78° 58' W), en el departamento de Nariño. En 2017, se alinderó y declaró en esta región el Distrito Nacional de Manejo Integrado Cabo Manglares, Bajo Mira y Frontera, como área marino-costera protegida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, abarcando 190.282 Ha de paisaje marino-costero correspondiente al delta del río Mira e incluyendo unidades ecosistémicas de fondos marinos, playas, esteros, manglares y natales (Mads, 2017).

Para obtener las larvas de peces se realizaron pescas de zooplancton en 32 estaciones de muestreo asociadas a la zona costera de Cabo Manglares (figura 1). Con el propósito de incorporar la variación estacional de las condiciones oceanográficas que ha sido

descrita para el Pacífico colombiano, se realizaron dos campañas de muestreo, la primera en diciembre de 2016 y la segunda en marzo de 2017. En cada estación, se utilizó una red Bongo de 33 cm de boca, con malla de 300 mm y 500 mm para capturar el zooplancton, mediante arrastres oblicuos de 10 minutos de duración, desde 20 m de profundidad hasta la superficie. Se adosó un flujómetro Hydrobios a cada boca de la red con el propósito de cuantificar el volumen de agua filtrado. Todos los muestreos fueron realizados entre las 08:00 y las 16:00 horas. Las muestras recolectadas fueron preservadas en formalina tamponada en agua de mar al 4 % para su transporte al laboratorio.

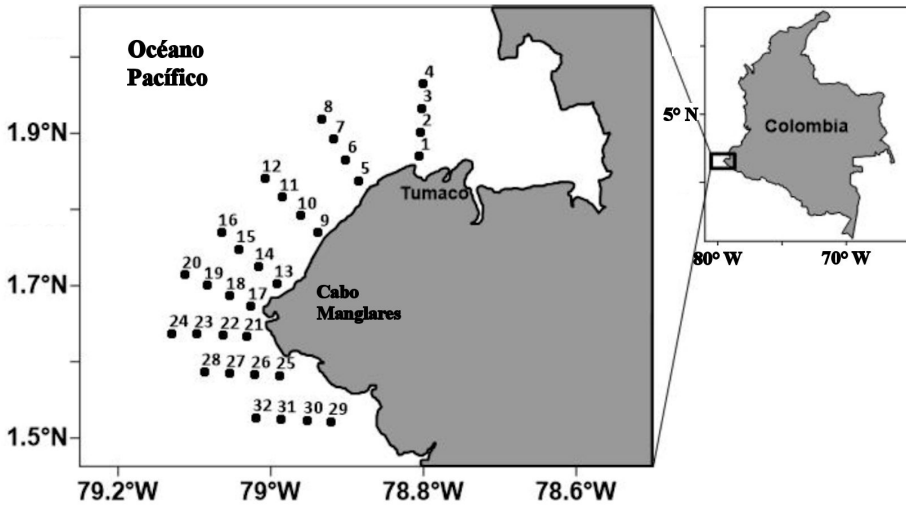


Figura 1. Ubicación de las estaciones de muestreo en Cabo Manglares - Distrito Nacional de Manejo Integrado Cabo Manglares Bajo Mira y Fronteras, costa Pacífica colombiana.

En laboratorio, fueron revisadas en su totalidad 128 muestras de zooplancton, siendo separadas, contadas e identificadas hasta el menor nivel taxonómico posible todas las larvas de peces. Para realizar la identificación taxonómica, se utilizaron las guías de Richards (2006) y Beltrán-Ríos & Herrera (2000). Todo el material identificado fue depositado en la colección de referencia de Biología Marina de la Universidad del Valle (UNIVALLE: CIR-LV-UV).

La representatividad del muestreo se estableció como una proporción del valor esperado de riqueza para el área de estudio, definido a partir del estimador no paramétrico de riqueza Jackknife de segundo orden (Heltshe & Forrester, 1983; Colweel & Coddington, 1994). Se comparó la abundancia de larvas de peces entre periodos

utilizando una prueba no paramétrica de Mann Whitman (MW) y la riqueza de especies (Chao 1), dominancia (Simpson) y diversidad alfa (Shannon) entre periodos de muestreo mediante un análisis de comparación por remuestreo de Bootstrap, a partir de 10000 interacciones aleatorias.

RESULTADOS

En total fueron capturadas y procesadas 4947 larvas de peces durante los dos periodos de estudio. 153 unidades taxonómicas morfológicas de larvas de peces en la zona de estudio, pertenecientes a 43 familias, de las cuales 60 unidades se identificaron al nivel de especie, 45 a género y 48 a nivel de familia (tabla 1). La representatividad del muestreo fue mayor al 84 % (Jackknife 2 = 183 especies), encontrándose diferencias significativas en la riqueza de especies y la diversidad, pero no en la dominancia (tabla 2).

El 9,9 % de las larvas capturadas durante diciembre de 2016 fueron vitelinas con una abundancia media de 146 larvas vitelinas/1000 m³, mientras que durante marzo del 2017 solo el 2,7% fueron vitelinas con una abundancia media de 39 larvas vitelinas/1000 m³. La mediana de abundancia de larvas de peces considerando los dos periodos de estudio fue de 903 larvas/1000 m³. Aunque se registró una mayor abundancia de larvas de peces durante marzo de 2017 (mediana =973 larvas/1000 m³) que durante diciembre 2016 (mediana= 747 larvas/1000 m³), no se establecieron diferencias significativas entre los periodos de estudio (MW, p =0,943).

El 28,8 % de las especies identificadas fueron registradas en ambos periodos de muestreo, mientras que el 63 % de las especies identificadas solo fueron registradas durante diciembre de 2016 y el 43,6 % de las especies solo fueron registradas en marzo de 2017, siendo el porcentaje de similitud entre periodos del 40 % (índice de similitud de Bray Curtis).

Durante diciembre de 2016 las familias más abundantes fueron Myctophidae, Engraulidae y Haemulidae, mientras que durante marzo de 2017 las familias más abundantes fueron Bregmacerotidae, Scianidae y Labrisomidae (figura 2). Las especies más abundantes durante diciembre de 2016 fueron *Benthoosema panamense*, *Cetengraulis mysticetus*, Haemulidae y *Auxis* sp, mientras que durante marzo de 2017 las especies más abundantes fueron *Bregmaceros bathymaster*, *Stellifer* sp. Labrisomidae y *Benthoosema panamense* (figura 3).

Tabla 1. Composición taxonómica del ensamblaje de larvas de peces en Cabo Manglares – Distrito Nacional de Manejo Integrado Cabo Manglares Bajo Mira y Fronteras durante diciembre 2016 y marzo 2017. Se presenta la abundancia media (AM) estandarizada por el volumen de agua filtrada y la abundancia relativa (AR) de cada identidad taxonómica morfológica definida.

Familia	Identidad taxonómica	AM (Larvas/1000 ³)		AR (%)		Habitat
		dic-16	mar-17	dic-16	mar-17	
Elopidae	<i>Elops affinis</i> Regan, 1909	0,72	0,00	0,05	0,00	Marina; salobre; pelágico-nerítico
Albulidae	sp. 1	0,44	0,00	0,03	0,00	
Ophichthidae	<i>Myrophis vafer</i> Jordan & Gilbert, 1883	0,84	0,00	0,06	0,00	Marina, demersal
	<i>Ophichthus zophochir</i> Jordan & Gilbert, 1882	0,00	0,64	0,00	0,05	Marina, demersal
Congridae	<i>Chilconger</i> sp.	0,44	0,00	0,03	0,00	
Engraulidae	<i>Anchoa</i> sp. 1	0,00	1,02	0,00	0,07	
	<i>Anchoa</i> sp. 2	1,15	0,00	0,08	0,00	
	<i>Anchovia macrolepidota</i> (Kner, 1863)	16,15	0,00	1,15	0,00	Marina; salobre; pelágico-nerítico
	<i>Cetengraulis mysticetus</i> (Günther, 1867)	195,62	3,78	13,95	0,27	Marina; salobre; pelágico-nerítico
	<i>Engraulis ringens</i> Jenyns, 1842	12,51	0,00	0,89	0,00	Marina; pelágico-nerítico; oceanodromous
	<i>Engraulis</i> sp.	1,67	8,52	0,12	0,61	
	sp. 1	2,04	2,49	0,15	0,18	
Clupeidae	<i>Opisthonema</i> sp.	0,00	8,34	0,00	0,60	
	<i>Sardinops sagax</i> (Jenyns, 1842)	0,00	10,87	0,00	0,78	Marina; pelágico-nerítico; oceanodromous
	sp. 1	0,00	1,81	0,00	0,13	
	sp. 2	0,00	87,06	0,00	6,25	
Bathylagidae	<i>Melanolagus bericoides</i> (Borodin, 1929)	0,00	11,67	0,00	0,84	Marina; batipelágico
	<i>Bathylagoides nigrigenys</i> (Parr, 1931)	0,00	0,58	0,00	0,04	Marina; batipelágico
	<i>Bathylagus</i> sp. 1	0,00	4,21	0,00	0,30	
	<i>Bathylagus</i> sp. 2	0,00	0,49	0,00	0,04	
	<i>Bathylagus</i> sp. 3	0,00	0,98	0,00	0,07	
Phosichthyidae	<i>Vinciguerria lucetia</i> (Garman, 1899)	0,56	59,40	0,04	4,26	Marina; batipelágico
Aulopidae	<i>Aulopus bajacali</i> Parin & Kodlyar, 1984	0,00	0,84	0,00	0,06	Marina, demersal
Synodontidae	<i>Synodus evermanni</i> Jordan & Bollman, 1890	0,84	0,00	0,06	0,00	Marina, demersal
	<i>Synodus scituliceps</i> Jordan & Gilbert, 1882	1,38	15,59	0,10	1,12	Marina, demersal
	<i>Synodus</i> sp.	2,02	0,58	0,14	0,04	
	sp. 1	4,72	0,00	0,34	0,00	
Myctophidae	<i>Bentosema panamense</i> (Tåning, 1932)	278,30	124,51	19,84	8,94	Marina, pelágica-oceánica
	<i>Bolinichthys longipes</i> (Brauer, 1906)	3,38	1,71	0,24	0,12	Marina; batipelágico, oceanodromous
	<i>Ceratoscopelus townsendi</i> (Eigenmann & Eigenmann, 1889)	0,00	10,13	0,00	0,73	Marina; batipelágico
	<i>Diaphus pacificus</i> Parr, 1931	0,00	15,27	0,00	1,10	Marina; batipelágico
	<i>Diogenichthys laternatus</i> (Garman, 1899)	14,86	1,21	1,06	0,09	Marina, pelágica-oceánica
	<i>Lampanyctus parvicauda</i> Parr, 1931	0,79	0,99	0,06	0,07	Marina; batipelágico

Familia	Identidad taxonómica	AM (Larvas/1000 ³)		AR (%)		Habitat
		dic-16	mar-17	dic-16	mar-17	
Bregmacerotidae	<i>Myctophum</i> sp.	0,71	0,00	0,05	0,00	
	<i>Bregmaceros bathymaster</i> Jordan & Bollman, 1890	4,23	301,17	0,30	21,62	Marina, pelágica-nerítico
	<i>Bregmaceros</i> sp.	0,00	73,11	0,00	5,25	
Ophidiidae	<i>Lepophidium negropinna</i> Hildebrand & Barton, 1949	0,00	8,74	0,00	0,63	Marina, demersal
	<i>Lepophidium</i> sp.	2,51	6,87	0,18	0,49	
	<i>Ophidion</i> sp.	0,00	0,56	0,00	0,04	
Bythitidae	sp. 1	1,37	0,00	0,10	0,00	
	sp. 1	1,20	3,25	0,09	0,23	
Mugilidae	<i>Mugil cephalus</i> Linnaeus, 1758	8,38	0,73	0,60	0,05	Marina; agua dulce-salobre; bentopelágico; catadromous
Belonidae	<i>Strongylura scapularis</i> (Jordan & Gilbert, 1882)	0,66	0,00	0,05	0,00	Marina, pelágica-oceánica
	sp. 1	1,33	0,00	0,09	0,00	
Fistulariidae	<i>Fistularia commersonii</i> Rüppell, 1838	2,16	0,00	0,15	0,00	Marina; asociado a arrecifes
	<i>Fistularia corneta</i> Gilbert & Starks, 1904	4,05	0,58	0,29	0,04	Marina, pelágica-nerítico
Scorpaenidae	sp. 1	0,00	0,84	0,00	0,06	
Serranidae	<i>Dipletrum</i> sp.	0,79	0,00	0,06	0,00	
	<i>Epinephelus</i> sp.	3,23	0,00	0,23	0,00	
	<i>Serranus</i> sp. 1	7,66	0,00	0,55	0,00	
	<i>Serranus</i> sp. 2	0,00	3,99	0,00	0,29	
	sp. 1	1,44	0,00	0,10	0,00	
Coryphaenidae	<i>Coryphaena equiselis</i> Linnaeus, 1758	0,56	0,00	0,04	0,00	Marina; pelágico-oceánico; oceanodromous
	<i>Coryphaena hippurus</i> Linnaeus, 1758	1,69	0,00	0,12	0,00	Marina; salobre; pelágico-nerítico; oceanodromous
Carangidae	<i>Caranx caballus</i> Günther, 1868	3,34	0,67	0,24	0,05	Marina; salobre; pelágico-nerítico
	<i>Caranx sexfasciatus</i> Quoy & Gaimard, 1825	0,48	0,00	0,03	0,00	Marina; agua dulce salobre; asociado a arrecifes; anfidromo
	<i>Caranx</i> sp.	0,00	5,80	0,00	0,42	
	<i>Chloroscombrus orqueta</i> Jordan & Gilbert, 1883	7,22	0,72	0,52	0,05	Marina; salobre; bentopelágico
	<i>Decapterus</i> sp.	0,97	0,00	0,07	0,00	
	<i>Oligoplites saurus</i> (Bloch & Schneider, 1801)	5,39	0,00	0,38	0,00	Marina; salobre; asociado a arrecifes
	<i>Selar crumenophthalmus</i> (Bloch, 1793)	2,98	0,00	0,21	0,00	Marina; asociado a arrecifes
	<i>Selene brevoortii</i> (Gill, 1863)	1,13	0,00	0,08	0,00	Marina; bentopelágico
	<i>Selene peruwiana</i> (Guichenot, 1866)	2,22	0,00	0,16	0,00	Marina; bentopelágico
<i>Selene</i> sp.	0,97	0,00	0,07	0,00		
<i>Seriola lalandi</i> Valenciennes, 1833		4,56	0,88	0,32	0,06	Marina; salobre; bentopelágico
	sp. 1	6,34	0,00	0,45	0,00	
	sp. 2	36,65	2,17	2,61	0,16	

Familia	Identidad taxonómica	AM (Larvas/1000 ³)		AR (%)		Habitat
		dic-16	mar-17	dic-16	mar-17	
Lutjanidae	sp. 3	0,79	0,00	0,06	0,00	Marina; salobre; asociado a arrecifes Marina; asociado a arrecifes Marina; asociado a arrecifes
	sp. 4	0,65	0,00	0,05	0,00	
	<i>Lutjanus argentiventris</i> (Peters, 1869)	0,79	0,00	0,06	0,00	
	<i>Lutjanus guttatus</i> (Steindachner, 1869)	6,16	0,00	0,44	0,00	
	<i>Lutjanus peru</i> (Nichols & Murphy, 1922)	1,56	0,00	0,11	0,00	
	<i>Lutjanus</i> sp. 1	1,41	0,00	0,10	0,00	
Lobotidae	<i>Lutjanus</i> sp. 2	4,49	0,00	0,32	0,00	Marina; salobre; bentopelágico
	<i>Lobotes pacificus</i> Gilbert, 1898	0,44	0,00	0,03	0,00	
Gerreidae	<i>Eucinostomus</i> sp.	60,97	3,59	4,35	0,26	
Haemulidae	sp. 1	9,62	0,00	0,69	0,00	Marina, demersal
	sp. 2	51,73	1,17	3,69	0,08	
	sp. 3	20,28	0,00	1,45	0,00	
	<i>Anisotremus</i> sp.	0,00	3,28	0,00	0,24	
	<i>Haemulon californiensis</i> (Steindachner, 1876)	3,03	0,00	0,22	0,00	
	sp. 1	0,00	0,47	0,00	0,03	
	sp. 2	102,57	1,08	7,31	0,08	
	sp. 3	53,81	0,00	3,84	0,00	
	sp. 4	10,65	0,00	0,76	0,00	
	sp. 5	17,59	0,00	1,25	0,00	
Polynemidae	sp. 6	1,34	0,00	0,10	0,00	Marina; salobre; demersal
	<i>Polydactylus approximans</i> (Lay & Bennett, 1839)	1,44	0,00	0,10	0,00	
Sciaenidae	<i>Genyonemus</i> sp.	0,00	52,28	0,00	3,75	
	<i>Larimus</i> sp. 1	19,88	0,00	1,42	0,00	
	<i>Larimus</i> sp. 2	0,47	1,33	0,03	0,10	
	<i>Larimus</i> sp. 3	1,50	0,00	0,11	0,00	
	<i>Menticirrhus</i> sp. 1	1,68	1,08	0,12	0,08	
	<i>Menticirrhus</i> sp. 2	1,18	0,00	0,08	0,00	
	<i>Stellifer</i> sp. 1	26,46	210,12	1,89	15,08	
	<i>Stellifer</i> sp. 2	1,34	0,00	0,10	0,00	
	<i>Umbrina</i> sp.	1,41	0,00	0,10	0,00	
	sp. 1	64,99	13,10	4,63	0,94	
	sp. 2	4,29	33,89	0,31	2,43	
	sp. 3	3,94	7,56	0,28	0,54	
	sp. 4	0,79	0,00	0,06	0,00	
sp. 5	0,65	0,00	0,05	0,00		

Familia	Identidad taxonómica	AM (Larvas/1000 ³)		AR (%)		Habitat
		dic-16	mar-17	dic-16	mar-17	
	sp. 6	1,80	0,00	0,13	0,00	
Pomacentridae	<i>Stegastes</i> sp.	0,67	6,89	0,05	0,49	
Labridae	<i>Halichoeres</i> sp.	0,97	0,00	0,07	0,00	
	sp. 1	0,79	0,00	0,06	0,00	
Labrisomidae	<i>Labrisomus multiporosus</i> Hubbs, 1953	0,00	2,05	0,00	0,15	Marina; asociado a arrecifes
	sp. 1	0,66	0,00	0,05	0,00	
	sp. 2	1,67	80,61	0,12	5,79	
	sp. 3	0,00	70,12	0,00	5,03	
	sp. 4	0,00	4,00	0,00	0,29	
Gobiesocidae	sp. 1	0,70	0,00	0,05	0,00	
Eleotridae	<i>Dormitator latifrons</i> (Richardson, 1844)	2,91	1,91	0,21	0,14	Marina; agua dulce-salobre; demersal
	<i>Erotelis armiger</i> (Jordan & Richardson, 1895)	0,00	1,30	0,00	0,09	Marina-demersal
	sp. 1	0,49	0,00	0,04	0,00	
Gobiidae	<i>Coryphopterus wosipilus</i> Ginsburg, 1938	0,57	0,00	0,04	0,00	Marina; asociado a arrecifes
	sp. 1	11,39	1,12	0,81	0,08	
	sp. 2	18,02	44,00	1,28	3,16	
	sp. 3	30,61	8,58	2,18	0,62	
	sp. 4	3,11	0,00	0,22	0,00	
Microdesmidae	<i>Clarkichthys bilineatus</i> (Clark, 1936)	0,47	0,00	0,03	0,00	Marina; asociado a arrecifes
	sp. 1	4,43	0,00	0,32	0,00	
Ephippidae	sp. 1	0,00	0,46	0,00	0,03	
Sphyracidae	<i>Sphyracna ensis</i> Jordan & Gilbert, 1882	22,33	0,00	1,59	0,00	Marina; pelágico-nerítico
	<i>Sphyracna</i> sp.	0,84	0,42	0,06	0,03	
Scombridae	<i>Auxis</i> sp.	111,49	0,00	7,95	0,00	
	<i>Euthynnus lineatus</i> Kishinouye, 1920	0,46	0,00	0,03	0,00	Marina; pelágico-oceánico; oceanodromous
	<i>Scomberomorus sierra</i> Jordan & Starks, 1895	10,20	10,82	0,73	0,78	Marina; pelágico-nerítico; oceanodromous
	sp. 1	3,35	0,00	0,24	0,00	
Nomeidae	sp. 1	0,00	0,67	0,00	0,05	
Paralichthyidae	<i>Citharichthys platophrys</i> Gilbert, 1891	0,00	4,68	0,00	0,34	Marina, demersal
	<i>Citharichthys</i> sp.	5,15	3,15	0,37	0,23	
	<i>Cyclosetta panamensis</i> (Steindachner, 1876)	1,57	0,00	0,11	0,00	Marina; salobre; demersal
	<i>Cyclosetta</i> sp.	0,72	0,00	0,05	0,00	
	<i>Etopus crosotus</i> Jordan & Gilbert, 1882	0,79	3,09	0,06	0,22	Marina; salobre; demersal oceanodromous
	<i>Paralichthys</i> sp.	0,00	0,64	0,00	0,05	
	<i>Syacium ovale</i> (Günther, 1864)	4,21	5,26	0,30	0,38	Marina, demersal

Familia	Identidad taxonómica	AM (Larvas/1000 ³)		AR (%)		Habitat
		dic-16	mar-17	dic-16	mar-17	
	<i>Syacium</i> sp.	0,65	0,00	0,05	0,00	
	sp. 1	0,00	0,64	0,00	0,05	
Bothidae	<i>Bothus</i> sp.	0,00	1,24	0,00	0,09	
	<i>Perissias taeniopterus</i> (Gilbert, 1890)	0,84	0,58	0,06	0,04	Marina, demersal
Achiridae	<i>Achirus klunzingeri</i> (Steindachner, 1880)	1,33	3,77	0,09	0,27	Marina, demersal
	<i>Achirus mazatlanus</i> (Steindachner, 1869)	0,59	0,00	0,04	0,00	Marina; agua dulce salobre; demersal, anfidromo
	<i>Achirus</i> sp.	0,84	0,00	0,06	0,00	
	sp. 1	3,91	0,00	0,28	0,00	
Cynoglossidae	<i>Symphurus atramentatus</i> Jordan & Bollman, 1890	3,52	14,18	0,25	1,02	Marina; asociado a arrecifes
	<i>Symphurus gorgonae</i> Chabanaud, 1948	0,00	7,25	0,00	0,52	Marina, demersal
	<i>Symphurus</i> sp. 1	3,43	2,76	0,24	0,20	
	<i>Symphurus</i> sp. 2	1,85	0,00	0,13	0,00	
	sp. 1	0,59	1,16	0,04	0,08	
Monacanthidae	sp. 1	1,67	0,00	0,12	0,00	
Tetraodontidae	<i>Sphoeroides annulatus</i> (Jenyns, 1842)	3,45	0,00	0,25	0,00	Marina; salobre; asociado a arrecifes
	<i>Sphoeroides lobatus</i> (Steindachner, 1870)	9,01	0,00	0,64	0,00	Marina; salobre; demersal

Tabla 2. Resultados de la comparación de la riqueza (Chao 1), dominancia (Simpson) y diversidad (Shannon) de larvas de peces entre diciembre 2016 y marzo de 2017 en Cabo Manglares – Distrito Nacional de Manejo Integrado Cabo Manglares Bajo Mira y Fronteras (valor-p establecido por permutación a partir de 1000 interacciones; n = 32 para cada periodo)

Estimador	Diciembre 2016	Marzo 2017	Valor-p
Riqueza (especies)	119	78	<0,0001
Dominancia	0,08	0,09	0,1874
Diversidad (H')	3,3	2,9	<0,0001

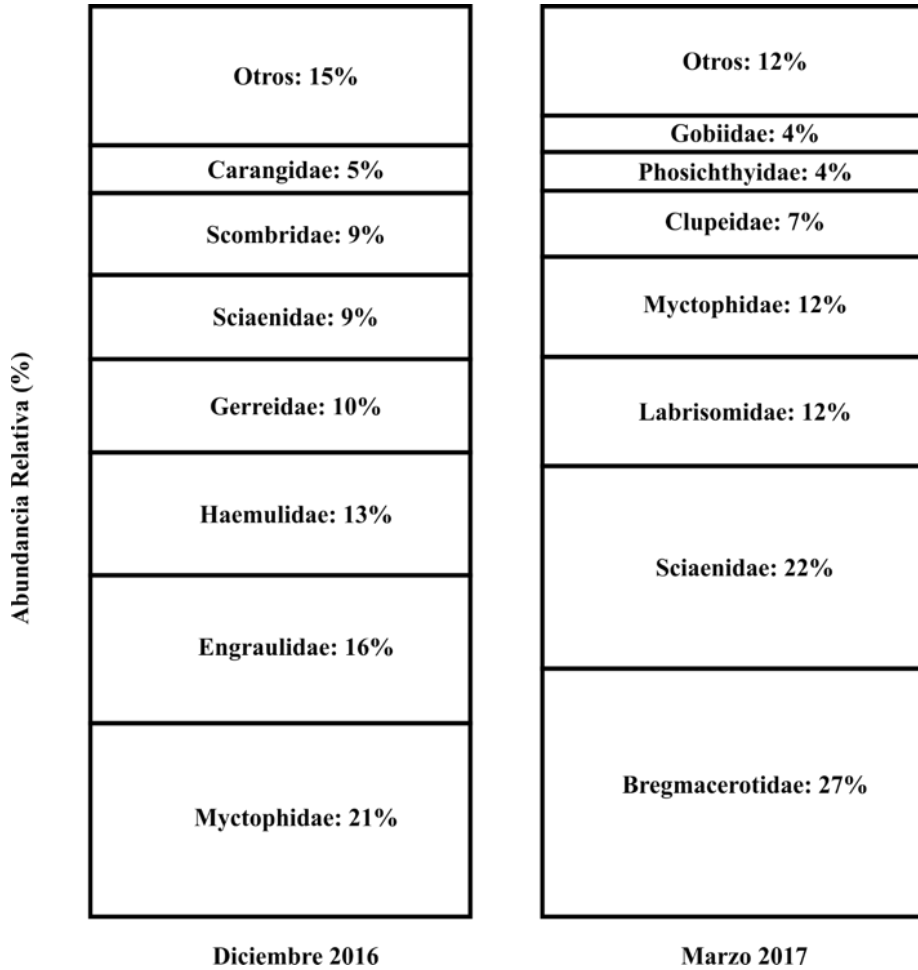


Figura 2. Composición porcentual por familias del ensamblaje de larvas de peces en Cabo Manglares durante diciembre 2016 y marzo 2017

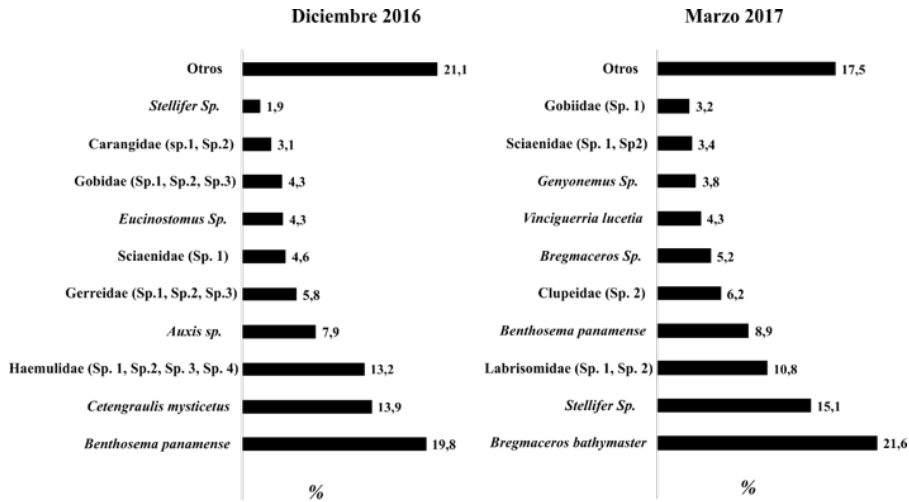


Figura 3. Composición porcentual del ensamblaje de larvas de peces en Cabo Manglares durante diciembre 2016 y marzo 2017.

DISCUSIÓN

El presente estudio reveló que el ensamblaje de larvas de peces en la zona de Cabo Manglares (DNMI Cabo Manglares, Bajo Mira y Frontera) es taxonómicamente diverso y exhibe una marcada diferencia estacional en términos de su composición, de manera similar a lo reportado para otros ambientes marino-costeros tropicales, toda vez que la composición de los ensamblajes de larvas de peces responde de manera muy estrecha a la variabilidad de las condiciones ambientales locales (Whitfield & Patrick, 2005; Houde, 2008; León-Chavez et al., 2010; De Macedo-Soares et al., 2014; León-Chávez et al. 2015; Keskin & Pauly, 2019).

Establecer los factores que influyen las características estructurales de los ensamblajes de larvas de peces es complejo. La estructura espacial generalmente es determinada por las características hidrodinámicas de la región, como frentes térmicos o salinos o el patrón local de circulación superficial (Govoni, Hoss & Colby, 1989; Cowen, Hare & Fahay, 1993; Sabates & Olivar, 1996; Martínez-Aguilar et al., 2010; Calle-Bonilla et al., 2017), mientras que la estructura estacional generalmente está determinada por los procesos reproductivos y de desove de los adultos, procesos que son específicos para cada especie (Gray & Miskiewicz, 2000; Marancik, Clough & Hare, 2005)

Aunque la zona de Cabo Manglares sustenta el 24.5 % de la pesca artesanal que se genera en el Pacífico colombiano (AUNAP-UNIMAGDALENA, 2012), no hay referencias específicas sobre el ensamblaje de larvas de peces en esta localidad. Solo se

puede derivar alguna información sobre este tema de los trabajos desarrollados por Beltrán-Leon & Rios (2000); Escarria et al. (2006) y Martínez-Aguilar et al. (2010), esfuerzos de investigación que abordaron el estudio de las larvas de peces en toda la cuenca Pacífica colombiana. Por lo tanto, el presente trabajo de investigación presenta información novedosa sobre la composición y estructura del ensamblaje de larvas de peces en la zona de Cabo Manglares, incluyendo información sobre la abundancia de estadios larvales de especies de interés pesquero artesanal para los habitantes de la región como el pargo (Lutjanidae: e.g. *Lutjanus guttatus*), Pelada (Scianidae), Picuda (Sphyraenidae: e.g. *Sphyraena ensis*), Sierra (Scombridae: e.g. *Scomberomorus sierra*), Corvina (Scianidae: e.g. *Stellifer* sp.) y Jurel (Carangidae: e.g. *Caranx caballus*), y la carduma (Engraulidae: e.g. *Cetengraulis mysticetus*) que es utilizada para carnada y procesamiento de la industria harinera (Ortiz & Lopez, 2015).

Los estudios taxonómicos sobre las larvas de peces son una aproximación adecuada para llenar los vacíos de información sobre una de las fases de desarrollo más crítica del componente íctico de una localidad. Además de proporcionar información que permite valorar la biodiversidad marina local (Warner et al., 2000; Hastings & Botsford, 2003), conocer la composición taxonómica de los ensamblajes de larvas de peces es el punto de partida para comprender las tendencias de variación espacio-temporales y relaciones ecológicas con el hábitat disponible por parte de los peces adultos (King & McFarlane, 2003; Costa, Possinghamy & Muelbert, 2015). El estudio aquí realizado, aunque es de pequeña escala espacial, proporcionan evidencia importante sobre la estructura del ictioplancton en ambientes del Pacífico colombiano, lo cual puede traer grandes beneficios al integrarse con estudios de dinámica poblacional de los estadios adultos y la caracterización de las condiciones oceanográficas propias de cada sitio de interés (Beldade, Borges & Gonçalves, 2006; Olivar et al., 2010). Además, proporciona información relevante para fortalecer las acciones de manejo del Distrito Nacional de Manejo Integrado Cabo Manglares, Bajo Mira y Frontera.

AGRADECIMIENTOS

A Marisol Rivera, Juan José Gallego, Isabel Cristina Calle, Diego Córdoba, Angie Patiño, Stephania Palacios y Andrés Cuellar por su valioso apoyo durante las jornadas de muestreo y análisis de laboratorio requeridos para el desarrollo de esta investigación. Este trabajo fue parcialmente financiado por la Universidad del Valle, Parques Nacionales Naturales de Colombia y la Fundación Mi Mar – FUNDEMAR, en el marco del convenio de asociación No. 06 del 1 de julio de 2016 suscrito entre Parques Nacionales Naturales de Colombia y la Fundación Ambiental Mi Mar – FUNDEMAR, con el propósito de fortalecer el documento técnico de declaratoria y posterior manejo del Distrito Nacional de Manejo Integrado Cabo Manglares, Bajo Mira y Frontera. Esta es la publicación número 006 del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (INCIMAR), Universidad del Valle.

REFERENCIAS

- Ahlstrom, E. H. (1971). Kinds and abundance of fish larvae in the Eastern Tropical Pacific, based on collections made on Eastropac I. *Fish. Bull.*, 69(1), 3-77.
- Allen, L. G., Pondella, D. J. & Horn, M. H. (Eds.). (2006). *The ecology of marine fishes: California and adjacent waters*. California: Univ of California Press.
- AUNAP-UNIMAGDALENA. (2012). Reporte de la actividad pesquera Industrial y Artesanal Continental y Marina de Colombia. [Documento de trabajo].
- Auth, T. D. & Brodeur, R. D. (2013). An overview of ichthyoplankton research in the northern California Current region: Contributions to ecosystem assessments and management. *CalCOFI Rep.*, 54, 107-126.
- Beldade, R., Borges, R. & Gonçalves, E. J. (2006). Depth distribution of nearshore temperate fish larval assemblages near rocky substrates. *J. Plankton Res.*, 28(11), 1003-1013.
- Beltrán-León, B. & Ríos, R. (2000). *Estadios tempranos de peces del Pacífico colombiano*. Bogotá, Colombia: Panamericana Formas e Impresos.
- Beltrán, B., Ramos, G., Escobar, J. & Tovar, J. (1994). Distribución y abundancia de huevos y larvas de *Opisthonema* spp. (Gill, 1861) y *Cetengraulis mysticetus* (Gunther, 1866) (Pisces: Clupeiformes) en el Pacífico colombiano durante enero de 1993. *Bol. Cient. INPA.*, 2, 181-199.
- Boeing, W. J. & Duffy-Anderson, J. T. (2008). Ichthyoplankton dynamics and biodiversity in the Gulf of Alaska: responses to environmental change. *Ecol. Indic.*, 8(3), 292-302.
- Brochier, T., Echevin, V., Tam, J., Chaigneau, A., Goubanova, K. & Bertrand, A. (2013). Climate change scenarios experiments predict a future reduction in small pelagic fish recruitment in the Humboldt Current system. *Global Change Biol.*, 19(6), 1841-1853.
- Calle-Bonilla, I. C., Giraldo, A., & Cuéllar-Chacón, A. (2017). Variación espacio temporal del ensamble de larvas de peces coralinos en isla Gorgona, Pacífico colombiano. *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 46 (2), 55-72.
- Colwell, R.K. & Coddington. J. A. (1994). Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Phil. Trans. (Series B)*, 345, 101-118.
- Costa, M. D., Possingham, H. P. & Muelbert, J. H. (2015). Incorporating early life stages of fishes into estuarine spatial conservation planning. *Aquat. Conserv.*, 26(6), 1013-1030.
- Cowen, R. K., Hare, J. A. & Fahay, M. P. (1993). Beyond hydrography: can physical processes explain larval fish assemblages within the Middle Atlantic Bight?. *Bull. Mar. Sci.*, 53(2), 567-587.
- De Macedo-Soares, L. C. P., García, C. A. E., Freire, A. S. & Muelbert, J. H. (2014). Large-scale ichthyoplankton and water mass distribution along the South Brazil Shelf. *PLoS One.*, 9(3), e91241.
- Devis-Morales, A. W., Schneider, R. A., Montoya-Sánchez, Y. E. y Rodríguez-Rubio. (2008). Monsoon-like winds reverse oceanic circulation in the Panama Bight. *Geophys. Res. Lett.*, 35, L20607. doi: 10.1029/2008GL035172.
- Duffy-Anderson, J. T., Busby, M. S., Mier, K. L., Deliyaniades, C. M., & Stabeno, P. J. (2006). Spatial and temporal patterns in summer ichthyoplankton assemblages on the eastern Bering Sea shelf 1996–2000. *Fish. Oceanogr.*, 15(1), 80-94.
- Escarria, E., Beltrán-León, B. S. & Giraldo, A. (2006). Ictioplancton superficial de la cuenca del océano Pacífico colombiano (septiembre 2003). *Invest. Mar.*, 34(2), 169-173.
- Escarria, E., Beltrán-León, B. S., Giraldo, A. & Zapata, F. (2007). Ichthyoplankton in the Nacional Natural Park Isla Gorgona (Pacific Ocean of Colombia) during September 2005. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 35(2), 127-133.
- Fuiman, L. A. & Werner, R. G. (Eds.). (2009). *Fishery science: the unique contributions of early life stages*. Oxford: Blackwell Science Ltd.
- Franco-Gordo, C., Godínez-Domínguez, E., Suárez-Morales, E. & Vásquez-Yeomans, L. (2003). Diversity of ichthyoplankton in the central Mexican Pacific: a seasonal survey. *Estuar. Coast. Shelf. S.*, 57(1-2), 111-121.
- Giraldo, A., Rodríguez-Rubio, E. & Zapata, F. (2008). Condiciones oceanográficas en isla Gorgona, Pacífico oriental tropical de Colombia. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 36(1), 121-128.
- Govoni, J. J. (2005). Fisheries oceanography and the ecology of early life histories of fishes: a perspective over fifty years. *Sci Mar.*, 69(S1), 125-137.
- Govoni, J. J., Hoss, D. E. & Colby, D. R. (1989). The spatial distribution of larval fishes about the Mississippi River plume. *Limnol Oceanogr.*, 34(1), 178-187.
- Gray, C. A. & Miskiewicz, A. G. (2000). Larval fish assemblages in south-east Australian coastal waters: seasonal and spatial structure. *Estuar. Coast. Shelf. S.*, 50(4), 549-570.
- Hastings, A. & Botsford, L. W. (2003). Comparing designs of marine reserves for fisheries and for biodiversity. *Ecol. Appl.*, 13(sp1), 65-70.
- Heltshe, J. & Forrester, N. E. (1983). Estimating species richness using the jackknife procedure. *Biometrics.*, 39, 1-11.
- Hernández, J. R. Carassou, L., Graham, W. M. & Powers, S. P. (2013). Evaluation of the taxonomic sufficiency approach for ichthyoplankton community analysis. *Mar. Ecol.-Prog. Ser.*, 491, 77-90.
- Houde, E.D. (2008). Emerging from Hjort's Shadow. *J. Northwest Atl. Fish. Sci.*, 41, 53-70.
- Jerez-Guerrero, M., Criales-Hernández, M. I. & Giraldo, A. (2017). Copépodos epipelágicos en Bahía Cupica, Pacífico colombiano: composición de especies, distribución y variación temporal. *Rev. Biol. Trop.*, 65(3), 1046-1061.
- Keskin, C. & Pauly, D. (2019). Species composition of ichthyoplankton assemblages: a response to seasonal temperature changes. *Mediterranean Mar. Sci.*, 20(1), 222-226.
- King, J. R. & McFarlane, G. A. (2003). Marine fish life history strategies: applications to fishery management. *Fisheries Manag. Ecol.*, 10(4), 249-264.
- Leis, J.M. (1991). The pelagic stage of reef fishes: the larval biology of coral reef fishes. In P. F. Sale. (Ed), *The ecology of fishes on coral reefs* (pp. 183-230). San Diego, USA: Academic Press.
- Leis, J.M. (1993). Larval fish assemblages near Indo-Pacific coral reefs. *Bull. Mar. Sci.*, 53(2), 362-392.
- Leis, J. M. (2015). Taxonomy and systematics of larval Indo-Pacific fishes: a review of progress since 1981. *Ichthyol. Res.*, 62(1), 9-28.

- León-Chávez, C. A., Sánchez-Velasco, L., Beier, E., Lavín, M. F., Godínez, V. M. & Färber-Lorda, J. (2010). Larval fish assemblages and circulation in the Eastern Tropical Pacific in Autumn and Winter. *J. Plankton Res.*, 32(4), 397-410.
- León-Chávez, C. A., Beier, E., Sánchez-Velasco, L., Barton, E. D. & Godínez, V. M. (2015). Role of circulation scales and water mass distributions on larval fish habitats in the Eastern Tropical Pacific off Mexico. *J. Geophys. Res. Oceans.*, 120(6), 3987-4002.
- MADS. (2017). Resolución 2299 del 03 de noviembre de 2017. Por medio de la cual se reserva, delimita, alindera y declara el Distrito Nacional de Manejo Integrado Cabo Manglares Bajo Mira y Fronteras. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Marancik, K. E., Clough, L. M. & Hare, J. A. (2005). Cross-shelf and seasonal variation in larval fish assemblages on the southeast United States continental shelf off the coast of Georgia. *Fish. Bull.*, 103(1), 108-129.
- Martínez-Aguilar, T. I., Giraldo, A. & Rodríguez-Rubio, E. (2010). Ictioplancton en la zona costera del Pacífico colombiano durante la fase terminal de El Niño 2006-2007. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 38(1), 151-166.
- Medina-Contreras, D., Cantera, J., Escarria, E. & Mejía-Ladino, L. M. (2014). Distribution and density of ichthyoplankton in the Bahía Málaga estuary, Pacific coast of Colombia (September 2009-February 2010). *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 43(1), 107-119.
- Olivar, M. P., Emelianov, M., Villate, F., Uriarte, I., Maynou, F., Alvarez, I., & Morote, E. (2010). The role of oceanographic conditions and plankton availability in larval fish assemblages off the Catalan coast (NW Mediterranean). *Fish. Oceanogr.*, 19(3), 209-229.
- Olney, J. E. (1983). Eggs and early larvae of the bay anchovy, *Anchoa mitchilli*, and the weakfish, *Cynoscion regalis*, in lower Chesapeake Bay with notes on associated ichthyoplankton. *Estuaries.*, 6(1), 20-35.
- Ortiz, M. & López, R. (2015). Caracterización socioeconómica de la comunidad artesanal de Nariño, Colombia. *Lecturas de Economía.*, 82, 247-281.
- Sabates, A. & Olivar, M. P. (1996). Variation of larval fish distributions associated with variability in the location of a shelf-slope front. *Mar. Ecol.-Prog. Ser.*, 135, 11-20.
- Sale, P.F. (1980). The ecology of fishes on coral reefs. *Oceanogr. Mar. Biol.*, 18, 367-421.
- Sanvicente-Añorve, L., Flores-Coto, C. & Chiappa-Carrara, X. (2000). Temporal and spatial scales of ichthyoplankton distribution in the southern Gulf of Mexico. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 51(4), 463-475.
- Richards, W.J. (1985). Status of the identification of the early life stages of fishes. *Bull. Mar. Sci.*, 37(2), 756-760.
- Richards, W. (2006). *Early stages of Atlantic fishes: an identification guide for the Western Central North Atlantic*. Boca Raton, USA: Taylor y Francis Group, CRC Press.
- Rodríguez-Rubio, E. & Schneider, W. (2003). On the seasonal circulation within the Panama Bight derived from satellite observations of wind, altimetry and sea surface temperature. *Geophys. Res. Lett.*, 30 (7), 1410. doi:10.1029/2002GL016794
- Rodríguez-Rubio, E. & Giraldo, A. (2011). Características oceanográficas en la isla Malpelo y su relación con la cuenca oceánica del Pacífico colombiano. *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 40 (Supl. Esp.), 19-32
- Sameoto, D. D. (1984). Environmental factors influencing diurnal distribution of zooplankton and ichthyoplankton. *J. Plankton Res.*, 6(5), 767-792.
- Valencia, B., Lavaniegos, B., Giraldo, A. & Rodríguez-Rubio, E. (2013). Temporal and spatial variation of hyperiid amphipod assemblages in response to hydrographic processes in the Panama Bight, eastern tropical Pacific. *Deep Sea Res. Part 1 Oceanogr. Res. Pap.*, 73, 46-61.
- Villegas, N., Málíkov, I. y Díaz, D. (2016). Variabilidad mensual de la velocidad de surgencia y clorofila a en la región del Panama Bight. *Rev. Mutis.*, 6(2), 82-94.
- Warner, R. R., Swearer, S. E. & Caselle, J. E. (2000). Larval accumulation and retention: implications for the design of marine reserves and essential habitat. *Bull. Mar. Sci.*, 66(3), 821-830.
- Whitfield, A. K., Y Patrick, P. (2015). Habitat type and nursery function for coastal marine fish species, with emphasis on the Eastern Cape region, South Africa. *Est. Coast. Shelf Sci.*, 160, 49-59.

Mariposas (Lepidoptera: Hesperioidea-Papilionoidea) del bosque seco tropical (BST) en Colombia. Conociendo la diversidad en un ecosistema amenazado*

Efraín Reinel Henao-Bañol^{1,2,3} & Carlos H. Gantiva-Q.^{4,5}

RESUMEN

Objetivo. Dado que el Bioma Bosque seco tropical (Bs-T) en Colombia está en peligro y por ende puede desaparecer, se da conocer por primera vez una lista de las especies de mariposas (Lepidoptera: Hesperioidea-Papilionoidea) para Colombia, se indican los vacíos de información existentes en algunas regiones y se proponen algunas especies típicas del Bs-T. **Metodología.** A partir de una revisión de literatura, salidas de campo, consulta de colecciones biológicas y ayuda de algunos especialistas se genera una lista taxonómica de mariposas para este ecosistema. **Resultados.** Un total de 2222 registros y 1825 individuos fueron revisados que corresponden a 662 especies, donde la familia Nymphalidae presento 274 especies, seguida por Hesperiiidae con 183, Riodinidae 69, Pieridae 52, Lycaenidae 73 y Papilionidae con 21 especies. Además se proponen y figuran 15 especies de mariposas características de este tipo de ecosistema. **Alcance.** Se aporta conocimiento sobre la diversidad mariposas para un ecosistema en estado crítico como lo es el Bs-T, al igual que se genera una aproximación sobre su riqueza que permite proponer estrategias de conservación para el ecosistema.

Palabras clave: Hesperioidea, Papilionoidea, Bs-T, riqueza, especies bioindicadoras.


Butterflies (Lepidoptera: Hesperioidea-Papilionoidea) from the Tropical Dry Forest in Colombia. Knowing diversity in a threatened ecosystem


ABSTRACT

Objective. To present for the first time the list of butterfly species (Lepidoptera: Hesperioidea-Papilionoidea) for the Tropical Dry Forest (Bs-T) of Colombia, the information gaps in some regions are indicated and some are proposed typical species of Bs-T. **Methodology.** Based on a review of literature, field trips, consultation of biological collections and the help of some specialists, a taxonomic list of butterflies for this ecosystem is proposed. **Results.** A total of 2222 records and 1825 individuals were reviewed corresponding to 662 species, where the Nymphalidae family presented 274 species, followed by Hesperiiidae with 183, Riodinidae 69, Pieridae 52, Lycaenidae 73 and Papilionidae with 21 species. In addition, 15 species of butterflies characteristic of this type of ecosystem are proposed and listed. **Scope.** Knowledge is provided about the diversity of butterflies for an ecosystem in critical condition such as Bs-T, as well as an approximation of its wealth that allows to propose conservation strategies for the ecosystem.

Key Words: Lepidoptera, Hesperioidea, Papilionoidea, Tropical dry forest, bioindicating species

* FR: 12-VIII-2018. FA: 19-II-2019

¹ Investigador. Grupo Fauna Amazónica Colombiana. Instituto Sinchi. ² Entomólogo. Area Natural Única Los Estoraques (Norte de Santander). ³ Investigador. Programa Naturamazonas. Conservacion Internacional-Colombia. E-mail: erhenao@unal.edu.co  0000-0002-5482-6145

⁴ Grupo Biodiversidad y Conservación, Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia – sede Bogotá. ⁵ Biólogo – Investigador, Fundación Omacha.  0000-0001-8546-3829



CÓMO CITAR:

HENAO-BAÑOL, E.R., GANTIVA-Q. C.H., 2020.- Mariposas (Lepidoptera: Hesperioidea-Papilionoidea) del bosque seco tropical (BST) en Colombia. Conociendo la diversidad en un ecosistema amenazado. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 24 (1): 150-196. DOI: 10.17151/bccm.2020.24.1.10



INTRODUCCIÓN

El bioma bosque seco tropical (BST) representa cerca de un 42 % de los ecosistemas boscosos tropicales del mundo. Para el Neotrópico se han registrado cerca de 700.000 km² en su condición original, que equivaldrían a un 67 % de la cobertura global original (Dirzo, Young, Mooney & Ceballos, 2011). En Colombia se desconoce la distribución original del bosque seco, pero se estima una cobertura potencial de 80.000 km² de los cuales solo quedan cerca del 1,5 % de la cobertura original (Arcila, Valderrama y Chacón de Ulloa, 2012)

El Bs-T se caracteriza por tener una estacionalidad marcada con un régimen bimodal que experimenta un periodo de sequía de al menos 5 o 6 meses al año (Pizano y García, 2014). Por otro lado, estos bosques presentan una alta diversidad biológica especialmente dada por un elevado número de endemismos, formas de vida y de grupos funcionales. Igualmente, por una alta diversidad beta reflejada en la disimilitud de especies de plantas entre regiones geográficas (Linares-Palomino, Kvist, Aguirre-Mendoza & Gonzáles-Inca, 2010). Sin embargo, ha sido poco estudiado desde perspectivas como la biodiversidad y ecología que permitan comprender sus especies, las dinámicas y su importancia en la generación de servicios ecosistémicos (Pizano y García, 2014).

La diversidad de mariposas en Colombia no está suficientemente conocida (Ortega y Constantino, 1997) a pesar del estimativo que propone Andrade-C, Betancur, Forero, Lynch, Stiles y Prieto (2012) de 3276 especies, desconocemos la lista taxonómica de las especies, aunque ya se han empezado a elaborar parcialmente para algunas regiones específicas como el Putumayo, la Amazonía, la Orinoquía y el Choco biogeográfico (Salazar, 1995; Andrade-C, Henao y Triviño, 2015; Gantiva y Andrade, en prep., Vargas y Salazar, 2014).

Por otro lado, la alta tasa de destrucción de los bosques por las actividades humanas presiona la elaboración de inventarios rápidos (C. VRIESENDORP, com. pers.) y el uso de técnicas de extrapolación para estimar la riqueza de especies (DeVries, Wallace & Greeny, 1999). Estos inventarios permiten conocer la distribución de las poblaciones, especies, gremios, comunidades y ecosistemas (Kremen et al., 1993; Concha-Bloomfield y Parra, 2006) y ayudan a tomar decisiones soportadas en datos reales sobre la priorización de áreas dedicadas a la conservación y a la explotación sostenible de las especies (Kremen et al., 1993; Villarreal et al., 2006).

Las mariposas diurnas se han usado como indicadores del estado de conservación de ecosistemas y de diversidad de otros grupos biológicos debido a que tienen ciclos de vida cortos (DeVries et al., 1999), son sensibles a variables como la humedad, radiación solar y temperatura (Brown y Freitas, 2000; Kremen et al., 1993), fáciles de seguir y manejar

en campo (DeVries et al., 1997, 1999) y son un grupo taxonómico relativamente bien estudiado (Andrade-C, 1998; Kremen et al., 1993). Adicionalmente, las mariposas adultas tienden a concentrarse en áreas donde las larvas encuentran sus plantas hospederas (DeVries & Walla, 2001; Willmott & Freitas, 2006), por lo cual han sido propuestas como buenas indicadoras de la calidad del hábitat (Andrade-C, 1998). Aunque no hay una lista de las mariposas endémicas del país, pese al número propuesto por Andrade-C et al. (2002) quien indica una cifra de 350, aún se desconocen las especies endémicas del Bs-T de Colombia pese a ser un ecosistema con gran número de endemismos como lo indican Linares-Palomino, Oloveira-Filho & Pennington (2011), este trabajo proponen algunos taxones representativos en la mayoría de los trabajos publicados, junto con la información de las colecciones, salidas de campo y respaldo bibliográfico.

Finalmente este trabajo da a conocer una lista de mariposas habitantes del Bs-T en Colombia, con base en los criterios mencionados y ayuda de especialistas, contribuyendo al inventario nacional de biodiversidad en un ecosistema prioritario por ser considerado como uno de los más degradados, fragmentados y pobremente conocidos (Rodríguez, Armenteras, Morales y Romero, 2004), donde su fragmentación y transformación puede causar altos niveles de extinción, pero son justamente esos remanentes o parches existentes quienes constituyen importantes refugios y reservorios de biodiversidad (Kattan & Álvarez-López, 1996) en este bioma.

METODOLOGÍA

La delimitación del Bs-T sigue lo propuesto por Pizano y García (2014), donde la precipitación anual varía desde los 1000 a 2000 mm anuales y en temporadas de sequía con precipitaciones menores a 100mm. Como límite espacial del Bs-T se utiliza el mapa de distribución espacial generado por el IavH a escala 1.100,000 (Pizano & García, 2014).

Este trabajo partió de la búsqueda de literatura en todo lo relacionado con mariposas del Bs-T, encontrándose 21 publicaciones relacionadas, la consulta de cinco de colecciones biológicas y 10 muestreos realizados por cada uno de los autores que ayudaron a consolidar la lista de las especies para esta formación vegetal. Es de aclarar que uno de los últimos trabajos publicados (Peña y Reinoso, 2016) no da a conocer la lista de especies, por lo cual no se tuvo en cuenta en este trabajo. En las salidas de campo se empleó la red entomológica de mango largo y se instalaron 10 trampas Van Someren Rydon (TVSR) con pescado o camarón en descomposición y fruta fermentada. La determinación taxonómica contó con ayuda especialistas como Eduardo Carneiro, Olaff Mielke, Thamara Zacca, André Lucci Freitas, Ángel Viloría y Julián Adolfo Salazar. En el proceso de determinación taxonómica se empleó literatura especializada y en casos específicos como en Riodinidae y Hesperiiidae se realizó disección de órganos

genitales con base en métodos estándares con el fin de precisar la identificación. Las listas de especies por localidad fueron filtradas y organizadas por familias, géneros y especies, no se tuvieron en cuenta especies duplicadas y con determinación taxonómica incompleta o dudosa. Igualmente, se eliminaron los géneros duplicados o no identificados o con alguna duda de su distribución para este ecosistema.

Los registros obtenidos fueron georreferenciados utilizando el método radio punto descrito por Escobar et al. (2015). Para evaluar la distribución espacial de los registros de mariposas, el polígono asociado al Bs-T (Pizano & García, 2014) fue dividida en celdas de 1x1 Km², esto con ayuda del software ArcGIS 10.2. Este tamaño de celda fue elegido debido a la reducida extensión en área del Bs-T, la cual no permitió un trabajo apropiado con celdas de 5 o 10km².

Colecciones revisadas:

CEUA: Colección Entomológica, Universidad de Antioquia.

CEUN: Colección Entomológica, Universidad del Nariño.

MHN-UC: Museo de Historia Natural Universidad de Caldas.

MEFLG: Museo Entomológico Francisco Luis Gallego. Universidad Nacional de Colombia. Medellín.

CEH: Colección Personal Efraín Henao. CEH-085.

Abreviaturas en el texto y trabajos citados en el anexo:

TVSR: Trampas Van Someren-Rydon. TA: Técnica de Ahrenholtz. RE: Red entomológica. RV: Registro visual. RF: Registro fotográfico. IB: Interior de bosque. BB: Borde de bosque. CB: Claro de bosque. P/ZA: potreros, áreas o zonas abiertas. RQ/RR: Ribera de quebrada o río. S: Saldados o sitios de concentración de minerales.

1: Mallet, 1976; 2: Gómez, 2005; 3: Pulido, 2006; 4: Gaviria y Ríos, 2007; 5: Campos et al., 2007; 6: Erazo & Gonzales, 2008; 7: Pulido, 2008; 8: Orozco, 2009; 9: Montero et al., 2009; 10: Torres-Angarita, 2010; 11: Gaviria y Henao, 2011; 12: Prince et al., 2011; 13: Vargas et al., 2011; 14: Campos et al., 2011; 15: Boom, 2013; 16: Sánchez, 2014; 17: Moreno, 2015; 18. Henao y Meneses en prep.; 19. Casas et al., 2017; 20: Mercado-Gómez, Mercado-Gómez y Giraldo-Sánchez, 2018.

RESULTADOS

Un total de 2222 registros y 1825 individuos fueron revisados correspondientes a 662 especies, donde la familia Nymphalidae presentó 274 especies, seguida por Hesperidae con 175, Riodinidae 73, Lycaenidae 67, Pieridae 52 y Papilionidae 21 especies (Figura 1).

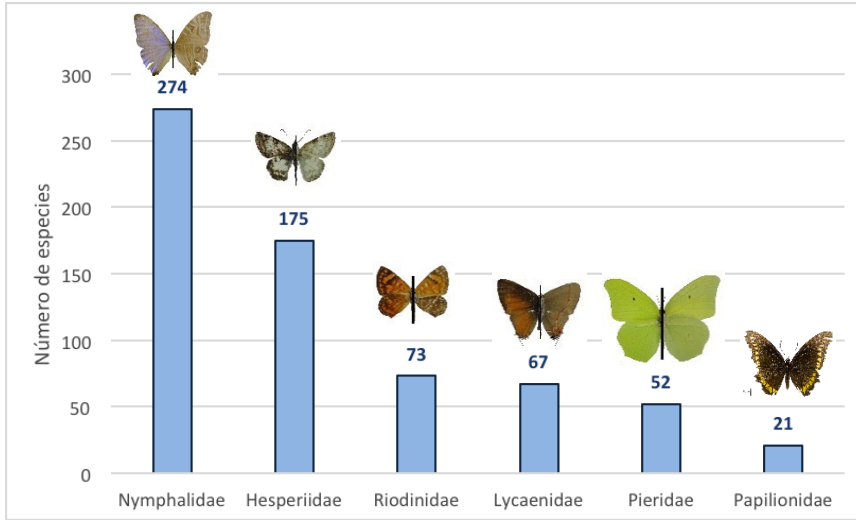


Figura 1. Número de especies de mariposas por familia para el Bs-T de Colombia.

Respecto a las subfamilias Pyrginae y Satyrinae, ambas presentaron la mayor riqueza con 72 y 71 especies respectivamente, seguidas de Riodininae y Hesperinae con 68 y 64 especies. Las subfamilias Danainae, Biblidinae y Eudaminae presentaron riquezas en su orden de 49, 43 y 39 especies. Las subfamilias con menor riqueza correspondieron a Libytheinae, Apaturinae y Cyrestinae con 1, 4 especies respectivamente. (Figura 2).

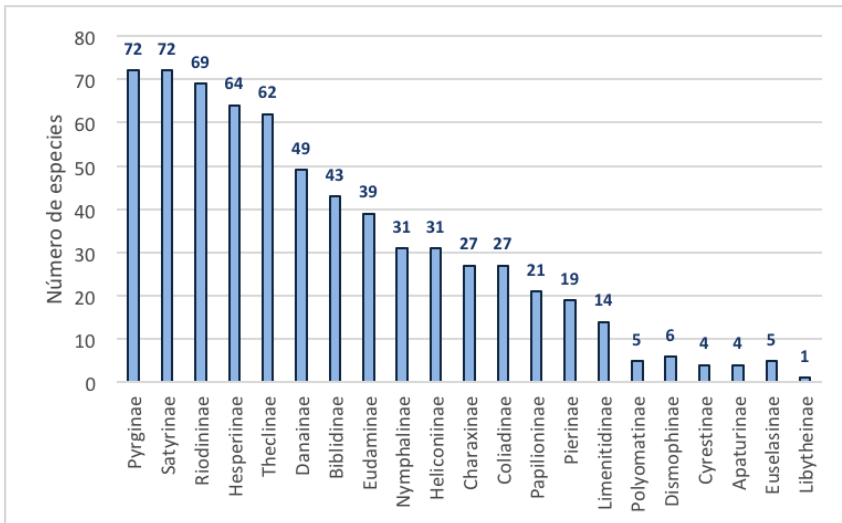


Figura 2. Número de especies por subfamilia para el Bs-T de Colombia.

La zona con mayor número de especies, según los datos bibliográficos y muestreos, indican al Area Natural Única Los Estoraques (Norte de Santander) con 280 especies (Henao y Meneses, en prep.), el Parque Regional el Vínculo con 204, seguida del El Aguil (Cesar) con 190 especies y 172 especies para el Santuario de Flora y Fauna los Besotes (Cesar). Las demás localidades del caribe Colombiano presentaron entre 22 y 150 especies (Figura 3 y 4). Es de anotar que Peña y Reinoso (2016) citan 160 especies para el Valle Alto del río Magdalena en el departamento del Tolima, pero no incluyeron la lista de especies por lo cual este trabajo no se tuvo en cuenta.

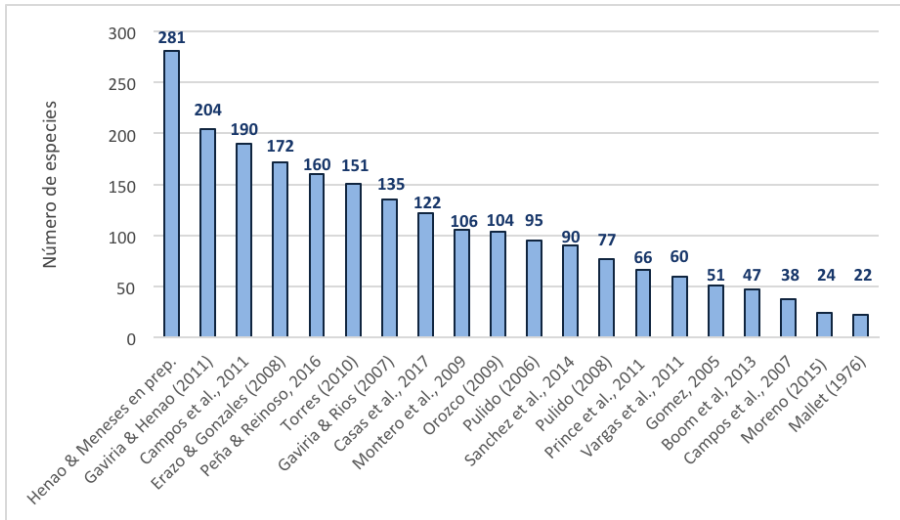


Figura 3. Número de especies por autores para 20 localidades de Bs-T en Colombia.

En total se obtuvieron 2123 registros georreferenciados para 26 localidades dentro de los polígonos dados para el Bs-T (figura 4), la mayor cantidad de registros y por ende de trabajo de caracterización de mariposas en el Bs-T están en el cinturón Árido Pericaribeño. Seguidos por la provincia Biogeográfica Norandina (Hernández, Hurtado, Ortíz y Walschburger, 1992) con algunos registros en el Valle del Cauca y Antioquia. Es de notar la ausencia de registros en los bosques secos de la isla de Providencia, en los departamentos de Nariño, Cauca y Huila, al igual que en la región de la Orinoquia Colombiana (Castro-Lima, F., Antelo-Albertos, R., Stevenson, P.R. y González-Caballero, M. 2016) y en el Valle del Patía.

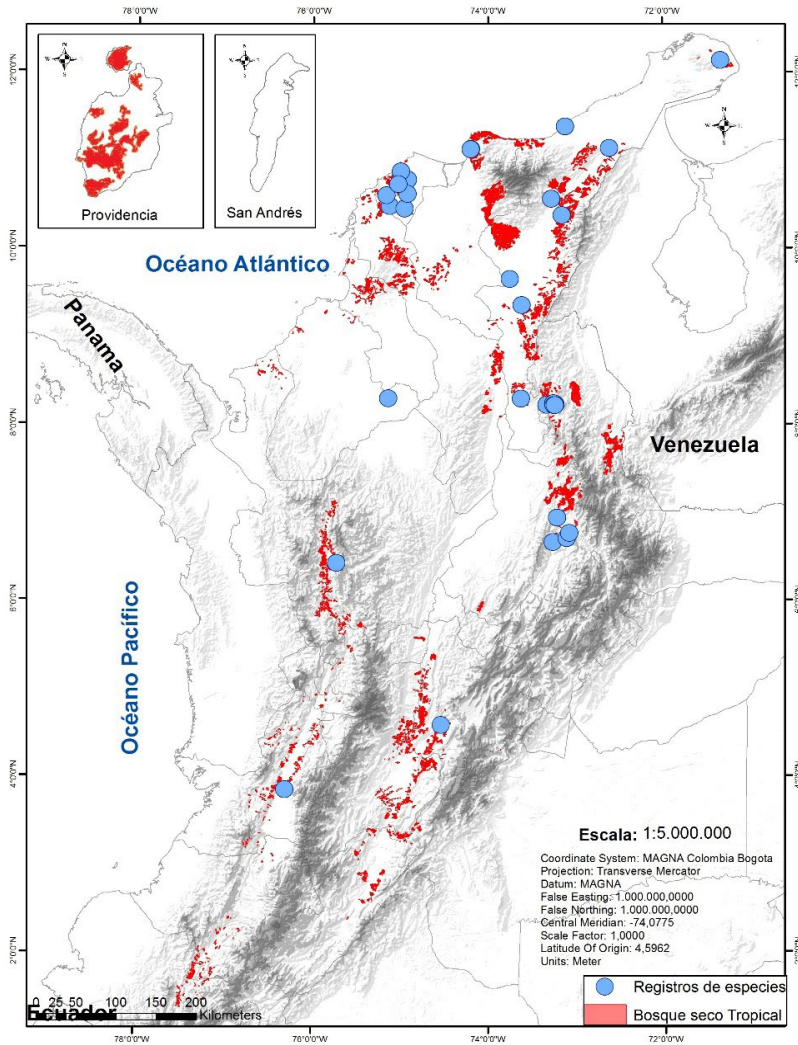


Figura 4. Ubicación geográfica de los principales registros de especies de mariposas en el Bs-T de Colombia. El polígono rojo corresponde al Bs-T (Pizano y García, 2014).

La Figura 5 ilustra las riquezas para cada punto de registro de mariposas, donde se obtuvieron en total 20956 celdas de 1x1km² donde solo 26 mostraron registros de mariposas, lo cual indica que solo el 0,12 % del área total del Bs-T en Colombia cuenta con información sobre mariposas. De las 26 celdas con registros, el 38,4 % corresponde a sitios con presencia de 1 a 50 especies, el 38,4 % con 51 a 100 especies,

el 7,7 % con 101 a 150 especies y finalmente, el 11,5 % con un número mayor a 151 especies. Se destaca la poca cantidad de sitios con registros superiores a 100 especies, donde los esfuerzos de muestreo y la cobertura de las diferentes temporadas climáticas juegan un factor determinante en la consecución del número de especies observadas tanto en trabajo de campo como en los trabajos consultados.

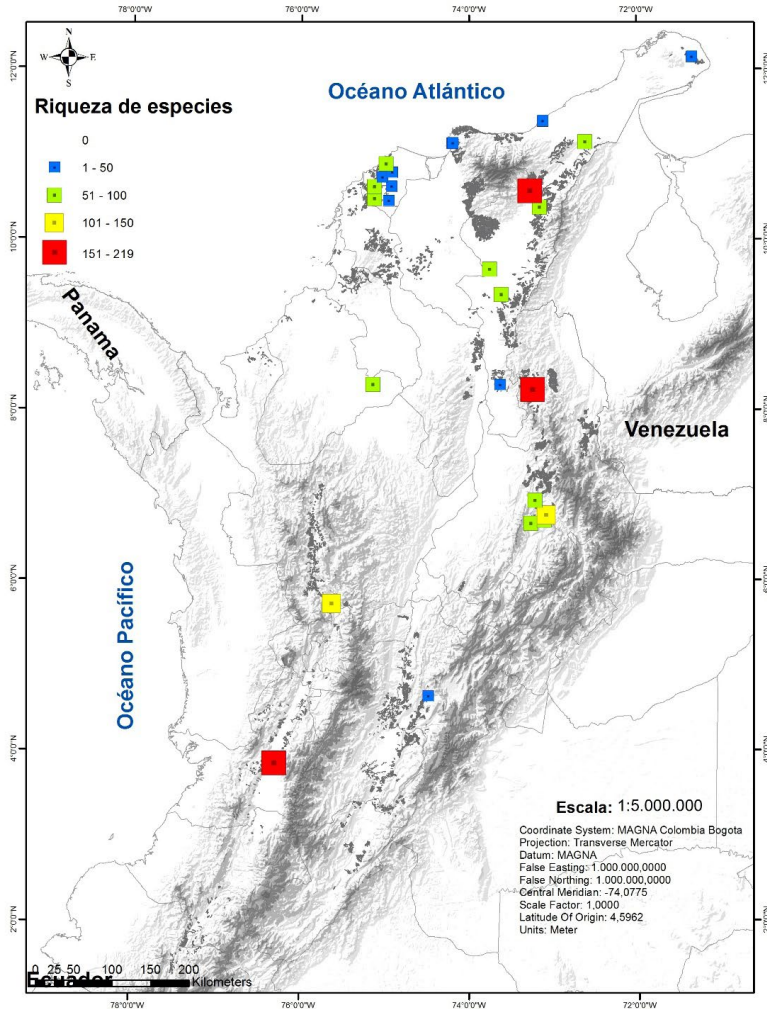


Figura 5. Representación de la riqueza de especies en el Bs-T. Tamaño de celda 1x1 km², las sombras en gris corresponden a las celdas vacías. Celdas con registros de **1-50 especies**: 10, celdas con registros de **51-100 especies**: 10, celdas con registros de **101-150 especies**: 2, celdas con registros de **151 especies o más**: 3

Es de indicar que la revisión de colecciones biológicas (figura 6) permitió registrar el mayor número de especies (231), por lo que se resalta su importancia en la obtención de datos o registros almacenados y preservados que hacen parte del patrimonio de la nación y que son de vital importancia en los trabajos taxonómicos como este. El MHN-UC proporcionó mayor información de las especies para este ecosistema, seguido por el IAvH; es de indicar que pese al poco número de especies registradas en las otras tres colecciones, los registros únicos de especies sirvieron para generar la lista como por ejemplo *Memphis artacaena* solo fue encontrada en la CEH, proveniente del bosque seco entre Puerto Berrio y la Dorada (Caldas).

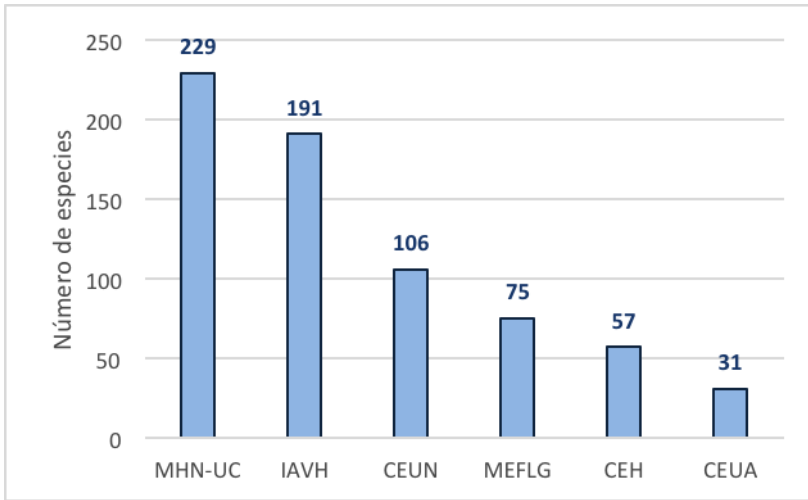


Figura 6. Aporte de las colecciones revisadas en cuanto al número de especies.

Adicionalmente un análisis preliminar sobre la representatividad del muestreo indica que falta un esfuerzo cercano al 15 % de las especies en todo el Bs-T, lo que es corroborado por los grandes vacíos de información para algunas zonas, en especial en el Valle del Patía, Providencia, Nariño, Huila e incluso en las algunas regiones secas del Valle del Magdalena y del Cauca.

DISCUSIÓN

El número de especies de mariposas en el Bs-T de Colombia se han subestimado, esto lo demuestran algunos estudios donde la riqueza expresada no supera las 60 especies (Boom, Seña, Vargas & Martínez, 2013; Campos y Andrade, 2009; Moreno y Acuña-Vargas, 2015; Mercado et al., 2018) y donde la mayoría de los trabajos citan entre 100 y 120 especies (Casas-Pinilla, Mahecha, Dumax & Ríos-Málaver 2017; Montero, Moreno y Gutiérrez, 2009; Orozco, Muriel y Palacio, 2009). Otro elemento a tener

en cuenta y que afecta negativamente la riqueza de mariposas es la estacionalidad en el Bs-T, muchos estudios solo representan los resultados de un muestreo en una sola época del año, por lo cual no se puede ver el recambio de especies en las diferentes temporadas del año (Mahecha y Díaz, 2015) y por ende afectan el conocimiento de toda la riqueza en el bioma.

El número de especies de mariposas diurnas reportadas para este trabajo (662 especies) representan el 20% del total de especies registradas para el país con 3.279 especies (Mahecha y Díaz, 2015). Un porcentaje significativamente alto comparado con algunos otros trabajos en Bosque húmedo tropical como el de Salazar, J.A., Vargas, J., Mora, A., y Benavides, P. (2010), quienes tienen una representatividad del 18 % y Andrade, Henao y Salazar (2015) con el 37 %, lo que indica una buena representatividad de la riqueza de mariposas del Bs-T para el país. Díaz (2006) cita 13000 especies insectos para el Bs-T, lo que representaría un 20 % de mariposas sobre la riqueza total del grupo.

Por otro lado, la falta de muestreos sistemáticos y rigurosos no permite una aproximación a la riqueza real en un bioma con condiciones extremas de temperatura, humedad y brillo solar como lo es el Bs-T en Colombia, coincidiendo con lo expresado por Prince-Chacon, Vargas, Salazar & Martínez (2011) acerca de implementar métodos más eficientes e incluso más rigurosos para la captura de mariposas.

Un factor a tener en cuenta para mejorar la eficiencia en los muestreos, especialmente en las caracterizaciones biológicas tanto del Bs-T como en otros biomas, es el empleo regular o estandarizado de diversas técnicas de recolección (TVSR, la técnica de Ahrenholtz (TA), red entomológica (RE), el registro visual (RV) y fotográfico (RF) (si se está entrenado para esto), el empleo de varios cebos o atrayentes (pescado y camarón en descomposición, uso de excremento y fruta fermentada), adicionalmente muestreos no solo en las horas de máxima actividad sino en las primeras horas de la mañana y al finalizar el día, en lo que conocemos como horas crepusculares, ya que muchas especies tienen preferencia durante estas horas y realizar muestreos en diferentes microhábitats (interior de bosque (IB), borde de bosque (BB), claro de bosque (CB), potreros o áreas abiertas (P/ZA), riberas de fuentes de agua (RQ/RR) y sitios alimentación como salados o de concentración de minerales (S) (Lamas, Mielke & Robbins, 1993; Andrade-C, Henao y Triviño, 2013; Henao, Carneiro, Mielke & Casagrade, 2015; Henao & Stiles, 2018), todo con el fin proporcionar mayor información o documentación sobre riqueza y función de la entomofauna del Bs-T (Montero et al., 2009).

Respecto a especies propias del Bs-T, en Colombia se citan dos especies *Hypna clytemnestra rufescens* (Charaxinae) y *Myscelia leucocyana leucocyana* (Bibliidinae) que, según Montero et al. (2009), son importantes biogeográficamente por ser exclusivas de la región de la costa Caribe. Henao y Meneses (2017) describen a *Pharneuptychia*

estoraquensis como una especie exclusiva para este tipo de bioma y al tiempo endémica de Colombia, sin embargo la tasa de endemidad para este tipo de ecosistema es bajo, debido a que puede ser un sitio transicional entre otros ecosistemas, coincidiendo con Díaz (2006) en otros grupos biológicos como plantas y mamíferos.

Para llegar a un estimado de especies para nuestro país, es necesario copilar la información existente en colecciones biológicas y en literatura mediante listas por Biomas como esta o en listas por Biorregion, a pesa de ello esta información aún es escasa o poco publicada, Andrade-C (2002) aporta el único trabajo que da un panorama sobre la diversidad de especies de mariposas en Colombia, mencionando cerca 470 especies para la región del Choco Biogeográfico, no obstante, solo para San José del Palmar y áreas anexas se registran 406 especies (Vargas y Salazar, 2014) por lo cual es necesaria una consolidación de la información existente. Otra aproximación para otra región biogeográfica fue dada por Andrade-C et al. (2015) para la región amazónica colombiana con 1227 especies, a partir de esto Henao y Salazar en prep., obtienen una lista de 1568 especies para esta región con base en trabajo de campo para regiones como el nororiente amazónico donde hay vacíos de información. Por otro lado Gantiva-Q. & Andrade-C en prep., registran más de 1100 especies para la bioregion de la Orinoquia colombiana, esto a través de una estrecha relación entre el Piedemonte y las selvas transicionales amazónicas las cuales suelen alimentar la riqueza de especies encontradas en los paisajes de llanuras, pero esta tarea no se realizaba para el Bs-T en Colombia y no se contaba con un estimativo de las especies de mariposas para este bioma.

En la Orinoquia también encontramos Bosques secos, principalmente en el piedemonte llanero, en las selvas del Lipa y en el Andén Orinoqués (Pizano y García, 2014). En este trabajo no se incluyen debido a que la cartografía de los bosques secos de esta región no está definida, a la falta de material obtenido para estas locaciones, junto con la discusión sobre la inexistencia del bosque seco en la Orinoquia (sensu stricto) donde puede haber elementos florísticos similares pero su comportamiento es diferente, pues la pérdida de follaje de la vegetación no ocurre de manera sincrónica como el verdadero Bs-T (Díaz, 2006).

Este trabajo demuestra la gran riqueza de mariposas en este ecosistema que se encuentra bajo amenaza por todas las actividades antrópicas que se desarrollan y afectan

principalmente su formación vegetal e interacciones con las especies (Pizano y García, 2014). Además, resalta la falta de rigurosidad en las recolectas debido a elementos de las preguntas de investigación propios de cada estudio, a la falta de cobertura de la estacionalidad completa en estos bosques o por las premisas equivocadas que en regiones secas la diversidad disminuye y las especies son comunes (Huxman et al., 2005). Por lo que se les resta importancia a ciertos grupos como Nymphalidae (Satyrinae), Lycaenidae, Riodinidae y Hesperidae donde hay elementos difíciles en su taxonomía, pero son grupos necesarios en la realización de cualquier análisis que involucre el estudio de mariposas. En adición a esto, el desconocimiento de los comportamientos de vuelo y temporalidad diaria en Hesperidae, Riodinidae y Lycaenidae deriva en la obtención de listas parciales o incompletas (Vargas et al., 2011; Campos, Gómez y Andrade, 2011; Boom et al., 2013; Campos y Andrade, 2007; Moreno y Acuña-Vargas, 2015; Mercado, et al., 2018).

El Bs-T en Colombia, ha sido reducido a fragmentos aislados y de escaso tamaño que ponen en entredicho su viabilidad a largo plazo y la de muchas especies de plantas y animales para las cuales es su hábitat exclusivo (Díaz, 2006), como se puede observar en algunos géneros característicos para este tipo bioma como *Hamadryas*, *Ypthimoides*, *Pharneuptychia* y *Microtia*, siendo comunes en áreas abiertas o borde de bosque (Prince-Chacon et al., 2011; Henao y Meneses, 2017)

Timochreon satyrus (C. & R. Felder, 1867), *Zopyrion satyrina* (C. & R. Felder, 1867), *Chiomara asychis* (Stoll, 1780) y *Paches loxus* (Westwood, 1852) de la familia Hesperidae son especies características de este tipo de bosque, al igual que *Arawacus dumenillii* (Godart, [1824]), *Electrostrymon hugon* (Godart, [1824]), *Chlorostrymon simaethis* (Drury, 1773) y *Eumaeus godartii* (Boisduval, 1870) de la familia Lycaenidae; dentro de los ninfalidos se destacan *Microtia elva* H. Bates, 1864; *Myscelia cyaniris* E. Doubleday, 1848 y *Morpho rhodopteron* (Godman & Salvin, 1880). En cuanto a la familia Riodinidae se destaca a *Aricoris erostratus* (Westwood, 1851). Otros registros dentro de este ecosistema que podrían indicar estados avanzados y conservados del ecosistema corresponden a *Agrias amydon* (Hewitson, [1854]) y *Memphis artacaena* (Hewitson, 1869) especies consideradas raras y llamativas, las cuales podrán servir junto con las mencionadas anteriormente como objetos de conservación para esta formación vegetal (Figuras 7-8).

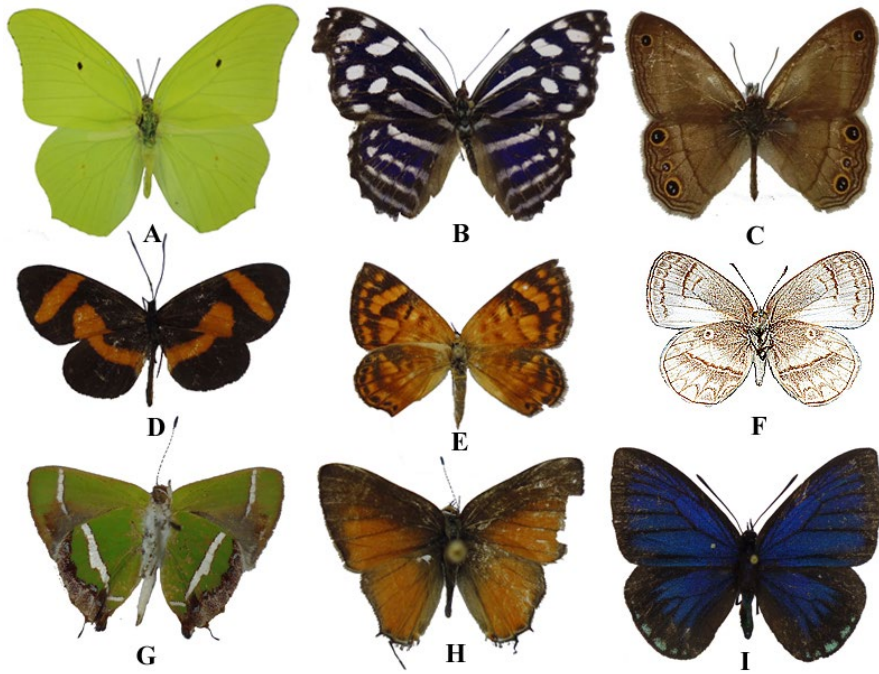


Figura 7. Especies representantes de Bs-T en Colombia. A. *Anteos maerula*. B. *Myscelia cyaniris*. C. *Pharneuptychia estoraquesis*. D. *Microtia elva*. E. *Aricoris erostratus*. F. *Arawacus dumeniilii*. G. *Chlorostyrymon simaethis*. H. *Electrostrymon hegon*. I. *Eumaeus godartii*

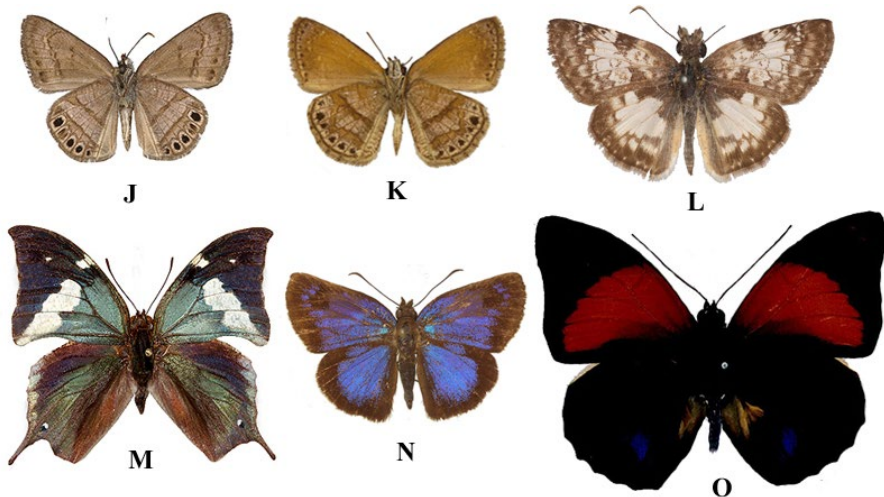


Figura 8. Especies representantes del Bs-T en Colombia. J. *Timocreon satyrus*. K. *Zopyrion satyrina*. L. *Chiomara asychis*. M. *Memphis artacaena*. N. *Paches loxus*. O. *Agrias amydon*.

Otras consideraciones

La controversia de recolectar poco porque la especie ya se registró sigue aún en pie, especialmente en grupos como Hesperiiidae, Riodinidae y Lycaenidae debido a la gran similitud morfológica de las especies, por tanto su recolección y estudio de caracteres en laboratorio es fundamental para llegar a una buena aproximación taxonomica, pero muchas personas e incluso investigadores no taxónomos difieren y entablan gran controversia por la recolecta.

Otra herramienta empleada en la actualidad como método alternativo es la fotografía al natural que se ha llamado fototaxonomía, la cual puede ser útil en algunos casos, pero con los argumentos expuestos también presenta sus debilidades y, por tanto no es recomendada en especial para los investigadores que se inician en el estudio del grupo o grupos con los problemas taxonómicos mencionados.

En la actualidad no tenemos una lista de las especies de mariposas para nuestro país y menos se contaba con una lista para el Bs-T en Colombia a pesar del gran esfuerzo de varios investigadores por elaborar el catálogo de mariposas de Colombia, por lo cual este trabajo aporta información taxonómica valiosa sobre la riqueza de especies contruyendo así al inventario básico nacional de biodiversidad (O. Rangel, com. pers).

CONCLUSIONES

El ecosistema Bs-T en Colombia presenta una gran diversidad biológica (662 especies), superando los estimativos sobre mariposas diurnas actualmente conocidos para esta formación vegetal, pero su endemidad es baja, por lo que debe ser objeto de estudio a fin de comprender adecuadamente las interacciones entre este bioma, las especies, sus distribuciones y funciones en el ecosistema.

Un gran problema en la actualidad es la desigualdad en los esfuerzos de muestreo para las diferentes localidades estudiadas, lo que se evidencia en el desconocimiento de grupos como Hesperiiidae, Lycaenidae y Riodinidae para el Bs-T, lo cual disminuye la probabilidad de obtener un estimado certero sobre la verdadera riqueza de mariposas en el Bs-T en Colombia.

Se deben incentivar estrategias de conservación en las regiones con este tipo de formación vegetal ya que su pérdida acarrea la disminución de los servicios ecosistémicos, reducción poblaciones naturales que podrían llegar a poner en riesgo de extinción las especies características de este bioma.

AGRADECIMIENTOS

ERHB agradece a Luis Hernado Meneses y todo el equipo de trabajo del Área Natural Única Los Estoraques (ANULE) quienes han contribuido a consolidar la lista de especies para esta región en Norte de Santander. A Julian A. Salazar quien siempre ha estado atento a compartir su conocimiento, realizar sus comentarios, correcciones y revisar las colecciones biológicas. A Eduardo Carneiro, Olaff Mielke, Thamara Zacca, André Lucci Freitas, Ángel Viloria por brindar apoyo en las identificaciones que, sin saberlo, contribuyeron a elaborar este manuscrito. A los profesores Guillermo Castillo, Mauricio Rodríguez y Martha Wolff, por permitir la consulta de los ejemplares depositados en cada una de las colecciones, a Oscar Mahecha por compartir sus apreciaciones sobre mariposas del bosque seco especialmente en la Mesa de los Santos (Santander) y sus consideraciones o correcciones, a Paola Triviño por suministrar información que ayudó a consolidar la lista de mariposas del Bs-T en Colombia y finalmente CHG agradece a la familia Gantiva Quintero y Tagarit Ariza por todo su apoyo y cariño.

Bibliografía

- Andrade-C, M. G. (1998). Utilización de las mariposas como bioindicadoras del tipo de hábitat y su biodiversidad. *Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 22(84), 407-421.
- Andrade-C, M. G. (2002). *Biodiversidad de las Mariposas (Lep. Rhop.) de Colombia*. Zaragoza, España: Monografías Tercer Milenio.
- Andrade-C, M. G., Betancur, J., Forero, Lynch, J., Stiles, F. G. y Prieto-C, A. (2012). *Marco técnico y operativo para la construcción de la estrategia del INB*. En A. M. Suárez-Mayorga. y J. C. Bello. (Comps). Esquema conceptual y operativo para el desarrollo de la Enibio. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Andrade-C. M., Henao, E. R. y Triviño, P. (2013). Técnicas y procesamiento para la recolección, preservación y montaje de mariposas en estudios de biodiversidad y conservación. (Lepidoptera: Hesperioidea – Papilionoidea). *Rev. Acad. Colomb. Cienc.*, 37 (144), 311-325.
- Andrade-C., M.G., Henao-Bañol, E.R. y Salazar, J.A. (2015). Las mariposas (Lepidoptera: Hesperioidea – Papilionoidea) de la región amazónica colombiana. *Revista Colombia Amazonica* (8), 92-122.
- Arcila, A., Valderrama, C. y Chacón de Ulloa, P. (2012). Estado de la fragmentación del bosque seco de la cuenca alta del río Cauca. *Biota Colombiana*, 13 (2), 86-101.
- Boom, C., Seña, L., Vargas, M. y Martínez, N. (2013). Mariposas Hesperioidea y Papilionoidea (Ins. Lep.) en un fragmento de bosque seco tropical, Atlántico, Colombia. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 17 (1), 149-167.
- Brown, K. S. & Freitas, A. V. L. (2000). Atlantic forest butterflies: indicators for landscape conservation. *Biotropica*, 32 (4b), 934-956.
- Campos, L. y Andrade-C, M. G. (2007). Lepidópteros (Mariposas). En C. Rangel. (Ed), *Estudio de la caracterización biológica y ecológica integral, Fase I: diagnóstico, evaluación y planificación del proceso de recuperación, protección y conservación del bosque natural del Aguil en el municipio de Aguachica, y Fase II: formulación del área protectora del Aguil, municipio de Aguachica-Cesar* (103-116). Bogotá, Colombia.
- Campos, L. R., Gómez, J. y Andrade-C, M. G. (2011). Mariposas (Lepidoptera: Hesperioidea-Papilionoidea) de las áreas circundantes a las ciénagas del Departamento de Córdoba, Colombia. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.*, 35 (134): 45-60.
- Campos, L. y Andrade, M.G. (2009). Lepidópteros (Papilionoidea y Hesperioidea) asociados a bosques seco tropical del Caribe colombiano, un estudio de caso en el bosque el Aguil, Aguachica. En J. O. Rangel. (Ed), *Colombia. Diversidad Biotica VIII* (pp. 615-631). Cesar, Colombia: Instituto de Ciencias Naturales Universidad Nacional de Colombia.
- Casas-Pinilla, L. C., Mahecha, O., Dumar, J. C. y Ríos-Málaver, I. C. (2017). Diversidad de mariposas en un paisaje de bosque seco tropical en la Mesa de los Santos, Santander, Colombia (Lepidoptera: Papilionoidea). *SHILAP Revista de lepidopterología*, 45 (177): 83-108.
- Castro-Lima, F., Antelo-Albertos, R., Stevenson, P.R. y González-Caballero, M. (2016). Ecosistemas estratégicos. En F. Trujilli, R. Antelo. y S. Usma. (Eds), *Biodiversidad de la cuenca baja y media del río Meta*. (pp. 615-631). Bogotá, Colombia: Fundación Omacha, Fundación Palmarito, WWF.
- Concha-Bloomfield, I. y Parra, L. (2006). Análisis cualitativo y cuantitativo de la diversidad de mariposas de la Estación Biológica Senda Darwin, Chiloe, X Región, Chile. *Gayana (Concepción)*, 70, 186-194.
- DeVries, P. J., Walla, T. R. y Greeney, H. (1999). Species diversity in spatial and temporal dimensions of fruit feeding butterflies from two Ecuadorian rainforests. *Biol. J. Linn. Soc.*, 68, 333-353.
- DeVries, P.J. & Walla, T.R. (2001). Species diversity and community structure in Neotropical fruitfeeding butterflies. *Biological Journal of the Linnean Society*, 74, 1-15.
- DeVries, P.J. (1997). *The Butterflies of Costa Rica and their Natural History*. Vol. II: Riodinidae. New Jersey: Princeton University Press.
- Díaz, J. (2006). *Bosque seco tropical de Colombia. Banco de Occidente*. Bogotá, Colombia: I/M Editores.
- Dirzo, R., Young, H.S., Mooney, H.A. y Ceballos, G. (2011). *Seasonally Dry Tropical Forests ecology and conservation*. Washington: Island Press.

- Escobar, D., Díaz, S.R., Jojoa, L.M., Rudas, E., Albarracín, R.D., Ramírez, C., Gómez, J.Y., Saavedra, C.R. (2015). *Georreferenciación de localidades: una guía de referencia para colecciones biológicas*. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt – Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia.
- Gantiva, C. H. y Andrade, M. G. *En preparación. Distribución de las mariposas de la Orinoquia Colombiana*.
- Gaviria, F. & Henao, E. (2011). Diversidad de mariposas diurnas (Hesperioidea y Papilionoidea) del Parque Natural Regional El Vínculo (Bugá-Valle del Cauca). *Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natural, Universidad de Caldas*, 15(1), 115-133.
- Hernández, J., Hurtado, A., Ortiz, R. y Wälschburger, T. (1992). Unidades biogeográficas de Colombia. *Acta Zoológica Mexicana, volumen especial*, 105-173.
- Henao, E. R. E., Carneiro, O. H. H., Mielke, M. & Casagrade, M. (2015). Taxonomic notes on Wahydra Steinhauser (Hesperiidae, Hesperinae, Anthoptini) with description of four new species. *Zootaxa*, 4040 (1), 59-73.
- Henao, E. R. y Meneses, L. H. (2017). Una nueva especie de Pharneptychia forster, 1964 del área natural única los Estoraques –Norte de Santander, Colombia– (Lepidoptera: Nymphalidae: Satyrinae). *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat.*, 21 (2), 173-183.
- Henao, E. R. y Stiles, F. (2018). Un inventario de las mariposas diurnas (Lepidoptera: Hesperioidea-Papilionoidea) de dos reservas altoandinas de la cordillera oriental de Colombia. *Revista de la Facultad de Ciencias*, 7, 71-87.
- Huxman, T. E., Wilcox, B. P., Breshers, D. D., Scott, R. L., Snyder, K. A., Small, E. E., Hultine, K., Jackson, R. B. (2005). Ecohydrological implications of woody plant encroachment. *Ecology*, 86, 308-319.
- Kattan, G. H. & Alvarez-López, H. (1996). Preservation and management of biodiversity in fragmented landscapes in the Colombian Andes. In J. Schellhas. & R. Greenberg, (Eds.), *Forest patches in tropical landscapes*. Washington: Island Press.
- Kremen, C. R. K., Colwell, T. L., Erwin, D. D., Murphy, R. F., Noss & Saujayan, M. (1993). Terrestrial arthropod assemblages: their use as indicators in conservation planning. *Conservation Biology*, 7 (4), 796-808.
- Lamas, G., Mielke, O. H. & Robbins, R. K. (1993). The Ahrenholz technique for attracting tropical Skippers (Hesperiidae). *J. Lep. Soc.*, 47 (1), 80-82.
- Linares-Palomino, R., Kvist, L.P., Aguirre-Mendoza, Z. & Gonzáles-Inca, C. (2010). Diversity and endemism of woody plant species in the Equatorial Pacific seasonally dry forests. *Biodiversity and Conservation*, 19, 169-185.
- Linares-Palomino, R., Oliveira-Filho, A.T. & Pennington, R.T. (2011). Neotropical Seasonally Dry Forests: Diversity, Endemism and Biogeography of Woody Plants. En: R. Dirzo., H. Mooney., G. Ceballos. & H. Young. (Eds.), *Seasonally Dry Tropical Forests: Ecology and Conservation* (pp. 3-21). Washington: Island Press.
- Mahecha, O. y Díaz, V. (2015). Aproximación a la diversidad taxonómica de las mariposas diurnas (Lepidoptera: Papilionoidea) en la Vereda Cofería, Municipio Icononzo, Tolima. *Revista Científica Unincca*, 20(2), 83-91.
- Mallet, J. (1975). Zoological section: Species diversity of insects in the Serranía of Macuira. In P. Knappert., J. Mallet., Sudgen, A., H. Bernal. & Brunet, P. (Eds), *Oxford expedition to the Serranía of Macuira, Colombia* (pp. 11-17). Bull. Oxf. Univ. Explor. Club New Series, 2 (2), 7-19.
- Mercado-Gómez, Y., Mercado-Gómez, J. y Giraldo-Sánchez, C. E. (2018). Mariposas en un fragmento de bosque seco tropical en Montes de María (Colombia). *Ciencia En Desarrollo*, 9(2), 35-45. <https://doi.org/10.19053/01217488.v9.n2.2018.7595>.
- Montero, F., Moreno, M. y Gutiérrez, L.C. (2009). Mariposas (Lepidoptera: Hesperioidea y Papilionoidea) asociadas a fragmentos de Bosque Seco Tropical en el departamento del Atlántico, Colombia. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat.*, 13(2), 157-173.
- Moreno, G. P. y Acuña-Vargas, J. C. (2015). Caracterización de lepidópteros diurnos en dos sectores del Santuario de Flora y Fauna Los Flamencos (San Lorenzo de Camarones, La Guajira). *Boletín Científico Museo de Historia Natural*, 19 (1), 221-234.
- Orozco, S., Muriel, S. y Palacio, J. (2009). Diversidad de Lepidópteros diurnos en un área de Bosque seco Tropical del occidente Antioqueño. *Actualidades Biológicas*, 31(90), 31- 41.
- Ortega, O. E. y Constantino, L. M. (1997). Diversidad de lepidópteros diurnos (Rhopalocera) de los Farallones de Citará (Departamento de Antioquia). Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/277134842_Diversidad_de_lepidopteros_diurnos_en_un_area_de_bosque_seco_tropical_del_Occidente_antioqueño
- Peña, J. y Reinoso, G. (2016). Mariposas diurnas de tres fragmentos de bosque seco tropical del alto valle del Magdalena. Tolima-Colombia. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, 1(28), 57-66.
- Pizano, C. y García, Y. H. (Eds). (2014). *El Bosque Seco Tropical en Colombia*. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).
- Prince-Chacon, E., Vargas, M.A., Salazar, J. & Martínez, N.J. (2011). Mariposas Papilionoidea y Hesperioidea (Insecta: Lepidoptera) en dos fragmentos de Bosque Seco Tropical en Corrales de San Luis, Atlántico, Colombia. *SEA.*, 48, 243-252.
- Rodríguez, N. D., Armenteras, M., Morales y Romero, M. (2004). *Ecosistemas de los Andes colombianos*. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Salazar, J.A. (1995). Lista preliminar de las mariposas diurnas (Lep. Rhop.) que habitan en el departamento del Putumayo. Notas sobre la distribución en la zona Andina. *Colombia Amazónica*, 8 (1), 11-69.
- Salazar, J.A., Vargas, J., Mora, A., y Benavides, P. (2010). Identificación preliminar de los Rhopalocera que habitan el Centro Experimental Amazónico (C.E.A.) Mocoa –Putumayo– y algunas especies aptas para criar en cautiverio (Insecta: Lepidoptera). Centro de Museos. Museo de Historia Natural, 18(1), 259-284. Retrieved from: http://www.corpoamazonia.gov.co/images/Publicaciones/17%202010_mariposas_del_CEA/2010_mariposas%20CEA%20mocoa.pdf
- Vargas, M., Martínez-Hernández, N., Gutiérrez-Moreno, L., Prince-Chacón, S., Herrera, V. y Torres-Perián, L. (2011). Riqueza y abundancia de Hesperioidea y Papilionoidea (Lepidoptera) en la Reserva natural Las Delicias, Santa Marta, Magdalena, Colombia. *Acta Biológica de Colombia*, 16, 43-60.
- Vargas, J. I. y Salazar, E. C. (2014). Biodiversidad y mariposas en una región del alto Chocó, San José del Palmar, Colombia. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 18(1), 259-284. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci-arttext&pid=S0123-30682014000100019&lng=en&ctlng=es>.
- Villareal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Umaña, A. M. (2006). Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Bogotá, Colombia: Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Willmott, K. R. & Freitas, A. V. L. (2006). Higherlevel phylogeny of the Ithomiinae (Lepidoptera: Nymphalidae): classification, patterns of larval hostplant colonization and diversification. *Cladistics*, 22(4), 297-368.

Anexo 1. Lista de especies para el Bs-T de Colombia y sus respectivos registros por autor (localidad) y/o colección biológica.

TAXON/Autor-Colección	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	IAVH	CEH	MEFLG	CEUA	MHN-UC	CEUN	
FAMILIA HESPERIIDAE																											
Subf. Eudaminae																											
Anastrus semipiternus (A. Butler & H. Druce, 1872)					X			X									X	X			X						X
Astraptes alector (C. Felder & R. Felder, 1867)					X																						
Astraptes anaphus (Cramer, 1777)			X	X						X				X							X						X
Astraptes aultus (Pötz, 1881)			X											X													
Astraptes chiriquensis (Staudinger, 1876)					X																X						X
Astraptes egregius (A. Butler, 1870)									X	X								X			X		X			X	X
Astraptes fulgurator (Wälch, 1775)				X							X								X								
Astraptes talus (Cramer, 1777)											X																
Augiades crinitus (Cramer, 1780)												X															X
Autochton bipunctatus (Gmelin, [1790])										X																	
Autochton longipennis (Pötz, 1882)																		X			X					X	X
Autochton neis (Geyer, 1832)			X	X		X				X				X							X						
Autochton zarex (Hübner, 1818)				X	X						X										X						
Bungalotis midas (Cramer, 1775)				X						X													X				X
Cabares portillo (Lucas, 1857)						X						X															
Chiodes castillus (Cramer, 1779)			X	X	X	X			X	X	X	X	X	X							X						X
Codatractus melon (Godman & Salvin, 1893)																											
Cogia calchas (Herrich-Schäffer, 1869)						X				X				X							X						X
Epargyreus exadeus (Cramer, 1779)				X						X	X										X			X			X

Panoquina fusina (Hewitson, 1868)	X					X
Panoquina lucas (Fabricius, 1793)	X	X	X	X	X	X
Panoquina ocola (W. H. Edwards, 1863)	X	X	X	X	X	X
Papias dicyus Godman, 1900			X			
Papias subcostulata (Herrich-Schäffer, 1870)	X			X	X	X
Paracarystus hypargyra (Herrich-Schäffer, 1869)			X			
Perichares philetes (Gmelin, [1790])		X	X	X	X	X
Poanes sp.			X		X	X
Polites vibex (Geyer, 1832)	X	X			X	
Pompeius pompeius (Latreille, [1824])			X		X	X
Poorilis sp.			X			
Quasimellana n. sp. (Henao & Meneses en prep.)				X	X	X
Saliana antoninus (Latreille, [1824])			X			
Saliana chiomara (Hewitson, 1867)		X				
Saliana triangularis (Kaye, 1914)				X		X
Synapte malitiosa (Herrich-Schäffer, 1865)		X	X	X	X	X
Synapte silus (Latreille, [1824])			X			
Thespieus aspernatus Draudt, 1923				X		
Thespieus dalman (Latreille, [1824])					X	X
Thoon sp.					X	
Thricodes cleantes (Latreille, [1824])		X			X	
Vehilius inea (Scudder, 1872)				X		
Vehilius stricomenes (A. Butler, 1877)		X		X	X	X

<i>Vettius coryna catargyra</i> (C. & R. Felder, 1867)			X		X	X	X
<i>Vettius diversa</i> (Herrich-Schäffer, 1869)	X						
<i>Vettius fantasos</i> (Cramer, 1780)				X			
<i>Vettius marcus</i> (Fabricius, 1787)		X					
<i>Vettius phyllus</i> (Cramer, 1777)		X					
<i>Vettius terriamus</i> (Herrich-Schäffer, 1869)		X	X				
<i>Vidius anna</i> (Mabille, 1898)					X		
<i>Vidius vidius</i> (Mabille, 1891)			X		X		X
<i>Wallengrenia otho</i> (J. E. Smith, 1797)	X			X		X	X
<i>Zaraspes mys</i> (Hübner, [1808])				X		X	X
<i>Zenis minos</i> (Latreille, [1824])		X					
Subf. Pyrginae							
<i>Achlyodes busirus</i> Ehrmann, 1909	X			X		X	X
<i>Achlyodes pallida</i> (R. Felder, 1869)					X	X	X
<i>Aechilla</i> sp.		X					
<i>Agona claxon</i> Evans, 1952		X		X			
<i>Agona metophis</i> (Latreille, [1824])	X			X			
<i>Amenis pionia pionia</i> (Hewitson, 1857)				X			X
<i>Anisochoria baeachus</i> Evans, 1953			X	X		X	X
<i>Anisochoria pedalioides</i> (A. Burler, 1870)		X		X		X	X
<i>Antigonus emorsa</i> (R. Felder, 1869)	X			X			X
<i>Antigonus erosus</i> (Hübner, [1812])	X		X	X		X	X

Helioptes macaira (Reakirt, [1867])	X	X			X	X	X	X	X	X
Helioptes nivella (Mabille, 1883)					X	X				X
Helioptygus domicella (Erichson, [1849])	X	X	X			X			X	X
Mylon esjus (Plötz, 1884)						X			X	X
Mylon pelopidas (Fabricius, 1793)					X					X
Myscelus epimachia Herrich-Schäffer, 1869		X								
Myscelus phoronis (Hewitson, 1867)					X					X
Mysoria barcastus (Evans, 1951)	X	X	X			X				X
Nisoniades ephora (Herrich-Schäffer, 1870)	X				X					
Noctuana haematospila (C. & R. Felder, 1867)					X	X	X		X	X
Noctuana noctua (C. Felder & R. Felder, 1867)					X	X			X	X
Ouleus fridericus (Geyer, 1832)					X					X
Ouleus panna Evans, 1953					X					
Paches loxus (Westwood, 1852)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Pellicia dimidiata Herrich-Schäffer, 1870					X					
Pellicia tonga Evans, 1953	X									
Polycotr cleta Evans, 1953	X									
Potamanaxas mellicertes (Godman & Salvin, 1895)						X	X		X	X
Pyrgus adepta Plötz, 1884						X			X	X
Pyrgus orcus (Stoll, 1780)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Pyrrhopyge aziza Hewitson, 1866								X		X
Pyrrhopyge phidias (Linnaeus, 1758)	X	X			X					
Pyrrhoniodes prorenus (Godman & Salvin, 1895)	X				X					
Quadrus cerialis (Stoll, 1782)					X					X
Quadrus contubernalis (Mabille, 1883)	X	X			X					X

<i>Quadrus lugubris</i> (R. Felder, 1869)	X										X
<i>Sostrata grippa</i> Evans, 1953	X										
<i>Spathilepia clonitus</i> (Cramer, 1775)	X									X	
<i>Staphylus caribbea</i> (R. Williams & E. Bell, 1940)	X			X		X					X
<i>Staphylus imperspicua</i> (Hayward, 1940)	X								X		
<i>Staphylus lizeri</i> (Hayward, 1938)						X					
<i>Theages albipalpa</i> (C. Felder & R. Felder, 1867)										X	X
<i>Timochares trifasciata</i> (Hewitson, 1868)	X			X	X						
<i>Timochreon sayrus</i> (C. Felder & R. Felder, 1867)	X			X	X	X				X	X
<i>Viola egra</i> Evans, 1953	X					X					
<i>Xenophanes tryxus</i> (Stoll, 1780)					X					X	X
<i>Zopyrion sayrina</i> (C. Felder & R. Felder, 1867)	X			X	X	X				X	X
FAMILIA LYCAENIDAE											
Subf. Polymnastinae											
<i>Echinargus</i> sp.										X	
<i>Hemiargus hanna</i> (Stoll, 1790)	X			X	X	X				X	X
<i>Hemiargus huntingtoni</i> (Rindge & Comstock, 1953)									X		
<i>Leptotes cassius</i> (Cramer, 1775)	X			X	X	X				X	X
<i>Zizula cyna</i> (W. H. Edwards, 1881)				X		X				X	X
Subf. Theclinae											
<i>Allosmaitia strophilus</i> (Godar, [1824])										X	
<i>Arawacus actolus</i> (Sulzer, 1776)	X	X				X					X

<i>Eumaeus godartii</i> (Boisduval, 1870)				X	X				
<i>Kolana figurina</i> (Hewitson, 1874)		X							
<i>Lamprospilus collucia</i> (Hewitson, 1877)	X								X
<i>Lamprospilus niceus</i> (C. Felder & R. Felder, 1865)				X		X			X
<i>Ministrymon clyrite</i> (W. H. Edwards, 1877)		X							
<i>Ministrymon megacles</i> (Stoll, 1780)		X							
<i>Ministrymon phrurus</i> (Geyer, 1832)	X								
<i>Ministrymon una</i> (Hewitson, 1873)		X		X					X
<i>Nicolaea munditia</i> (H. Druce, 1907)			X						
<i>Oearia ocrisia</i> (Hewitson, 1868)		X				X			X
<i>Oenomaus orygnus</i> (Cramer, 1779)			X						
<i>Ostrinotes keila</i> (Hewitson, 1869)		X							
<i>Panthes barbildis</i> (C. Felder & R. Felder, 1865)		X				X			X
<i>Panthes bitias</i> (Cramer, 1777)		X				X			X
<i>Panthes phalerus</i> (Linnaeus, 1767)		X			X				
<i>Panthes orgia</i> (Hewitson, 1867)			X						
<i>Panthes polibetes</i> (Stoll, 1781)		X							X
<i>Pseudolycaena marsyas</i> (Linnaeus, 1758)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Rekoa meron</i> (Cramer, 1779)		X					X		X
<i>Rekoa paleon</i> (Cramer, 1780)						X		X	X
<i>Rekoa stagra</i> (Hewitson, 1867)		X							
<i>Rubroerata mathewi</i> (Hewitson, 1874)						X			X

Subf. Biblidinae														
<i>Biblis hyperia</i> (Cramer, 1779)		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Callicore pitheas</i> (Larrelle, [1813])	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Catonephele aconitius</i> (Linnaeus, 1771)										X				X
<i>Catonephele chromis</i> (E. Doubleday, [1848])						X		X		X		X		X
<i>Catonephele nycitimus</i> (Westwood, 1850)						X			X					X
<i>Diacthria clymena</i> (Cramer, 1775)			X	X				X			X		X	X
<i>Diacthria gabaza</i> (Hewitson, [1855])			X					X						X
<i>Diacthria neglecta</i> (Salvin, 1869)								X						
<i>Dynamine agacles</i> (Dalman, 1823)						X								X
<i>Dynamine arenisía</i> (H. Bates, 1865)								X						
<i>Dynamine chryseis</i> (H. Bates, 1865)						X								
<i>Dynamine paulina</i> (H. Bates, 1865)								X						
<i>Dynamine postverta</i> (Cramer, 1779)		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Dynamine theseus</i> (C. Felder & R. Felder, 1861)							X	X	X	X				
<i>Dynamine tiritha</i> (Hübner, 1823)								X						
<i>Ectima erycinoides</i> (C. Felder & R. Felder, 1867)								X					X	
<i>Ectima theda</i> (Fabricius, 1796)								X					X	X
<i>Eunica alpais</i> (Godart, [1824])														X
<i>Eunica anna</i> (Cramer, 1780)														X
<i>Eunica malvina</i> (H. Bates, 1864)		X									X			
<i>Eunica monima</i> (Stoll, 1782) = <i>monica</i>								X				X	X	X

<i>Dircenna klugii</i> (Geyer, 1837)	X									X
<i>Dircenna olyras</i> (C. Felder & R. Felder, 1865)									X	
<i>Elzunia humboldti</i> (Latreille, [1809])								X		X
<i>Episcada hymenaea</i> (Pritwitz, 1865)									X	
<i>Episcada salvina</i> (H. Bates, 1864)				X						
<i>Godlyris kedema</i> (Hewitson, [1855])									X	
<i>Greta andromica</i> (Hewitson, [1855])	X		X					X		X
<i>Hyaliris excelsa</i> (C. Felder & R. Felder, 1862)								X		X
<i>Hypoletia lavinia</i> (Hewitson, [1855])								X		X
<i>Hypoletia ocaltea</i> (E. Doubleday, 1847)			X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Hyposcada illinisa</i> (Hewitson, [1852])									X	
<i>Hyposcada virginiana</i> (Hewitson, [1855])									X	
<i>Hypothyris euclea</i> (Godart, 1819)	X	X						X		X
<i>Hypothyris lycase</i> (Fabricius, 1793)			X					X	X	X
<i>Ithomia agnostia</i> Hewitson, [1855]			X					X		
<i>Ithomia iphianassa</i> E. Doubleday, 1847			X					X		X
<i>Lycorea halia</i> (Hübner, 1816)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Mechanitis lysimnia</i> (Fabricius, 1793)			X					X		X
<i>Mechanitis menapa</i> Hewitson, [1856]			X					X		X
<i>Mechanitis polynnia</i> (Linnaeus, 1758)		X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Melinaea idae</i> (C. Felder & R. Felder, 1862)								X		
<i>Melinaea illis</i> (E. Doubleday, 1847)			X					X		X

Napeogenes latilla (Hewitson, 1877)							X
Napeogenes stella (Hewitson, [1855])	X	X	X	X	X	X	X
Oleria amalda (Hewitson, [1857])	X	X	X	X	X		X
Oleria fumata (Haensch, 1905)		X				X	X
Oleria makrena (Hewitson, 1854)		X				X	X
Oleria phenomoe (E. Doubleday, [1847])	X	X	X	X	X		X
Oleria santineza (Haensch, 1903)	X	X	X	X	X		X
Oleria victorine (Guérin-Ménéville, [1844])				X			
Pagyris cymothoe (Hewitson, [1855])	X	X	X	X	X	X	X
Pteronymia alecta (Hewitson, [1855])		X	X	X			
Pteronymia latilla Bryk, 1937	X	X	X	X	X		X
Pteronymia laura (Staudinger, 1885)	X	X	X	X	X		X
Pteronymia onetida (Hewitson, 1855)			X	X			
Pteronymia picta (Salvin, 1869)	X	X	X	X	X		X
Pteronymia primula Haensch, 1905	X	X	X	X	X		X
Scada zibia (Hewitson, 1856)			X	X			X
Tithorea harmonia (Cramer, 1777)	X	X	X	X	X	X	X
Subf. Heliconiinae							
Abanote hylonome (E. Doubleday, 1844)					X	X	X
Actinote anteus (E. Doubleday, [1847])	X	X	X	X	X	X	X
Actinote cf. laior Jordan, 1913		X				X	X
Actinote cf. thalia (Linnaeus, 1758)		X				X	X

<i>Microtia elva</i> H. Bates, 1864	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Siprocta epaphus</i> (Latreille, [1813])		X	X					X					X		X
<i>Siprocta stelenes</i> (Linnaeus, 1758)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Smyrna blomfieldia</i> (Fabricius, 1781)	X										X	X	X	X	X
<i>Tegosa aniera</i> (Hewitson, 1864)		X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Tegosa claudina</i> (Eschscholtz, 1821)		X													
<i>Vanessa braziliensis</i> (Moore, 1883)								X	X						
<i>Vanessa myrimum</i> (E. Doubleday, 1849)								X				X			
<i>Vanessa virginicensis</i> (Drury, 1773)					X			X				X			
Subf. Satyrinae															
<i>Amphidecta pignerator</i> A. Butler, 1867					X									X	X
<i>Caligo atreus</i> (Kollar, 1850)		X				X									
<i>Caligo brasiliensis morpheus</i> Stichel, 1903													X		
<i>Caligo eurilochus</i> (Cramer, 1775)												X			
<i>Caligo illioneus</i> (Cramer, 1775)	X	X			X	X	X	X	X						
<i>Caligo memnon</i> (C. Felder & R. Felder, 1867)															
<i>Caligo oedipus</i> Stichel, 1903													X		
<i>Caligo telamonius</i> (C. Felder & R. Felder, 1862)		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Cissia confusa</i> (Staudinger, 1887)		X			X										
<i>Cissia joyceae</i> Singer, DeVries & P. Ehrlich, 1983							X								
<i>Cissia labe</i> (A. Butler, 1870)										X					
<i>Cissia penelope</i> (Fabricius, 1775)											X				

Heracles asyalus (Godart, 1819)						X												X
Heracles homothoas (Rothschild & Jordan, 1906)					X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Heracles paton (Boisduval, 1836)		X										X	X					
Heracles thoas (Linnaeus, 1771)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Heracles torquatus (Cramer, 1777)									X									
Mimoides euryleon (Hewitson, [1856])		X																
Nico-graphium anaxilanus (C. Felder & R. Felder, 1865)												X	X	X				
Papilio polyxenes Kollar, 1850						X											X	
Parides anchises (Linnaeus, 1758)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Parides erithalton (Boisduval, 1836)							X				X							
Parides eurimedes (Stoll, 1782)	X	X	X	X			X		X		X	X	X	X	X	X	X	X
Parides iphidamas (Fabricius, 1793)									X									X
Parides sesostris (Cramer, 1779)		X					X											
Protesilaus glaucolaus (H. Bates, 1864)																X	X	
Protesilaus molops (Rothschild & Jordan, 1906)										X								
Protesilaus protesilaus (C. Felder & R. Felder, 1865)							X							X	X	X	X	X
FAMILIA PIERIDAE																		
Subf. Coliadinae																		
Anteos clorinde (Godart, [1824])		X					X	X	X							X		X
Anteos maerula (Fabricius, 1775)			X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Anteos menippe (Hübner, [1818])			X	X	X		X	X	X			X	X				X	X
Aphrissa boisduvali (C. Felder & R. Felder, 1861)															X	X	X	X

Zerene cesonia (Stoll, 1790)		X	X						X	X	
Subf. Dismorphiinae											
Dismorphia amphione (Lucas, 1852)		X		X							
Dismorphia crisia (Lucas, 1852)				X						X	
Dismorphia theucharila (E. Doubleday, 1848)				X							X
Dismorphia zuthoe (Hewitson, [1858])				X						X	
Enantia lina (Herbst, 1792)		X									
Lienix nemesis (Latreille, [1813])				X				X	X	X	X
Subf. Pierinae											
Archonias brassolis (Fabricius, 1776)				X						X	
Ascia monuste (Linnaeus, 1764)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Catasticta flisa (Herrich-Schäffer, [1858])				X						X	
Catasticta prioneris (Hopffer, 1874)								X	X	X	X
Catasticta sisamnius (Fabricius, 1793)								X	X	X	
Ganyra josephina (Godart, 1819)				X					X		
Ganyra phaloe (C. Felder & R. Felder, 1861)				X	X	X	X	X	X	X	
Glutophrissa drusilla (Cramer, 1777)	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
Hesperocharis nera (Hewitson, 1852)				X					X		
Itaballia demophile (Boisduval, 1836)	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
Itaballia pandosia (Hewitson, 1853)	X			X						X	
Leodonta zenobia (C. Felder & R. Felder, 1865)								X			
Leptophabia arripa (Boisduval, 1836)				X					X	X	X

<i>Leptophobia elone</i> (E. Doubleday, 1847)						X	
<i>Leptophobia penthica</i> (Kollar, 1850)	X		X				X
<i>Melipotis lycimnia</i> (Cramer, 1777)	X	X	X				X X
<i>Pereute leucodrosime</i> (Kollar, 1850)						X	X
<i>Perrhybris pamele</i> (Stoll, 1780)	X	X	X	X		X	
<i>Pteriballia viardi</i> (Boisduval, 1836)	X					X	
FAMILIA RIODINIDAE							
Subf. Euselasiinae							
<i>Euselasia</i> aff. <i>ebule</i>						X	X
<i>Euselasia</i> aff. <i>mys</i>		X					X X
<i>Euselasia cucuta</i> (Schaus, 1902)							X
<i>Euselasia gradata gonzaloi</i> Salazar y Henao, 2019							
<i>Hades noctula</i> Westwood, 1851	X		X			X	X X
Subf. Riodininae							
<i>Amphiselesis chama</i> (Staudinger, [1887])					X		X
<i>Ancyluris meliboetus</i> (Fabricius, 1776)						X	X
<i>Anteros carausius</i> Westwood, 1851					X		
<i>Anteros formosus</i> (Cramer, 1777)						X	X
<i>Argyrogrammana stilbe</i> (Godart, [1824])							X
<i>Aricomia albinus</i> (C. Felder & R. Felder, 1861)					X		
<i>Arictoris erostratus</i> (Westwood, 1851)	X		X	X		X	X X
<i>Bacotis zonata</i> R. Felder, 1869						X	X

<i>Emesis mandana</i> (Cramer, 1780)	X								X	X
<i>Emesis ocyptore</i> (Geyer, 1837)		X	X							
<i>Emesis tegula</i> Godman & Salvin, 1886				X					X	X
<i>Emesis tenedia</i> C. Felder & R. Felder, 1861	X									
<i>Esthemopsis clonia</i> C. Felder & R. Felder, 1865	X								X	X
<i>Eurybia lycisca</i> Westwood, 1851		X								
<i>Hypphilaria thasus</i> (Stoll, 1780)		X	X						X	X
<i>Isapis agyrtus</i> (Cramer, 1777)		X		X						X
<i>Juditha molpe</i> (Hübner 1806)		X	X	X	X					
<i>Lasia agestias</i> (Larrecle, [1809])		X	X						X	
<i>Leucochimona icare</i> (Hübner, [1819])	X								X	X
<i>Leucochimona lagora</i> (Herrich-Schäffer, [1853])	X	X								
<i>Leucochimona vestalis</i> (Godman & Salvin, 1885)									X	
<i>Melanis electron</i> (Fabricius, 1793)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Melanis marathon</i> (C. Felder & R. Felder, 1865)					X					X
<i>Mesosemia carissima</i> (H. Bates, 1866)									X	
<i>Mesosemia lamachus</i> Hewitson, 1857				X				X		
<i>Mesosemia telegone</i> (Boisduval, 1836)		X	X	X	X				X	X
<i>Napaeta eucharata</i> (H. Bates, 1867)	X	X								
<i>Nymphidium onacum</i> Hewitson, 1869							X		X	X
<i>Ourocnemis archytas</i> (Stoll, 1787)									X	X
<i>Parcella amarynthina</i> (C. Felder & R. Felder, 1865)					X	X			X	X

Perophtalma lasus Westwood, 1851	X				X
Perophtalma tullius (Fabricius, 1787)	X				
Piracca tyriotes (Godman & Salvin, 1878)				X	
Rhetus arcus (Linnaeus, 1763)		X	X		
Rhetus dysonii (Saunders, 1850)			X		X
Rhetus perianther (Cramer, 1777)	X	X	X	X	X
Sarota chrysus (Stoll, 1781)			X		X
Seco ocellata (Hewitson, 1867)			X		
Symmachia leena Hewitson, 1870				X	X
Symmachia proberor (Stoll, 1782)			X		
Synagis mycone (Hewitson, 1865)					X
Theope foliorum H. Bates, 1868			X		
Theope phaeo Prittwitz, 1865			X	X	X
Theope publius C. Felder & R. Felder, 1861				X	X
Theope virgilus (Fabricius, 1793)	X	X	X	X	X
Thisbe irenea (Stoll, 1780)			X	X	X

Beobachtungen an einer Kolonie von Ithomiinae (Lepidoptera, Nymphalidae) in einem Waldstück der Westkordillere Kolumbiens: liste der Gattungen und Arten und der damit verbundenen mimetischen Komplexen

Julían A. Salazar E.¹, Christine M. Hahn-von-Hessberg² & Alberto Grajales-Quintero³

Zusammenfassung

Ziele. Der Hauptzweck dieser Arbeit ist die Identifizierung einer Schmetterlingspopulation der Gattung Ithomiinae die in einem subtropischen Waldstück vorkommt welches sich in den östlichen Ausläufern der Westkordillere Kolumbiens im Departamento von Caldas befindet, und zweitens die Flora zu kennen, in der diese Population vorkommt. **Ergebnisse.** Es wurden Insgesamt 42 Ithomiinae Arten und 23 Gattungen beschrieben. **Kenntnisse.** Es wurde festgestellt, dass einige Arten in mimetischen und kryptischen Komplexen mit anderen Schmetterlingsfamilien und Arten der Region vorkommen. **Schlussfolgerungen.** Die Bedeutung der ökologischen Dynamik welche sich aus dieser Gemeinschaft ergibt wird hervorgehoben. Außerdem soll das Verzeichnis der vorkommenden typischen Arten der Kaffeeanbauzone Kolumbiens ergänzt werden.

Schlüsselwörter: Kolumbien, Waldfragmente, Schmetterlinge, Mimikry, Ithomiinae, Heterocera, Rhopalocera

Observaciones sobre una colonia de Ithomiinae (Lepidoptera, Nymphalidae) en un fragmento de bosque de la cordillera Occidental de Colombia: lista de géneros y especies y sus complejos miméticos asociados

Resumen

Objetivos. Este trabajo tiene como propósito identificar una población de mariposas Ithomiinae que habita un fragmento de bosque subtropical ubicado en el piedemonte este de la cordillera Occidental de Colombia en el departamento de Caldas y, en segunda instancia, conocer la flora en la que conviven. **Resultados.** Se listan un total de 42 especies pertenecientes a 23 géneros de Ithomiinae. **Alcance.** Se encontró además que buena parte de ellas están involucradas en complejos miméticos y crípticos con otras familias y especies de mariposas del lugar. **Conclusiones.** Se resalta la importancia de la dinámica ecológica resultante de dicha asociación y se busca completar el catálogo de especies propias del cinturón cafetero de Colombia.

Palabras clave: Colombia, fragmentos de bosque, Lepidoptera, Mimetismo, Ithomiinae, Heterocera, Rhopalocera

* FR: 4-II-2019. FA: 30_IV-2019

¹ Magister en Ciencias Biológicas, Universidad de Caldas, Manizales, Julian.salazar_e@ucaldas.edu.co
 0000-0003-2268-7803

² Magister en Ciencias Veterinarias, Universidad de Caldas, Manizales, Christine.hahn@ucaldas.edu.co
 0000-0002-0018-4642

³ Alberto Grajales Quintero, Doctorado en Ciencias Agrarias, Universidad de Caldas, Manizales, Alberto.grajales@ucaldas.edu.co  0000-0002-4665-3758



CÓMO CITAR:

SALAZAR E, J.A., HAHN-VON-HESSBERG, C.M., GRAJALES-QUINTERO, A., (2020).- Beobachtungen an einer kolonie von Ithomiinae (Lepidoptera, Nymphalidae) in einem waldstück der westkordillere kolumbiens: liste der gattungen und arten und der damit verbundenen mimetischen komplexen. *Bol. Cient. MusHist. Nat. U. de Caldas*, 24 (1): 197-230. DOI: 10.17151/bccm.2020.24.1.11.



EINLEITUNG

Die Ithomiinae sind eine Gruppe von ausschließlich neotropischen Schmetterlingen die sich durch halbdurchsichtige oder leicht gestromte Flügel, schlanke Körper, länglichem Hinterleib und kleine Köpfe charakterisiert. Sie bilden eine Unterfamilie der Nymphalidae, zusammengesetzt aus 320 Arten, die in 47 Gattungen vorkommen und phylogenetisch mit den Danainae verwandt sind (Lamas, 1999; Racheli & Racheli, 2003). Bemerkenswert ist das Vorhandensein von ein oder zwei Strängen duftender Haare auf der seitlichen Rückseite der Hinterflügel der männlichen Tiere welches die These der Monophilie bei Ithomiinae unterstützt (Lamas, 1999). Ohne Ausnahme fliegen die erwachsenen Schmetterlinge innerhalb der Primär- oder Sekundärwälder und sind damit gute Indikatoren für eine Waldbedeckung in einem akzeptablen Erhaltungszustand (Velez & Salazar, 1991). Die Wirtspflanzen, welche die Ithomiinae für die Raupenphasen benötigen sind hauptsächlich Solanaceae, Apocynaceae und Gesneriaceae (Ackery, 1984, Muriel, Montoya, Restrepo & Muñoz, 2011), während erwachsene Tiere die Blütenstände von *Heliotropium* (Borangineae) und *Eupatorium* (Asteraceae) aufsuchen. Hier nehmen die Raupen die Pyrrolizidinalkaloide auf (Boppré, 1984, Schulz et al, 2004). Eine weitere wichtige Nahrungsquelle sind die organischen Rückstände der Vogelekreme die auf Waldlaub abgelagert werden (Muriel et al., 2011). Auf Grund ihrer umbrophilen Gewohnheiten haben sich fast alle Gattungen an die Schattenbedingungen angepasst. Daher ist es möglich zahlreiche Individuen in relativ kleinen Waldflächen zu beobachten welche sich zu heterogene Artengruppen zusammenschließen (Pinheiro, Medri & Moreyra, 2008). Angesichts dieser Vorkommen wurden biologische Proben der Ithominos als Zeugen von Waldresten pleistozänen Ursprungs entnommen, die auf einen hohen Grad an Endemismus hinweisen (Brown, 1976, 1980; Baumann, 1974; Takahashi, 1978; Salazar, 2016). Aufgrund ihrer Farbmustern und ihrer Giftigkeit werden diese Schmetterlinge von anderen nicht giftigen Schmetterlingsarten nachgeahmt: Entwicklung Batesche und Müllersche Mimikry in den tropischen Wäldern Amerikas (Salazar, 1991, Beccaloni, 1995; Aiello & Brown, 2007; Pinheiro et al., 2016).

MATERIAL UND METHODEN

Diese Studie wurde in der Restvegetation des genannten Aguacatal-Waldes durchgeführt (abb. 1). Er gehört zur gleichnamigen Siedlung, südöstlich der Gemeinde Riosucio. Diese Region erhält den Einfluss des mittleren Beckens des Cauca Flusses, in der nordwestlichen Region des Departamento von Caldas. Seine ungefähren Koordinaten sind Lat. N 5 25' O Long. 37 5' N. Es ist ein Relikt eines sehr feuchten, subtropischen Waldes (Espinal & Montenegro, 1963), der sich zwischen 1420 und 1600 m ü.M. befindet. Er zieht sich in einem schmalen länglichen Streifen entlang der beiden Ufer des kleinem Aguacatal Baches (= Naranjal). Auf der rechten Uferseite befand sich Viehweide welche jetzt durch Kochbananen pflanzen (*Musa* spp., Musaceae) ersetzt

wurde. Auf der linken Uferseite wird abwechselnd Kaffee (*Coffea arabica*, Rubiaceae), Banane (*Musa* spp.) und Zuckerrohr (*Saccharum* spp., Poaceae) angebaut, es geht in sekundäres Gebüsch über bis an den Aguacatal-Hügel (Abb. 2), (1400 m ü.M.) ein kleiner felsiger Hügel mit einem markanten Zementkreuz auf dem Gipfel (Salazar, 2001).



Abbildung 1. Teilaspekt der Restvegetation des Aguacatal-Waldes und der unteren Teile des Baches, Siedlung Aguacatal.



Abbildung 2. Blick auf den Aguacatal Hügel von dem angrenzenden Wald.

Begangen wurde auch der untere Teil an der Mündung zum Fluss Riosucio, (1300-1410 mÜM) (Siedlung Aguacatal), innenräume des Waldes (abb. 3,4,5,6), und das Gebiet zum benachbarten Hügel Ivá (1600-2000 mÜM) (abb.7) (Siedlung Imurrá und El Jordan). Auf verschiedenen Pfaden und Waldlichtungen in der Nähe des beschriebenen Bachlaufs wurden 45 Exkursionen in der Zeit zwischen Januar 2005 und März 2018 durchgeführt. Benutzt wurden Fangnetze der Marke BioQuip*. Zeugenmaterial ist in der Sammlung des Naturkundemuseums der Universität Caldas in Manizales hinterlegt.

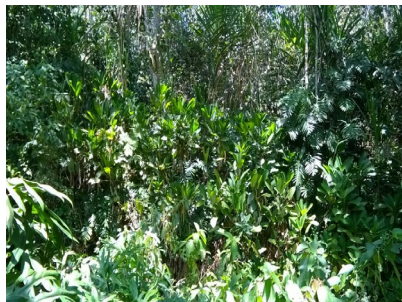


Abbildung 3, 4, 5, 6.

Innerräume des Aguacatal-Waldes.



Abbildung 7. Hügel Ivá (1600-2000 m. ü. M.) Blick auf den mittleren Sektor des Aguacatal-Baches.

Die Ithomiinae wurden zwischen 08:00 und 15.00 Uhr während der üblichen Flugzeiten dieser Schmetterlingsart gefangen. Die gesammelten Schmetterlinge wurden mit einem Brustdruck getötet, bewahrt in Butterbrotpapier und aufgehoben in einer Plastikbox, anschließend präpariert und identifiziert. Für die Identifizierung der erwachsenen Tiere wurden die Werke von Haensch (1909-1910), Draudt (1915-1917), Hering (1925), Fox (1956, 1967, 1968), D'Almeida (1978), D'Abraera

(1984), Lamas (1999), Muriel (2006) und Muriel et al., (2013) im Inventar der lokalen Fauna herangezogen und Verglichen mit der Lepidopterensammlung des Naturkundemuseums der Universität de Caldas (MHN-UCa 086). Für den Zweck dieser Arbeit wurden die von Papageorgis (1975) vorgeschlagenen Kriterien für die Mimikry bei der Untersuchung einer Gruppe von Schmetterlingen aus einer Region Perus, Salazar (1991), Sorto (2013) und Arango (2004) angenommen. Das gesammelte Pflanzenmaterial wurde im Vergleich zu dem im Botanischen Herbar der Universität de Caldas identifiziert und verschiedenen Referenzen im Espinal & Montenegro gefunden (1963), Acero (1985), Kress et al., (1999), Vargas (2002), und Mendez & Murillo (2014).

Die Lebensräume und Proben von interessanten Arten wurden mit Digitalkameras Canon Powershot A470, A480 10,0 Megapixel und Samsung GalaxyJ1 Mobilgerät fotografiert (Fotografiert von Julian A. Salazar E.).

HINTERGRUND

Die Erforschung der Vorkommen von Ithomiinae in Kolumbien ist sporadisch. Verstreute Probennahmen deuten darauf hin, dass sie in Gebieten von Antioquia, Amazonas, Caldas, Chocó, Valle del Cauca, Casanare, Córdoba, Meta, Putumayo, Vaupes und Santander in Bezug auf Arten, Populationsdynamik, Genetik und Ökologie untersucht wurden (Takahashi, 1978; Parra et al., 2000; Muriel & Kattan, 2009; Orozco, Muriel y Orozco, 2009; Salazar et al, 2010; Muriel et al., 2013; Giraldo et al., 2013, 2015; Carrero, Sánchez y Tobar, 2013; Rodríguez & Miller, 2013; Gaviria & Henao, 2014; Prince-Chacon et al., 2011; Salazar, 2016; Coral-Acosta & Torres, 2017). Von besonderer Bedeutung sind in jüngster Zeit die von Muriel (2006) und Muriel et al. (2011) veröffentlichten Werke, die die Ergebnisse einer faunistischen Bestandsaufnahme dieser Schmetterlinge liefern, welche in 12 Waldstücke aus der Kaffeeanbauzone im Südwesten Antioquias gesammelt wurden. Allerdings konzentrieren sich die Ergebnisse auf die Identität der Arten und nicht auf die floristische Zusammensetzung des Gebietes, welches sehr wichtig und ausschlaggebend für das Reichtum der Ithomiinae ist.

Im Hinblick auf spezifische Studien zur Mimikry in der Region untersuchte in einer Vorarbeit Gonzalez et al., (1982) im Valle del Cauca, die Art *Mechanitis polymnia caucaensis* (Haensch) und die mimetischen Komplexe auf der Grundlage von Form und Färbung der Flügel. Salazar & Henao (2003) analysierten dann die Batesche Mimikry bei beiden Geschlechtern der Nymphalidae *Consul panariste* (Hewitson) mit *Heliconius* und *Ithomiini* Arten welche in der Zentral- und Kaffeeregion Kolumbiens auftritt. Arango (2004) hat Mimikry Komplexe und mimetische Schmetterlingsfauna in einer Andenregion der Westkordillere Kolumbiens aufgeklärt. Außerdem veröffentlichte Salazar (1991, 2003, 2004) weitere Beiträge über Papilionidae, Riodinidae und

Charaxinae welche sich mit dem Phänomen im Allgemeinen befassen. In diesem Sinne und seit der Pionierarbeit von Bates (1861), Müller (1879), Hasse (1892), Poulton (1898, 1899), Kaye (1903), Moulton (1909) und Roeber (1921) unter anderem, die Ithomiinae werden auch heute noch intensiv untersucht, um ihre mimetischen Beziehungen zwischen ihnen und anderen Schmetterlingen besser zu verstehen (Papageorgis, 1975; Joron & Mallet, 1998; De Vries et al, 1999; Willmott & Mallet, 2004; Beccaloni, 1997; Salazar, 2014; Willmott & Mallet, 2017). Ein breiteres Panorama dieser mimetischen Komplexe in den Neotropen wird durch Moulton (1909), Suguru (1969), Descimon (1986), Winhard (1996) und insbesondere Ichita (2010) erläutert und veranschaulicht, der die mimetischen Schmetterlinge, die mit der Silvaniformen Gruppe der Gattung *Heliconius* Kluk im tropischen Amerika verbunden sind, veranschaulicht. Eine allgemeine Zusammenstellung von Arbeiten zum Phänomen der Mimikry findet sich in Komarek (1998).

ERGEBNISSE

1.- FLORISTISCHE ERKENNTNISSE

Liste einiger Pflanzenarten der Region Aguacatal-Bach

Wissenschaftlicher Name	Familie	ugs. Name
<i>Guadua angustifolia</i> (Kunth.)	Graminae	Guadua
<i>Gynerium sagittatum</i> (Aubl)	Poaceae	Caña
<i>Saccharum officinarum</i> (L)	Poaceae	Caña de azúcar
<i>Piper</i> sp.	Piperaceae	Cordoncillo
<i>Piper pesaresanum</i> (Kde)	Piperaceae	Cordoncillo
<i>Piper crassinervium</i> (Kunth.)	Piperaceae	Cordoncillo
<i>Piper aduncum</i> (L.)	Piperaceae	Cordoncillo
<i>Piper augustum</i> (Rdg.)	Piperaceae	Cordoncillo
<i>Coffea arabica</i> (L.)	Rubiaceae	Cafeto
<i>Notopleura macrophylla</i> (R. & P.)	Rubiaceae	Café de monte
<i>Palicourea</i> sp.	Rubiaceae	Café de monte
<i>Hamelia patens</i> (Jacq.)	Rubiaceae	Coralito
<i>Psychotria acuminata</i> (Benth)	Rubiaceae	Cafetillo
<i>Tithonia diversifolia</i> (Hensch.)	Asteraceae	Botón de oro
<i>Eupatorium</i> sp.	Asteraceae	
<i>Clibadium surinamense</i> (L.)	Asteraceae	
<i>Trixis inula</i> (Crantz.)	Asteraceae	
<i>Musa paradisiaca</i> (L.)	Musaceae	Plátano
<i>Heliconia laxa</i> (Ab. & Mar.)	Heliconiaceae	Platanillo
<i>Heliconia griggsiana</i> (LB-SM)	Heliconiaceae	Platanillo
<i>Cecropia</i> sp.	Cecropiaceae	Yarumo
<i>Theobroma cacao</i> (L.)	Malvaceae	Cacao
<i>Lantana camara</i> (L.)	Verbenaceae	Lantana
<i>Verbena hispida</i> (R. & P.)	Verbenaceae	Verbena
<i>Boconia frutescens</i> (L.)	Papaveraceae	Trompeto
<i>Calathea lutea</i> (Aub.)	Marantaceae	Bijao
<i>Ficus</i> sp.	Moraceae	Matapalo
<i>Ficus</i> (af.) <i>nymphaefolia</i> (Mill.)	Moraceae	Matapalo
<i>Ficus luschnathiana</i> (Miq.)	Moraceae	Higuerón
<i>Carludovica palmata</i> (Ruiz & Pav.)	Cyclanthaceae	Iraca

<i>Oreopanax geminatus</i> (L.)	Araliaceae	Pategallo
<i>Xanthosoma mexicanum</i> (Lieb.)	Araceae	Anturio
<i>Philodendron longirhizum</i> (M. & C.)	Araceae	Tripe perro
<i>Trichanthera gigantea</i> (Humb.&Bon.)	Acanthaceae	Queiebrabarrigo
<i>Pteridium aquilinum</i> (Koh.)	Dennstaedtiaceae	Hel. de marrano
<i>Thelypteris</i> sp.	Thelypteridaceae	Helecho
<i>Adiantum</i> sp.	Pteridaceae	Helecho
<i>Pteris</i> sp.	Pteridaceae	Helecho
<i>Saccoloma</i> sp.	Saccolomataceae	Helecho
<i>Cyathea horrida</i> (L.)	Cyatheaceae	Helecho
<i>Campyloneurum</i> sp.	Polypodiaceae	Helecho
<i>Phlebodium decumanum</i> (Will.)	Polypodaceae	Helecho
<i>Asclepias curassavica</i> (L.)	Apocynaceae	Algodoncillo
<i>Citrus paradisi</i> (Mac.)	Rutaceae	Toronja
<i>Thunbergia alata</i> (Boy.)	Acanthaceae	Ojo de poeta
<i>Cupania cinerea</i> (Poepp.)	Sapindaceae	Mestizo
<i>Epydendrum</i> sp.	Orchidiaceae	Orquídea
<i>Mimosa</i> sp.	Fabaceae	Dormidera
<i>Inga densiflora</i> (Benth.)	Mimosaceae	Guamo
<i>Croton</i> sp.	Euphorbiaceae	Drago
<i>Gliricida sepium</i> (Jacq.)	Papilionaceae	Matarraton
<i>Urera baccifera</i> L.	Urticaceae	Pringamosa
<i>Rubus ulmifolius</i> (Schott.)	Rosaceae	Zarza mora
<i>Impatiens balsamina</i> (L.)	Balsaminaceae	Besito
<i>Mangifera indica</i> (L.)	Anacardiaceae	Mango
<i>Persea americana</i> (L.)	Lauraceae	Aguacate
<i>Solanum</i> sp.	Solanaceae	Frutillo
<i>Matisia cordata</i> (H. & B)	Sterculiaceae	Zapote
<i>Chamaedora pinnatifrons</i> (Jacq.)	Arecaceae	Molinillo
<i>Canna indica</i> (L.)	Cannaceae	Chirilla

2.- ENTOMOLOGISCHE ERKENNTNISSE

Liste der Danainae- und Ithomiinae-Schmetterlinge im Aguacatal-Wald und in angrenzenden Gebieten (1400-2000 müM.)

Nymphalidae

Danainae

Danaini

<i>Danaus</i>	<i>plexippus</i>		(Cramer, 1777)
<i>Danaus</i>	<i>gillippus</i>	<i>hermipus</i>	(C. & R. Felder, 1865)
<i>Lycorea</i>	<i>halia</i>	<i>atergatis</i>	(Doubleday, (1847))
<i>Lycorea</i>	<i>halia</i>	<i>fasciata</i>	Haensch, 1909
<i>Lycorea</i>	<i>ilione</i>	<i>lamirus</i>	(Latreille, (1817))

Ithomiini

<i>Tithorea</i>	<i>harmonia</i>	<i>furina</i>	Godman & Salvin, 1898
<i>Tithorea</i>	<i>tarricina</i>	<i>parola</i>	Godman & Salvin, 1898
<i>Elzunia</i>	<i>bonplandii</i>	<i>descandollesi</i>	(Staudinger, 1885)
<i>Athesis</i>	<i>clearista</i>	<i>colombiensis</i>	Kaye, 1918
<i>Eutresis</i>	<i>hypereia</i>	<i>antioquensis</i>	Staudinger, 1885
<i>Thyridia</i>	<i>psidii</i>	<i>aedesia</i>	(Doubleday, (1847))
<i>Scada</i>	<i>zibia</i>	<i>zibia</i>	(Hewitson, 1856)
<i>Mechanitis</i>	<i>polymnia</i>	<i>caucaensis</i>	Haensch, 1909

<i>Mechanitis</i>	<i>menapis</i>	<i>occasiva</i>	Fox, 1967
<i>Mechanitis</i>	<i>lysimmia</i>	<i>utemaia</i>	Reakirt, 1866
<i>Napeogenes</i>	<i>stella</i>	<i>caucaensis</i>	Const. & Vitale, 2012
<i>Hypothyris</i>	<i>euclaea</i>	<i>caldasensis</i>	Fox, 1971
<i>Hypothyris</i>	<i>euclaea</i>	<i>philetaera</i>	(Hewitson, 1876)
<i>Hypothyris</i>	<i>lycaste</i>	<i>limpida</i>	Haensch, 1905
<i>Pagyris</i>	<i>cymothoe</i>	<i>cymothoe</i>	(Hewitson (1855))
<i>Ithomia</i>	<i>agnosia</i>	<i>napo</i>	Herrich-Schäffer, 1865
<i>Ithomia</i>	<i>iphianassa</i>	<i>alienassa</i>	Haensch, 1905
<i>Ithomia</i>	<i>celeimia</i>	<i>lurida</i>	Haensch, 1909
<i>Ithomia</i>	<i>terra</i>	<i>terra</i>	(Hewitson (1853))
<i>Ceratinia</i>	<i>tutia</i>	<i>tosca</i>	(Schaus, 1902)
<i>Ceratinia</i>	<i>iolaia</i>	<i>rebni</i>	Fox, 1941
<i>Dircenna</i>	<i>dero</i>	<i>euchytma</i>	(C. & R. Felder, 1865)
<i>Dircenna</i>	<i>jemina</i>	<i>jemina</i>	Geyer, 1837
<i>Dircenna</i>	<i>adina</i>	<i>columbiana</i>	Krüger, 1925
<i>Godyris</i>	<i>kedema</i>	<i>albinotata</i>	(Butler, 1873)
<i>Godyris</i>	<i>panthyale</i>	<i>panthyale</i>	(C. & R. Felder, 1862)
<i>Greta</i>	<i>andromica</i>	<i>dromica</i>	Haensch, 1910
<i>Greta</i>	<i>dercetis</i>	<i>dercetis</i>	(Doubleday, (1847))
<i>Heterosais</i>	<i>giulia</i>	<i>caucaensis</i>	Const. & Val., 2005
<i>Oleria</i>	<i>makrena</i>	<i>caucana</i>	(Staudinger, 1885)
<i>Oleria</i>	<i>amaldia</i>	<i>amaldina</i>	Haensch, 1909
<i>Oleria</i>	<i>fumata</i>	<i>fumata</i>	(Haensch, 1905)
<i>Oleria</i>	<i>victorina</i>	<i>graziella</i>	(Oberthur, 1879)
<i>Megoleria</i>	<i>susiana</i>	<i>susanna</i>	(Staudinger (1884))
<i>Hypoleria</i>	<i>ocalea</i>	<i>ocalea</i>	(Doubleday, (1847))
<i>Pteronymia</i>	<i>laura</i>	<i>laura</i>	(Staudinger, 1885)
<i>Pteronymia</i>	<i>aletta</i>	<i>aletta</i>	(Hewitson, (1855))
<i>Pteronymia</i>	<i>latilla</i>	<i>latilla</i>	(Hewitson, (1855))
<i>Pteronymia</i>	<i>picta</i>	<i>dispar</i>	Salvin, 1869
<i>Episcada</i>	<i>hymenaea</i>	<i>caucana</i>	Brown, 1970
<i>Episcada</i>	<i>salvinia</i>	<i>apia</i>	(C. & R. Felder, 1865)
<i>Pseudoscada</i>	<i>timna</i>	<i>saturata</i>	(Hewitson, (1855))

3.- MIMETISCHE KOMPLEXE

Bei Schmetterlingen, insbesondere neotropischen Ursprungs, sind zwei Grundtypen der Mimikry bekannt: Müllersche und Batessche. Owen (1971) definiert die **Müllersche Mimikry**, die der deutsche Naturforscher Fritz Müller im Urwald Brasiliens entdeckt hat, als die jener oft nicht verwandten und ungenießbaren Arten, die sich in Farbe und Zeichnung ähneln. Es ist ein Phänomen, welches zwischen einigen Arten des Aguacatal-Baches auftritt, insbesondere zwischen den Heliconiinae und Ithomiinae. Da sie durch ihre Giftigkeit vor Fressfeinde geschützt sind, werden beide Schmetterlingsgruppen als Müllersche Mimikry eingestuft (Brown & Benson, 1974; Brown, 1987). Owen (1971) beschreibt die **Batessche Mimikry**, als jene in der ein nicht giftiger Schmetterling in Färbung und Muster einen anderen ungenießbaren Schmetterling nachahmt. Diese Besonderheit wird auf der Grundlage von **mimetischen Arten** präsentiert die andere ungenießbare Arten ähneln, sie werden als **Modelle** bezeichnet. Dies geschieht vor allem in den Familien Papilionidae und

Nymphalidae, die Schmetterlinge der Heliconiinae, Ithomiinae, Danainae und tagaktive Nachtfalter nachahmen. In Bezug auf die kryptischen Komplexe haben diejenigen Arten, die derselben Familie angehören, evolutionär ähnliche Färbungen und Flecken entwickelt, dh Konvergenz oder chromatische Homologie, die sie voneinander verbergen

So werden die folgenden Komplexe im Aguacatal-Bach unterschieden:

- a.- Mimetischer **Danaus**-Komplex
- b.- Mimetischer **Heliconius** -Komplex
- c.- Mimetischer **Consul** Komplex
- d.- **Papilio** Mimetic Komplex
- e.- Mimetischer **Elzunia**-Komplex
- f.- Mimetischer **Transparenter** Komplex
- g.- Mimetischer **Tiger** Komplex
- h.- **Orangen**-mimetischer Komplex
- i.- Mimetischer **Ctenuchidae Komplex**
- j.- **Adelpha**-Krypto-Komplex
- k.- **Hamadryas**-Krypto-Komplex
- l.- **Nymphalidae**-Krypto-Komplex
- m.-**Euptychien**-Krypto-Komplex

Beispiele

- a.- Mimetischer **Danaus**-Komplex (Tafel I)

Dieser Komplex kann in zwei unterteilt werden: Der von den „**Monarchen**“ Schmetterlingen *Danaus plexippus* (Cramer) und *D. gilippus hermipus* (C. & R. Felder) gebildet wird. Beide Arten haben ähnliche Flecken und Farbmuster da sie in den angrenzenden Freiflächen des Aguacatal-Baches zusammenleben. In diesem Komplex ordnet Sorto (2013) auch *D. eresimus* (Cramer) ein, beschrieben an einem Bach in El Salvador. In Kolumbien ist sie in den warmen Gebieten des Cauca-Flusses bekannt, aber in unserem Fall ist sie nicht im Studienort registriert. Innerhalb der Danainae-Unterfamilie wird auch der Müllersche Mimikry Komplex vorgeschlagen, gestaltet von den Arten *Lycorea ilione lamirus* Latreille und den Formen *completa* Staudinger, (1885) und *fenestrata* Haensch, (1909) mit der Ithomiini *Eutresis hypereia antioquiensis* Staudinger, (1888) (abb.8) und der Heliconinae *Eueides procula edias* Hewitson, (1861) da sie ein ähnliches Fleckenmuster haben. Winhard (2016) erkennt und beschreibt diesen Komplex im Süden Kolumbiens, im Departamento von Putumayo, nahe der östlichen Kordillere mit zwei neue Unterarten *Lycorea ilione suffusca* und *Eutresis hypereia putumayensis* die vom Autor für die Region Mocoa beschrieben wurden. Diese Arten sind typisch für gut erhaltene Waldinnenräume, aber sehr lokal und selten, mit Ausnahme von *E. procula edias* die große Verbreitung in der Andenregion hat.



Abbildung 8. *Eutresis hypereia antioquiensis* (Stgr.) modelle von Mimetischer Danaus komplex

b. Mimetischer **Heliconius** –Komplex (Tafel II)

In der Region des Aguacatal-Baches zeigen mehreren Arten von *Heliconius* den Müllerschen Mimikry Ring, die Art *Heliconius eleuchia eleuchia* Hewitson (1854), kopiert fast perfekt *Heliconius cydno cydnides* Staudinger, (1885) die in den Ausläufern der Anden in der Region des Cauca-Flusses vorkommt. Es werden auch mehrere chromatische Phänotypen von *Heliconius doris obscurus* Weymer (1890) beobachtet, sie zeigen drei Farben: grün-gelbliche, rote oder blaue Streifen, auf den hinteren Flügeln. Mallet (1999) betrachtet sie als Mitglieder einer Müllerschen polymorphen Mimikry, obwohl die Formen des gelb-grünen Typs als eine seltene „nicht-mimetische“ Variante im Bereich dieser Art präsentiert wird. In unserem Beispiel des Aguacatal-Baches imitiert die blaue Melanieform jedoch die Art *Heliconius erato chestertonii* Hewitson, (1872), während die Form, die in den hinteren Flügeln rot und in den vorderen gelbe Streifen zeigt *Heliconius clysonimus clysonimus* Latreille, (1817) nachahmt, die zwischen 1600 und 2200 m ü. M. häufig ist (Constantino, Gil & Corredor, 2005).

c.- Mimetischer **Consul** Komplex (Tafel III)

Dieser Komplex umfasst beide Geschlechter des Charaxinae *Consul panariste panariste* Hewitson, 1886, (abb.9) deren Männchen das Muster *Heliconius erato chestertonii* Hew. imitieren, während die Weibchen Ähnlichkeit mit dem Ithomiini *Tithorea tarricina parola* Godman & Salvin 1898, (abb.10) haben. Dieses Phänomen wurde

vorläufig in Kolumbien von Salazar & Henao (2003) für eine Region in der Nähe des Cauca-Flusses (Caldas) dokumentiert, während Ichita (2010) eine ähnliche Unterart betrachtet: *Consul panariste pandrosa* Niepelt, 1927 im nordwestlichen Ecuador, die männlichen und weiblichen Tiere kommen in einer Gruppe silvaniformen Arten mit gestromte Muster vor. Das Männchen scheint jedoch nicht andere typische Arten dieser Region zu imitieren. In jedem Fall haben beide Arten dimorphe Weibchen die ziemlich selten sind, während panariste-Männchen häufig im mittleren Teil des Aguacatal Tales zwischen 1500 und 1700 m ü. m. beobachtet werden. Es sollte erwähnt werden, dass es in dem Gebiet eine andere Art namens *Consul fabius albinotatus* Butler, 1874, gibt, die dem Tiger Mimikry Komplex zugeordnet wird, er wird später diskutiert.



Abbildung 9. *Consul panariste panariste* (Hew.)



Abbildung 10. *Tithorea tarricina parola* (G.& S.)

d.- **Papilio** Mimetischer Komplex (Tafel IV)

Die vorgeschlagenen mimetischen Arten in dieser Gruppe, von Salazar (1991) am Aguacatal-Bach mit Ihren Modellen gefunden, sind die folgenden: *Mimoides euryleon pithonius* Rothschild & Jordan, 1906, die Männchen dieser Art kopieren *Parides eurimedes antheas* Rothschild & Jordan, 1906, *Parides iphidamas phalias* Rothschild & Jordan 1906 und *P. iphidamas elatos* Rothschild & Jordan, 1906, während die Weibchen das gleiche tun mit den vorhergehenden Arten und mit *Parides erithalion cauca* Oberthür, 1879. *M. euryleon pithonius* ist sowohl im unteren wie auch im oberen Teil des Aguacatal bis zu 2000 m ü. M. zu finden. Das Männchen des Papilionidae *Heraclides anchisiades idaesus* Fabricius, 1793, präsentiert ein ähnliches Färbungsmuster wie *P. erithalion cauca*, während die Weibchen Dimorphismus vorzeigen: eines wie das gewöhnlichen Männchen und die andere mit einem bemerkenswerten weißen Fleck auf den Vorderflügeln, der es ihm erlaubt, die Weibchen der anderen oben genannten und im Untersuchungsgebiet existierenden *Parides* zu simulieren.

Heraclides androgeus epidaureus Rothschild & Jordan, 1906, eine Art die nur in der Nähe des Aguacatal-Baches beobachtet wurde, an der Stelle an der es auf die Straße nach Riosucio trifft. Sie frequentieren Zitrusbäume mit ihren dunklen Weibchen (form

piranthus Cramer, 1779), bisher wurde nicht das Modell *Battus lycidas* Cramer, 1777 registriert. Diese zieht es vor in wärmeren Gebiete Richtung Cauca-Fluss zu fliegen (Salazar, 1991). Von dieser Gattung hat man gelegentlichen Individuen von *Battus polydamas polydamas* Linnaeus, 1758 an der Spitze des Hügels Aguacatal gesehen in der Nähe des Untersuchungsgebietes.

e.- Mimetischer **Elzunia**-Komplex (Tafel V)

Für diesen Komplex erklärt Walter Winhard in Lecrom et al., (2018) ausführlich die Müllersche Mimikry zwischen *Elzunia bomplandii descandollesi* Staudinger (1885) und *E. bomplandii atahualpa* Fox (1956) mit *Heliconius hecuba crispus* Staudinger (1885) und *Megoleria susiana susanna* Staudinger, 1884 für den Norden der westlichen Kordillere. Es wurde bereits von Arango (2004) mit *E. bomplandii atahualpa*, *H. hecuba salazari* Neukirchen (1993), *M. susiana susanna* und *Oleria santineza* Haensch (1903) im Kolumbianischen Karagabí-Naturschutzgebiet (Risaralda) das sich in derselben Region befindet, detailliert und illustriert. Im oberen Bereich des Aguacatal-Baches (1900-2100 m ü.M.) wurden nur *E. bomplandii descandollesi*, *M. susiana susanna* und *Oleria makrena caucana* Staudinger, 1885, nachgewiesen, ohne das Vorkommen von *H. hecuba salazari* zu beweisen, der im gleichen Einflussbereich existieren sollte.

f.- Mimetischer **Transparenter** Komplex (Tafel VI)

Komplex, der damals von Papageorgis (1975) in seiner Forschung über Mimikry in Peru vorgeschlagen wurde. Am Aguacatal-Bach gibt es etwa 20 Arten (abb. 11). Die es vorziehen im Wald bis auf zwei Meter Höhe zu fliegen, hier finden sich auch tagaktive Nachtfalter deren Flügel durchsichtig oder bernsteinfarben sind. Für den oberen mittleren Bereich des kleinen Beckens wurden *Oleria makrena caucana* registriert, die zusammen mit *Oleria fumata* Haensch, 1905 an diesem Komplex beteiligt ist, sowie *Ithomia iphianassa alienassa* Haensch, 1905. Arango (2004) entsprechend, bildet Letztere neben *I. iphianassa phanessa* Herrich Schäffer, 1865 *Pteronymia latilla* Hewitson (1855), und der Pieridae *Dysmorphia theucarilla xanthone* Röber, 1924 eine weitere Gruppe. Der transparente mimetische Komplex ist in der oberen Zone von 1800-2000 m ü.M. am vielfältigsten. In dieser Region kommt der Mimetischen Tiger Komplex nicht vor



Abbildung 11. *Episcada salvinia apia* (Fldr) modelle von Mimetischer transparenter komplex

g.- Mimetischer **Tiger** Komplex (Tafel VII)

Papageorgis (1975) schlägt diesen anderen Komplex vor der ein Muster aus Form und Farbe teilt, das bunter ist. Es besteht aus zehn Arten von Ithominos (abb.12) die in der mittleren und unteren Zone des Baches zwischen 1300 und 1600 m ü.M. Höhe konzentriert sind, miteinbezogen sind auch die Danainae *Lycorea halia atergatis* Doubleday, 1847 (abb.13) (und *fasciata* Haensch, 1909 formen) ; der Charaxinae *Consul fabius albinotatus* Butler, 1874 (abb.14); die Heliconiinae *Heliconius ethilla semiflavus* Weymer, 1894, *H. Hecale melicerta* Bates, 1866 und *Eueides isabella arquata* Stichel, 1903; die Pieridae *Dismorphia amphione praxinoe* (Doubleday, 1844) (abb.15) und die tagaktive Nachtfalter Erebidae *Chetone angulosa* Walker, 1854. Zu ihnen können wir die Müllersche Mimikry hinzufügen, die zwischen dem Modell *Actinote pellenea limbata* Jordan, 1913 und seiner co-mimischen *Eueides vivilia vialis* Stichel, 1903 vorkommt. Im Grunde genommen ist dieser Tiger-Komplex mittelamerikanischen Ursprungs (Ichita, 2010), der beim Vorkommen in Kolumbien seinen Einfluss auf die biogeografische Region Chocó und das Tal des Cauca-Flusses ausdehnt.

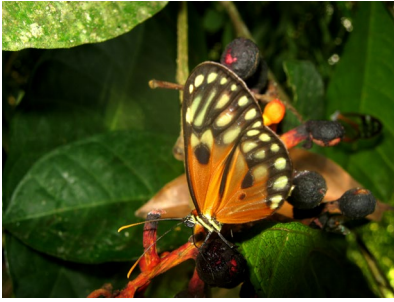


Abbildung 12. *Napeogenes stella caucaensis* (C & V)



Abbildung 13. *Lycorea cleobaea atergatis* (Dbl.)



Abbildung 14. *Consul fabius albinotatus* (Bltr.)



Abbildung 15. *Dismorphia amphione praxinoe* (Dbl.)

h.- Orangen-mimetischer Komplex (Tafel VIII)

So benannt von Papageorgis (1975) und Maes (1999), um Arten mit Orangener Färbung und schwarze Markierungen auf den Flügeln aufzunehmen. Hier betrachten wir 5 Arten von Heliconiinae: *Agraulis vanillae vanillae* Linnaeus, 1758; *Dryas iulia moderata* Riley, 1926, *Eueides aliphera aliphera* Godart, 1819, *Dione juno juno* Cramer, 1779 und *Dryadula phaetusa* Linnaeus, 1758, zusammen mit der Nymphaliden *Marpesia petreus petreus* Cramer, 1776, die alle am Aguacatal-Bach vorkommen.

i. Mimetischer **Ctenuchidae** Komplex (Tafel IXa und IXb)

Bestehend aus mehreren Arten von tagaktiven Ctenuchina Nachtfliegen, die andere Insekten der Ordnungen Hymenoptera (Vespidae, Ichneumonidae, Pompilidae), Coleoptera (Lycidae) und Lepidoptera (Ithomiini) nachahmen (Hernandez-Baz et al., 2017). Folgende heben wir hervor: *Trichura dixanthia* (Hampson) (abb.16), *T. esmeralda* (Walker), *Macrocneme cupreipennis* (Walker) und *Antichloris viridis* (Druce) (abb.17).



Abbildung 16. *Trichura dixanthia* (Ham.)



Abbildung 17. *Antichloris viridis* (Dce)

j.- **Adelpha**-Krypto-Komplex (Tafel X)

Die Gattung besteht aus sechs Arten die zu drei Gruppen gehören. Die erste von ihnen besteht aus Arten mit weißen Bänder *Adelpha alala negra* C. & R. Felder, 1862 und *Adelpha serpa celerio* Bates, 1864; die zweite Gruppe weist ein ähnliches Muster mit orangefarbenen Bändern Oberseits und weiße Bänder Unterseits auf: *Adelpha cytherea* Linnaeus, 1758, *A. phylaca pseudohaetalia* Hall, 1938 und *A. erotia* Hewitson 1867 und die dritte viel seltenere und ermittelte Gruppe hat orangefarbene Streifen auf den Vorderflügeln: *A. salus salus* Hall, 1935 und *A. lycorias melanippe* Godman & Salvin, 1884, Diese letzten beiden werden gelegentlich im unteren Teil des Gebietes beobachtet in der Nähe der Koppeln zwischen der Straße von Aguacatal und der Mündung des Baches in den Riosucio-Fluss.

k.- **Hamadryas**-Krypto-Komplex (Tafel XI)

Fünf sporadisch in dem Gebiet vorkommende Arten sind an diesem generischen Komplex beteiligt. Zwei von ihnen in blauen Farbtönen und weißen Streifen auf den Vorderflügel: *Hamadryas amphinome mexicana* Lucas, 1853 und *H. laodamia saurites* Fruhstorfer, 1916. Die anderen drei in Grautönen: *H. feronia farinulenta* Fruhstorfer, 1916, *H. fornax fornacalia* Fruhstorfer, 1916 und *H. februa ferentina* Godart, 1824. Ihr identisches mimetisches Muster unter ihnen stellt das Phänomen der Flechten Krypsis (Tarnung) dar, indem sie die Rinden der Bäume nachahmen, auf denen sie sich niederlassen (Sorto, 2012; Suzuki, Tomita & Sezutsu, 2018).

l. **Nymphalidae**-Krypto-Komplex (Tafel XII)

Entspricht einigen Arten von Nymphalidae mit ähnlicher Färbung und Flügelmuster welche die Tarnung criptosis teilen: *Smyrna blomfieldia* Fabricius, 1781 mit einer

selteneren: *Hypanartia godmanii* Bates, 1864 (und *Hypanartia lethe* Fabricius, 1793). Wir können auch die Batessche Mimikry betrachten, die bei den Weibchen der Nymphalidenart *Castilia eranites* Hewitson, 1857 auftritt, die Form und Färbung von *Dismorphia theucarilla xanthone* Röber, 1924 nachahmt, sowohl in der weißen als auch in der gelben Form dieser Pieridae und auch die Nymphaliden *Biblis hyperia hyperia* (Cramer, 1779) mit *Heliconius erato guarica* Reakirt, 1868. Beide Arten sind in dem untersuchten Gebiet verbreitet, aber *C. eranites* fliegt normalerweise am Rande des Waldes und in den Lichtungen, während die *Dismorphia* im Wald fliegt.

m.- Euptychien-Krypto-Komplex (Tafel XIII)

Bezeichnet durch Sorto (2013) mit einigen Gattungen des Stammes Satyrinae Euptychiini wie *Pareuptychia* Forster, 1964; *Magneuptychia* Forster, 1964; *Cissia* Doubleday, 1848; *Taygetis* Hübner (1819); *Pseudodebis* Forster, 1964 und *Euptychia* Hübner, 1818, die Ähnlichkeiten in ihrer Art aufweisen, indem sie den Aguacatal-Wald als Lebensraum teilen. Dies ist der Fall von *Pareuptychia ocirrhoe* Fabricius, 1776 mit *P. metaleuca* Boisduval, 1870 (abb.18); *Magneuptychia libye* Linnaeus, 1758 mit *M. nebulosa* Butler, 1867; und *Pseudodebis celia* Cramer, 1779 mit *Taygetis thamyra* Cramer, 1779 und *T. virgilia* Cramer, 1776, unter anderem.



Abbildung 18. *Pareuptychia metaleuca* (Bsd.) von Euptychien krypto komplex

DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNGEN

Im Allgemeinen wird die Vegetation, die an den Ufern de Aguacatal-Baches wächst in ihrem mittleren und unteren Becken von *Guadua* (*Guadua angustifolia* (Kunth.) Pflanzen beherrscht und abwechselnd Bäume einer bestimmten Größe wie Feigen, Guamos (*Inga densiflora* (Benth.), platanillos (Heliconiaceae), Yarumos (*Cecropia* sp.) und Matapalos (Moraceae). Während das Unterholz eine Fülle von calateas (Marantaceae), cordoncillos (Piperaceae) und Farnen aufweist. Ökologisch gesehen handelt es sich um ein Fragment eines feuchten subtropischen Waldes, typisch für die Andenhänge der kolumbianischen Kaffeeregion (Espinal & Montenegro, 1963). Sowohl die Ithomiini Population als auch die beobachteten mimetische und kryptische Komplexe zeigen eine starke direkte Verbindung zu Wasserquellen und innerer Wald am Ufer des Aguacatal-Baches (abb.19).

In Bezug auf die Ithomiini Schmetterlinge, die im Laufe dieser Arbeit gesammelt wurden kann man sagen, dass sie zur Fauna des südwestlichen Antioquia gehören welche von Muriel (2006) und Muriel et al., (2013) ausführlich untersucht wurde. Sie entspricht nach Giraldo et al., (2013) der Vegetation in der Schlucht des Cauca Flusses der durch den Westhang der Zentralkordillere und den Osten des Westkordillere zwischen 800 und 2000 m ü.M. gebildet wird. Eingebettet in einer hügeligen oder steil abfallenden Landschaft, die in dieser Region des Departments Caldas einen schmalen und tiefen Canyon formt.



Abbildung 19. Ernährung der Ithominen *Dircenna dero euchytna* (Fldr), *Preronymia latilla* (Hew) und *Mechanitis polymnia caucaensis* (Haensch) von den Exkrementen eines Vogels im inneren des Aguacatal - Waldes (fotografiert von Julian A. Salazar)

Für dieses Gebiet und die angrenzenden Zonen wird geschätzt, dass es fast 50 Schmetterlingsarten gibt, von denen viele sogar an den hier angegebenen mimetischen Komplexen beteiligt sind. Basierend auf Sorto (2013) und seinen Beobachtungen in einer Schlucht des Thilo Nationalparks in El Salvador; die Existenz beider Komplexe (Batessche und Müllersche) in unserem Fall, zeigt ähnliche Schlussfolgerungen die darauf hindeuten, dass die nachahmenden Individuen die Modelle simulieren mit denen sie zusammenleben, so in Farbe wie in Form.

Winhard (2016) bezieht sich auf mehrere Regionen Kolumbiens, in denen dieses Phänomen auftritt und veranschaulicht insbesondere *Dismorphia amphione* (Cramer, 1779) und seine vielfältigen Formen die Ithomiini und Heliconiinae kopieren, die für jede Region charakteristisch sind in der dieser Autor erforscht und auf seinen Reisen durch Kolumbien und Ecuador gefunden hat. So auch vermeiden Arten, die Tarnfarben aufweisen, die Wahrnehmung durch Fressfeinden da sie die Beute in ihrer Umgebung nicht unterscheiden können oder getäuscht werden.

Nach Papageorgis (1975) ist das Zusammenleben mehrerer mimetischer Komplexe, die Abweichung von gut verwandten Arten und polymorphen Formen, besser vergleichbar im Hinblick auf die aus den Komplexen resultierende Schichtung. Stark verwandte Arten mit ähnlichen Mustern müssen den Wettbewerb durch die Nutzung verschiedener Fluggebiete oder Nischen einschränken. Andererseits ist die Entwicklung der Transparenz eines leuchtend gefärbten und giftigen Vorfahren beunruhigend, da angenommen wird, dass er normalerweise an der Verheimlichung beteiligt ist. Neuere Studien zeigen, dass transparente Ithomiinae-Arten von fleischfressenden Vögeln tatsächlich weniger nachweisbar sind. Überraschenderweise sind solche Arten nicht weniger angenehm und können sogar unangenehmer sein als undurchsichtige Arten, die später eine größere Vielfalt an unangenehmem Geschmack für Raubtiere umfassen. (McClure et al., 2019)

DANKSAGUNG

Die Autoren danken folgenden Personen, die bei den Exkursionen und bei der Beschaffung von Fachliteratur wertvolle Unterstützung geleistet haben: César A. Salazar E. (r.i.p.), José Ignacio Vargas, Dr. Ernesto W. Schmidt-Mumm (r.i.p.), Zsolt Bálint (Ungarisches Naturkundemuseum, Budapest), Walter Neukirchen, Walter Winhard, Herr Kent Wilson (r.i.p.), Dr. Gerardo Lamas Müller (Naturkundemuseum, Universität San Marcos, Lima), Dr. Keith S. Brown Jr., (Staatliche Universität von Campinas, Brasilien), Dr. Olaf Mielke (Universität von Curitiba, Brasilien), John Albeiro Quiroz (Francisco Luis Gallego Museum, Nationale Universität, Medellín), Vaclav Pacl, Jorge M. Gonzalez, Herr Greg Nielsen, student Mauricio Echeverri, Professor Gonzalo Andrade (I.C.N., Nationale Universität von Kolumbien, Bogotá), Lucimar Gomes Dias (Caldas Universität, Manizales), Gabriele Hahn von Hessberg und die Mitarbeiter des Centro de Museos der Universität de Caldas, Manizales.

LITERATUR

- Aiello, A. & Brown, K.S. (2007). Mimetismo por ilusión en una mariposa nocturna de vuelo diurno y dimorfismo sexual de *Dyschema jansoni* (Lep. Arctiidae, Pericopinae) (in Leigh et al.: *Ecología y Evolución en los Trópicos*, 105-107.
- Ackery, P. J. (1984). Systematic and faunistic studies in Butterflies. In *The Biology of Butterflies* (pp. 9-21). London: Academic press.
- Aceró, L.E. (1985). Árboles de la zona cafetera colombiana. Manizales, Colombia, Fondo cultural cafetero.
- Arango, L. (2004). Identificación de las especies miméticas de mariposas en la reserva natural Karagabí y el jardín botánico de Pueblo Rico, Risaralda, Colombia. Parte I. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U.de Caldas*, 8, 317-377.
- Bates, H.W. (1862). xxxii Contribution to an Insect fauna of the Amazon valley (Lep. Heliconiidae). *J. Proc. Linn. Soc., London (zool.)*, 6 (22), 495-566.
- Baumann, H. (1974). Die Ithomiidae der Küstelkordillere in nord-Venezuela (Lep. Rhop.). I. Beitrag zu systematik und faunistik des Ithomiidae. *Mitt. Münch., Ent. Gesellschaft*, 64, 40-61.
- Beccaloni, G. (1997). Ecology Natural History and Behaviour of Ithomiinae butterflies and their mimics in Ecuador. (Lep. Nymph.). *Tropical Lepid.*, 8 (2), 104-124.
- Boppré, M. (1984). Chemically mediated interactions between Butterflies. In *The Biology of Butterflies* (pp. 256-275). London: Academic press.
- Brown, K.S. (1977). Centros de evolucao refugia Quaternarios e conserva cao dos Patrimonios genéticos na Região Neotropical. Padres de diferenciacao en Ithomiinae (Lep. Nymph.). *Acta Amazonica*, 7 (1), 75-147.
- Brown, K.S. (1980). A review of the genus *Hypothyris* Hübner (Nymph.) with descriptions of three new subspecies and early stages of *H. daphnis*. *J. Lepid. Soc.*, 34, (2), 152-172.
- Brown, K.S. (1987). Biogeography and evolution of Butterflies. In Whitmore & Prance. (Eds), *Biogeography and quaternary history in Tropical America* (pp. 66-104). Oxford: Clarendon Press.
- Brown, K.J., Mielke, O. & Ebert, H. (1970). Os Ithomiinae do Brasil. I. *Pritwitziya* gen.nov. para *Ithomia hymenaea* Prittwz e sus subspecies. (Lep. Ith.). *Rev. Bras. Biol.*, 30 (2), 269-273.
- Brown, K. S. & Benson, W. (1974). Adaptive polymorphism, associated with multiple Müllerian Mimicry in *Heliconius numata* (Lepid. Nymph.). *Biotropica*, 6 (4), 205-229.
- Carrero, D., Sánchez, L. R. & Tobar, D. (2013). Diversidad y distribución de mariposas diurnas de un gradiente altitudinal en la región nororiental Andina de Colombia. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U de Caldas*, 17 (1), 168-188.
- Constantino, L.M., Gil, Z. & Corredor, G. (2005). Estudio del polimorfismo cromático en *Laparus doris* obscurus y determinación de la frecuencia fenotípica mediante cruzamientos intraespecíficos de tres poblaciones de los departamentos del Valle y Caldas, Colombia. (Lep. Nymph. Helic.). *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U de Caldas*, 9, 222-237.
- Coral-Acosta, N. & Torres, J. P. (2017). Diversidad de mariposas diurnas (Lep. Pap.) asociadas a un Agroecosistema cafetero de sombra (Curiti, Santanter). *Rev. Col. Ent.*, 43 (1), 91-99.
- D'Abreu, B. (1984). *Butterflies of the Neotropical Region II. Danaiidae, Ithomiidae, Heliconidae & Morphidae*. Victoria, Australia Hill House.
- D'Almeida, R.F. (1978). *Catálogo dos Ithomiidae Americanos* (Lep.). Curitiba, Brasil: UFPR.
- Descimon, H. (1986). L'évolution de la coloration chez les Charaxidae Neotropicaux. Strategies adaptatives et cladogenese (Lep. Rhop.). *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 111, 262-206.
- De Vries, P. J., Lande, R. & Murray, D. (1999). Associations of co-mimics Butterflies on small and temporal scales in Neotropical Rainforest. *Biol. J. Linnean Soc.*, 67, 78-85.
- Draudt, M. (1915-1917). In Seitz, A. (Ed), *Die Gross-Schmetterlinge des Amerikanischen Faunengebietes: Die Amerikanischen Spinner und Schwärmer*, 6, 1344 p. II 404 tafel. Alfred Kernen, Stuttgart.
- Espinal, L. & Montenegro, E. (1963). *Formaciones Vegetales de Colombia: memoria explicativa del mapa ecológico*. Bogotá, Colombia, IGAC.
- Fox, R.M. (1956). A Monograph of the Ithomiidae (Lep.). I. The tribe Tithoreini. *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.*, 3 (1), 76.
- Fox, R.M. (1967). A Monograph of the Ithomiidae (Lep.). III. The tribe Mechanitini Fox. *Mem. Amer. Ent. Soc.*, 22, 190.
- Fox, R.M. (1968). Ithomiidae (Lep. Nymph.) of Central America. *Trans. Am. Ent. Soc.*, 94 (3), 155-208.
- Gaviria, F. & Henao, E.R. (2014). Diversidad de mariposas diurnas (Hesp-Pap) en tres estados sucesionales de un bosque húmedo premontano bajo, Tuluá, Valle del Cauca. *Rev. Fac. Cienc. U. Nacional de Col.*, 3 (2), 49-80.
- Giraldo, C. E., Marin, M. & Uribe, S. (2015). Mariposas diurnas asociadas a una plantación citrícola del cañón del Río Cauca. Caldas, Colombia. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U.de Caldas*, 19 (2), 83-94.
- Giraldo, C.E., Willmott, K. & Uribe, I. (2013). Ithomiini butterflies (Lep. Nymph.) of Antioquia, Colombia. *Neotrop. Ent.*, 30: 12.
- Gonzalez, A., Patiño, H. & Mendoza, I. (1982). Sistemas miméticos batesiano y mulleriano relacionados con Mechanitis polymnia caucensis Haensch. (Lep. Nymph.). Ponencia presentada en el IX Congreso Scolen, Cali, Colombia.
- Haase, E. (1892). Untersuchungen über die mimicry auf eines natürlichen systems der Papilioniden. *Bibl. Zool. (Gassel)*, 3 (8), 1-120.
- Hering, M. (1925). In Seitz, A. (Ed), *Die Gross-Schmetterlinge des Amerikanischen Faunengebietes: Die Amerikanischen Spinner und Schwärmer, Pericopinae, Diptidae*, 6: 433-521 p. II 404 tafel. Alfred Kernen, Stuttgart
- Hernandez-Baz, F., Quiroz, J.A., Tabares, M., Guzman, S., Montañez, M. & Gonzalez, J. (2017). Wasp moths (Lep. Ereb.) of the Entomological Museum "Francisco Luis Gallego" (MEFLG), Medellín, Antioquia, Colombia. *J. Lepid. Soc.*, 71 (2), 60-80.
- Ichita, T. (2010). Silvaniform Heliconius and its "Mimicry" club. *Yadoriga*, 227, 6-15.
- Joron, M. & Mallet, J. (1998). Diversity in mimicry: paradox or paradigm. *Trends Ecol. Evol.*, 13, 461-466.
- Kaye, W.J. (1903). Some considerations concerning mimicry. *The Entomologist's Record.*, 15 (7), 177-179.
- Kress, J., Betancur, J. & Echeverry, B. (1999). *Heliconias, llamaradas de la selva colombiana*. Bogotá, Colombia: Cristina Uribe Ed.
- Komarek, S. (1998). *Mimicry, Aposematism and related phenomena in animals and plants Bibliography 1800-1990*. Prague: Grant Agency.

- Lamas, G. (1999). Nymphalidae, II. Ithomiinae. In Bauer & Frankenbach. (Eds), *Butterflies of the World* (pp. 1-16). Keltern: Goecke & Evers.
- Le Crom, J.F., Hernández, O., Winhard, W., Andrade, M. & Llorente, J. (2018). Analysis of some morphological characters of *Elzunia Bryk, 1937* (Lep. Nymph.) results and revised classification. *Zootaxa*, 4387 (1), 1-46.
- Mallet, J. (1999). Causes and consequences of a lack of coevolution in mullerian mimicry. *Evol. Ec.*, 13, 777-806.
- Maes, J. M. (1999). El grupo mimético mulleriano *Dryas iulia*, *Eueides aliphera* and *E. lineata* (Lep. Nymph.) en Nicaragua. *Rev. Nic. Ent.*, 48, 37-47.
- McClure, M., Clerc, C., Desbois, CH., Meichanetzoglou, A., Cau, M., Bastin, L., Bacigalupo, J.,... Elias, M. (2019). Why has transparency evolved in aposematic butterflies? Insights from the largest radiation of aposematic butterflies, the Ithomiini. *Proc. Royal Soc. B*, 286, 1-11.
- Mendez, C. & Murillo, J. (2014). *Helechos y licofitos de Santa María, Boyacá. Guía de campo*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Moulton, J.C. (1909). On some of the principal mimetic (mullerian) combinations of tropical American Butterflies. *Trans. Ent. Soc., London*, (3/4), 585-696.
- Muriel, S. (2006). Mariposas Ithomiinae (Nymph.) de parches de vegetación natural del suroccidente antioqueño, Colombia. *Bol. Mus. Ent. U. del Valle*, 7 (2), 1-8.
- Muriel, S., Montoya, J., Restrepo, A. & Muñoz, J. (2011). Nuevos registros de plantas hospederas y disponibilidad de recursos para mariposas Ithomiinae (Lep. Nymph. Dan.) en Agroecosistemas de café colombianos. *Act. Biol.*, 33 (95), 275-285.
- Muriel, S. & Kattan, G. (2009). Effects of patch size and type of coffee matrix on Ithomiinae Butterflies diversity and dispersion in cloud forest fragments. *Conserv. Biol.*, 23 (4), 948-956.
- Muriel, S., Montoya, J., Restrepo, A., Muñoz, J., Higueta, H.D., Betancur, J.A., Castañeda, Y. & Orozco, D.U. (2013). *Agroecosistemas de café, hábitats para las mariposas silvestres*. Medellín, Colombia: Antioquia-Politécnico Jaime I. Cadavid.
- Müller, F. (1875). *Ituna* and *Thyridia*, a remarkable case of mimicry in Butterflies. *Proc. Ent. Soc., London* (3/4), xxv-xxix.
- Orozco, S., Muriel, S., Palacio, J. (2009). Diversidad de Lepidópteros diurnos en un área de bosque seco tropical del occidente antioqueño. *Act. Biol.*, 31 (80), 31-41.
- Owen, D.I. (1971). *Tropical Butterflies*. Oxford: Clarendon Press.
- Papageorgis, CH. (1975). Mimicry in Neotropical Butterflies. *Amer. Scient.*, 63, 523-532.
- Parra, L., Vargas, J.I. & Tabares, M. (2000). *Mariposas de Manzales*. Manzales, Colombia: Tizan Ltda.
- Pinheiro, C., Freitas, A., Campos, V., Penz, C. & De Vries, P.J. (2016). Both palatable and unpalatable Butterflies use bright colors to signal difficulty of capture to predators. *Neotrop. Ent.*, 45, 107-113.
- Pinheiro, C., Medri, I. & Moreyra, A. K. (2008). Why do the Ithomiines (Lep. Nymph.) aggregate. Notes on a butterfly pocket in central Brazil. *Rev. Bras. Ent.*, 52 (4), 610-614.
- Poulton, E.B. (1898). Natural selection the cause of mimetic resemblance and common warning colours. *J. Linnean Soc. (zool.)*, 26 (172), 558-612.
- Poulton, E.B. (1899). Illustrations of mimicry and common warning colours in butterflies. *Nature*, 60 (1549), 222-225.
- Prince-Chacon, S., Vargas, M., Salazar, J.A. & Neis, J.M. (2011). Mariposas Papilionoidea y Hesperioidea (Ins.Lep.) en dos fragmentos de bosque seco tropical en Corrales, San Luis, Atlántico, Colombia. *Bol. SEA*, 48, 243-252.
- Racheli, T. & Racheli, L. (2003). An annotated checklist of ecuadorian Nymphalidae, II. Libytheinae, Danaeinae, Ithomiinae. *Fragmenta Ent.*, 35 (2), 139-274.
- Rodríguez, G. & Miller, H. (2013). Inventario preliminar de los Rhopalocera de Mitú, Vaupés, Colombia (Ins. Lep.). *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 17 (1), 196-218.
- Roerber, J. (1921). Ueber Mimicry und verwandte erscheinungen bei Schmetterlinge. *Ent. Mitt.*, 10 (1), 23-30.
- Salazar, J.A. (1991). Algunos papilionidos miméticos de Colombia (Lep. Papilionidae). *SHILAP*, 19 (74), 93-110.
- Salazar, J.A. (2001). Nuevas observaciones sobre la concentración de Lepidópteros Rhopaloceros en las cumbres de algunos cerros de Caldas y Antioquia, Colombia. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 5, 66-90.
- Salazar, J.A. (2003). Aspectos miméticos de algunos Riordinos colombianos (Lep. Riordinidae). *Lambillionea*, 103 (3), 479-484.
- Salazar, J.A. (2004). Patrones de coloración en algunos Charaxidae de Colombia y sus modelos Mülllerianos (Lep. Nymphalidae). *Lambillionea*, 104 (1), 109-120.
- Salazar, J.A. (2014). Nota preliminar: El Centro de Investigaciones Amazónicas CIBA, la fundación Ikozoa y comentarios sobre un anillo mimético en Rhopalocera (Lep.). *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 18 (2), 227-234.
- Salazar, J.A. (2016). Einige sammlungen von schmetterlingen erreicht in der Oberen und Mittleren Putumayo gebiet Kolumbien (Lep. Nymph. Ithomiinae). *Bol. Mus. Ent. "Francisco Luis Gallego"*, 8 (3), 6-21.
- Salazar, J.A. & Henao, E.R. (2003). Mariposas colombianas V. Nota sobre las asociaciones miméticas de la mariposa Consul panariste Hew. (Lep. Charaxidae) en el centro de Colombia. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 7, 77-80.
- Schulz, S., Beccaloni, G., Brown, K.S., Boppré, M., Freitas, N., Ockenfeld, R. & Trigo, J. (2004). Semochemicals derived from pyrrolizidine alkaloids in male Ithomiinae butterflies (Lep.). *Biol. Syst. Ecol.*, 32 (8), 699-713.
- Sorto, R.E. (2013). Catálogo de especies de mariposas diurnas miméticas y con coloraciones crípticas de la quebrada "La Chansera" del Parque Natural Walter Thilo Deinger, El Salvador. *Bioma*, 3, 29-35.
- Suguru, A. (1969). Bereaved Mimic. *Yadoriga*, 58/59, 8-17.
- Suzuki, T., Tomita, S. & Sezutsu, H. (2018). Multicomponents structures in camouflage and mimicry in butterfly wing patterns. *J. Morphology*, 280, 149-166.
- Takahashi, M. (1978). The list of the subfamily Ithomiinae (Lep. Danaeinae) collected during the Expedición a las Zonas Amazónicas 1973". *Trans. Lepid. Soc. Japan*, 29 (2), 89-95.
- Vargas, W. (2002). *Guía ilustrada de las plantas de las montañas del Quindío y los Andes centrales*. Armenia, Colombia, CRQ.
- Vargas, J.I. & Salazar, C.A. (2014). Biodiversidad y mariposas en una región del alto Chocó, San José del Palmar, Colombia. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. U. de Caldas*, 18 (1), 259-284.

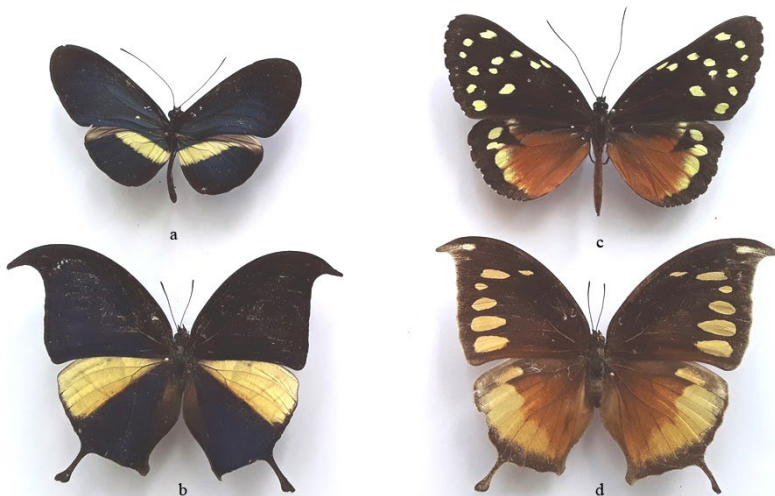
- Vélez, J. & Salazar, J.A. (1991). *Mariposas de Colombia*. Bogotá, Colombia: Villegas ed.
- Willmott, K. & Mallet, J. (2004). Correlations between adult mimicry and larval host plant in Ithomiinae butterflies. *Proc. R. Soc. London, supp.*, 3, 34.
- Winhard, W. (1996). Konvergente farbmusterentwicklungen bei tagfaltern freiland untersuchten in Asien, Afrika und Südamerika. *Spixiana, supp.* 21, München.
- Winhard, W. (2016). Was macht Schmetterlinge ähnlich wenn nicht verwandtschaft? Erläutert an beispielen aus Südamerika hauptsächlich Kolumbien und Ecuador. *Atalanta*, 47 (1/2), 1-30.



Taf. I. Mimetischer *Danaus*-Komplex: **a.** *Danaus plexippus* ♂, **b.** *Danaus gilippus hermipus* ♂, (Danainae), **c.** *Eutresis hyperia antioquiensis* ♀ (modelle-Ithomiinae), **d.** *Lycorea ilione lamirus f. fenestrata* ♂ (Danainae), **e.** *Eueides procula edias* ♀ (Heliconiinae), **f.** *Lycorea ilione lamirus f. completa* ♂ (Danaine), **g.** *Eueides procula edias* ♂ (Heliconiinae) (Sammlung J. Salazar)



Taf. II. Mimetischer **Heliconius**-Komplex: **a.** *Heliconius cydno cydnides* ♂ (modelle), **b.** *Heliconius eleuchia eleuchia* ♂, **c.** *Heliconius erato chesteronii* ♂ (modelle), **d.** *Heliconius doris obscurus* ♂, **e.** *Heliconius clysonimus clysonimus* ♂ (modelle), **f.** *Heliconius doris obscurus* f. rotten ♂ (Heliconiinae) (Sammlung J. Salazar).



Taf. III. Mimetischer **Consul**-Komplex: **a.** *Heliconius erato chesteronii* ♂ (modelle) (Heliconiinae), **b.** *Consul panariste panariste* ♂ (Charaxinae), **c.** *Tithorea tarricina parola* ♀ (modelle) (Ithomiinae), **d.** *Consul panariste panariste* ♀ (Charaxinae) (Sammlung J. Salazar).



Taf. IV. **Papilio** Mimetischer Komplex: **a.** *Mimoides euryleon pithonius* ♂, **b.** *Mimoides euryleon pithonius* ♀, **c.** *Parides eurimedes antheas* ♂ (modelle), **d.** *Parides eurimedes antheas* ♀ (modelle), **e.** *Parides iphidamas phalias* ♂ (modelle), **f.** *Parides iphidamas phalias* ♀ (modelle), **g.** *Parides iphidamas elatos* ♂ (modelle), **h.** *Heraclides anchisiades idaeus* ♂, **i.** *Heraclides anchisiades idaeus* ♀, **J.** *Parides erithalion cauca* ♂ (modelle), **k.** *Parides erithalion cauca* ♀ (modelle) (Sammlung J. Salazar).



Taf. V. Mimetischer **Elzunia**-Komplex: **a.** *Elzunia bomplandii descandollesi* ♂ (modelle) (Ithomiinae), **b.** *Heliconius hecuba salazari* ♂ (Heliconiinae), **c-d.** *Megoleria susiana susanna* ♀, ♂ (Ithomiinae), **e.** *Oleria makrena caucana* ♀ (Ithomiinae) (Sammlung J. Salazar und Centro de Museos der Universität de Caldas, Manizales).



Taf. VI. Mimetischer **Transparenter**-Komplex: **a.** *Dircenna adina columbiana* ♂, **b.** *Dircenna dero euchytrna* ♂, **c.** *Dircenna jemina jemina* ♂, **d.** *Godyris panthyale panthyale* ♂, **e.** *Heterosais giulia caucaensis* ♂, **f.** *Greta dercetis dercetis* ♀, **g.** *Pagyris cymothoe cymothoe* ♀, **h.** *Greta andromica dromica* ♀, **i.** *Pteronymia picta dispar* ♂, **j.** *Episcada salvinia apia* ♂, **k.** *Pseudoscada timna saturata* ♀, **l.** *Oleria amalda amaldina* ♂, **m.** *Athesis clearista colombiensis* ♂, **n.** *Ceratinia tutia toska* ♂, **o.** *Pteronymia aletta aletta* ♂, **p.** *Ithomia terra terra* ♂ (Ithomiinae), **q.** *Monocreagra pheloides* ♂, **r.** *Monocreagra orthyades* ♂ (Dioptidae), **s.** *Gonora hyelosoides* ♂ (Geometridae) (Sammlung J. Salazar).



Taf. VII. Mimetischer **Tiger**-Komplex: **a.** *Mechanitis lysimnia utemaia* ♂, **b.** *Mechanitis polymnia caucaensis* ♀, **c.** *Mechanitis menapis occasiva* ♀, **d.** *Tithorea harmonia furina* ♀, **e.** *Napeogenes stella caucaensis* ♂, **f.** *Ceratinia iolaia rehmi* ♀, **g.** *Hypothesis lycaste limpida* ♀, **h.** *Hypothesis euclea caldasensis* ♂, **i.** *Hypothesis euclea philetaera* ♀, **j.** *Ithomia celemia lurida* ♀ (modelles-Ithomiinae), **k.** *Actinote pellenea limbata* ♀ (modelle-Acraeinae), **l.** *Eueides vibilia vialis* ♀ (Heliconiinae), **m.** *Lycorea halia atergatis* ♂, **n.** *Lycorea halia fasciata* ♀ (Danainae), **o.** *Consul fabius albinotatus* ♂ (Charaxinae), **p.** *Eueides isabella arquata* ♂ (Heliconiinae), **q.** *Heliconius hecale melicerta* ♂, **r.** *Heliconius ethilla semiflavus* ♂ (Heliconiinae), **s.** *Dismorphia amphione praxinoe* ♂, **t.** *Dismorphia amphione praxinoe* ♀ (Dismorphiinae), **u.** *Chetone angulosa* ♂ (Erebiidae) (Sammlung J. Salazar).



Taf. VIII. **Orangen-mimetischer Komplex:** **a.** *Dryas iulia moderata* ♂, **b.** *Eueides aliphera aliphera* ♂, **c.** *Dione juno juno* ♂, **d.** *Dryadula phaetusa* ♂, **e.** *Agraulis vanillae* ♀ (Heliconiinae) modelles, **f.** *Marpesia petreus petreus* ♂ (Nymphalidae) (Sammlung J. Salazar).



Taf. IXa. Mimetischer **Ctenuchidae** Komplex: **a.** *Macrocneme cupreipennis* ♂, **b.** *Antichloris viridis* ♂ (Ctenuchidae), **c.** *Sangalopsis* sp. ♂ (Sintomidae), **d.** *Anycles anthracina* ♂, **e.** *Dycladia correbioides* ♂, **f.** Hymenoptera (Pompilidae), **g.** Hymenoptera (Pompilidae), **h.** *Parachatergus* sp. (Hymenoptera-Vespidae), **i.** *Calopteron tropicum* ♂, (Coleoptera-Lycidae) modelles (Sammlung J. Salazar).



Taf. IXb. Mimetischer **Ctenuchidae** Komplex: **a.** *Nyridela xanthocera* ♂, **b.** *Trichura coarctata* ♂, **c.** *Trichura esmeralda* ♂, **d.** *Cosmosoma impar* ♂, **e.** *Cosmosoma diplosticta* ♂, **f.** *Dinia mena* ♂, **g.** *Trogus pulchripennis* (Hymenoptera-Pompilidae), **h.** Hymenoptera (Ichneumonidae), **i.** (Hymenoptera Ichneumonidae-Pimplinae), **j.** Hymenoptera (Ichneumonidae-Ichneumoninae), **k.** Hymenoptera (Ichneumoninae-Cryptinae) modelles (Sammlung J. Salazar und L. Gomes, Centro de Museos der Universität de Caldas, Manizales).



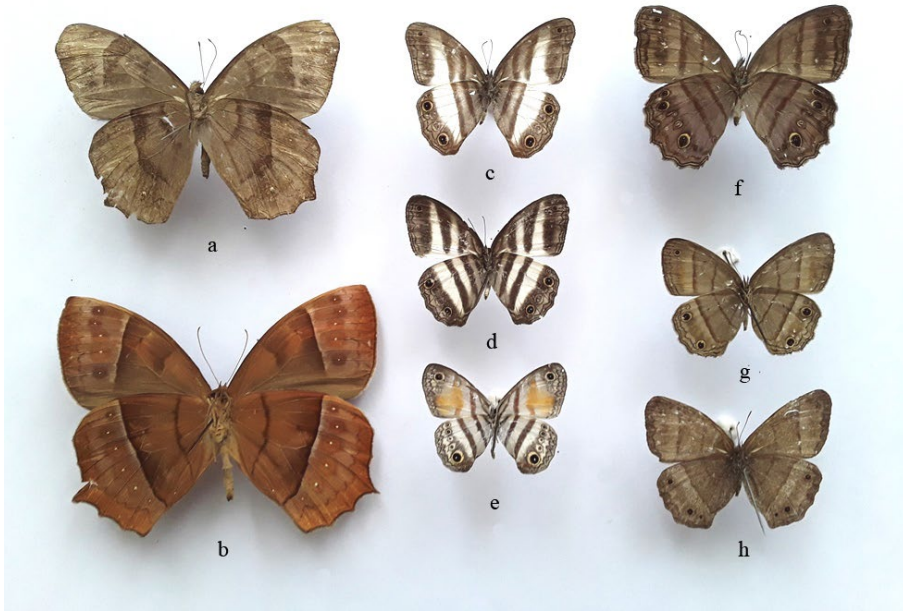
Taf. X. **Adelpha**-Krypto-Komplex: **a.** *Adelpha alala negra* ♂, **b.** *Adelpha serpa celerio* ♂, **c.** *Adelpha cytherea* ♂, **d.** *Adelpha phylaca pseudohaetalia* ♂, **e.** *Adelpha erotia* ♀, **f.** *Adelpha salus* ♀, **g.** *Adelpha lycorias melanippe* ♂ (Sammlung J. Salazar).



Taf. XI. **Hamadryas**-Krypto-Komplex: **a.** *Hamadryas amphinome mexicana* ♂, **b.** *Hamadryas laodamia saurites* ♀, **c.** *Hamadryas februa ferentina* ♂, **d.** *Hamadryas feronia farinulenta* ♂, **e.** *Hamadryas fornax fornacalia* ♂ (Sammlung J. Salazar).



Taf. XII. **Nymphalidae**-Krypto-Komplex: **a.** *Smyrna blomfieldia* ♂, **b.** *Hypanartia godmani* ♂, **c.** *Hypanartia lethe* ♂, **d.** *Dismorphia theucarilla xanthone* ♂ (modelle- Dismorphiinae), **e.** *Castilia eranites* ♀, **f.** *Heliconius erato guarica* ♂ (modelle-Heliconiinae), **g.** *Biblis hyperia hyperia* ♂ (Sammlung J. Salazar).



Taf. XIII. **Euptychien-Krypto-Komplex:** **a.** *Pseudodebis celia* ♂, **b.** *Taygetis virgilia* ♂, **c.** *Pareuptychia metaleuca* ♂, **d.** *Pareuptychia ocirrhoe* ♂, **e.** *Cissia labe* ♂, **f.** *Magneuptychia lybie* ♂, **g.** *Cissia pompilia* ♂, **h.** *Yphthimoides renata* ♀ (Sammlung J. Salazar).

Two new species of *Golofa* Hope, 1837 (Coleoptera: Melolonthidae: Dynastinae) from the Colombian Andes, South America.

Luis Carlos Pardo-Locarno¹ & Alfonso Villalobos-Moreno²

Abstract

Objective: To describe two new species of the genus *Golofa*. **Scope:** To expand the list of species of the tribe Dynastini for Colombia. **Methodology:** We reviewed the specimens of the genus *Golofa* deposited in the Colección Familia Pardo-Locarno CFPL-COL, establishing differences between the species already identified and the specimens type used for the description of the two new species reviewed in this manuscript. **Main results:** We described two new species of *Golofa* Hope, 1837, showing photographic records with diagnostic value. The number of species for Colombia is increased to nine, thus, the synopsis of species is formed as follows: *Golofa aegeon* Drury, 1773, *Golofa antiqua* Arrow, 1911, *Golofa claviger* Linnaeus, 1771, *Golofa eacus* Burmeister, 1847, *Golofa paradoxa* Dechambre, 1975, *Golofa pelagon* Burmeister, 1847, *Golofa porteri* Hope, 1837, *Golofa farallonensis* n. sp. Pardo-Locarno & Villalobos-Moreno y *Golofa veliae* n. sp. Pardo-Locarno & Villalobos-Moreno. **Conclusions:** These records ratify the Tropicandean distribution of the group, evidencing the little biological and biogeographic knowledge of this group in Colombia. The results indicate a great diversity of the genus in the country, so that, the study of species distribution is recommended.


Key words. Colombia, distribution, Dynastini, new species, Tropicandean.


Dos nuevas especies de *Golofa* Hope, 1837 (Coleoptera: Melolonthidae: Dynastinae) de los Andes Colombianos, América del Sur.

Resumen

Objetivo: Realizar la descripción de dos nuevas especies del género *Golofa*. **Alcance:** Ampliar el listado de especies de la tribu Dynastini para Colombia. **Metodología:** Se revisaron los especímenes del género *Golofa* depositados en la Colección Familia Pardo-Locarno CFPL-COL, estableciéndose diferencias entre las especies ya identificadas y los ejemplares tipo usados para la descripción de las dos nuevas especies que se revisan en el presente manuscrito. **Principales resultados:** Se describen dos nuevas especie de *Golofa* Hope, 1837, presentándose registros fotográficos con valor diagnóstico. Se amplía a nueve el número de especies para Colombia, quedando la sinopsis de especies conformada así: *Golofa aegeon* Drury, 1773, *Golofa antiqua* Arrow, 1911, *Golofa*

* FR: 4-II-2019. FA: 30_IV-2019

¹ Universidad del Pacífico, Buenaventura. Investigador Asociado al Instituto Vallecaucano de Investigaciones Científicas. Calle 21 No. 24A-63 Barrio El Recreo, Palmira. Valle del Cauca, Colombia. E-mail: pardolc@gmail.com.  0000-0002-4464-9771

² Doctor en Ciencias Agrarias, Director Grupo de Investigaciones Entomológicas y Ambientales – GENA. Calle 91 No. 22-104 Apto 403, Bucaramanga. Santander, Colombia. E-mail: avillalobosmo@unal.edu.co, alfvillalmo@gmail.com.  0000-0003-1713-7823



CÓMO CITAR:

PARDO-LOCARNO, L.C. & VILLALOBOS-MORENO, A., 2020.- Two new species of *Golofa* Hope, 1837 (Coleoptera: Melolonthidae: Dynastinae) from Colombian Andes, South America. *Bol. Cient. MusHist. Nat. U. de Caldas*, 24 (1): 231-241. DOI: 10.17151/bccm.2020.24.1.12.



claviger Linnaeus, 1771, *Golofa eacus* Burmeister, 1847, *Golofa paradoxa* Dechambre, 1975, *Golofa pelagon* Burmeister, 1847, *Golofa porteri* Hope, 1837, *Golofa farallonensis* n. sp. Pardo-Locarno & Villalobos-Moreno y *Golofa veliae* n. sp. Pardo-Locarno & Villalobos-Moreno. **Conclusiones:** Estos registros ratifican la distribución tropandina del grupo, evidenciándose el poco conocimiento biológico y biogeográfico de este grupo en Colombia. Los resultados indican una gran diversidad del género en el país. Se recomienda ampliar el estudio de la distribución de las especies mencionadas.

Palabras clave. Colombia, distribución, Dynastini, nuevas especies, tropandino.

INTRODUCTION

“Discovery consists of seeing what everybody has seen and thinking what nobody has thought” Albert Szent-Gyorgyi.

In accordance with Ratcliffe & Le Tirant (2017) the New World genus *Golofa* Hope, 1837 currently has about 29 species, this data may vary by the authors. The species are found from central Mexico to northern Argentina and Chile, 13 species in Central America and 15 species in South America (Dechambre, 1983; Itis, 2019; Lachaume, 1985, 1992; Morón, 1995; Ratcliffe *et al.*, 2013; Ratcliffe & Le Tirant, 2017; Voirin, 1994). In recent publication, Ratcliffe & Le Tirant (2017) described a last new species for Peru (*Golofa limogesi* Ratcliffe and Le Tirant).

In Colombia, the Dynastinae subfamily is represented by 42 genera and more than 200 species (Endrödi, 1966, 1970, 1985; Gasca-Álvarez & Amat, 2010; Restrepo *et al.*, 2003). The genus *Golofa* is the most diverse of tribe Dynastini in Colombia (9 species), distributed, mostly, in the Andean high mountains from Nariño to Sierra Nevada de Santa Marta (Howden & Campbell, 1974; López-García *et al.*, 2015; Pardo-Locarno, 1993, 2005; Pardo-Locarno & Rubiano, 1994; Restrepo *et al.*, 2003). These large beetles, usually, of colorful appearance and very famous, are very well represented in large collections. However, their biology and ecology remain very poorly known (Eberhard, 1977; Morón & Pardo-Locarno, 1994; Pardo-Locarno, 1993, 2005).

Including the two new species described in this document, the synopsis of the species of Colombia would be formed by: *G. aegeon* Drury, 1773 (?), *G. antiquus* Arrow, 1911 (Valle), *G. claviger* Linnaeus, 1771 (Cundinamarca), *G. eacus* Burmeister, 1847 (Antioquia, Cundinamarca, Tolima, Valle, Santander), *G. paradoxus* Dechambre, 1975 (Boyacá), *G. pelagon* Burmeister, 1847 (?), *G. porteri* Hope, 1837 (Antioquia, Cauca, Cundinamarca, Quindío, Tolima, Valle, Santander), *G. farallonensis* Pardo-Locarno & Villalobos-Moreno, n. sp. (Valle del Cauca, Cauca) y *G. veliae* Pardo-Locarno &

Villalobos-Moreno, n. sp (Nariño) (Gasca-Álvarez & Amat, 2010; Restrepo *et al.*, 2003; Villalobos-Moreno *et al.*, 2017). This research describes two new species of the genus *Golofa* based on specimens of the Colección Familia Pardo-Locarno (CFPL-COL).

MATERIALS AND METHODS

The specimens studied corresponding to adult of genus *Golofa*, deposited in the Colección Familia Pardo-Locarno (CFPL-COL), which, for several years, were designated as possible new species but remained unidentified, while the diagnosis was verified and more specimens to the series type were collected. The bibliographic source consulted was Dechambre (1983), ITIS (2019), Lachaume (1985), Morón (1995, Ratcliffe (2003), Ratcliffe *et al.* (2013), Ratcliffe & Le Tirant (2017) and Voirin (1994). To the description of species was used the characters proposed by Endrödi (1970), Ratcliffe (2003) and Ratcliffe *et al.* (2013), which included males body (no females were obtained) and aedeagus characters.

The measurements were taken with a caliper by using a representative specimen that was assigned as the type. Photographs of type specimens were taken in dorsal and lateral view. The genitalia images were taken in lateral and frontal view, to illustrate clearly the structure of the parameres. We used a digital camera Pentax K10D (macro lens Elicar 90 mm 1:1) and digital stereoscopy Vision^R.

RESULTS

Golofa farallonensis Pardo-Locarno & Villalobos-Moreno, new species

(Fig. 1–2)

Holotype: ♂, COLOMBIA, Valle del Cauca, Jamundi, Farallones de Cali, 2,180 masl, Jul. 1985 (Alberto Jordán & Luis Carlos Pardo-Locarno *leg.*), on the floor, deposited in CFPL-COL, Palmira, Valle del Cauca, Colombia. **Paratypes:** ♂, COLOMBIA, Valle del Cauca, Saladito, Cerro San Antonio, 2,200 masl, 25 May. 1987 (Luis Carlos Pardo-Locarno & Eufasio Mora *leg.*) on the floor, deposited in CFPL-COL. ♂, COLOMBIA, Cauca, Silva, Apr. 1996 (Luis Carlos Pardo-Locarno & Libia Mercedes Puerta-Paz *leg.*), on the floor, deposited in CFPL-COL.

Morphology

MALE: *Golofa farallonensis* n. sp. is identified by its strong and convex body (Fig. 1A, 1B). Length: 29–43mm. Body width: 15–22mm. Pronotum and elytra light yellow to dark; head, cephalic horn, pronotal margins, elytral margins, legs and abdomen are black. A dark and amorphous spot on each side of the pronotum. Head with the front densely punctate, some rough, with clear and sparse setae, without paired tubercles; frontoclypeal region with a horn that, in *minor* males, is almost vestigial, while in *major*

males is very long, black, oily, with a basal half wide, with punctures, teeth and setae in the back, apical half with the back edge clearly dentate (4–5 teeth backwards); the rest without horns and curved backward (Fig. 1B). Clypeus with apex short, narrow and with a wide and shallow V-shape emargination, obtuse and rounded angles. Eyes with interocular width equivalent to 2.4–2.5 eyes diameters. Mandibles very slight sinuous at the apex, very shallow opening. Antenna 10–segments, club slightly shorter than the antennomeres II–VII. Pronotum with the disc glabrous, with a long black horn, vertical, with the apical third curved forward, apex subtly thickened and with a dense golden pubescence; basal half with a black and setaceous groove, which begins at the anterior pronotal edge and it projects to the middle of the horn; *minor* male with a obtuse, dark, punctate and setaceous tubercle, in both cases, the anterior base of the horn is very punctate, with thick and coalescent points; the rest of the pronotum with small and sparse punctate, equivalent to 4–5 diameters of separation between them, but denser close to the pronotum edge. Proesternal process medium and strong, apex slender and rounded, multisetaceous. Elytra finely chagrined, rows of punctures deformed near to suture, very rough, laterals more defined and with a more colourful sheen close to the suture and rather matte on the sides; elytral suture black without an edge of punctures. Scutellum light brown with black edges. Pygidium obtuse, redounded, sternal face with few punctures, very small, vertical face densely setaceous and punctate. Propygidium with two bands of groove convergent, which are thicker basally. Legs strong; protibia with three teeth, the apical two more united between them, longitude of tarsomere I equivalent to the tarsomeres II–III; mesotibia with two spurs apical and lateral; metatibia with two spurs short, apical and y obtuse. The basal tarsomere of meso and metatibia have an apical spiniform projection. Ventral region with the fifth sternum with small and scarce punctures. Genitalia: Parameres symmetric, distinctive, very open, leaving a large opening between them, apex acuminate and pubescent (Fig. 2).

FEMALE: Unknown.

Diagnosis. *Golofa eacus* Burmeister and *G. aegeon* Drury affinis. It is located in the group of lustrous species, brown yellow, with cephalic and thoracic horn. Protibia tridentate. Clypeus somewhat elongated, smoothly sinuous, with rounded outer edges. Apex of mandibles distinctly incised. Head without paired tubercles. Prothoracic tubercle upright. Anterior edge of the pronotum with a narrow groove, black, hedge, extending from the anterior margin of the pronotum to the base of the horn. Pronotum disc irregularly punctuated, with shallow, almost superficial punctures, separated by 2 to 5 diameters. Elytra very lustrous, densely punctuated, punctures large. Sutural striae like a straight line, dark amber. Parameres distinctive, large, symmetric, completely open, contracted to the apex.

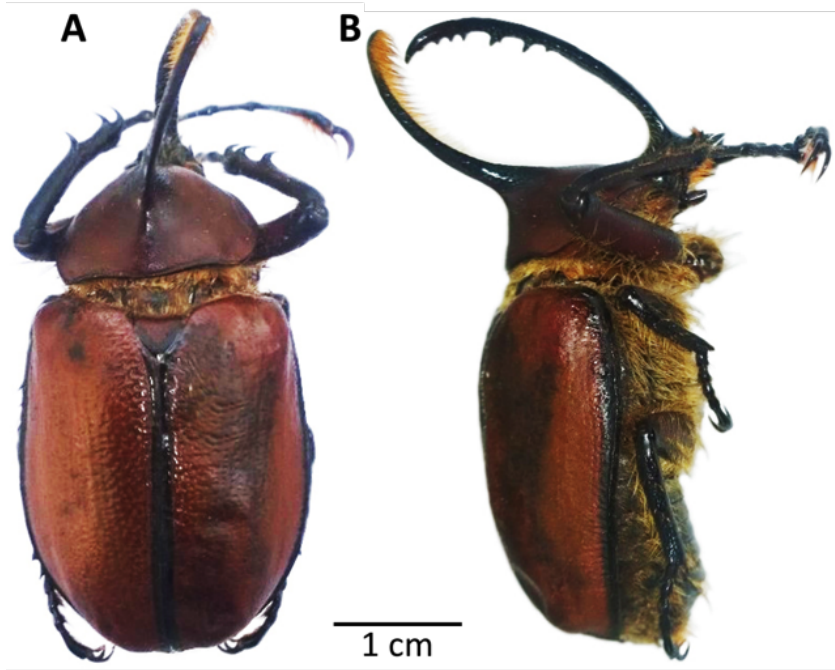


Figure 1. *Golofa farallonensis* new species. **A.** *Major* male in dorsal view; **B.** *Major* male in lateral view.

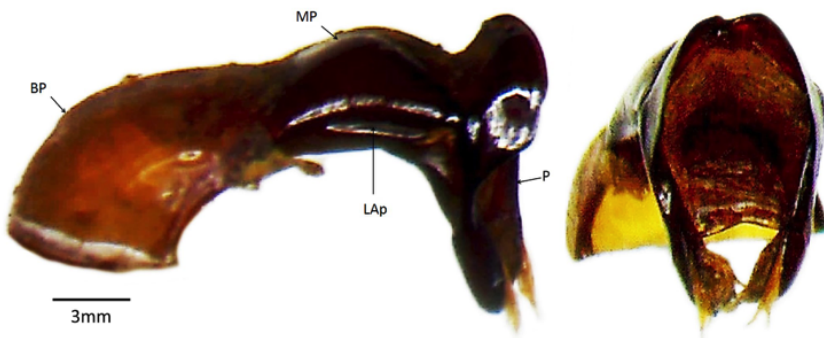


Figure 2. Genitalia of *major* male of *Golofa farallonensis* new species. LAP: lateral apophysis; P: parameres; BP: basal piece; MP: medium piece or tecto.

Distribution. Based on the material examined, we can affirm that *Golofa farallonensis* is distributed in the Andean jungles in the south of the Colombian Western Range (Fig. 5).

Etymology. This specie has been dedicated to the “Farallones de Cali”, mountains magnifies of Colombian Western Range, which decorate the capital of Valle del Cauca Department. The “Farallones de Cali” are recognized as priceless relicts of the flora and fauna of the Colombian Andes and the World. In these mountains, the first author took his initial steps to entomology.

***Golofa veliae* Pardo-Locarno & Villalobos-Moreno, new species**

(Fig. 3–4)

Holotype: ♂, COLOMBIA, Nariño, Pasto, 2,550 masl, 3 Oct. 1993 (Pablo Arteaga *leg.*), on the floor, deposited in CFPL-COL, Palmira, Valle del Cauca, Colombia.

Paratype: ♂, COLOMBIA, Nariño, Pasto, 2,550 masl, 8 Nov. 1993 (A. Cifuentes *leg.*), on the floor, deposited in CFPL-COL.

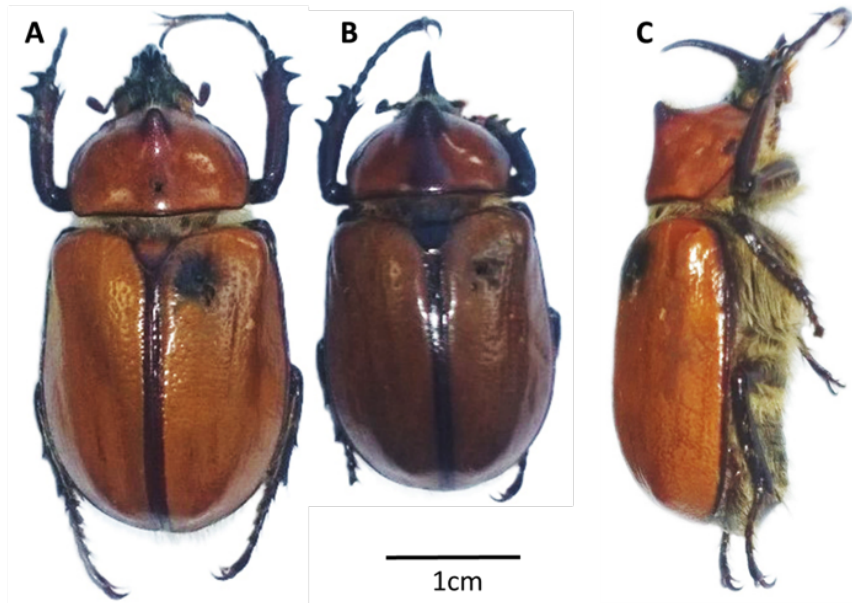


Figure 3. *Golofa veliae* new species. A. Medium male in dorsal view; B. Minor male in dorsal view; C. Medium male in lateral view.

Morphology

MALE: *Golofa veliae* n. sp. is identified by the body strong and convex (Fig. 3A–B). Length: 19–27mm. Body width: 15–20.5mm. Pronotum and elytra brown yellowish to brown reddish. Cephalic horn, pronotal margins, elytral margins, legs and abdomen are black. A dark and amorphous spot on each side of the pronotum. Head with the front densely punctate, rough, the punctures are more intense close to the eyes, with clear and sparse setae, without tubercles paired; frontoclypeal region with a horn (8 mm in *medium* males, 6 mm in *minor* males), while in medium males it is very long, curved backward, with the posterior basal region finely dentate and with setae, apex fine and without teeth (Fig. 3B). Clypeus short, with narrow and shallow V-shape emargination, short, rounded and narrow angles. Eyes with interocular space equivalent to 2.5–3.0 eyes diameters. Mandibles with almost truncate apex, very softly-emarginated, slightly rounded and angled. Mentum with the widest base and gently narrowed or sinuous on each side (compared with Dechambre 1975: Fig. 26). Antenna 10-segments, club slightly shorter than the antennomeres II–VII. Pronotum with the disc glabrous, with a strong horn shorter than cephalic horn, projected in oblique direction and forward, with a darker apex, densely punctate, with abundant golden setae; in the anterior side, the basal half has a black groove, setaceous, which start in the anterior pronotal edge and it projects to the middle of the horn; in *major* and *minor* males, the anterior base of horn is very punctate, points thick and coalescent; around the disc of pronotum with small punctate, little dense, equivalent to 4–5 diameters of separation, but more dense close to pronotum edge; marginal border whole and black. Proesternal process long, apex rounded multisetaceous. Elytra glabrous, rough, finely chagrined, with punctures similar to the pronotum, separated 3–4 diameters or more, row of punctures clearly visible, edge of elytra black; elytral suture clearly defined as a thick and very distinctive line, dark brown to light brown, does not include punctures, in a side it has a line of punctures that is projected from the scutellum to $\frac{3}{4}$ of the longitude of elytra. Scutellum with medium punctures and scales in one case (holotype) and almost absent in the other (paratype). Pygidium convex, obtuse, rounded, multisetaceous, vertical face densely setaceous and punctate, small and irregularly distributed punctures, sometimes united, other sparse, with a dense band of yellow or light setae. Propygidium with two stridulatory bands wide, subparallel and with striates deeper basally and very fines on the apex. Legs strong; protibia with three teeth subequals, the apical two very subtly united between them, longitude of tarsomere I almost 1.5 times longer than the tarsomere II; mesotibia with two contiguous, apical, lateral and subequals spurs; metatibia with three short, apical and obtuse teeth. The basal meso and metatarsomere with an apical spiniform projection. Ventral region with the fifth sternite with small scarce punctures. Genitalia: long parameres, asymmetric, distinctive, recess of right paramere slight, apex acuminate and pubescent (Fig. 4).

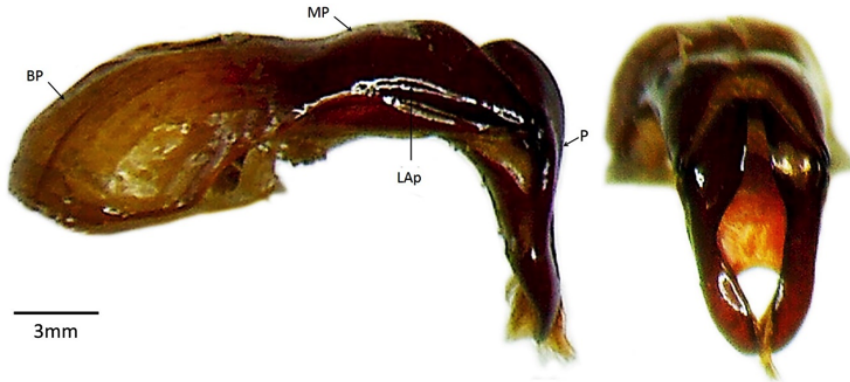


Figure 4. Genitalia of *medium* male of *Golofa veliae* new species. LAP: lateral apophysis; P: parameres; BP: basal piece; MP: medium piece or tecto.

FEMALE: Unknown.

Diagnosis. *Golofa obliquicornis* Dechambre affinis. It is located in the group of lustrous species, brown yellow, with cephalic and thoracic horn. Protibia tridentate. Clypeus short, smoothly sinuous, with rounded outer edges. Mandibular apex very smoothly emarginated, almost truncated. Head without paired tubercles. Mentum with the widest base and gently narrowed or sinuous on each side (compared with Dechambre 1975: Fig. 26). Prothoracic tubercle oblique. Anterior edge of the pronotum with a narrow groove, black, hedge, extending from the anterior margin of the pronotum to the base of the horn. Pronotum disc with shallow, almost superficial punctures, separated by 2 to 5 diameters. Elytra very lustrous, with dense but shallow punctures. Sutural striae like a straight line, dark amber. Parameres clearly asymmetric. All these characteristics separate them from *G. obliquicornis*, which is observed with paired horns on the head, the truncated mandible with entire apex, protorax and elytra much more punctuated, anterior edge of the protorax with a wide, shallow groove, mentum with a base narrower than the middle part (compared with Dechambre 1975: Fig. 26), finally parameres almost right, not asymmetrical.

Distribution. Based on the material examined, we can affirm that *Golofa veliae* is distributed in the Andean jungle of the southern side of the Colombian Massif, near the border with Ecuador (Fig. 5).

Etymology. This specie is dedicated to Mrs. Velia Yolanda Locarno, mother of the first author, like a sincere demonstration of respect and love for the most important human being on the planet: THE MOTHER.

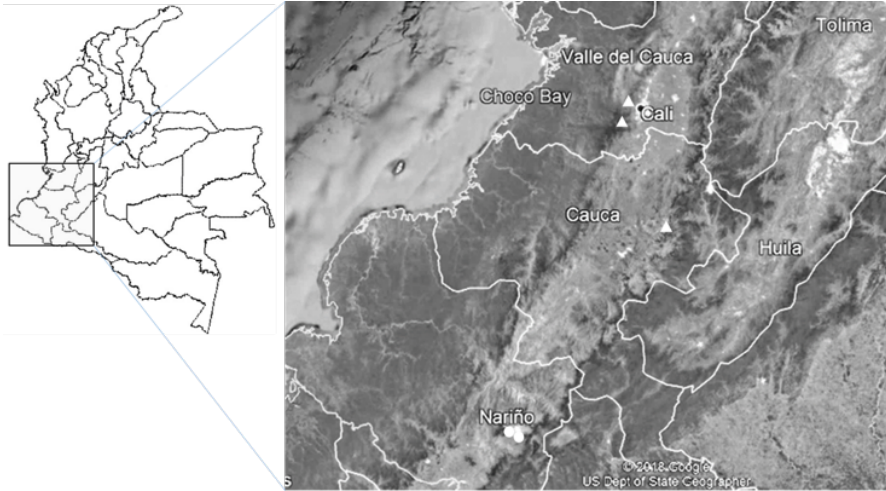


Figure 5. Map of distribution of *Golofa farallonensis* (•) and *Golofa veliae* (○).

DISCUSSION

The genus *Golofa* Hope is very famous in the collections because of the singular and attractive aspect, however, the taxonomy has always been erratic and confused (Arrow, 1911). Besides, this group has great emptiness in the biological and ecological knowledge (Moron, 1995; Moron & Pardo-Locarno, 1994). As highlighted by Ratcliffe & Le Tirant (2017), the taxonomy of this genus requires a thorough review; some species have been described based on a single specimen, there is uncertainty about the distribution of others, and the biology of many species is unknown. An attempt to solve some of these problems was made by Moron (1985), who reviewed the species of Mexico, and contributed to the taxonomy of the group with new data of males and females, providing for the first time, comparative characters of female genitalia.

The records of the present manuscript had all the uncertainties noted above. The specimens, although formerly separated, had not been described by the taxonomic uncertainty of the group and by the hope of adding new specimens to the type series. The latter was not achieved and finally we decided to describe the new species with the available material; making new collections is complicated by current Colombian legislation and the difficulty in financing field trips. The few specimens of *G. veliae* obtained indicate an evolutionary linkage near to *G. obliquicornis*, as if it were a geographical point in the differentiation. *G. farallonensis* must be common in some collections, but its great similarity with *G. eacus* makes necessary to review the genitalia. On the other hand, the genitalia of *G. farallonensis* is very different from other *Golofa* and it looks like some species of Oryctini.

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

In accordance with the previously exposed, the species of the group are still typically Tropandean (highland), therefore, with an island distribution. Besides, the ones species described in this manuscript add more uncertainties to the subject, since its basic biological aspects remain unknown. We recommend expanding the studies of these organisms in Colombia, especially in life cycles, host and ecological aspects. In this context, the distribution is a vital aspect, since the rapid changes of the environmental map, marked by the fragmentation of habits and the dynamics of global warming, which could be affecting these creatures.

ACKNOWLEDGMENTS

The first author thanks to Libia Mercedes Puerta Paz, Alberto Jordan, Eufasio Mora, who accompanied in the collections of *G. farallonensis* in the 80s years. To Guillermo Castillo of Universidad de Nariño to donate the specimens of *G. veliae*. We thank our parents and family in general for their permanent support and patience during the processes of personal and professional training that allow us to collect fruits of this scientific importance.

REFERENCES

- Arrow, G.J. (1911) Notes on the Lamellicorn beetles of the genus *Golofa* with descriptions of three new species *The Annals and Magazine of natural History, including Zoology, Botany and Geology*, 8(7):136-141.
- Dechambre, R.P. (1983) Le genre *Golofa* (Col. Dynastidae). *Bulletin Sciences Nat*, 37: 1-11.
- Dechambre, R.P. (1975) Note sur divers *Megacera* et *Golofa* (Col. Dynastidae). *Annals de la Société entomologique de France* (N.S.), 11(4): 619-630.
- Eberhard, W.G. (1977) Fighting behavior of male *Golofa porteri* beetles (Scarabaeidae: Dynastinae). *Psyche*, 84(3-4): 292-298.
- Endrödi, S. (1966) Monographie der Dynastinae (Col. Lam.) I Teil Tribus Cyclocephalini. *Entomologische Abhandlungen Staatlichen Museum für Tierkunde*, 33: 1-457.
- Endrödi, S. (1970) Monographie der Dynastinae 3 Tribus Agaoccephalini. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 16(1-2): 27-96.
- Endrödi, S. (1985) *The Dynastinae of the World*. Akadémiai Kiadó. Budapest. Dr. W. Junk; The Netherlands. 800 p.
- Gasca-Álvarez, H. & Amat, G. (2010) Synopsis and key to the genera of Dynastinae (Coleoptera, Scarabaeoidea, Scarabaeidae) of Colombia. *Zookeys*, 434: 153-192.
- Howden, H.F. & Campbell, J.M. (1974) Observations on some Scarabaeoidea in the Colombia Sierra Nevada de Santa Marta. *The Coleopterist Bulletin*, 28(3): 109-114.
- ITIS. (2019) *Catalogue of Life, Annual Checklist*. Available in: www.catalogueoflife.org/. (Last access: 3-Nov.-2019).
- Lachaume, G. (1985) *Dynastini 1: Dynastes - Megasoma - Golofa. Les Coleopteres du Monde/The Beetles of the World 5*. Sciences Nat. Paris, 85 p. + 29 planches.
- Lachaume, G. (1992) *American Dynastidae. Les Coleopteres du Monde/The Beetles of the World 14*. Sciences Nat. Paris, 89 p. + 16 planches.
- López-García, M.M.; García-Atencia, S. & Amat-García, G. (2015) Escarabajos fitófagos (Coleoptera: Scarabaeidae "Pleurosticti") de los Andes orientales de Colombia (Departamentos de Santander, Boyacá y Cundinamarca). *Boletín Científico Museo de Historia Natural de la Universidad de Caldas*, 19 (2): 322-358.
- Morón, M.A. (1995) Review of the Mexican species of *Golofa* Hope (Coleoptera: Melolonthidae, Dynastinae). *The Coleopterist Bulletin*, 49(4): 343-386.
- Morón, M.A. & Pardo-Locarno, L.C. (1994) Larvae and pupae of two species of *Golofa* Hope (Coleoptera: Melolonthidae, Dynastinae) from Colombia. *The Coleopterist Bulletin*, 48(4): 390-399
- Pardo-Locarno, L.C. (1993) Estudio preliminar de las especies de Melolonthidae del Valle del Cauca Colombia con énfasis en la Cuenca Calima-San Juan (Valle-Chocó): 83-90. (en) Morón, M.A. (compilador). *Diversidad y manejo de plagas subterráneas*. Publicación Especial de la Sociedad Mexicana de Entomología e Instituto de Ecología, Xalapa, Veracruz, México.

- Pardo-Locarno, L.C. (2005) Sinopsis preliminar de los Dynastini (Coleoptera: Scarabaeoidea) del Chocó Biogeográfico, Colombia. *Boletín Científico Museo Historia Natural Universidad de Caldas*, 9: 206-221.
- Pardo-Locarno, L.C. & Rubiano, M. (1994) Registros y observaciones preliminares de los escarabajos (Coleoptera-Scarabaeoidea) del páramo Las Hermosas, Valle-Tolima (Colombia). *Cespedesia*, 20(64-65): 87-114.
- Ratcliffe, B.C. (2003) The Dynastine Scarab Beetles of Costa Rica and Panama (Coleoptera: Scarabaeidae: Dynastinae). *Bulletin of the University of Nebraska State Museum*, 16: 1-506.
- Ratcliffe, B.C.; Cave, R.D. & Cano, E.B. (2013) The Dynastine Scarab Beetles of Mexico, Guatemala, and Belize (Coleoptera: Scarabaeidae: Dynastinae). *Bulletin of the University of Nebraska State Museum*, 27: 1-665.
- Ratcliffe, B.C. & Le Tirant, S. (2017) A new species of *Golofa* hope, 1837 (Coleoptera: Scarabaeidae: Dynastinae) from Peru. *The Coleopterists Bulletin*, 71(4): 781-785.
- Restrepo, H.; Morón, M.A.; Vallejo, F.; Pardo-Locarno, L.C. & López-Ávila, A. (2003) Catálogo de Coleoptera Melolonthidae (Scarabaeidae: Pleurosticti) de Colombia. *Folia Entomológica Mexicana*, 42(2): 239-263.
- Villalobos-Moreno, A.; Pardo-Locarno, L.C.; Cabrero-Sañudo, F.J.; Ospina, R. & Gómez-Murillo, I.J. (2017) Escarabajos fitófagos (Coleoptera: Scarabaeoidea) de un robleal andino del nororiente colombiano. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 61: 115-136.
- Voirin, J.P. (1994) Trois nouvelles espèces de *Golofa* Hope (Col. Scarabaeoidea – Dynastinae). *Bulletin de la Société Entomologique Suisse*, 67: 289-295.

Comunicación Corta

Primer registro del género *Campylocia needham y murphy, 1924* (insecta: ephemeroptera: euthyplociidae) para el departamento del Caquetá, Colombia

Juliette Pauline Chaux Rojas¹, Gustavo Adolfo Pimentel-Parra², Angie Lorena García Peña³, John Elver Pareja Neira⁴

Resumen

Campylocia es un género perteneciente a la familia Euthyplociidae, su característica principal son antenas más cortas que los colmillos mandibulares y espina de la tibia anterior aproximadamente $\frac{1}{4}$ de la longitud del tarso. El presente artículo documenta, por primera vez, su presencia en el departamento del Caquetá, a partir de siete ninfas colectadas en la inspección de Yurayaco (San José del Fragua). Con este registro se amplía el rango de distribución del género para la zona de transición andino-amazónica.

Palabras clave: entomofauna acuática, moscas de mayo, región andino-amazónica.

Short Communication


First record of the genus *Campylocia needham and murphy, 1924* (insecta: ephemeroptera: euthyplociidae) for the department of Caquetá, Colombia

Abstract


Campylocia, is a genus belonging to the family Euthyplociidae, its main feature are shorter antennae than the mandibular fangs and spine of the anterior tibia approximately $\frac{1}{4}$ of the length of the tarsus. This article documents for the first time his presence for the department of Caquetá, from seven nymphs collected in the inspection of Yurayaco (San José del Fragua). With this register, the range of distribution of the genus for the Andean-Amazon transition zone is extended.


Keywords: aquatic entomofauna, mayflies, Amazonian-Andean region.

* FR:4-IX-2019. FA: 15-X-2019

¹ B.Sc. The Amazon Conservation Team, Semillero de investigación en Taxonomía y Zoología de Invertebrados (ITZI), Grupo de Investigación en Biodiversidad y Desarrollo Amazónico (BYDA), Universidad de la Amazonía. Florencia, Colombia. E-mail: paulin2807@hotmail.com,  0000-0002-0459-4243.

² B.Sc. Estudiante de Maestría en Ciencias Biológicas - Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi, Grupo de Investigación en Biodiversidad y Desarrollo Amazónico (BYDA), Universidad de la Amazonía. Florencia, Colombia. E-mail: gustavoadolfofopimentelparra@hotmail.com,  0000-0003-1395-7285 (Autor de correspondencia).

³ Programa de Biología, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad de la Amazonia. Florencia, Colombia. E-mail: biolore96@hotmail.com,  0000-0002-8255-8117.

⁴ Programa de Biología, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad de la Amazonia. Florencia, Colombia. E-mail: johnelverpareja@gmail.com,  0000-0002-3629-494X.



CÓMO CITAR:

CHAUX-ROJAS, J.P., PIMENTEL-PARRA, G.A., GARCÍA-PEÑA, A.L., PAREJA-NEIRA, J.E., 2020.- Comunicación Corta. Primer registro del género *Campylocia needham y murphy, 1924* (insecta: ephemeroptera: euthyplociidae) para el departamento del Caquetá, Colombia. *Bol. Cient. MusHist. Nat. U. de Caldas*, 24 (1): 242-245. DOI: 10.17151/bccm.2020.24.1.13.



INTRODUCCIÓN

Las ninfas de la familia Euthyplociidae son unas de las más grandes del orden Ephemeroptera y se distribuyen por toda la región neotropical, con tres géneros (*Campylocia*, *Euthyplocia* y *Mesoplocia*) (Domínguez & Fernández, 2009; Zuñiga, Molineri & Domínguez, 2007) y diez especies, todas pertenecientes a la subfamilia Euthyplociinae (GBIF SECRETARIAT, 2019).

El género *Campylocia* fue establecido por Needham & Murphy en 1924 y en la actualidad incluye siete especies válidas: *Campylocia anceps* (Eaton, 1883), *Campylocia bocainensis* (Pereira & Silva, 1990), *Campylocia dochmia* (Berner & Thew, 1961), *Campylocia roraimense* (sp. nov.) (Neto & Passos, 2017), *Campylocia araca* (sp. nov.), *Campylocia orosi* (sp. nov.) y *Campylocia demoulini* (sp. nov.) (Gonçalves et al., 2017). Para Colombia, el género *Campylocia* se ha reportado en los departamentos de Antioquia (Roldán-Pérez, 1980), Valle del Cauca (Rojas et al., 1993), Santander (Muñoz, Sosa y Rincón, 2006; Pérez & Quevedo, 2009), Chocó (Mosquera & Mosquera, 2017), Meta (Zamora-González, 2015; Granados-Martínez et al., 2018), Cauca (Urrutia, 2019), en la Sierra Nevada de Santa Marta (Manjarrés-García & Manjarrés-Pinzón, 2004) y en la región amazónica colombiana (*Campylocia anceps*) (Domínguez, Zuñiga & Molineri, 2002).

Los individuos de este género se caracterizan por presentar antenas más cortas que los colmillos mandibulares y espina de la tibia anterior aproximadamente $\frac{1}{4}$ de la longitud del tarso (Domínguez & Fernández, 2009). Suelen vivir en ambientes lóticos de aguas frías y cálidas, asociadas principalmente a fondos de corrientes lodosos o arenosos (Roldán-Pérez, 1980, 2003). A pesar de la poca información existente sobre su taxonomía y distribución en el territorio colombiano (Domínguez et al., 2002; Gutiérrez & Reinoso-Flórez, 2010), este registro es importante ya que contribuye a la comprensión de la distribución de estos insectos. El objetivo del presente trabajo es reportar por primera vez para el departamento del Caquetá el género *Campylocia* ampliando su área de distribución en la zona de transición andino-amazónica

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Resguardo Yurayaco (municipio de San José del Fragua), el cual hace parte de la zona de transición andino amazónica. Esta zona de confluencia de la cordillera de los Andes y la cuenca amazónica (Piedemonte Andino Amazónico), presenta una gran importancia ecológica en términos biogeográficos y de servicios ecosistémicos, presentando una amplia biodiversidad de fauna y flora, por lo que son considerados sitios de interés para la conservación biológica y para diferentes estudios de investigación (Cepal & Patrimonio Natural, 2013). Los dos sitios de muestreo se caracterizan por presentar vegetación riparia correspondiente a bosques naturales con poca intervención, aguas ligeramente turbias y un cauce relativamente reducido de aproximadamente un metro.

Los ejemplares se colectaron entre septiembre y noviembre del 2017 empleando una red de pantalla, la identificación taxonómica se realizó con la ayuda de las claves taxonómicas de Domínguez et al. (2006) y Domínguez & Fernández (2009). Posteriormente los especímenes fueron depositados en el Museo de Entomología de la Universidad del Valle-MUSENUV (Deposito No: 18-2018).

RESULTADOS

Familia: Euthyplociidae

Subfamilia: Euthyplociinae

Género: *Campylocia*

Diagnosis: 1. Antenas más cortas que los colmillos mandibulares. 2. Espina de la tibia anterior aproximadamente 1/4 de la longitud del tarso (Domínguez et al., 2006).



Figura 1. Ninfas de *Campylocia*, vista dorsal.

Material Examinado: siete ninfas. Colombia. Caquetá, Municipio San José del Fragua, Inspección de Yurayaco. Quebrada Turuiaku (01° 13' 58.9" N y 076° 05' 52.6" O, 292 msnm) y quebrada La Kurasa (1° 13' 41.14" N y 76° 05' 44.68" O, 273 msnm) Col: Juliette P. Chaux (Deposito No: 18-2018).

AGRADECIMIENTOS

Este estudio forma parte de los resultados del convenio de cooperación entre The Amazon Conservation Team (ACT-Colombia) y el grupo de investigación Biodiversidad y Desarrollo Amazónico (BYDA) de la Universidad de la Amazonía en el marco del proyecto "Programa de monitoreo local participativo de aguas basado en el uso de macroinvertebrados acuáticos". Agradecemos la colaboración y participación

activa de la asociación de cabildos Tandachiridu Inganokuna y a la Institución Educativa Rural Indígena de carácter especial Yachaikuri por permitirnos realizar la investigación dentro de su territorio.

REFERENCIAS

- Berner, L. & Thew, T. B. (1961). Comments on the Mayfly Genus *Campylocia* with a Description of a New Species (Euthyplociidae: Euthyplociinae). *American Midland Naturalist*, 66(2), 329–336. <http://doi.org/10.2307/2423033>.
- Cepal. & Patrimonio Natural. (2013). *Amazonia posible y sostenible*. Bogotá, Colombia: Cepal y Patrimonio Natural.
- Domínguez, E. & Fernández, H. R. (2009). *Macroinvertebrados bentónicos Sudamericanos. Sistemática y biología*. Tucumán, Argentina: Fundación Miguel Lillo.
- Domínguez, E., Molineri, C., Pescador, M. L., Hubbard, M. D. & Nieto, C. (2006). *Ephemeroptera of South America*. Moscú: Pensoft Publishers.
- Domínguez, E., Zuñiga, M. & Molineri, C. (2002). Estado actual de la distribución del orden Ephemeroptera (Insecta) en la región Amazónica. *Caldasia*, 24(2), 459–469.
- Eaton, A. E. (1883). A Revisional Monograph of Recent Ephemeridae or Mayflies. *Transactions of the Linnean Society of London. 2nd Series: Zoology*, 3(1), 1–77. DOI: <http://doi.org/10.1111/j.1096-3642.1883.tb01550a.x>
- GBIF SECRETARIAT. (2019). *GBIF Backbone Taxonomy. Checklist dataset*. Recuperado de <https://doi.org/10.15468/39omei> accessed via GBIF.org on 2019-11-30.
- Gonçalves, I. C., Takiya, D. M., Salles, F. F., Peters, J. G. & Nessimian, J. L. (2017). Integrative taxonomic revision of *Campylocia* (mayflies: Ephemeroptera, Euthyplociidae). *Systematics and Biodiversity*, 15(6), 564–581. <http://doi.org/10.1080/14772000.2017.1291543>.
- Granados-Martínez, C., Lasso, C. A., Núñez-Avellaneda, M. & Morales-Betancourt, M. A. (2018). Macroinvertebrados acuáticos de los ríos Guayabero medio, bajo Losada y bajo Duda, sierra de La Macarena, Meta, Colombia. En C. A. Lasso, M. A. Morales-Betancourt, & I. D. Escobar-Martínez. (Eds.), *Biodiversidad de la sierra de La Macarena, Meta, Colombia. Parte I. Ríos Guayabero medio, bajo Losada y bajo Duda* (pp. 97–119). Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Gutiérrez, C. & Reinoso-Flórez, G. (2010). Géneros de ninfas del orden Ephemeroptera (Insecta) del departamento del Tolima, Colombia: listado preliminar. *Biota Colombiana*, 11(1-2), 23–32.
- Manjarrés-García, G. & Manjarrés-Pinzón, G. (2004). Contribución al conocimiento hidrobiológico de la parte baja de la vertiente noroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Revista Del Instituto de Investigaciones Tropicales*, 1, 39–50.
- Mosquera, Z. & Mosquera, M. M. (2017). Diversidad de la entomofauna acuática y calidad de agua en quebradas del río San Juan, Chocó - Colombia. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 20(1), 149–161.
- Muñoz, L. A., Sosa, A. & Rincón, E. (2006). *Diseño plan de manejo ambiental contrato Carare "Las Monas" 2005*. Bogotá, Colombia: Universidad Libre.
- Needham, J. G. & Murphy, H. E. (1924). Neotropical Mayflies. *Bull. Lloyd Library*, 24(4), 1–79.
- Neto, J. D. L. G. & Passos, M. A. B. (2017). A new species of *Campylocia* Needham & Murphy, 1924 (Ephemeroptera, Euthyplociidae) from Northern Brazil. *Zootaxa*, 4244(2), 296–300. <http://doi.org/10.11646/zootaxa.4244.2.10>
- Pereira, S. M. & Silva, E. R. (1990). Nova especie de *Campylocia* Needham & Murphy, 1924 com notas biológicas (Ephemeroptera, Euthyplociidae). *Boletim Do Museu Nacional Rio de Janeiro Zoologia*, 336, 1–12. Retrieved from <https://eurekamag.com/research/021/447/021447404.php>
- Pérez, L. M. & Quevedo, R. A. (2009). *Caracterización integral de los pozos del campo escuela colorado con base en las normas GTC-104 y ECP-DRI-P-020*. Bogotá, Colombia: Universidad Industrial de Santander.
- Rojas, A. M., Baena, M. L., Serrato, C., Caicedo, G., & Zúñiga, M.C. (1993). Clave para las familias y generos de ninfas de Ephemeroptera del departamento del Valle del Cauca, Colombia. *Boletín Del Museo de Entomología de La Universidad Del Valle*, 1(2), 33–46.
- Roldán-Pérez, G. (1980). Estudios limnológicos de cuatro ecosistemas neotropicales diferentes con especial referencia a su fauna de efemerópteros. *Actualidades Biológicas*, 9(34), 103–117.
- Roldán-Pérez, G. (2003). *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: propuesta para el uso del método BMWP Col*. Medellín, Colombia: Editorial Universidad de Antioquia.
- Urrutia, N. S. (2019). *Comunidad de macroinvertebrados acuáticos presentes en fuentes abastecedoras de agua en La sierpe - Osbezcac (río Saija, Timbiquí - Cauca)*. Recuperado de <http://doi.org/https://doi.org/10.15472/atn25p>.
- Zamora-González, H. (2015). Macroinvertebrados acuáticos registrados durante la época de lluvias en tres ríos del piedemonte llanero de Colombia. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 7(2), 139–147.
- Zuñiga, M., Molineri, C. & Domínguez, E. (2007). El orden Ephemeroptera (Insecta) en Colombia. En F. Fernández-Castiblanco, M. G. Andrade-Correa, & G. D. Amat-García (Eds.), *Insectos de Colombia Volumen 3* (pp. 17–42). Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

a.- El Boletín Científico llega a la Categoría A1 de Colciencias

El Boletín Científico de la Universidad de Caldas, publicación divulgativa en investigaciones de Historia Natural del alma mater, logró ascender por fin a la categoría A1, la máxima que otorga Colciencias a las publicaciones seriadas de Colombia. Mediante la convocatoria 830 de 2018, esta prestigiosa distinción se obtuvo después de 23 años de ardua lucha y evolución de la revista por un lado y, por el otro, gracias al personal de la oficina de Revistas Científicas (Viceproyección de Investigaciones y posgrados), al apoyo de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, a los autores que han colaborado incesantemente y al tesón puesto por el editor para lograr tal objetivo. En dicho contexto, al estar incluido en el **Quartil No 1** del Índice Bibliográfico SCIMAGO JOURNAL RANK-SJR, el boletín junto a la revista KEPES alcanzaron el podio máximo de la **categoría A1** que es el primero sucedido entre las revistas científicas de la Universidad de Caldas. En la actualidad, la publicación aparece en el lugar 31 de las revistas nacionales y Kepes en el puesto 23 del cuartil, esto las hace las revistas de la Universidad y del Eje Cafetero con el más alto ranking obtenido.

Detalles: julian.salazar_e@ucaldas.edu.co

**b.- Exposición temporal “LA VIDA DE LOS INSECTOS”**

Con la frase “*en mi juventud pasaba mi tiempo investigando insectos*” referida a la vida de la célebre naturalista María Sybilla Merian (1647-1717) que dedicó parte de su tiempo al estudio de los insectos de Surinam, la profesora Lucimar Gomes Dias del departamento de Biología y la asistente Vanessa Serna Botero, muestran en esta pequeña exposición que son los insectos y sus tópicos, en especial el dedicado al dimorfismo

sexual presente en ambos sexos de muchas especies. Como evidencia, se exhibieron algunas cajas entomológicas con especímenes de los ordenes Lepidoptera, Orthoptera, Phasmatodea, Neuróptera, Himenoptera y Coleoptera procedentes de la colección del **CEB-UC**, acompañados de un videoclip acerca de la vida de María Sybilla y sus famosos dibujos con estados inmaduros de insectos tropicales. La muestra se asiste de un microscopio binocular de alta resolución para mirar las partes que componen un insecto. Dicha exposición se organizó a comienzos de 2019 por petición de Carolina Salguero y Lucimar Dias. Detalles: museo@ucaldas.edu.co



c.- *Patia* Klots, 1933 un raro género de piéridos dismorfinos Neotropicales (Lepidoptera, Pieridae: Dismorphiinae)

En efecto, estamos ante un extraño grupo de mariposas neotropicales, las más llamativas dentro de la subfamilia Dismorphiinae por su gran tamaño y rareza en colecciones. *Patia* se encuentra distribuido desde Centroamérica al Brasil, sus miembros están involucrados en complejos miméticos con Ithominae, heliconinos y polillas de hábitos diurnos. Las especies colombianas fueron estudiadas con lujo de detalles por Jorge Llorente y colaboradores (Llorente et al., 2004, 2019). Ilustramos seguidamente las especies que componen habitualmente el género: *Patia orise* (Boisduval, 1836) (1) conocida de la cuenca amazónica, *P. rhetes* (Hewitson, 1857) (2) de la cordillera oriental y *P. cordillera sororna* (Butler, 1872) (3, 4) y *P. c. cordillera* (R. & C Felder,

1862) (5,6) del Chocó biogeográfico y el Magdalena medio, esta última con algún grado de especiación. Detalles: Julián A. Salazar E., julian.salazar_e@ucaldas.edu.co (foto J.A. Salazar).



c.- Pantophthalmidae: las moscas gigantes del Neotrópico (Insecta, Diptera: Pantophthalmidae)

Dicha familia está constituida por moscas gigantes, exclusivamente neotropicales pertenecientes al suborden Brachycera. La familia fue revisada por Val (1976) quien reconoce 20 especies y una en el género monotípico *Opetiops*. Los adultos se caracterizan por su cuerpo robusto, sin cerdas, ojos pilosos o desnudos (en las hembras

dichopticos y en los machos holopticos), con ocelos. La cara con dos artículos basales y 8 segmentos dimórficos en ambos sexos, proboscis corta que culmina en una gran labela. Las alas con las venas R4 y R5 divergentes, los machos tienen aedeagus simple con débil apodema y las hembras con ovipositor telescópico. Las larvas son alargadas, segmentadas y son barrenadoras de la madera, hábito inusual dentro del orden Díptera. Para Colombia Amat (2005) hizo un recuento de las especies depositadas en cuatro colecciones nacionales, pertenecientes a los géneros *Pantophthalmus* Thunberg, 1819 y *Opetiops* Enderlein, 1921. Los Pantophthalmidae se pueden encontrar desde el nivel del mar hasta los 2500 msnm en zonas boscosas pero son raramente vistos. A continuación ilustramos parte del material presente en el Museo de Historia Natural de la Universidad de Caldas. Detalles, julian.salazar_e@ucaldas.edu.co (foto J. A. Salazar).



Fig. Especímenes de *Pantophthalmus bellardii* (Bigot) y *P. frauenfeldi* (Schiner) (col. MHN-UCa)

d.- Un encuentro con la rana marsupial del Hermano Nicéforo: *Gastrotheca nicefori* Gaije (Anura: Hemiphraetidae)

La gran rana marsupial *G. nicefori* fue descrita originalmente por Gaije en 1933 y se distribuye en bosques secos o nublados de Colombia, Panamá y Venezuela. En el país se ha detectado su presencia en las tres cordilleras con poblaciones adicionales en la Serranía de la Macarena (Meta) y Sibundoy (Putumayo) habitando entre los 400 a 2500 msnm (Fernandez-Roldan, 2014). Para el departamento de Caldas, Rojas-Morales et al., (2014) anuncian que habita los municipios de Manizales, Samaná, Villamaría y Neira en la cordillera Central (1700-1950 mts.), basados en material depositado en el Museo de Historia Natural (MHN-UCa 26,27 & 419). Ahora bien, de nuevo fue

hallada por nuestro colaborador Fernando Cardona en la vereda Altobonito, Municipio de Manizales (14-VII-2019) por una hembra de la cual ilustramos su apariencia y el inusual marsupio ubicado en el dorso con abertura para liberar los renacuajos contenidos en su interior. Detalles: julian.salazar_e@ucaldas.edu.co (fotos F. Cardona).



e.- Un segundo registro de la especie *Stenophylla lobivertex* Lombardo (Insecta: Mantodea) para Colombia

Esta especie es la más extraordinaria mantis de la región Neotropical por su abigarrado aspecto y la presencia de unos cuernos cefálicos singulares, fue descrita por Lombardo (2000) mediante dos machos y una hembra procedentes de la región amazónica de Peru y Ecuador. Al presente no se había confirmado su existencia en Colombia hasta que Salazar (2007) la registra para la región de Mocoa (Putumayo) por un macho recogido en el Centro Experimental Amazónico (CEA). Se conocen 3 especies del género *Stenophylla* (Ww): *S. cornigera* Westwood del Brasil (Westwood, 1843), *S. gallardi* Roy de la Guyana Francesa (Roy, 2005) y *S. lobivertex* Lombardo. En tiempos recientes, el colega Hollman Miller logró el avistamiento de esta última especie por una hembra en la región de Mitú (Vaupés), lo que extiende considerablemente su ámbito de distribución en la cuenca amazónica colombiana hacia el nororiente. Detalles: julian.salazar_e@ucaldas.edu.co (fotos Hollman Miller)



f.- Un payaso en la pared: *Acrocinus longimanus* Linnaeus; un rinocero en el balcón: *Dynastes neptunus* Quensel (Insecta: Coleoptera)

A comienzos de los meses de marzo, abril y mayo de 2019, abundantes poblaciones de insectos se observaron en Manizales y otras localidades. En este caso y de presencia ocasional, se avistaron ejemplares del hermoso longicornio gigante *Acrocinus longimanus* L., hallado en la pared lateral de la Escuela de Bellas Artes de la Universidad de Caldas (al igual que una hembra encontrada en el edificio de Palogrande el 4 de septiembre). En tanto durante el mes de mayo se encontró de nuevo el gran escarabajo rinoceronte negro *Dynastes neptunus* Quensel que cayó sobre el balcón de una casa en Riosucio, Caldas junto con otros ejemplares de *Golofa porteri* Hope. Detalles. [Julian.salazar_e@ucaldas.edu.co](mailto:julian.salazar_e@ucaldas.edu.co) (fotos J.A. Salazar)



g.- *Cyanopyge sangaris* Skinner (Lepidoptera, Hesperiiidae, Pyrrhopyginae) una rara especie de hespérico para la fauna colombiana

Cyanopyge fue concebido por O. Mielke en 2002 para incluir una especie monotípica: *C. sangaris* descrita originalmente por el tipo masculino procedente de la Sierra Nevada de Santa Marta San Lorenzo (Hacienda Cincinnati) y recogido por la expedición de la Academia de Ciencias Naturales de Philadelphia-ANSP (Nicolay & Small, 1981; Mielke, 2005). Además hay dos machos y una hembra procedentes de Santa Marta (“Ocana”) depositados en el Museo Británico de Historia Natural (Evans, 1951). Es un notable endemismo que al lado de *Mimardaris aerata* (Godman & Salvin, 1879) solo habitan la zona montañosa de la Sierra Nevada de Santa Marta, ubicada al norte de Colombia. Al presente y por lo que se sabe, no se ha vuelto a reportar (O. Mielke, com.pers.). Actualmente, y al parecer, Zhang et al. (2019) inhabilitan su estado monotípico y transfieren a *C. sangaris* en el género *Apyrrothrix* Lindsey, 1921 por análisis genómico y relaciones miméticas. Detalles: julian.salazar_e@ucaldas.edu.co (foto cortesía www.butterfliesofamerica.com)



h.- *Croniades pieria* Hewitson (Lepidoptera, Hesperiiidae, Pyrrhopyginae) una rara especie de hespérido para la fauna colombiana

Croniades es un género de hespéridos propuesto por Paul Mabille en 1903 en la gran obra del *Genera Insectorum* para la especie monotípica *Croniades* (= *Pyrrhopyga* sic) *pieria* (Hewitson, 1857) descrita por una hembra originaria del Rio Amazonas (Brasil) y depositada en el Museo Británico de Historia Natural (Hemming, 1967; Mielke, 2005; Evans, 1951). Este último autor menciona para dicha institución tres machos de Guyana Francesa, además de otros doce ejemplares procedentes del Amazonas brasileño (Santarém, Sao Paulo, Rio Tapajós). Hay reportes adicionales de Ecuador pues aparece en la página web dedicada a las mariposas del Parque Nacional Sangay (J. C. Petit, web page) y Perú en la Reserva de Manu (Robbins et al., 1996). De esta bella especie se conoce una raza: *Croniades pieria auraria* Druce, 1908 registrada en Perú y Bolivia. Para Colombia Draudt (1921) menciona a *C. pieria* sin mayores datos, al igual que Hayward (1947) que entrevén su gran rareza en colecciones. Efectivamente, en nuestro medio, que se sepa, nunca se había reportado la especie al revisar los listados colombianos que sobre la familia Hesperiiidae se publican esporádicamente (eg. Salazar, 1995; Andrade, 2002; Gonzalez & Andrade, 2008; Salazar et al., 2010; Andrade, Henao & Salazar, 2015; Salazar, Nielsen & Pacl, 2017; Salazar, 2019). Recientemente nuestro colega Vaclav Pacl logró la captura de un macho en la Serranía de los Churumbelos-Landayacu (Mocoa, Putumayo), lo que aumenta su área de distribución para la región amazónica del país. Detalles: julian.salazar_e@ucaldas.edu.co (foto J. A. Salazar).



i.- Ilustración de un anillo mimético Mulleriano silvaniforme del piedemonte amazónico

A propósito del artículo que sobre mimetismo en mariposas se incluye en la presente edición (Salazar et al., 2020), divulgamos otra ilustración adicional del fenómeno tan ampliamente representado en el Neotrópico y procedente del sur occidente de Colombia, concretamente en el piedemonte amazónico de los departamentos de Putumayo y Meta (Mocoa, Acacias y zonas aledañas). Otro ejemplo muy parecido fue figurado originalmente por Ichita (2010) para una región vecina en la parte oriental de Ecuador. Detalles: julian.salazar_e@ucaldas.edu.co (foto J.A. Salazar).



Fig. Especies miméticas de un anillo mulleriano silvaniforme, de izquierda a derecha primera columna: *Heliconius numata euphone* (Fldr), *Melinaea menophilus cocana* (Haensch), *Mechanitis mazaesus mazaesus* (Hew.); segunda columna: *Hypothesis anastasia honesta* (Weym), *Chetone histrio* (Bsd.) (Erebiidae), *Duboisvalia ecuadoria f. extensa* (Pfeiffer) (Castniidae); tercera columna: *Eresia pelonia pelonia* (Hew.), *Consul fabius diffusus* (Btlr) y *Pterourus bachus belsazar* (Niepelt) (col. CJS &MHN-UCa).

Autores Boletín 24 (1) 2020

María Eugenia Morales Puentes, Doctorado en Ciencias Biológicas, Universidad tecnológica y pedagógica de Colombia, Tunja, Boyacá. orcid.org/0000-0002-5332-9956, maria.morales@uptc.edu.co

Steffany Porras López, Magister en Ciencias Biológicas, Universidad tecnológica y pedagógica de Colombia, Tunja, Boyacá. orcid.org/0000-0001-5662-4750, stefanny.porras@uptc.edu.co

María Angélica Buitrago Bitar, Magister en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Valle, orcid.org/0000-0003-3080-0669, mabuitragob@unal.edu.co

Ayda Lilia Enrique Valencia, Magister en Ciencias Biológicas, AGROSAVIA, Palmira, Valle, orcid.org/0000-0003-1802-9613, aenriquez@agrosavia.co

Bernardo Villegas Estrada, Magíster en Fitopatología, Universidad de Caldas, Manizales, orcid.org/0000-0003-4441-5278, bernardo.villegas@ucaldas.edu.co

Jorge Mario Londoño Caicedo, Magister en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Valle, orcid.org/0000-0001-9349-9725, Jorge11681@gmail.com

Jaime Eduardo Muñoz Flores, Doctorado en Ciencias Agrícolas, Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Valle, orcid.org/0000-0002-8237-0499, jemunozf@unal.edu.co

Gloria Esperanza Santana Fonseca, Doctorado en Ciencias Agropecuarias, Universidad de Caldas, Manizales, orcid.org/0000-0001-6467-3261, Gloria.santana@ucaldas.edu.co

Alan Giraldo López, Doctorado en Oceanografía, Universidad del Valle, Cali, orcid.org/0000-0001-9182-888X, alan.giraldo@correounivalle.edu.co

Lorena Cruz Bernate, Magister en Ciencias Biológicas, Universidad del Valle, Cali, orcid.org/0000-0002-6854-8852, lorena.cruz@correounivalle.edu.co

Gabriel Rodríguez García, Especialización proyectos mineros, Serrvicio Geológico Colombiano, Medellín, Antioquia, orcid.org/0000-0003-1422-3523, grodriguez@sgc.gov.co

Carlos Enrique Rodríguez García, Ingeniero Mecánico, Estructuras y Servicios, Medellín, Antioquia, orcid.org/0000-0002-2259-532X, estructurasyservicios1@hotmail.com

Julián Adolfo Salazar Escobar, Magister en Ciencias Biológicas, Universidad de Caldas, Manizales, orcid.org/0000-0003-2268-7803, Julian.salazar_e@ucaldas.edu.co

Christine Margareth Hahn Von Hessberg, Magister en Ciencias Veterinarias, Universidad de Caldas, Manizales, orcid.org/0000-0002-0018-4642, Christine.hahn@ucaldas.edu.co

Alberto Grajales Quintero, Doctorado en Ciencias Agrarias, Universidad de Caldas, Manizales, orcid.org/0000-0002-4665-3758, Alberto.grajales@ucaldas.edu.co

Efraín Reinel Henao Bañol, Doctorado en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, orcid.org/ 0000-0002-5482-6145, erhenao@unal.edu.co

Carlos Hernán Gantiva Quintero, Biólogo, Fundación Omacha, Bogotá, orcid.org/ 0000-0001-8546-3829, e-mail: no dispone.

Luis Carlos Pardo Locarno, Doctorado en Ciencias Biológicas, Universidad del Pacífico, Buenaventura, orcid.org/ 0000-0002-4464-9771, pardolc@gmail.com

Alfonso Villalobos Moreno, Doctorado en Entomología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, orcid.org/ 0000-0003-1713-7823, avillalobosmo@unal.edu.co

Alberto Soto Giraldo, Doctorado en Entomología, Universidad de Caldas, Manizales, orcid.org/ 0000-0002-9727-8919, alberto.soto@ucaldas.edu.co

Oswaldo Murillo Ramírez, Pregrado Agronomía, Universidad de Caldas, Manizales, orcid.org/ 0000-0001-7446-9475, Oswaldo.501320837@ucaldas.edu.co

María Camila Ramírez Montoya, Pregrado Agronomía, Universidad de Caldas, Manizales, orcid.org/ 0000-0001-7446-9475, maria.501412640@ucaldas.edu.co

Rutilio Gustavo Hernández García, Ingeniero Agrónomo, APEAM, A.C., Uruapan, Michoacan, Mexico, orcid.org/ 0000-0002-8323-3672, rhernandez@apeamac.com

Hamilton Gomes Oliveira, Postdoctorado en Manejo Integrado, APEAM, A.C., Uruapan, Michoacan, Mexico, orcid.org/ 0002-9590-7929, Hamilton.oliveira@incol.mx

Diana Carolina Vera Valdivieso, Medica Veterinaria, Universidad Cooperativa de Colombia, Bucaramanga, orcid.org/ 0000-0003-4370-9557, dianita.vera@outlook.com

Wilson Ariel Hoyos García, Médico veterinario y Zootecnista, Universidad Cooperativa de Colombia, Bucaramanga, orcid.org/ 0000-0001-7458-3104, will7743a@hotmail.com

Victor Hernán Arcila Quiceno, Doctorado en Salud Pública, Universidad Cooperativa de Colombia, Bucaramanga, orcid.org/ 0000-0002-5889-601X, victor.arcila@ucc.edu.co

Michel Valim, Maestría en Parasitología, Universidad de Sao Paulo, Sao Paulo, Brasil, orcid.org/ 0000-0003-21045-900, mpvalim@hotmail.com

Adriana Quiroz Bucheli, Médica Veterinaria y Zootecnista, Universidad de Caldas, Manizales, orcid.org/ 0000-0002-9540-0108, adriana.2231323981@ucaldas.edu.co

Diego Samir Melo Solarte, Doctorado en Desarrollo Sostenible, Universidad de Manizales, Manizales, orcid.org/0000-0003-0941-6697, e-mail no dispone.

Maria Eugenia Buitrago Guillen, Maestria en Ciencias Veterinarias, Universidad de Caldas, Manizales, orcid.org/ 0000-0001-5737-0975, maria.buitrago@fedegan-fng.org.co

William Narvárez Solarte, Doctorado en Nutrición Animal, Universidad de Caldas, Manizales, orcid.org/orcid.org/0000-003-4698-3818, wnarvaez@ucaldas.edu.co

Gustavo Adolfo Pimentel Parra, Estudiante de Maestría en Ciencias Biológicas Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi, Grupo de Investigación en Biodiversidad y Desarrollo Amazónico (BYDA), Universidad de la Amazonía. Florencia, [orcid.org/ 0000-0003-1395-7285](https://orcid.org/0000-0003-1395-7285), gustavoadolfopimentelparra@hotmail.com

Juliette Pauline Chaux Rojas, The Amazon Conservation Team, Semillero de investigación en Taxonomía y Zoología de Invertebrados (ITZI), Grupo de Investigación en Biodiversidad y Desarrollo Amazónico (BYDA), Universidad de la Amazonía, Florencia, Colombia, [orcid.org/ 0000-0002-0459-4243](https://orcid.org/0000-0002-0459-4243), paulin2807@hotmail.com

Angie Lorena García Peña, Programa de Biología, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad de la Amazonia. Florencia, Colombia., [orcid.org/ 0000-0002-8255-8117](https://orcid.org/0000-0002-8255-8117), biolore96@hotmail.com

John Elver Pareja Neira, Programa de Biología, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad de la Amazonia. Florencia, [orcid.org/ 0000-0002-3629-494X](https://orcid.org/0000-0002-3629-494X), johnelverpareja@gmail.com

Alba Lucia Acevedo, Departamento de Ciencias Geológicas. Instituto de Investigaciones en Estratigrafía-IIES. Universidad de Caldas - Manizales, [orcid.org/ 0000-0002-3468-0740](https://orcid.org/0000-0002-3468-0740), albaluciaacevedohernandez@yahoo.es

César Augusto Velásquez, Facultad de Ciencias Universidad Nacional de Colombia – Medellín, cavelasq@unal.edu.co

Andrés Pardo Trujillo, Doctorado en Ciencias, Departamento de Ciencias Geológicas. Instituto de Investigaciones en Estratigrafía-IIES. Universidad de Caldas - Manizales, [orcid.org/ 0000-0001-9678-6818](https://orcid.org/0000-0001-9678-6818), andres.pardo@ucaldas.edu.co

María Isabel Vélez, Departamento de Geología, University of Regina – Canadá, Maria.Velez.Caicedo@uregina.ca

Diego Felipe Vallejo., Departamento de Ciencias Geológicas. Instituto de Investigaciones en Estratigrafía-IIES. Universidad de Caldas - Manizales, [orcid.org/ 0000-0002-0743-0906](https://orcid.org/0000-0002-0743-0906), diego.vallejo@ucaldas.edu.co

Daniel Jaramillo Londoño., Departamento de Ciencias Geológicas. Instituto de Investigaciones en Estratigrafía-IIES. Universidad de Caldas - Manizales, orcid.org/0000-001-9406-1119, danieljlo@hotmail.com

Raúl Andrés Trejos, Departamento de Ciencias Geológicas. Instituto de Investigaciones en Estratigrafía-IIES. Universidad de Caldas - Manizales, orcid.org/0000-0003-1093-8493, raulandrestt@gmail.com

INSTRUCCIONES A LOS AUTORES

EL BOLETÍN CIENTÍFICO DEL CENTRO DE MUSEOS de la Universidad de Caldas es una revista especializada para la divulgación de trabajos resultantes de la investigación en **HISTORIA NATURAL** relacionada en ciencias biológicas afines. La revista se publica dos veces al año con las siguientes temáticas: Artículos principales (hasta 30 páginas manuscritas) relacionados con Mastozoología, Ornitología, Herpetología, Entomología, Botánica y Conservación.

Artículos enfocados a la conservación de colecciones biológicas o a diversos aspectos de Museología en Historia Natural.

Comunicaciones cortas como revisiones de libros, reconocimientos de trayectoria profesional, anuncios de cursos y eventos que tengan que ver con Historia Natural.

Sin excepción todo artículo presentado en este boletín debe ser original y no publicado en ninguna otra revista o medio electrónico existente.

PAUTAS GENERALES

Los artículos pueden ser escritos en español o inglés y serán publicados en el idioma en que sean enviados, pero no se aceptarán aquellos que estén publicados o sometidos a otra revista.

Los manuscritos serán revisados por, al menos uno o dos especialistas en el tema y podrán consultar con el director para su aceptación o no en la revista. Aquellos artículos ceñidos fielmente a las instrucciones indicadas aquí serán más favorecidos para su publicación.

Se debe enviar un original y dos copias de los trabajos, con letra de tamaño grande (12 o 14 puntos), alineados a la izquierda, en papel tamaño carta, con márgenes de 3 cm en todos los lados y a doble espacio (incluyendo título, palabras clave, resúmenes, textos, tablas y bibliografía).

Además se debe enviar el material en medio magnético (Disquete, Disco Compacto) y grabado en archivo MS-Word. En lo posible, todos los manuscritos deben llevar un título, un resumen y un índice de palabras clave en español (ideal si se incluye una versión en inglés), excepto en los de reconocimiento. No es indispensable que las páginas vayan numeradas.

Cuando los trabajos sean resultado de investigaciones sobre especies en particular que necesiten ejemplares testigo de colecciones, es importante indicar el lugar (museo, herbario o institución ojalá registrada ante el Instituto Alexander Von Humboldt) donde se encuentren depositados los especímenes. Así mismo, se debe indicar el colector o colectores, las fechas de captura y los sitios de recolección estrictamente. Igualmente, al referir material conservado o depositado en el Museo de Historia de Natural, Universidad Caldas debe citarse esta institución abreviadamente (MHN-UC) que lo diferencia del material contenido en el Museo de Historia Natural, Universidad del Cauca, puesto que tiene siglas abreviadas parecidas (MHN-UCC) y que han sido empleadas de modo confuso en otros números del boletín.

De los artículos principales

El manuscrito de los artículos principales o el relacionado con la conservación de colecciones biológicas se debe dividir del siguiente modo secuencial: el título, el resumen y las palabras clave debajo de cada resumen, los nombres y apellidos de los autores omitiendo el segundo apellido o mencionándolo con la letra inicial, la dirección institucional de cada autor y el correo electrónico para correspondencia, la introducción, la metodología y los materiales empleados, los resultados, su discusión, los agradecimientos, la bibliografía citada en el texto, las tablas y la figuras respectivas usadas.

De las abreviaciones y estilo Los nombres científicos de especies se escriben en itálica. Es recomendable escribir el nombre completo por primera vez en el texto, pero en adelante se abrevian en lo posible. Por ninguna razón se deben dividir las palabras en el margen derecho en ningún lugar del manuscrito.

Se debe usar el sistema métrico y sus abreviaciones para todas las medidas y utilizar cifras decimales que en los artículos en español van separadas con comas y en los de inglés con puntos (ej: 0,010 y 0.010).

De las Referencias

Los nombres de los autores consultados en las referencias 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: julianmantis@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 MUSEOS** of the Universidad de Caldas is a specialized journal, whose purpose is to disclose research results in **NATURAL HISTORY** related to similar biological sciences. The journal is published twice a year with the following topics: Main articles (up to 30 printed pages) related to Mammalogy, Ornithology, Herpetology, Entomology, Botany, and Conservation.

Articles aimed at the conservation of biological collections or at diverse aspects of Museology in Natural History.

Short communications such as book revisions, acknowledgements of professional trajectory, course and event announcements related to Natural History.

Without exceptions, all articles presented to this journal should be original. They must not be published in another journal or electronic means.

GENERAL GUIDELINES

The articles can be written in Spanish or English and will be published in their original language. However, articles that have been published in other journals will not be included.

The texts will be revised by at least one or two specialists and their concept will influence the director's decision regarding publication. The articles that strictly follow these indications will be favored.

The original, two copies, a CD copy of the text with letter size 12 or 14, letter size pages, with 3 cm margins on all sides and doubled spaced (including title, key words, abstract, text, 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: julianmantis@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.



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

FORMATO DE SUSCRIPCIÓN

Vicerrectoría de Investigaciones y Postgrados
Universidad de Caldas, Calle 65 N° 26 - 10
A.A. 275 Manizales - Colombia
Tel: 8781500 ext 11222
emails: revistascientificas@ucaldas.edu.co
museo@ucaldas.edu.co






Nombre / Name		
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. (2) Ejemplares

Último ejemplar recibido / Last issue mailed:

Año/Year Volumen/Volume Número/Number Fecha / Date





REVISTAS CIENTÍFICAS UNIVERSIDAD DE CALDAS

FACULTAD	REVISTA	INDEXADA EN
CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES	BOLETÍN CIENTÍFICO CENTRO DE MUSEOS MUSEO DE HISTORIA NATURAL	PUBLINDEX* A1 Scopus, SciELO, EBSCOhost, Zoological Record, Index Copernicus, Gale Cengage Learning, Latindex
	 Grupo de estudio en Diseño Visual	PUBLINDEX* A1 Scopus, EBSCOhost, Gale Cengage Learning, Latindex
ARTES Y HUMANIDADES	 DISCUSIONES FILOSÓFICAS	PUBLINDEX* C Scopus, SciELO, EBSCOhost, Philosopher's index, Index Copernicus, Gale Cengage Learning, Latindex
	Revista Latinoamericana de Estudios Educativos	PUBLINDEX* C Redalyc, EBSCOhost, Gale Cengage Learning, Latindex
	REVISTA COLOMBIANA DE LAS ARTES ESCÉNICAS	EBSCOhost, Latindex
		PUBLINDEX* B Scopus, SciELO, Redalyc, EBSCOhost, Index Copernicus, Gale Cengage Learning, Latindex
CIENCIAS AGROPECUARIAS		EBSCOhost, CAB Abstracts, Gale Cengage Learning, Latindex, REDIB
		EBSCOhost, CAB Abstracts, Latindex



VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIONES Y POSGRADOS

OFICINA DE REVISTAS CIENTÍFICAS

FACULTAD	REVISTA	INDEXADA EN
CIENCIAS PARA LA SALUD		PUBLINDEX* B SciELO, Redalyc, EBSCOhost, Lilacs, Gale Cengage Learning, Latindex
		SciELO, EBSCOhost, Lilacs, Gale Cengage Learning, Latindex, REDIB
CIENCIAS JURÍDICAS	JURÍDICAS	PUBLINDEX* B Scopus, EBSCOhost, Gale Cengage Learning, Latindex, vLex
		PUBLINDEX* C Redalyc, SciELO, Emerging Sources Citation Index, CLASE, Latindex, DOAJ, REDIB, EBSCOhost, Gale Cengage Learning, CLACSO, BASE, MIAR
	Revista de Antropología y Sociología VIRAJES	EBSCOhost, Index Copernicus, Gale Cengage Learning, Latindex
	Revista Latinoamericana de Estudios de Familia	DOAJ, EBSCOhost, DOAJ, MIAR, LatinREV, Emerging Source Citation Index, REDIB, EZB, EC3metrics, CLASE, BASE
	CULTURA Y DROGA	Emerging Source Citation Index EBSCOhost, REDIB, CLASE, CLACSO, MIAR
INGENIERÍAS		EBSCOhost, Gale Cengage Learning, Latindex

* convocatoria Publindex 830 de 2018



Esta revista se terminó de imprimir
en el mes de enero de 2020

Manizales - Colombia