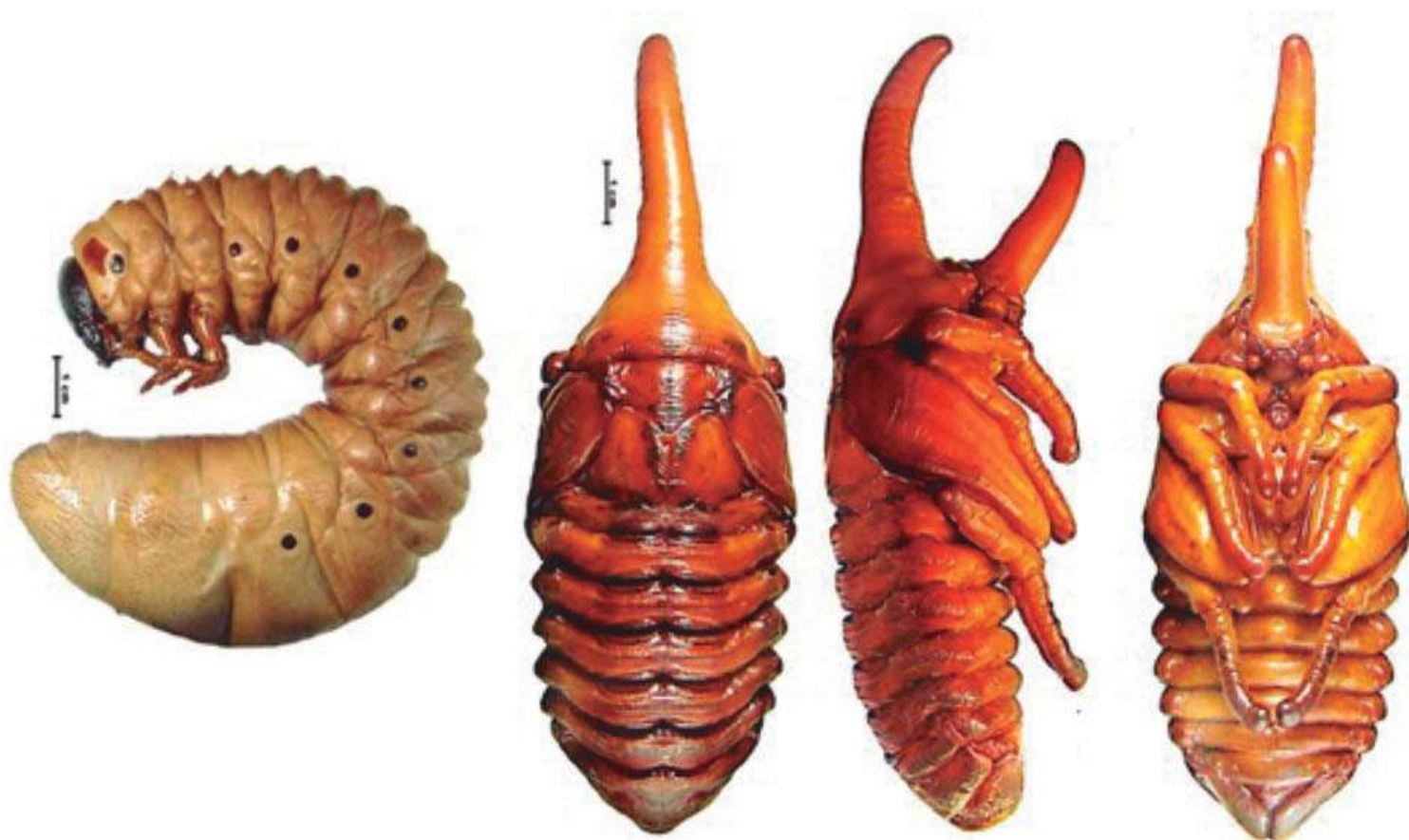


NOVEDADES COLOMBIANAS

*Museo de Historia Natural
Departamento de Biología
Universidad del Cauca*



ISSN Versión impresa- 0121-3520

ISSN Versión electrónico - 2145-5236

Vol. 16 - No 1

Enero - Diciembre 2021

**REVISTA
NOVEDADES
COLOMBIANAS**

Revista Novedades Colombianas / Museo de Historia Natural Universidad del Cauca

Vol. 16 No 1- Enero - Diciembre 2021



Universidad
del Cauca®
Vigilada Mineducación



museo de historia natural
Universidad del Cauca

ISSN Impreso - 0121-3520
ISSN Electrónico - 2145-5236

Novedades Colombianas es una publicación seriada adscrita al Museo de Historia Natural – Departamento de Biología de la Universidad del Cauca, que hace divulgación científica en Ciencias Biológicas como aporte a la construcción del conocimiento. Nuestra revista publica Artículos de Investigación originales e inéditos, Notas Cortas, producto de la investigación hecha en el territorio nacional e internacional que involucre a Colombia y la Región Neotropical, también publicamos Artículos de Revisión fruto de la trayectoria, madurez y consolidación investigativa.

Editor Jefe

Jimmy Alexander Guerrero Vargas
Departamento de Biología - FACNED
Universidad del Cauca, Colombia

Asistente Editorial

Laura Natalia Vaca Pardo
Vicerrectoría de Investigaciones
Universidad del Cauca, Colombia.

Director

Museo de Historia Natural
Luis Germán Gómez Bernal
Departamento de Biología - FACNED,
Universidad del Cauca, Colombia

Comité Editorial

Jimmy Guerrero
Departamento de Biología - FACNED
Universidad del Cauca, Colombia.

Luis Germán Gómez Bernal
Museo de Historia Natural.
Departamento de Biología - FACNED
Universidad del Cauca, Colombia.

María Cristina Gallego
Departamento de Biología- FACNED
Universidad del Cauca, Colombia..

Angélica María Mosquera Muñoz
Universidad del Cauca, Colombia.

Delly Rocío García
Universidad del Quindío, Colombia.

James Montoya
Universidad del Valle, Colombia.

Sandra Muriel
Politécnico Colombiano
Jaime Isaza Cadavid, Colombia.

Luis Carlos Pardo
Universidad del Pacífico, Colombia.

Danilo Elías de Oliveira
Universidad Federal
do Sul e Sudeste de Pará, Brasil

Johanna Gutiérrez Vargas
Facultad Ciencias de la Salud
Universidad Remington sede Medellín, Colombia.

Natalia Arbeláez
Grupo de Investigaciones PECET,
Universidad de Antioquia, Colombia.

María Fernanda González-Rojas
Facultad de Ciencias Naturales
Departamento de Ciencias Biológicas
Universidad ICESI, Colombia.

Fotografía carátula

Luis Carlos López-Locarno
Programa de Agronomía,
Universidad del Pacífico, Colombia.

Diseño y diagramación

Ángela Pereira
Área de Desarrollo Editorial,
Universidad del Cauca

Costos de publicación

La publicación en la Revista Novedades Colombianas del Museo de Historia Natural, NO tiene costos para el envío, procesamiento (submission charges) y/o publicación de artículos.

Novedades Colombianas Journal / Natural History Museum University of Cauca

Volumen 16, Number 1
January – December 2021



ISSN printed: 0121-3520

ISSN online: 2145-5236

The Novedades Colombianas Journal is a serial publication attached to the Natural History Museum – Department of Biology of the University of Cauca, which makes scientific dissemination in Biological Sciences as a contribution to the construction of knowledge. Our magazine publishes original and unpublished Research Articles, Short Notes, the product of research carried out in the national and international territory that involves Colombia and the Neotropical Region, we also publish Review Articles resulting from the trajectory, maturity and research consolidation.

Editor in chief

Jimmy Alexander Guerrero Vargas
Department of Biology – FACNED
University of Cauca, Colombia.

Editorial Assistant

Laura Natalia Vaca Pardo, Mag.
Vice-rectory for Investigations
University of Cauca, Colombia.

Director

Natural History Museum
Luis Germán Gómez Bernal
Department of Biology – FACNED
University of Cauca, Colombia.

Editorial committee

Jimmy Guerrero
Departamento de Biología – FACNED
Universidad del Cauca, Colombia.

Luis Germán Gómez Bernal
Museo de Historia Natural.
Departamento de Biología – FACNED
Universidad del Cauca, Colombia.

María Cristina Gallego
Departamento de Biología – FACNED
Universidad del Cauca, Colombia..

Angélica María Mosquera Muñoz
Universidad del Cauca, Colombia.

Delly Rocío García
Universidad del Quindío, Colombia.

James Montoya
Universidad del Valle, Colombia.

Sandra Muriel
Politécnico Colombiano
Jaime Isaza Cadavid, Colombia.

Luis Carlos Pardo
Universidad del Pacífico, Colombia.

Danielo Elías de Oliveira
Universidad Federal
do Sul e Sudeste de Pará, Brasil

Johanna Gutiérrez Vargas
Facultad Ciencias de la Salud
Universidad Remington sede Medellín, Colombia.

Natalia Arbeláez
Grupo de Investigaciones PECET,
Universidad de Antioquia, Colombia.

María Fernanda González-Rojas
Facultad de Ciencias Naturales
Departamento de Ciencias Biológicas
Universidad ICESI, Colombia.

Cover Photography

Luis Carlos López-Locarno
Programa de Agronomía,
Universidad del Pacífico, Colombia.

Design and layout

Ángela Pereira
Área de Desarrollo Editorial,
Universidad del Cauca

Publication costs

The publication in the Journal Novedades Colombianas of the Natural History Museum has NO costs for the submission, processing (submission charges) and / or publication of articles.

CONTENIDO

Nota editorial / <i>Editorial note</i>	7
Zoología / <i>Zoology</i>	
Morfología larval, clave para inmaduros y ciclos de vida de <i>Dynastes hercules</i> L (<i>D. h. lichyi</i> Lachaume, <i>D. h. occidentalis</i> Lachaume) y de <i>Dynastes neptunus</i> Quenzel (Coleoptera: Melolonthidae: Dynastini) en Colombia Larval morphology, key to immature and life cycles of <i>Dynastes hercules</i> L (<i>D. h. lichyi</i> Lachaume, <i>D. h. occidentalis</i> Lachaume), and of <i>Dynastes neptunus</i> Quenzel (Coleoptera: Melolonthidae: Dynastini) in Colombia <i>Luis Carlos Pardo-Locarno, Libardo Suárez Fonseca y Andrés Felipe Serna.</i>	9
Escarabajos copronecrófagos (coleoptera: scarabaeinae) de la colección entomológica de la universidad de caldas (CEBUC). Título corto: Escarabajos copronecrófagos de la CEBUC Copronecrophagus beetles (coleoptera: scarabaeinae) from the Entomological Collection of the University of Caldas (CEBUC). Short title: Copronecrophagous beetles of CEBUC <i>Israel Navarro-Quintero, Stefany Gil-González, Diana Fernanda Álvarez-A, Daniela Jaramillo-Rivera, Bedir German Martínez-Q y Sebastián Villada-Bedoya.</i>	45
Registro de la pulga <i>Hectopsylla pulex</i> (Haller, 1880) (Siphonaptera: Tungidae) en el murciélago mastín común <i>Molossus molossus</i> (Pallas, 1766) (Chiroptera: Molossidae) en el departamento del Cauca, Colombia Record of the flea <i>Hectopsylla pulex</i> (Haller, 1880) (Siphonaptera: Tungidae) on the common mastiff bat <i>Molossus molossus</i> (Pallas, 1766) (Chiroptera: Molossidae) in the department of Cauca, Colombia <i>Héctor E. Ramírez-Chaves, Armado Javier Folleco-Fernández, Alexandra Cardona-Giraldo.</i>	67

Ecología / Ecology

- Polinización de *Mucuna mutisiana* (Kunth) D.C. por 77
murciélagos *Glossophaga soricina* y *Glossophaga*
longirostris (Phyllostomidae: Glossophaginae) en el
Bosque Seco Tropical (BsT) al norte de Colombia
Pollination of *Mucuna mutisiana* (Kunth) D.C.
by bats *Glossophaga soricina* and *Glossophaga*
longirostris (Phyllostomidae: Glossophaginae) in the
Tropical Dry Forest (BsT) in Northern Colombia
Meriele Rebolledo Contreras.

- Valoración sociocultural de servicios 101
ecosistémicos a nivel local
Sociocultural assessment of ecosystem
services at local level
Norvy Yaqueline Nández Martínez, Lilia Graciela
Bustamante Vidal, Ivonne Andrea Narváez-
Zambrano y Daniel Andrés Fériz-García.

Botánica / Botany

- Regiones biogeográficas del género 135
Cinchona L. (Rubiaceae- *Cinchoneae*)
Biogeographical regions of the genus
Cinchona L. (Rubiaceae- *Cinchoneae*)
Carlos E. González-Orozco.

Nota Editorial

Revista Novedades Colombianas

Volumen 16, número 1
Enero – Diciembre de 2021

Con gran satisfacción presentamos este nuevo volumen de la Revista Novedades Colombianas a la comunidad en general. Algunos se preguntarán ¿por qué a la comunidad en general? desde nuestra publicación queremos contribuir a cambiar la idea de que las publicaciones científicas son exclusivas para investigadores y académicos, concepción que tienen la mayoría de ciudadanos. Cuando un autor o grupo de autores publica un artículo científico, quieren dar a conocer el nuevo conocimiento para que sea aprovechado por la sociedad, por ejemplo, todo profesional, para cumplir mejor sus funciones, debe mantenerse actualizado en las líneas del conocimiento de su profesión, así no esté vinculado a procesos de investigación.

En Colombia, como en otros países, existen instituciones públicas y privadas encargadas de tomar decisiones, y según su misión, algunas tienen la función de establecer procesos de intervención, para esto, nada mejor que contar con el respaldo de resultados de investigación obtenidos en su zona de jurisdicción y publicados en revistas arbitradas, que provean información valiosa para la toma de decisiones que afectarán a muchas personas. Por otro lado, cabe resaltar la gran contribución que hacen los artículos científicos al cumplimiento de políticas públicas, planes de desarrollo, planes decenales, planes y acuerdos estratégicos departamentales en CT&I, acuerdos internacionales, entre otros. En este sentido, los artículos publicados en este volumen contribuyen al cumplimiento de los objetivos planteados por la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE) en Colombia

Agradecemos a los autores que eligieron a la Revista Novedades Colombianas para publicar sus resultados de investigación y socializarlos a la comunidad en general, a pesar de las grandes

dificultades de toda índole que desde finales de 2019 nos ha traído la pandemia mundial por COVID19. También agradecemos a los revisores que hicieron parte de este volumen, quienes garantizan la rigurosidad de nuestro proceso editorial y, por lo tanto, la calidad de nuestra publicación.

Para finalizar, reiteramos a la sociedad que una publicación científica es para todos y los invitamos a incluir en sus temas de lectura artículos científicos. A los profesionales, resaltarles que los artículos científicos son fundamentales para mantenerse actualizados en su campo de acción. Invitamos a las diferentes instituciones a implementarlos en la toma de decisiones. Y por supuesto, recordamos a la comunidad de investigadores que una investigación sólo termina cuando sus resultados son socializados y difundidos en medios como el nuestro.

Morfología larval, clave para inmaduros y ciclos de vida de *Dynastes hercules* L (*D. h. lichyi* Lachaume, *D. h. occidentalis* Lachaume) y de *Dynastes neptunus* Quenzel (Coleoptera: Melolonthidae: Dynastini) en Colombia

Larval morphology, key to immature and life cycles of *Dynastes hercules* L (*D. h. lichyi* Lachaume, *D. h. occidentalis* Lachaume), and of *Dynastes neptunus* Quenzel (Coleoptera: Melolonthidae: Dynastini) in Colombia

Luis Carlos Pardo-Locarno¹

Libardo Suárez Fonseca²

Andrés Felipe Serna³

¹ Doctor en Ciencias, Programa de Agronomía,
Universidad del Pacifico, Colombia.
E-mail: lcpardo@unpacifico.edu.co

² Biólogo, Parques Nacionales Naturales de Colombia,
Ministerio del Medio Ambiente, Colombia.
E-mail: libardo.suarez@parquesnacionales.gov.co

³ Docente, Centro de Evangelización Juan
XXIII, Palmira, Colombia.

Resumen

Los escarabajos gigantes de la tribu Dynastini reúnen en Colombia tres géneros y 14 especies, de las cuales dos pertenecen al género *Dynastes* Kirby, 1825: *D. hercules* (Linné, 1758), que incluye tres subespecies y *D. neptunus* Quenzel, 1817, todas ellas representativas de la biodiversidad nacional. Sin embargo, hace falta mayor investigación en cuanto a los aspectos biológicos y ecológicos, razón por la cual, esta investigación se propuso desarrollar el ciclo de vida y describir la morfología

Historia del artículo

Fecha de recepción:
28-08-2021

Fecha de aceptación:
11-10-2021

DOI: <https://doi.org/10.47374/novcol.2021.v16.2006>

larval de *Dynastes hercules* L. (*D. h. lichyi* Lachaume y *D. h. occidentalis* Lachaume) y de *Dynastes neptunus* Quenzel (Coleoptera: Melolonthidae: Dynastini), incluyendo un clave para larvas y pupas y discusión de los caracteres estudiados. La investigación se desarrolló en un laboratorio de bioensayos en Palmira (Valle del Cauca, Colombia). Para cada caso se utilizaron recipientes con sustrato orgánico esterilizado, larvas individualizadas, toma de datos de anchura cefálica, anchura corporal y longitud del cuerpo, cada quince días; las muestras fueron fijadas en solución de formol y se etiquetaron cuidadosamente. El ciclo de vida en los tres casos fue largo, alcanzando una media de 1.5–1.8 años, con una porción de casos que superó los dos años; en cuanto a la morfología larval el número de setas dorso epicraneales y la quetotaxia de los apéndices (tarsúngulo), de los teges, y de la acanthoparia se consideran, por ahora, focales en este género. La morfología larval expuso una gran similitud y afinidad entre las especies estudiadas, descartando por ahora erigir especies entre las subespecies de *D. hercules*. La morfología pupal fue bastante similar, evidenciándose solo sutiles diferencias en dos aspectos de la dorsal de los segmentos abdominales VII y VIII. Tanto en la morfología larval como en la de pupa se evidenció una mayor divergencia en *Dynastes* (*Theogenes*) *neptunus* Quenzel, algo que daría validez a este subgénero tan poco estudiado por los autores. Es recomendable ahondar en aspectos del ciclo biológico de *D. neptunus* dada la mayor duración del mismo, quizás afectado por la alta temperatura.

Palabras clave: Ciclos de vida, morfología larval, escarabajos gigantes, selvas húmedas.

Abstract

In Colombia, the giant beetles of the Dynastini tribe are represented by three genera and 14 species. Two of which belong to the genus *Dynastes* Kirby, 1825: *D. neptunus* Quenzel, 1817; and *D. hercules* (Linné, 1758) which also includes three subspecies, all of them, prominent members of national biodiversity. However, there is little knowledge regarding its biological and ecological aspects, which is why this research sets out to examine life cycle and describe larval morphology of following specie: *Dynastes hercules* (*D. h. lichyi* Lachaume; and *D. h. occidentalis* Lachaume) and *Dynastes neptunus* Quenzel (Coleoptera: Melolonthidae: Dynastini). Research also included a key identification for larvae and pupae and analysis of studied characters. The research was developed in a bioassay laboratory in Palmira (Valle del Cauca – Colombia). Using containers as cases for cribs, sterilized organic substrate was set for each individualized larva. Data collection consisted of: cephalic, body width and body length measurements every fifteen days. Afterward, some samples were fixed in formaldehyde solution and carefully labeled. In most cases, life cycle reached an average of 1.5–1.8 years, with a portion of cases exceeding two years. Regarding the larval morphology, the number of dorsal epicranial setae and the ketotaxia of the appendages (tarsungulum); the teges and the acanthoparia are considered, for now, focal in this genus. Larval morphology showed great similarity and affinity between the studied species, ruling out for now to separate species among the subspecies of

D. Hercules. Pupal morphology was quite similar, showing only subtle differences in two aspects of the back of abdominal segments VII and VIII. In both larval and pupal morphology, a greater divergence was evidenced in *Dynastes (Theogenes) neptunus* Quenzel, element that could give validity to this subgenus under-estimated by the authors. A deeper study is suggested aiming towards biological aspects of *D. neptunus* given its longer life cycle, perhaps affected by high temperature.

Keywords: Life cycles, larval morphology, giant beetles, rainforests.

Introducción

Los escarabajos gigantes de la tribu Dynastini reúnen en Colombia tres géneros y 14 especies (Hno Apolinar-Maria, 1944, 1945; Blackwelder, 1944; Figueroa, 1977; Gasca *et al.*, 2018; Huang, 2017; Pardo-Locarno, 1996; 2005; Pardo-Locarno *et al.*, 2020; Restrepo *et al.*, 2003); particularmente el género *Dynastes* Kirby, 1825 incluye las especies *D. hercules* (Linné, 1758) y *D. neptunus* Quenzel, 1817 (Blackwelder, 1944; Endrödi, 1985; Pardo-Locarno *et al.*, 2020; Restrepo *et al.*, 2003), consideradas reliquias evolutivas y especies emblemáticas, por su gigantismo, marcado dimorfismo sexual y atractivas facies, que incluyen la mayor cornamenta torácica y cefálica del mundo insectil (María, Hno Apolinar, 1944 -1945; Arrow, 1951, p 101; Eberhard, 1977 - 1980; Emlen *et al.*, 2005).

De estas dos especies, *D. hercules* es la que mayor porte alcanza, la más ampliamente distribuida y diversificada en Centro y

Suramérica, con al menos tres subespecies registradas en Colombia (Chalumeau & Reid, 2002; Lachaume, 1985; Morón, 2009; Pardo-Locarno *et al.*, 2020); mientras que *D. neptunus* destaca mayormente en los altos andes colombianos, en selvas de niebla por encima de los 1500 msnm (Lachaume, 1985; Pardo-Locarno *et al.*, 2020); no obstante algunos logros nacionales (Ballesteros-Meza & Amat-García, 2006; Gasca-Álvarez, 2011; Pardo-Locarno, 2006), la biología y ecología de estos gigantes insectiles sigue siendo tema precario, existiendo además, incertidumbre en torno a la conservación de estos distinguidos miembros del patrimonio biológico nacional (Pardo-Locarno *et al.*, 2020). Ante esta situación, la presente investigación se propuso desarrollar el ciclo de vida y describir la morfología larval de *Dynastes hercules* L. (las subespecies *D. h. lichyi* Lachaume y *D. h. occidentalis* Lachaume) y de *Dynastes neptunus* Quenzel (Coleoptera: Melolonthidae: Dynastini), incluyendo la elaboración de una clave para larvas y pupas y comentarios sobre los caracteres estudiados.

Materiales y métodos

La revisión de literatura sobre la biología y ensayos de cría fue lo más amplia posible, enfatizando la revisión de documentos formales con revisión por pares, excluyendo páginas web enfocadas a procesos lúdicos de cría o venta de especímenes.

Aspectos biológicos: comprenden el ciclo de vida y la descripción de larvas.

Ciclos de vida: el desarrollo de ciclos de vida de los escarabajos gigantes Dynastini es tema complejo y muy extenso (Iannacone-Olivier y Soras-Vega, 2010; Morón, 1987; Richter, 1940, 1944, 1966; Snodgrass, 1967 p. 226-271), pues se trata de años de cría para lograr adultos, razón por la cual se requirió del apoyo consecutivo de diversos proyectos e instituciones (Pardo-Locarno, 2005). Este aparte incluyó la colecta de parentales, aislamiento en bioterio, obtención de huevos, desarrollo de inmaduros (larva, prepupa, pupa) y emergencia de adultos, todo ello basado en ensayos propios y soportes bibliográficos (Morón y Pardo-Locarno, 1994; Pardo-Locarno, 1997; 2006). Los parentales de *D. h. lichyi* Lachaume y de *D. neptunus* se colectaron en el municipio de La Paz (Santander – Colombia) a través de trapeo en luces públicas (abril de 2002) y colectas en la Belleza (Santander – Colombia, diciembre de 2003). Los adultos fueron confinados en recipientes adecuados, dotados de alimento como caña picada y fruta madura. Esta fase contó con el apoyo inter institucional del Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico (IIAP) y la Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental (Corponor). Los parentales de *D. h. occidentalis* Lachaume fueron colectados en La Quebrada Triana, Bajo Dagua, (Valle del Cauca – Colombia) en junio 26 de 2011, con trampas de luz tipo piracicaba (Convenio CVC-AAFP, 2011).

La cría dispuso de un laboratorio de bioensayos particular (espacio de 24 m² en la zona rural de Palmira, ciudad ubicada a 985 msnm, temperatura media de 24° C, humedad relativa de 70-80%). El cuarto

de cría estuvo dotado del mobiliario y condiciones de cría propuestos por estudios previos (Morón & Pardo-Locarno, 1994; Pardo-Locarno, 1997; 2006). En 1993 y 2003, se logró compartir con Miguel Ángel Morón, en Xalapa (Veracruz – México), información sobre toma de datos de crecimiento, manejo del sustrato y gajes de cría, en parte inéditos, a propósito de los estudios de *Golofa* (Morón & Pardo-Locarno, 1994) y de *D. hyllus* Chev (Morón, 1987).

Para procurar la cópula y obtención de huevos, se dispuso de bioterios para adultos, en los cuales se dispuso de alimento (fruta madura) y un sustrato orgánico, conformado por troncos podridos desmenuzados y tratamiento térmico (Morón, 1987; Morón & Pardo-Locarno, 1994; Pardo-Locarno, 1997, 2006); se tuvo cuidado de proveer humedad, alimento fresco y retirar adultos **débiles o enfermos**; se realizó la toma de datos de elongación de corion, emergencia de larvas, de crecimiento en bioterios etiquetados, monitoreadas cada 15 días (datos de anchura cefálica, anchura corporal y longitud corporal). A partir de los datos consignados surgió material para fijado y estudio científico, entre ellos huevos, larvas y pupas.

Morfología larval: las larvas se fijaron así: a) insensibilización por frío, b) tratamiento térmico con agua hervida, c) fijación en solución de formol, alcohol y agua destilada (20-20-60 en volumen), d) almacenamiento en frasco de vidrio con rótulo de localidad, fechas de desarrollo y de fijación (Morón & Pardo-Locarno, 1994; Pardo-Locarno, 1997;

2006). En algunos casos se aplicó insuflado parcial (Viñez & Alvarez, 1972), extrayendo los órganos internos principales (corazón, sistema digestivo, tejido graso, etc.), sin aplicar aire. Algunas pupas y exuvias pupales obtenidas se manejaron de la misma manera. Los adultos se colocaron en la misma solución sin tratamiento térmico; parte de las muestras se depositaron en la Colección Familia Pardo-Locarno (CFPL-COL). Las fases descriptivas de inmaduros se basaron en Costa *et al* (1988), Morón (1987), Morón & Pardo-Locarno (1994) y Ritche (1940; 1944, 1966). Se realizaron tomas fotográficas de órganos diagnósticos, las estructuras disectadas se depositaron en microviales, con solución de formol. Esta actividad se realizó en varios estereoscopios Nikon^R, Olympus^R y Vision Scientific VZE-VZF^R dotados de cámaras digitales.

Marco institucional: la iniciativa de desarrollar protocolos y prospectar la cría de escarabajos gigantes de Colombia, inició entre 1991 y 1992 con el estudio de *Golofa* (Morón & Pardo-Locarno, 1994), en el marco del proyecto Coleópteros del Calima (Colciencias 2108-05-005, 1989-1993). Posteriormente, en febrero de 1998 continuó con el apoyo de Patrimonio Ambiental de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) (OTGVS 038; Pardo-Locarno, 1998). Fases siguientes de ciclos de vida se culminaron entre 1998 y 2003 con el apoyo del IIAP. Entre enero y diciembre de 2005 se complementaron aspectos biológicos y técnicos con el convenio CVC y el Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV) (Pardo-Locarno, 2006). Algunos temas biológicos

se subsanaron entre 2010 y 2012 (convenio CVC-AAFP 218-2010). **Múltiples actividades biométricas y de laboratorio fueron realizadas** entre 2011 y 2017. El informe final se realizó como iniciativa de diversas instituciones, entre ellas la Universidad del Pacífico y Corpoamazonía.

Resultados y Discusión

A continuación, se describen las larvas de tercer instar, pupas y datos biológicos (ciclos de vida) de *D. h. lichyi* Lachaume, *D. h. occidentalis* Lachaume y de *Dynastes neptunus* Quenzel (Coleoptera: Melolonthidae: Dynastinae: Dynastini), al final se presentan claves para larvas y pupas de *Dynastes* y una corta discusión de resultados.

Descripción de inmaduros de *Dynastes hercules* L 1758

Dynastes hercules lichyi Lachaume 1995, descripción de la larva de tercer instar (Figuras 1, 2, 3, 4 y 5).

Basado en: tres larvas de tercer instar fijadas en 2003 y 2004 obtenidas de la cría de inmaduros con parentales colectados en La Paz (Santander – Colombia) en abril de 2002; 4-5 exuvias de larvas de tercer instar, misma procedencia, fijadas en 2004.

La longitud de los ejemplares medida en larvas vivas fue de entre 90 y 110 mm (Figura 1A). Cabeza: el rango de anchura cefálica fue de entre 14 y 18 mm (Figura 2A). Color: pardo oscuro rojizo, superficie densa y profundamente rugosa punturada, punturas

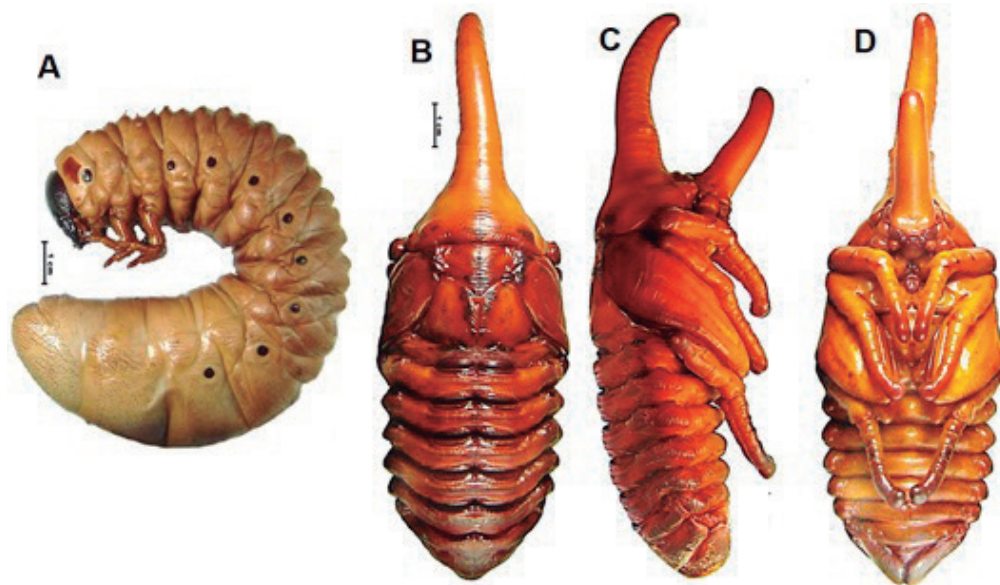


Figura 1. *Dynastes hercules lichy*: A: larva tercer instar; B, C, y D pupa dorsal, lateral y ventral, respectivamente.

profundas, separadas por una o dos veces su diámetro, a veces muy unidas o coalescentes. Frente con una seta posterior frontal y una a dos setas exteriores frontales a cada lado, dos pequeñas setas anteriores frontales a cada lado; ángulo anterior de la frente con dos a tres setas; resto de la cabeza con cuatro a cinco setas dorsoepicraneales, de ocho a diez setas paraocelares y basiantenales a cada lado; precoila pigmentada; stemmata visibles color ámbar claro; clipeo con dos setas centrales y dos setas laterales; labro asimétrico, con bordes laterales ampliamente curvados; al ápice con una muesca sutil en su porción centro derecha y unas 10 a 14 setas apicales. Epifaringe (Fig. 2B) con proceso haptomeral prominente, oblicuo al plano longitudinal; acanthoparia con 12 a 14 setas robustas curvas, las setas

finales menos curvadas y contiguas a la acroparia; gymnoparia corta, más ensanchada en su porción central; plegmatia ausente; chaetoparia derecha con 18 a 22 sensilas en el borde externo y 38 a 40 setas robustas en torno al pedium, el cual es largo y ovalado; chaetoparia derecha similar pero con 24 a 30 setas más robustas en torno al pedium; acroparia con seis a ocho setas robustas; corypha poco dotada; dextiotorma corta angostada al ápice; laeotorma larga; pternotorma pigmentada, globular; placa esclerosada subtriangular, aguzada, pigmentada; cono sensorial largo, en forma de barra, con ápice cupuliforme; crepis suavemente pigmentado.

Mandíbula izquierda (Figura 3A) dotada de dos incisivos, largos los cuales están

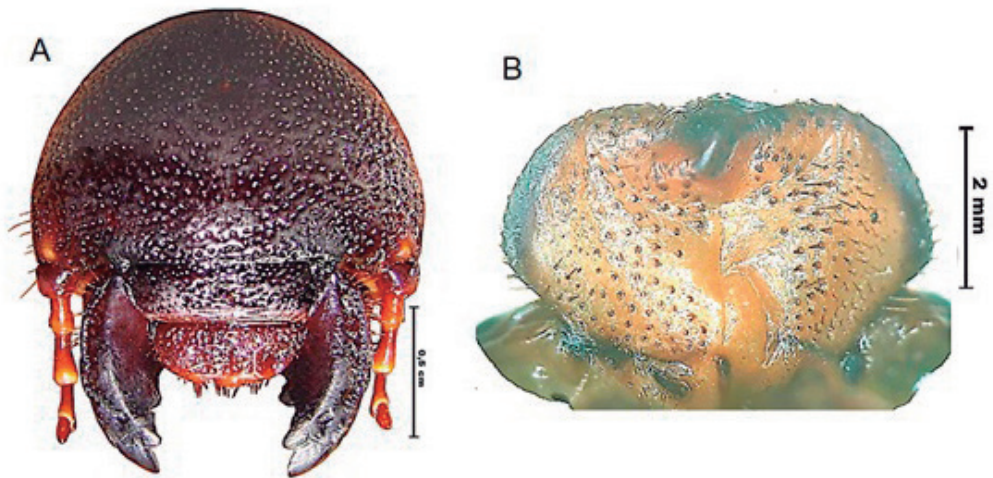


Figura 2. *Dynastes hercules* lichy: A: Cabeza; B: Epifaringe

separados por una muesca obtusa, seguido de otra muesca ensanchada y otro diente corto redondeado. En el ápice mandibular se observa una seta dorsal, larga; área molar conformada por tres coronas, la primera grande y prominente, las dos siguientes

cortas y contiguas; acia larga, ápice agudo; brustia pequeña; área estriduladora mandibular larga, ovalada, inicialmente con 12 a 14 pliegues anchos y luego 14 a 18 pliegues muy angostos parecidos a líneas; puente ventral grande (Figura 3B);

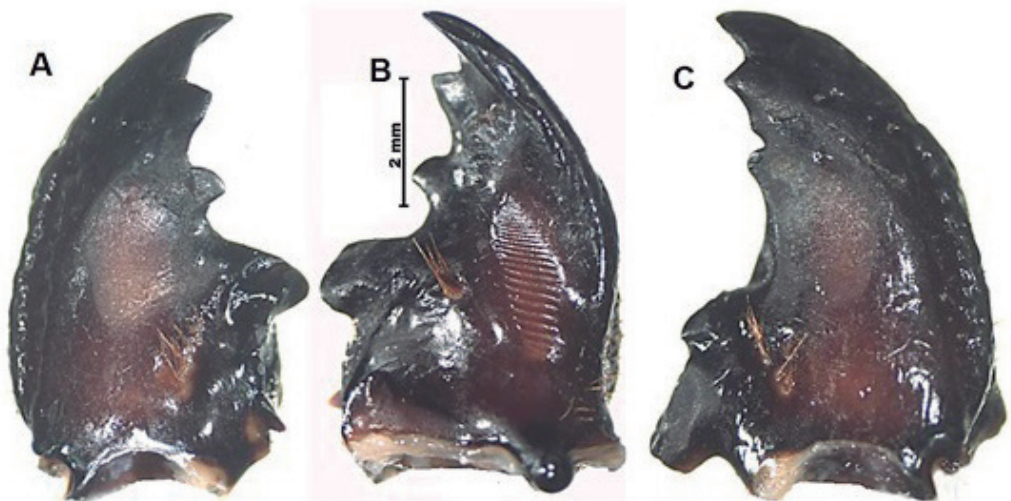


Figura 3. *Dynastes hercules* lichy: A: Mandíbula izquierda dorsal; B: Mandíbula izquierda ventral; C: Mandíbula derecha dorsal.

mandíbula derecha (Figura 3C) con área incisiva muy similar, región media inerte seguida del área molar conformada por M₁ grande y las siguientes coronas bajas y unidas; calx proyectado; brustia reducida; área estriduladora similar; en ambos casos scrobis largo, profundo, apicalmente dotado de dos setas separadas.

Labium (Figura 4B), disco rodeado de 38 a 40 setas basales, 18 a 20 setas en el borde lateral y 12 a 14 setas en la porción apical entre los palpos labiales; escleroma hipofaríngeo asimétrico con una proyección aguda a la derecha y 18 a 20 setas en el lóbulo lateral izquierdo y 12 a 14 en el derecho. Maxila (Figura 4A)

conformando una mala, con un uncus prominente en la galea y tres unci apicales en la lacinia, estos unidos en su base; borde interno de la lacinia densamente setoso; palpo maxilar con el tercer segmento dotado de una seta en el borde externo; en la porción dorsal se observan seis a siete dientes estriduladores que culminan en un proceso truncado más grande y oblicuo. Antenas largas, robustas (Figura 4B), con el área dorsal del segmento apical dotado de 12 a 15 fosetas sensoriales (Figura 4C).

Tórax: espiráculo torácico grande, aprox. 2.1 mm de alto y 1.8 mm de ancho (Figura 4D); placa respiratoria pardo rojiza en forma de C, con los ápices contiguos; bulla

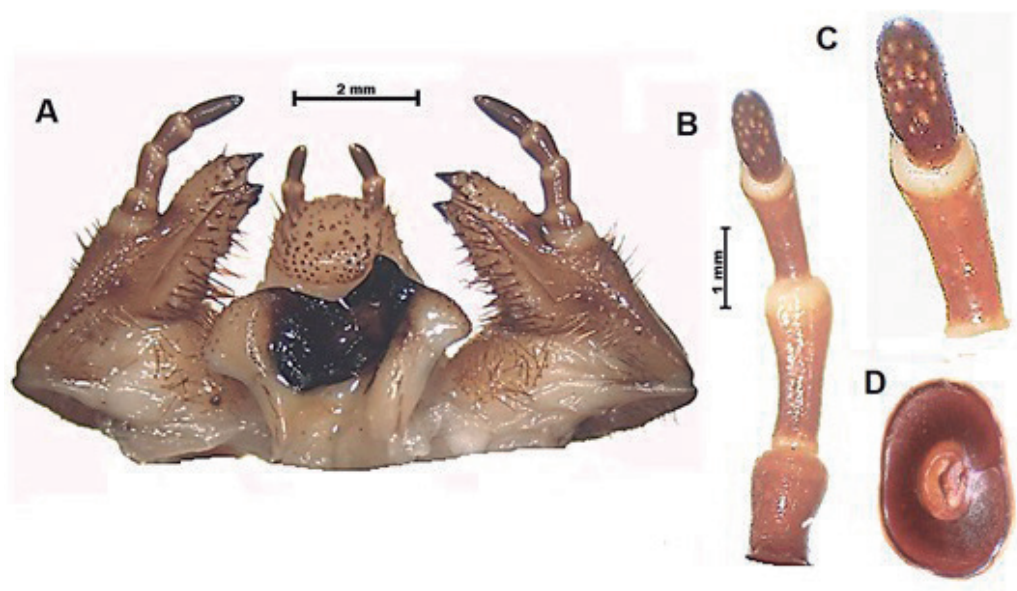


Figura 4. *Dynastes hercules lichi*: A: Labium-Maxilas; B: Antena; C: Últimos dos segmentos antenales, vista dorsal; D: Estigma respiratorio protórax.

pequeña levemente convexa; escleroma lateral largo, sub romboidal, con el disco semisurcado, cóncavo y algo pigmentado (Figura 1A); placas dorsales del protórax y mesotórax poco diferenciadas, con múltiples setas cortas espiniformes; placa dorsal del metatórax con bandas más definidas de setas cortas espiniformes y algunas setas largas; patas grandes y robustas, densamente setosas, las pro y mesotorácicas con la uña aguzada y dos setas alternas, una basal y otra apical; uña tarsal de las patas metatorácicas no aguzada, con dos setas subpicales (Figura 5A y 5 B).

Abdomen: espiráculos abdominales I-VIII (Figura 1A) de tamaño similar (1.9 mm a 2.0 mm de alto y 1.7 mm a 1.8 mm de ancho), con placa respiratoria en forma de C y ápices contiguos (Figura 4D); bulla exigüamente

proyectada; dorsa de los segmentos I-VI con cada placa (prescutum, scutum y scutellum) claramente definida, dotadas de múltiples setas cortas espiniformes y en menor grado setas largas en franjas posteriores; dorsa de los segmentos VII y VIII con placa única, dotada de bandas de múltiples setas cortas espiniformes (20-30) y unas pocas setas largas en el borde posterior (entre 16 y 18); dorsa IX similar a la VIII; venter I-IX dotado de franjas de 20 a 30 setas cortas espiniformes y cinco setas largas; ráster (Figura 5C) sin palidia, campus con pocas setas mixtas, teges con una formación triangular de 20 a 30 setas cortas espiniformes y unas 6 a 8 setas largas; labio anal inferior con una centena de setas cortas espiniformes, barbula con 18 a 20 setas largas; abertura anal larga, poco curvada.

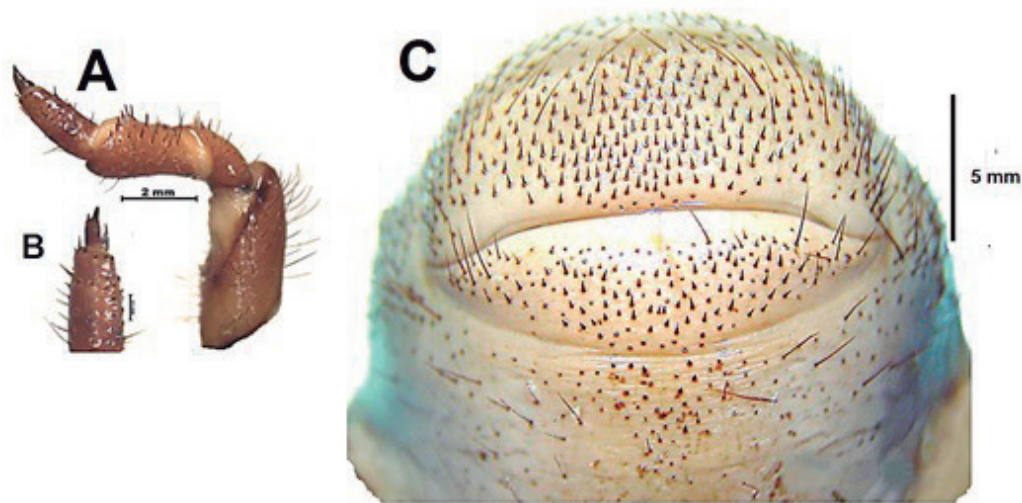


Figura 5. *Dynastes hercules lichy*: A: Patas protorácicas; B: Tarsunguli-uña; C Abdomen, ráster.

***Dynastes hercules lichyi* Lachaume.**

descripción de la pupa (Figuras 1B, 1C y 1D).

Basado en: tres pupas (1 ♂ y 2 ♀♀) fijadas en 2003 y 2004 obtenidas de la cría de inmaduros con parentales colectados en La Paz (Santander – Colombia) en abril de 2002; 6 exuvias pupales (♂♂♀♀), de igual procedencia, fijadas entre 2004 y 2005.

Longitud corporal entre 78 y 128 mm. Macho (Figuras 1: B, C y D). Exarata, cuerpo robusto, ovalado, color amarillo oscuro, algo rugoso y setas ubicadas en el ápice abdominal; cabeza ubicada en posición ventral al protórax (Figura 1C), región frontal con una larga proyección central y bosquejo de dos oquedades rugosas a los lados; con estructuras bucales y sensoriales visibles: clípeo transverso, en forme de barra, labro ubicado centralmente bajo el clípeo; ápices mandibulares y antenales visibles, palpos maxilares y labiales con anillos visibles (Figura 1D); ojos casi ocultos; labium constreñido por los palpos; Tórax, pronotum transverso, largamente proyectado por el cuerno respectivo (Figura 1B), que en este caso es el doble de largo que el protórax; borde anterior sinuado, con proyecciones laterales que rodean la cabeza, borde posterior levemente bisinuado con los ángulos posteriores redondeados; mesotórax dorsalmente visible en un escudo cuyo borde anterior es recto y el posterior centralmente proyectado; sutura ecdisial longitudinal visible; proceso proesternal visible y proyectado en forma de disco; mesosternum oculto parcialmente bajo las podo y pterotecae; metanoto

anteriormente biescotado, borde posterior casi recto, levemente situado y surco ecdisial longitudinal visible; pterotecae mesotorácicas dorsal y lateralmente visibles y muy proyectadas, las pterotecae metatorácicas ocultas y solo visibles al ápice; podotecae bastante visibles, largas, las protorácicas dirigidas hacia la región esternal, las meso y metatorácias hacia los lados y atrás, dejando ver a los extremos los anillos tarsales.

Abdomen, con nueve segmentos (Figuras 1B, 1C y 1D), basalmente más anchos; espiráculo I presente, oculto bajo el borde posterior torácico (observado en un exuvia pupal); espiráculos II, III y IV visibles dorsalmente, en todos los casos con los peritremas claramente pigmentados, ovalados, aprox. 3 veces más largo que ancho (aprox. 8.5 mm por 1.9 a 2.0 mm); espiráculos V, VI y VII ocluidos, vestigiales; espiráculo VIII no visible; región tergal de los segmentos I-VII con sendos **órganos dioneiformes**, pareados, aprox. 17-18 mm por 2-3 mm; órgano dioneiforme VI no pareado, porción proximal no definida, la porción posterior bien formada; segmento IX aguzado, triangular, apicalmente bifurcado, con una densa cobertura setosa dorada; esternito I oculto bajo las podotecae; esternitos II, III, IV, V, VI y VII muy cortos en forma de franjas convexas, con ápices laterales en forma de muñones; esternitos VIII y IX aguzados, en la región ventral dejan ver el ámpula genital masculina, en forma de disco convexo con una formación cilíndrica levemente trazada.

Hembra: longitud medida en seis pupas de entre 68 mm y 78 mm; muy similar a la del

macho, cabeza ubicada en posición ventral al protórax, inermes, frente con sendas oquedades a cada lado; con estructuras bucales y sensoriales apicalmente visibles; **tórax, pronotum convexo**, inermes, con una corta proyección en forma de tubérculo; abdomen con los espiráculos II, III y IV visibles, bien formados; los siguientes V, VI y VII ocluidos, vestigiales, carentes de peritrema; órganos dioneiformes en los segmentos I a VII, en I a VI pareados, en VII no pareado, en todos los casos cada dorsa presenta una angosta banda grisácea transversa; dorsa de terguito VIII con dos oquedades laterales, difusas; **ámpula genital levemente convexa**, con bosquejo de valvas genitales.

Aspectos biológicos: a fin de ahondar en una próxima entrega los detalles del ciclo de vida de *D. h. lichyi* (Pardo-Locarno *In litt*), se comparten por ahora referentes puntuales en las tablas 1 y 2; en general los datos obtenidos presentaron alguna similitud con los expuestos por Gruner & Chalumeau (1979) para *D. h. hercules* y con lo anotado por Morón (1987) para *D. hyllus* Chev., los cuales variaron entre 1.9 y 2.3 años; el ciclo de vida de *D. h. lichyi*, desarrollado en condiciones de laboratorio, *ex situ*, vario de 1.4 a 2.4 años, con una media de 14-16 meses, resaltaron algunos pocos individuos que se demoraron el doble de tiempo (Tabla 1).

Tabla 1. Ciclos de vida en cría *ex situ* de *D. h. lichyi*, *D. h. occidentalis* y *D. neptunus*, duración en días (abreviaturas: L1: larva I, primer estado; L2: larva II, segundo estado; L3: larva III, tercer estado; PP prepupa; P: pupa; N: cantidad de observaciones; +: la cifra es un poco mayor; * ver comentarios para más explicaciones).

Especie/ atributo		<i>Dynastes hercules lichyi</i> Lachaume						
Fase	Huevo	L1	L2	L3	PP	P	Adulto	Rango
Duración fase (D)	28-35	28.5-33.5	47-96.5	320.5-425.5	11-28	36-50	42-135	513-899
N datos	11	11	11	9	8	6	6	
Especie		<i>Dynastes hercules occidentalis</i> Lachaume						
Fase	Huevo	L1	L2	L3	PP	P	Adulto	Rango
Duración fase (D)	25-34	70-97	78-93	465-607	21-24	28-35	95-178	540-720
N (datos)	10	4	2	2	2	2*	6*	2*
Especie		<i>Dynastes neptunus</i> Quenzel						
Fase	Huevo	L1	L2	L3	PP	P	Adulto	Rango
Duración fase (D)	29.5-35.5	47-97	30-121	277-413	31-35	29-40	90-156	533-915
N datos	20	18	12	9	9	8*	5*	

Estas observaciones ratifican lo dicho por otros autores respecto a la mayor vulnerabilidad de los estados de huevo y larva de primer instar, asimismo, la extensión del estadio de tercer instar; la pupa se protegió en un cocón construido con residuos de madera y algún exudado secretado por la larva, lo cual le confirió a la estructura una relativa estabilidad; los adultos tenerales evidenciaron un color claro y demoraron entre 4 y 5 días para lograr una pigmentación normal, en ese tiempo produjeron una primer excreta o meconio más bien acuoso; el deseo de alimentarse se observó entre los 8 y 10 días en adelante, entre 18 y 20 días se evidenciaron las primeras interacciones de pareja.

Relativo al larguo periodo de inmaduros, los adultos tuvieron una longevidad corta, algo que fue más marcado en los machos; las hembras por lo regular duraron el doble del tiempo, en promedio entre dos y tres meses, sobrepasando algunas los cuatro meses. Entre las medidas corporales tomadas (Tabla 2) se confirmó en primer lugar la elongación de corion en el estado de huevo, pasando este de la forma elíptica a la esférica y al final exponiendo vagamente el pigmento de la cabeza y los segmentos de la larvita en su interior. Dichas medidas dejan claro a la cabeza como la medida de crecimiento con los datos más discretos, variando entre 3.6 a 4.3 mm (LI) hasta 13 a 17 mm (LIII), lo cual esboza una media de ampliación de la anchura cefálica de 1.8 a 1.9 veces entre cada estadio, algo que se asemeja a lo medido en *D. hyllus* (Morón, 1987).

Tabla 2. Medidas corporales (mm) de los estadios de desarrollo y adultos parentales de la cría *ex situ* de *D. h. lichyi*, *D. h. occidentalis* y *D. neptunus* (abreviaturas: Ø¹ huevo recién puesto; Ø² huevo elongado; L1: larva I, primer estado; L2: larva II, segundo estado; L3: larva III, tercer estado; PP prepupa; P: pupa; N: cantidad de observaciones.

Especie/ estadio	Ancho cefálico	Ancho cuerpo	Longitud
Especie <i>Dynastes hercules lichyi</i> Lachaume			
Huevo	Ø¹=	Ø²=	
Larva 1	3.6-4.3	3.9-18	15-73
Larva 2	6.4-9	10-26	31-115
Larva 3	13-17	19-44	80-185
Prepupa	13-17	36-42	82-1
Pupa ♀	10.5	32-35	68-78
Pupa ♂	10.5	38-44	78-128
Adulto ♀			155+
Adulto ♂			
Especie <i>Dynastes hercules occidentalis</i> Lachaume			
Huevo	Ø¹= 3.0	Ø²= 5-6	
Larva 1	3.2-3.5	2.5-4.0	10-22
Larva 2	6.5-7	6.0-9.0	30-40
Larva 3	11-11.5	12-22	45-90
Prepupa	11.5	21	80
Pupa ♀	11.5	28.5	66-67+
Pupa ♂	12	30	78-79+
Adulto ♀			168+
Adulto ♂			

Especie/ estadio	Ancho cefálico	Ancho cuerpo	Longitud
Especie	<i>Dynastes neptunus</i> Quenzel		
Huevo	Ø ¹ = 4.5	Ø ² = 6.0	
Larva 1	3.9-4.1	6.3-9.3	27-44.9
Larva 2	6.4-7.8	11-16.5	55.5-90
Larva 3	12.5-13	19-32	86-142
Prepupa	11-13	22	112
Pupa ♀	11	28	52
Pupa ♂	12.8	33	76
Adulto ♀	-	-	145+
Adulto ♂	-	-	

Otro aspecto que evidenció datos discretos fue el tamaño de las excretas (Figura 16A), en ese sentido los pelets de tercer instar midieron en promedio 15 a 18 mm de largo y entre 12 y 14 de ancho; para futuros ensayos bien valdría la pena atender las sugerencias de Dupuis & Dubois (1997) sobre el enriquecimiento de la dieta larvaria con glúcidos y proteínas, como un factor determinante de menores tiempos de cría y quizás, individuos más grandes y saludables. Cabe anotar que, a pesar de la gran diversidad de páginas web halladas, este artículo sería de los pocas en desarrollar el ciclo de vida de *D. h. lichyi*, formalmente, en una publicación de carácter científico.

El estudio de Huang (2017) sobre el subgénero *Dynastes*, que erige múltiples subespecies a rango específico, basado en modelos moleculares, feneticistas, geográficos, ecológicos, etc., ratifica una

evidente divergencia intraespecífica, pero sin el alcance suficiente para establecer estatus específicos, máxime con la precaria información geográfica, ecológica etc. que caracteriza a la subespecie, dejando de lado además el estudio de barreras reproductivas, que evidencien imposibilidad de cruce exitoso, lo cual sería, el sello final para afirmar la conformación de especies.

Sobre la distribución real de la subespecie en Colombia, aún existen muchos vacíos (Pardo-Locarno *et al.*, 2020); no obstante, existe consenso respecto a que está muy asociada a la Cordillera Oriental, en especial a la cuenca media y baja del Río Magdalena (Lachaume, 1994; Pardo-Locarno *et al.*, 2020). Ballesteros & Amat-García (2006), estudiaron la abundancia de la subespecie en dos hábitats típicos: robledal y selva de lauráceas, al final observaron que la oferta ambiental en el primero fue mejor en cuanto a troncos descompuestos y frutos, pero la abundancia fue mayor en el segundo, debido a la menor caza de escarabajos; sin embargo, este informe no publicó los referentes geográficos del estudio. Ardila & Palomino (2017) también estudiaron en campo la presencia de adultos, ofreciendo datos de localidad (La Belleza, Santander, Valle del Río Magdalena), igualmente afectados por el problema de la extracción ilegal. A la fecha ninguna investigación ha llevado a cabo un estudio de campo específico, amplio y suficiente para establecer el verdadero mapa de la subespecie en Colombia (Pardo-Locarno *et al.*, 2020); mientras ello no

ocurra, persistirán muchos vacíos en el conocimiento cabal de la misma.

Dynastes hercules occidentalis

Lachaume 1995, redescrición de larva de tercer instar (Figuras 6, 7, 9, 10).

Basado en dos exuvias de larvas de tercer instar fijadas el 25 de octubre de 2014, obtenidas de la cría de inmaduros con parentales colectados en La Quebrada Triana, Bajo Dagua (Valle del Cauca – Colombia), el 26 de junio de 2011 y una larva de tercer instar, con los mismos datos. La descripción atendió lo descrito por Villamarín-Cortez et al (2007) para *D. h. occidentalis* Lachaume en Ecuador.

En general, la larva de tercer instar de esta subespecie guarda gran similitud con *D. h. lichyi*. La longitud de los ejemplares, tomada en larvas vivas fue de entre 90 mm y 110 mm (Figura 9C). Cabeza: la anchura cefálica fue de entre 12.2 mm y 13 mm (Figura 7A); color pardo oscuro, con un tinte rojizo; superficie densa y profundamente rugosa punturada, punturas profundas, separadas por una o dos veces su diámetro, a veces unidas o coalescentes; frente con una a dos setas exteriores frontales a cada lado, dos pequeñas setas anteriores frontales a cada lado; ángulo anterior de la frente con dos a tres setas; resto de la cabeza con dos a cuatro setas dorsoepicraneales; un grupo de setas paraocelares y basiantenales, precoila pigmentada; stemmata visibles de color ámbar claro; clipeo con dos setas centrales y dos-tres setas laterales a cada lado; labro asimétrico apicalmente con una muesca sutil en su porción centro derecho y de 10 a 14

setas apicales. Epifaringe (Figura 6D) con proceso haptomeral prominente, oblicuo al plano longitudinal; acanthoparia con 12 o más setas curvas, las finales casi rectas y próximas a la acroparia; gymnoparia larga, ensanchada en su porción central; plegmatia ausente; chaetoparia derecha con 18 a 22 sensilas en el borde externo y entre 38 y 40 sensilas, más robustas en el interno, chaetoparia derecha similar pero con 24 a 30 setas más robustas en torno al pedium, el cual es largo y ovalado; dextiotorma larga angostada al ápice; laeotorma larga; pternotorma pigmentada, globular; placa esclerosada subtriangular pigmentada; cono sensorial largo, en forma de barra con el ápice redondeado; crepis suavemente pigmentado.

Mandíbula izquierda (Figura 6A), dotada de dos incisivos largos los cuales están separados por una muesca obtusa; segunda proyección incisiva seguida por un espacio corto y un diente corto, triangular, sigue un área inerte corta para dar paso a los molares; área molar conformada por tres coronas, la primera grande y prominente, las dos siguientes cortas y contiguas; brustia pequeña; área estriduladora mandibular larga, ovalada, inicialmente con 12 a 14 pliegues anchos y 14 a 18 pliegues angostos; puente ventral grande; mandíbula derecha (Figura 6B) con área incisiva constituida por tres proyecciones triangulares, la dos y tres separadas por una muesca triangular, sigue un espacio y luego un diente más corto, luego un espacio inerte cóncavo seguido del área molar, conformada por una sola corona molar irregular (que engloba M1, M2 y M3); en ambos casos scrobis largo, profundo, punturado y con seta apical. Labium setoso,

con escleroma hipofaríngeo asimétrico, con una proyección aguda a la derecha. Maxila conformando una mala, con un uncus prominente en la galea y tres unci apicales en la lacinia, palpo maxilar con el tercer segmento dotado de una seta en el borde

externo; en la porción dorsal se observan seis a siete dientes estriduladores, que culminan en un diente truncado más grande y oblicuo. Antenas largas, robustas, con el área dorsal del segmento apical dotado de entre 10 y 12 fosetas sensoriales.

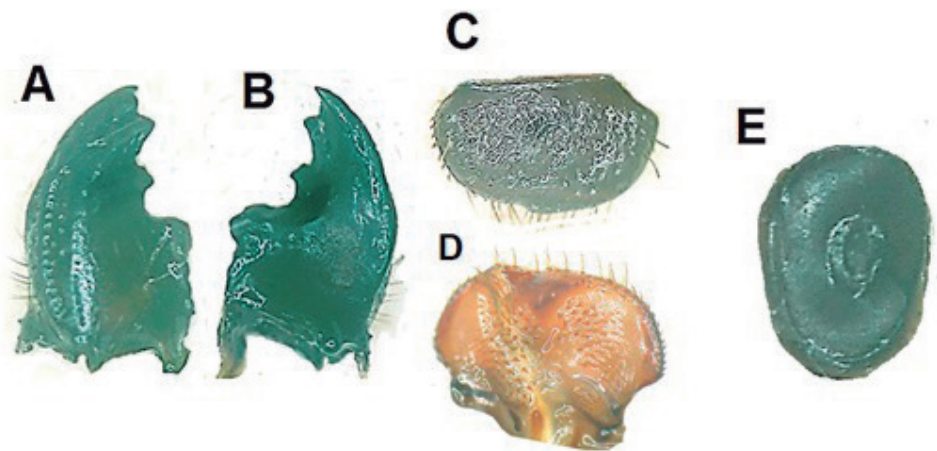


Figura 6. *Dynastes hercules occidentalis*: A: Mandíbula izquierda dorsal; B: Mandíbula derecha dorsal; C: Labro; D: Epifaringe; E: Estigma respiratorio protórax.

Tórax: espiráculo torácico grande, aprox. 2.0 mm de alto y 1.5 mm de ancho (Figura 6E); placa respiratoria pardo rojiza en forma de C con los ápices contiguos; bulla pequeña poco convexa, alargada; escleroma lateral largo, subromboidal, con el disco cóncavo y pigmentado; placas dorsales del protórax y mesotórax poco diferenciadas con múltiples setas cortas espiniformes; placa dorsal del metatórax con bandas más definidas de setas cortas espiniformes y algunas setas largas; patas robustas, multisetosas, último segmento con la uña aguzada y dos setas alternas, una basal y otra apical; uña tarsal

de las patas metatorácicas no aguzada, con dos setas subpicales.

Abdomen: espiráculos abdominales I-VIII (Figura 9C) de tamaño similar (1.8 mm de alto y 1.4 mm de ancho), placa respiratoria en forma de C y ápices contiguos; bulla exiguamente proyectada; dorsa de los segmentos I-VI con cada placa (prescutum, scutum y scutellum) claramente definida, dotadas de múltiples setas cortas espiniformes y en menor grado, setas largas en la franja posterior; dorsa de los segmentos VII y VIII con placa única,

dotada de bandas de múltiples setas cortas espiniformes y unas pocas setas largas en el borde posterior; dorsa IX similar a VIII; ráster sin palidia (Figura 7B), teje en formación triangular con 20 a 30 setas

cortas espiniformes y algunas setas largas; labio anal inferior densamente setoso, principalmente setas cortas espiniformes; abertura anal larga, poco curvada.

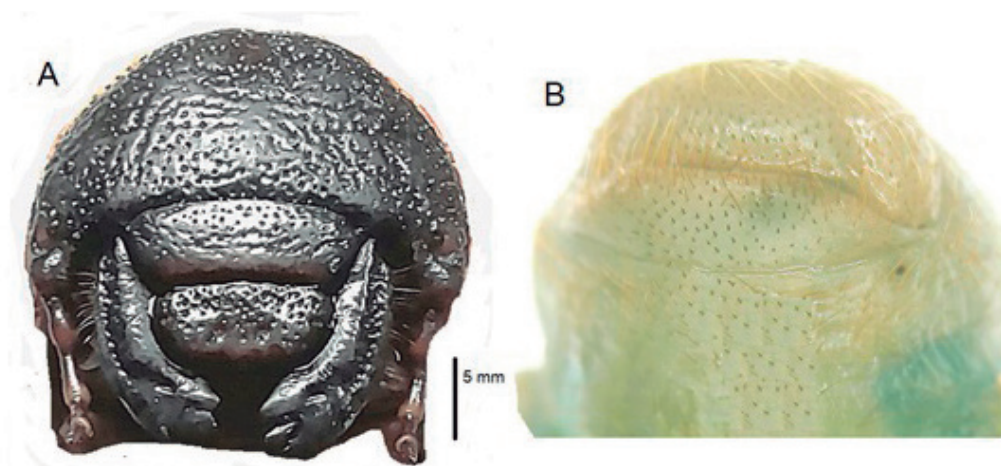


Figura 7. *Dynastes hercules occidentalis*: A: Cabeza; B: Abdomen, ráster.

Dynastes hercules occidentalis
Lachaume 1995, descripción
de la pupa (Figuras 8, 9)

Basado en dos pupas (una masculina y otra femenina) fijadas el 25 de octubre de 2014, obtenidas de la cría de inmaduros con parentales colectados en la Quebrada Triana, Bajo Dagua (Valle del Cauca – Colombia), el 26 de junio de 2011.

La longitud corporal medida en una sola pupa fue de entre 78 y 79 mm. en el macho (Figura 8). Exarata, cuerpo robusto, ovalado, color amarillo oscuro, algo rugoso y setas ubicadas al ápice

abdominal; cabeza ubicada en posición ventral al protórax (Figura 8B, 8C), región frontal con una proyección cefálica y dos borrosas y rugosas oquedades laterales; con estructuras bucales y sensoriales visibles: clípeo transverso en forma de barra, labro ubicado centralmente bajo el clípeo (Figura 8B, 8C); ápices mandibulares y antenales visibles, palpos maxilares y labiales con anillos visibles; ojos casi ocultos; labium constreñido por los palpos; **tórax, pronotum transverso**, dotado de cuerno (Figura 8A); borde anterior sinuado, con proyecciones laterales que rodean la cabeza, borde posterior levemente bisinuado con

los ángulos posteriores redondeados; mesotórax dorsalmente visible en un escudo cuyo borde anterior es recto y el posterior centralmente proyectado; sutura ecdisial visible; proceso proesternal visible y proyectado en forma de disco (Figura 8A); mesosternum oculto parcialmente bajo las podo y pterotecae (Figura 8C); metanoto largo, anteriormente biescotado, borde posterior casi recto, levemente situado y surco ecdisial longitudinal visible; pterotecae mesotorácicas dorsal y lateralmente visibles y muy proyectadas, las pterotecae metatorácicas ocultas y solo visibles al ápice (Figura 8C); podotecae bastante visibles, largas, las protorácicas dirigidas hacia la región esternal, las meso

y metatorácicas hacia los lados y atrás, dejando ver a los extremos los anillos tarsales (Figura 8B y 8C).

Abdomen (Figura 8A y 8C), con nueve segmentos basalmente más anchos; espiráculo I presente, oculto bajo el borde posterior torácico (observado en un exuvia pupal); espiráculos II, III y IV visibles dorsalmente (Figura 8C), en todos los casos con los peritremas pigmentados, ovalados, casi tres veces más largo que ancho (aprox. entre 8.5 mm y 1.9 a 2 mm); espiráculos sobre terguitos V, VI y VII ocluidos, vestigiales, carentes de peritrema esclerosado, VIII bastante vestigial poco visible; región tergal de

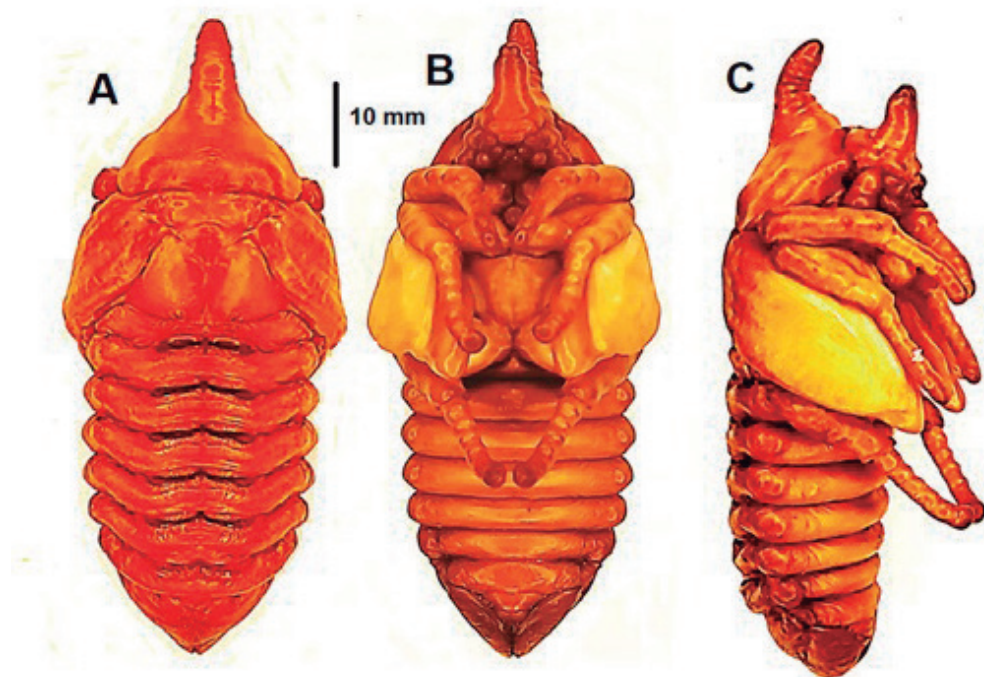


Figura 8. *Dynastes hercules occidentalis*: Pupa macho: A: dorsal; B: ventral; C: lateral.

los segmentos I-VII con seis pares de órganos dioneiformes (Figura 3C); órgano dioneiforme VI no pareado (Figura 8C), porción proximal no definida, la porción posterior bien formada; terguito IX con dos oquedades laterales un poco alargadas y algo difusas; segmento IX aguzado, triangular, apicalmente bifurcado, con una densa cobertura setosa dorada; esternito I oculto bajo la podoteca; esternitos II, III, IV, V, VI y VII muy cortos en forma de franjas convexas, con ápices laterales en forma de muñones; esternitos VIII y IX aguzados, en la región ventral dejan ver el ámpula genital masculina, muy levemente figurada, en forma de disco convexo.

Hembra (Figura 9A, 9B). Longitud medida en una pupa de entre 66 mm y 67 mm, anchura máxima del tórax entre 29 mm y

30 mm. En general muy similar al macho, excepto por algunos rasgos genéricos; cuerpo robusto, ovalado, color amarillo oscuro, algo rugoso, setas ubicadas al ápice abdominal (Figura 4A); cabeza inerme, ubicada en posición ventral al protórax (Figura 9A); con estructuras bucales y sensoriales visibles similares a las del macho; frente con sendas oquedades a cada lado; Tórax, pronotum convexo, inerme, con una corta proyección en forma de tubérculo; abdomen con los espiráculos II, III y IV visibles, bien formados (Figura 9B); los siguientes V, VI y VII ocluidos, vestigiales, carentes de peritrema (Figura 9A); órganos dioneiformes en los segmentos I a VII, en I a VI pareados (Figura 9A), en VII no pareado (Figura 9A); ámpula genital levemente convexa, con bosquejo de valvas genitales (Figura 9B).

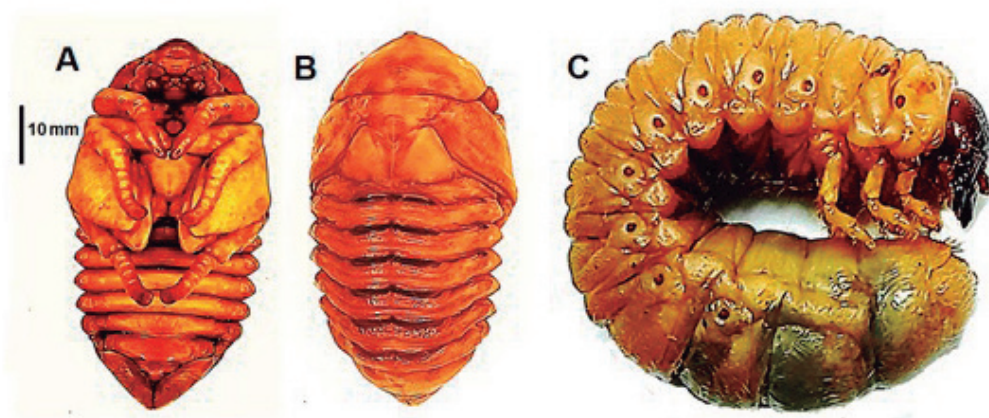


Figura 9. *Dynastes hercules occidentalis*: Pupa hembra: A: dorsal; B: ventral; C: larva de tercer instar lateral.

Aspectos biológicos: los datos logrados entre 2011 y 2012 sustentaron la información de ciclo de vida y medidas corporales anotados en las tablas 1 y 2. Dicha información permite inferir que el ciclo de vida y medidas corporales alcanzados por *D. h. occidentalis*, aparentemente, son similares a lo observado en *D. h. lichyi*, con el cual comparte una media de duración de huevo a adulto de 16 a 18 meses. Los datos tomados evidenciaron una significativa elongación del corion, que va de 1.7 a 1.8 veces; la medida corporal más discreta fue la anchura cefálica que se amplió en aproximadamente 1.8 a 1.9 veces en cada instar. El comportamiento alimenticio y de apareamiento observado en los adultos parentales también fue similar en muchos aspectos a los de *D. h. lichyi*. Esta subespecie ha sido mayormente registrada para la costa pacífica ecuatoriana y colombiana (Lachaume, 1994; Pardo-Locarno, 2005; Pardo-Locarno *et al.*, 2020); la distribución ha sido recientemente documentada con detalles regionales y de rango altitudinal (Pardo-Locarno *et al.*, 2020).

Por la gran similitud en las descripciones larvales y las razones antes expuestas, esta investigación sustenta la condición de subespecie de *D. h. occidentalis* y se aleja de la propuesta de Huang (2017) de elevarla al carácter de especie. Sobre esta última, el autor expuso dificultades para acceder a ejemplares de la región, obteniendo uno solo en el departamento de Chocó, de lo cual también se deducen dificultades en los análisis geográficos y ecológicos, tan necesarios para un mejor análisis. *D. h. occidentalis* ha sido quizás la subespecie mejor estudiada por autores

nacionales, basados en colectas propias en el hábitat (Pardo-Locarno, 2005), algo que no oculta vacíos de monitoreo en la mayoría de la costa pacífica, ni la necesidad de más estudios específicos que aborden la distribución de la especie a lo largo de la provincia Chocó-magdalense (Hernández-Camacho *et al.*, 1992), en especial, en el sector nororiental de dicha provincia, en el Bajo Cauca y Bajo Magdalena (Pardo-Locarno *et al.*, 2020).

***Dynastes neptunus* Quenzel** redescripción de larva de tercer instar (Figuras 10, 11, 12, 13)

Basado en cuatro exuvias de larvas de tercer instar, fijadas en 2003 y 2004 obtenidas de la cría de inmaduros con parentales colectados en La Paz (Santander - Colombia) en abril de 2002; una prepupa y cuatro larvas de tercer instar, obtenida en La Belleza (Santander - Colombia), fijadas el 27 de diciembre 27 de 2003 y el 10 de noviembre de 2004.

La longitud de los ejemplares medida en larvas vivas fue de entre 82 mm y 88 mm. La cabeza (Figura 10A) es de color pardo oscura rojiza; la anchura cefálica varió entre 14 mm y 16.5 mm; de superficie rugosa, punturada, punturas en densidad de 2 mm a 3 por mm, a veces coalescentes y/o separadas por dos a tres diámetros; frente con una a dos setas frontales posteriores, una a dos setas frontales exteriores, en cada lado; una a dos pequeñas setas frontales anteriores, dos setas en el ángulo anterior de la frente; el resto de la cabeza con tres setas dorso epicraneales, tres a 20 setas

paraocelares, basiantenales, al menos 10 a 15 setas perimetrales a cada lado; clipeo con dos setas clipeales exteriores a cada lado; una seta central clipeal a cada lado; labro asimétrico, bordes laterales con cuatro a siete setas, entre 12 y 20 setas basales y dos setas centrales; stemmata visibles, color claro-ambar. Epifaringe (Figura 10B) con proceso haptomeral convexo, oblicuo y rodeado de setas; acanthoparia con 12 a 13 espinas robustas, ligeramente curvadas, las finales casi recta y próximas a la acroparia, la cual está conformada por cuatro a seis setas robustas; corypha reducida a tres o cuatro setas largas, gymnoparia no muy larga, con la parte media más engrosada, carente de plegmatia; chaetoparia derecha con 10 a 15 sensilas perimetrales y entre 30 y 40 setas cortas robustas en torno al pedium; pedium largo, ensanchado; chaetoparia

izquierda similar, con sensilas al borde y setas más robustas al interior; dexiotorma corta con el ápice aguzado, laeotorma larga; pternotorma pigmentada, globular; placa esclerosada triangular, aguzada; cono sensorial largo, en forma de barra, ápice redondeado; crepis poco pigmentado.

Mandíbula izquierda (Figura 11A, 11B y 11C) con dos ápices incisivos, separados por una muesca incisiva obtusa, sigue otra muesca grande y otro pequeño diente corto de ápice redondeado; en la parte media se observa un área cóncava, inerte, seguida de las coronas molares, la primera (M1), grande y proyectada, las dos siguientes (M2 y M3) contiguas y bajas; acia larga y aguda, brustia pequeña; área estriduladora ventral (Figura 11B y 11C) ovalada, los 18 a 20 primeros surcos

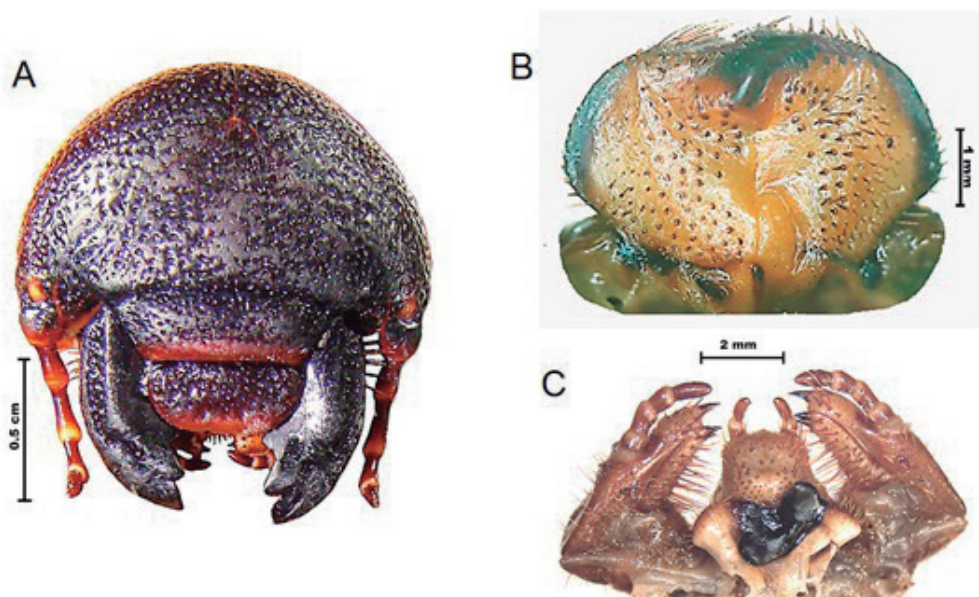


Figura 10. *Dynastes neptunus*. A: Cabeza; B: Epifaringe; C: Labio, máxilas.

más amplios, los restantes 30 a 40 más delgados como líneas, enfrente de esta en su porción media se observa un pequeño mechón de setas largas; mandíbula derecha similar (Figura 11C), se diferencia en el área molar poco proyectada y contigua (M1 unido a M2 y M3); maxila galea con un uncus apical (Figura 10C), aguzado y pigmentado, lacinia con tres unci un poco más pequeños, contiguos en la base; aparato estridulador maxilar conformados por 8 a 10 dientes truncados

y al final uno más grande, casi oblicuo. Labium con 30 a 36 setas en el borde basal (Figura 10C), entre 30 y 35 setas a cada lado; escleroma hipofaríngeo asimétrico, con un lado esclerosado, setoso y el otro abruptamente levantado en un diente anguloso y pigmentado, con 22 a 26 setas en el lóbulo derecho y entre 50 y 56 en el izquierdo; antenas largas y robustas (Figuras 11^a y 11B), segmento apical cupuliforme con la fase dorsal dotada de 10 a 12 fosetas sensoriales (Figura 11B).

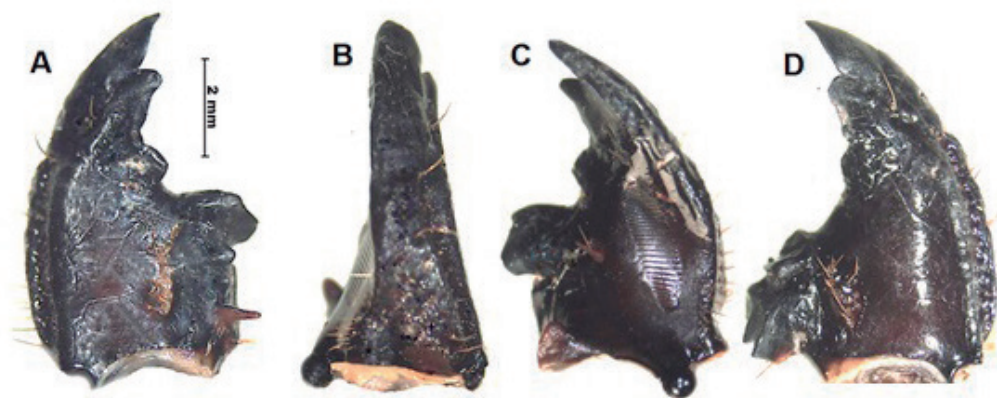


Figura 11. *Dynastes neptunus*. A: Mandíbula izquierda dorsal; B: Mandíbula izquierda lateral; C: Mandíbula izquierda ventral; D: Mandíbuladerecha, dorsal

El tórax presenta espiráculo torácico de entre 2.5 mm de alto y 1.6 mm aprox. de ancho (Figura 12A); placa respiratoria pardo rojiza en forma de C con los ápices contiguos; bulla pequeña levemente convexa (Figura 13C). Escleroma lateral largo, ambarino oscuro, con ápices agudos, disco cóncavo y pigmentado (Figura 12A); placas dorsales del protórax y mesotórax poco diferenciadas, con múltiples setas cortas

espiniformes; placa dorsal del metotórax con bandas más definidas de setas cortas espiniformes y algunas setas largas. Patas (Figura 12C) grandes y robustas, densamente setosas, las pro y mesotorácicas con la uña aguzada y dos pares de setas alternas en cada punto, dos basales y dos subapicales; uña tarsal metatorácica poco aguzada, con dos setas internas y otras dos setas apicales externas (Figura 12C).

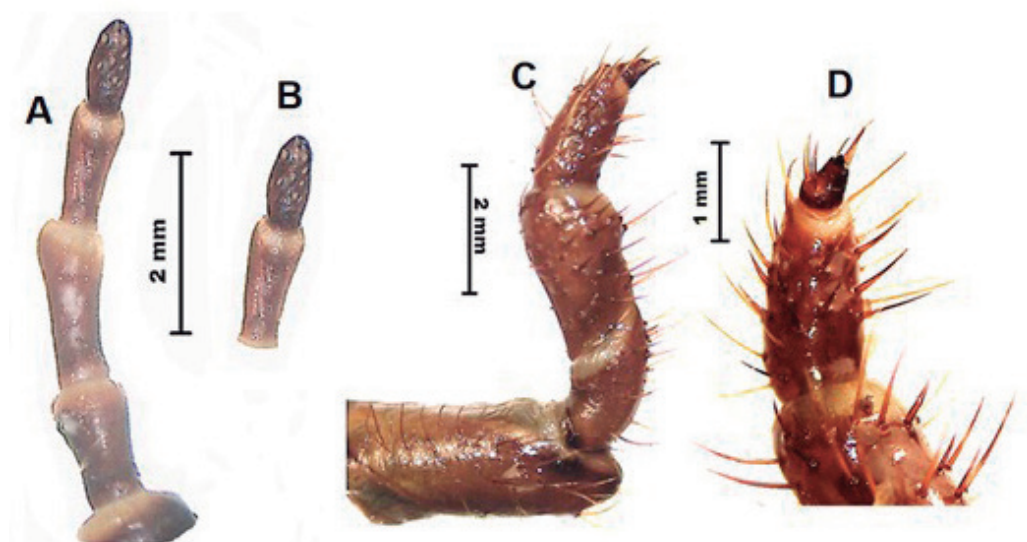


Figura 12. *Dynastes neptunus*. A: antena; B: último y penúltimo segmento antenal, dorsal; C: pata protorácicas; D: tarsungulo, ápice y uña.

Abdomen: espiráculos abdominales I-VIII (Figura 13A) de tamaño similar (entre 1.8 mm y 2.0 mm de alto por 1.7 mm a 1.8 mm de ancho), con placa respiratoria en forma de C y ápices contiguos; bulla poco proyectada; dorsa de los segmentos I-VI con cada placa (prescutum, scutum y scutellum) claramente definida, dotadas de múltiples setas cortas espiniformes y en menor grado setas largas en franjas posteriores; dorsa de los segmentos VII y VIII con placa única (Figura 13B), dotada de bandas de múltiples setas cortas espiniformes y unas pocas setas largas en el borde posterior; dorsa IX similar a VIII; venter I-IX dotado de franjas de entre 20 y 30 setas cortas espiniformes y cinco setas largas; ráster sin palidia (Figura 13D), campus con entre 10 y 12 setas cortas espiniformes y entre 8 y 10 setas largas entremezcladas; tege triangular dotado de

entre 28 y 32 setas, entre 16 y 18 setas cortas espiniformes y de 8 a 10 setas largas; labio anal inferior con poco más de 100 setas cortas espiniformes y una cifra similar de setas largas casi alineadas al borde del labio anal; barbula densamente setosa, setas largas; abertura anal larga, poco curvada.

***Dynastes neptunus* Quenzel.** Pupa: descripción de macho y redesccripción de hembra. (Figuras 14, 15 y 16).

En la descripción de inmaduros de *D. neptunus* (Onore & Morón, 2004), se describió detalladamente el caso de la pupa de hembra, dejando con pocos elementos la del macho, la cual tenía problemas de preservación; igualmente dicho trabajo ilustró pupas macho y hembra con una vista somera

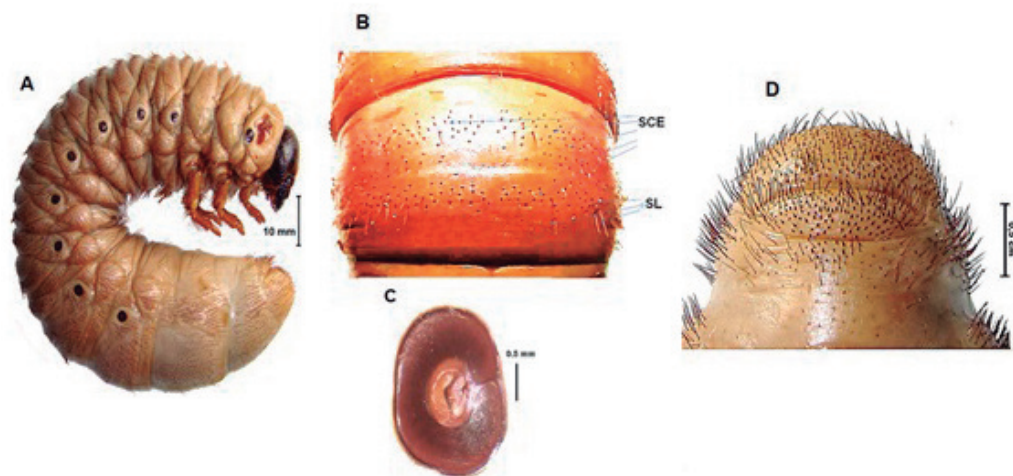


Figura 13. *Dynastes neptunus*. A: larva de tercer instar, lateral; B: dorsal segmento abdominal VII; C: estigma respiratorio torácico; D: abdomen, ráster (Abreviaturas: SCE: setas cortas espeiniformes. SL: setas largas.

y algo oscura de los ejemplares; esta nota se propuso subsanar este vacío describiendo e ilustrando ambos casos.

La descripción se basó en cuatro pupas (tres masculinas y una femenina) fijadas en 2003 y 2004, obtenidas de larvas criadas a partir de adultos colectados en La Paz (Santander – Colombia), a una altura de 1.500 a 1.600 msnm, en abril de 2002; dos exuvias pupales fijadas en abril de 2005 obtenidas de la cría de inmaduros con parentales colectados en La Paz, en abril de 2002; una exuvia pupal fijadas en 2007 obtenida en diciembre de 2004 en La Belleza (Santander – Colombia).

Descripción del macho (Figura 14): longitud corporal de entre 78 mm y 79 mm; exarata, cuerpo robusto, ovalado, color

amarillo oscuro, con pequeñas manchas o lunares negros dispersos en todo el cuerpo; cabeza ubicada en posición ventral al protórax (Figura 14B y 14C), región frontal abultada, proyectada, con un cuerno corto (macho minor); la región anterior de la cabeza bosqueja los ápices de estructuras bucales y sensoriales (Figura 16C), clipeo transverso, tumido, bilobulado, con una leve muestra central anterior en forma de “Y”, labro ubicado centralmente bajo el clipeo (Figura 16C); ápices mandibulares y antenales visibles, palpos maxilares y labiales con anillos visibles; ojos casi ocultos; labium constreñido por los palpos; Tórax, pronotum transverso, dotado de cuerno (Figura 16C); borde anterior sinuado, con proyecciones laterales que rodean la cabeza, borde posterior levemente bisinuado con los ángulos posteriores bastante redondeados;

mesotórax dorsalmente visible, borde anterior recto y el posterior centralmente proyectado en forma obtusa; sutura ecdisial longitudinal visible; proceso proesternal visible y proyectado en forma de disco (Figura 14A); mesosternum oculto parcialmente bajo las podo y pterotecae (Figura 14A); metanoto grande, anteriormente biescotado, borde posterior casi recto, levemente sinuado y surco ecdisial longitudinal visible, en la parte anterior expone un bosquejo triangular; pterotecae mesotorácicas dorsal y lateralmente visibles y muy proyectadas, las pterotecae metatorácicas parcialmente ocultas, visibles al ápice (Figuras 15B y 15C); podotecae bastante visibles, largas, las protorácicas dirigidas hacia la región esternal, las meso y metatorácicas hacia los lados y atrás, dejando ver a los extremos los

anillos tarsales (Figura 14C). Abdomen con nueve segmentos basalmente más anchos (Figura 14); espiráculo I presente, oculto bajo el borde posterior torácico (visible en exuvias pupales); espiráculos II, III y IV, visibles dorsalmente (Figuras 14^a y 14B), en todos los casos con los peritremas pigmentados, ovalados, casi tres veces más largo que ancho; V, VI y VII ocluidos, vestigiales, carentes de peritrema esclerosado, VIII no visible; región tergal de los segmentos I-VII con seis pares de órganos dioneiformes, bien definidos y medianamente pigmentados (Figuras 15^a y 15B); órgano dioneiforme VI no pareado (Figura 14A), porción proximal no definida, porción posterior bien formada; ese mismo tergito presenta, bosquejado en el borde posterior, el rastro de una valva de órgano dioneiforme muy vestigial (Figura

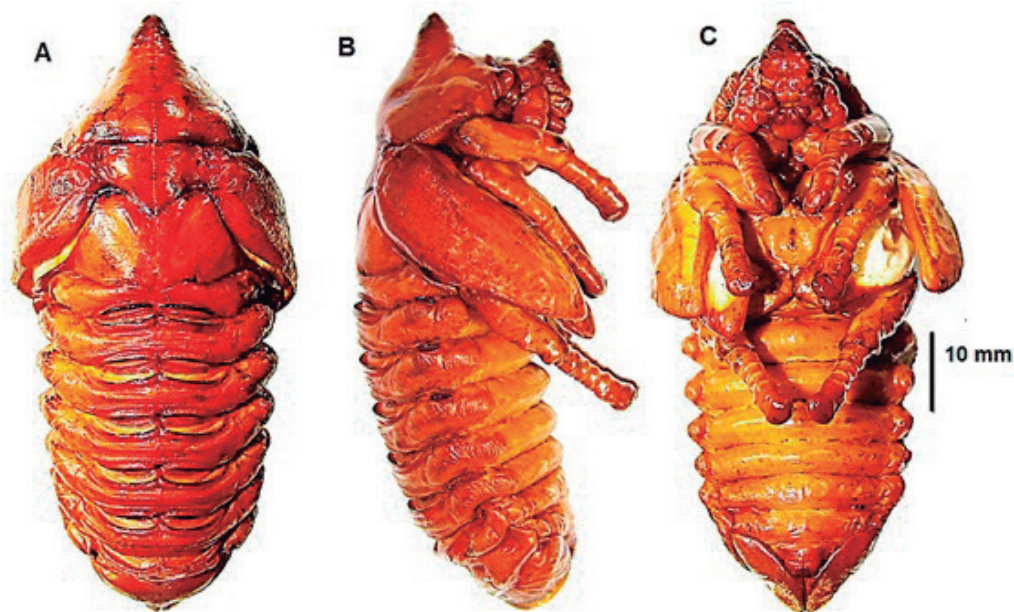


Figura 14. *Dynastes neptunus*. Pupa macho: A: dorsal; B: ventral; C: lateral.

16D a); **área tergal del segmento VIII con dos** profundas oquedades en forma de riñón (Figura 16D b); segmento IX aguzado, triangular, apicalmente bifurcado, con una densa cobertura setosa dorada; esternito I oculto bajo la podotecae; esternitos II, III, IV, V, VI y VII muy cortos en forma de franjas convexas, con ápices laterales en forma de muñones; esternitos VIII y IX aguzados, en la región ventral dejan ver el ámpula genital masculina, con forma de cilindro, en dos piezas contiguas, la apical redondeada.

Hembra: redesccripción (Figura 15), longitud de entre 66 mm y 67 mm, anchura máxima del tórax entre 29 mm y 30 mm; cuerpo muy similar al del macho, del cual difiere por algunos pocos rasgos genéricos. Cuerpo robusto, ovalado, color amarillo oscuro; cabeza en posición ventral al protórax (Figuras 15B y 15C); frente abultada con sendas oquedades a cada lado (Figura 15D);

estructuras bucales y sensoriales visibles similares a las del macho. **Tórax, pronotum convexo**, disco inerme, con una corta proyección anterior en forma de tubérculo (Figura 15A); abdomen con el espiráculo I oculto, los espiráculos II, III y IV visibles, con peritrema pigmentado (Figura 15A); los siguientes V, VI y VII ocluidos, vestigiales (Figuras 15^a y 15B); órganos dioneiformes presentes en los segmentos I a VII, en I a VI pareados (Figura 15A), en VII no pareado (Figura 15B); ámpula genital levemente convexa, con bosquejo de genitales, ápice abdominal que culmina en una orqueta pubescente dotada de setas finas doradas.

Aspectos biológicos: Sobre esta especie y su ciclo de vida existen muchas imágenes y datos, pero ningún trabajo formal fue observado sobre su ciclo de vida; Onore & Morón (2004) realizaron varios aportes biológicos y ecológicos, como la definición

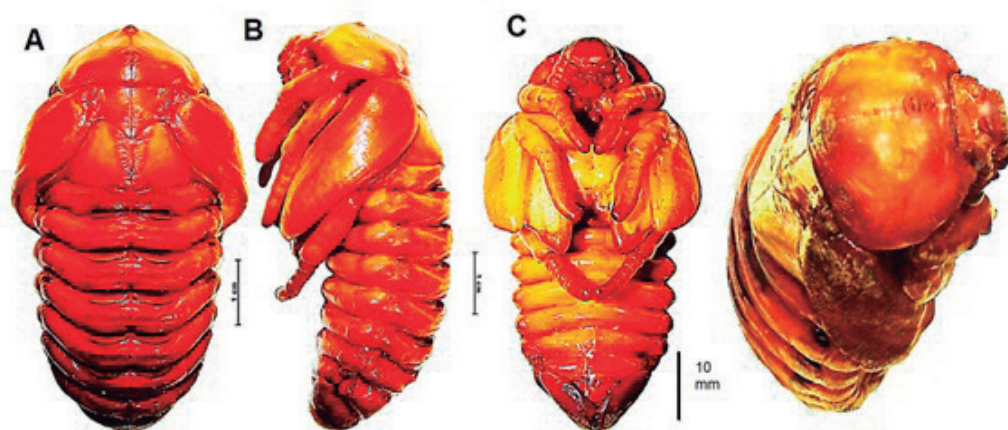


Figura 15. *Dynastes neptunus*. Pupa hembra: A: dorsal; B: lateral; C: ventral; D: protórax, dorso-lateral.

de su hábitat, sustrato de las larvas y adultos, comentarios sobre las cámaras pupales. Tras lidiar con obstáculos logísticos, locativos y legislativos, se logró obtener los datos anotados en las tablas 1 y 2, que resumen dos ensayos realizados desde 1998 hasta 2004; a reserva de examinar con más detalle y en un espacio mayor dichos logros (Pardo-Locarno, *in lit*), por ahora podría exponerse que el ciclo de vida varió de 1.4 a 2.5 años, evidenciándose que las medias del ciclo de vida de esta especie fueron ligeramente más larga que la de *D. hercules*, observándose varios casos que demoraron tres años o más para llegar al estado adulto, con algunos casos que sobrepasaron esa cifra y que por ahora, se excluyeron de la tabla, mientras se logra una mejor interpretación de los resultados. Los estados de crecimiento evidenciaron datos más discretos en cuanto a la anchura cefálica, variando en proporciones aproximadas de 1.7 a 1.9 entre el instar I y el III. De manera similar, las excretas larvales variaron de manera discreta desde 4 mm de largo hasta los 2.2 mm de ancho en instar I, 8 mm a 9 mm de largo y entre 4.5 mm y 5 mm de ancho en instar II y entre 14 mm y 15 mm de largo y 5 mm de ancho en las de último instar (Figura 16A). A nivel de huevo se observó la elongación del corion, que va de 1.5 a 1.6 veces (Figura 16B); las medias de anchura y longitud corporal de larvas de II y III instar, se correspondieron con ejemplares de talla pequeña y mediana (machos entre 57 mm y 62 mm y hembras de entre 52 mm y 54 mm), inferiores a las de los parentales.

Aunque varios aspectos podrían ser argumentados, por ejemplo, problemas

dietarios (Karino *et al.*, 2004), surgen inquietudes en torno a la temperatura media, algo que se correspondería con el hecho de que los parentales se colectaron a 1900 msnm, o sea, la típica distribución altoandina de la especie (Pardo-Locarno *et al.*, 2020). Ello no descartaría a los requerimientos alimenticios, como las características de la madera descompuesta o el sustrato derivado de árboles específicos (Onore & Morón, 2004). En la búsqueda de respuestas concretas y con la intención adicional de lograr ciclos más cortos y de cohortes más grandes, se recomienda optar por cambios sustanciales, como es la cría *in situ*, y explorar su articulación a procesos comunitarios en mercados verdes, que pudieran revertir los efectos negativos del comercio ilegal (Amat *et al.*, 2003). *D. neptunus* ha presentado la distribución tropandina más extendida del género en Colombia, evidenciando datos de colecta en las cuencas de los ríos Cauca y Magdalena y en las tres cordilleras colombianas, en altitudes que varían de 1.500 msnm a 2.500 msnm (Pardo-Locarno, 2005; Pardo-Locarno *et al.*, 2020); aspectos más detallados sobre la distribución departamental y altitudinal de esta especie en Colombia han sido compilados por el primer autor (Pardo-Locarno, *in litt*).

Clave para larvas de tercer instar de las especies de *Dynastes* (Basado en Ritcher, 1966; Morón, 1987; Onore & Morón, 2004; Villamarín-Cortes *et al.*, 2016)

1. Cada uña tarsal con cuatro setas apicales, dos setas internas, contiguas, en posición basal y otras dos setas externas,

- contiguas, en posición subapical (Figuras 12C y 12D). Acanthoparia con nueve a 13 setas robustas curvadas. Región dorsal del último segmento antenal con cinco a 10 fosetas sensoriales (Figuras 12A y 12B). Venezuela, Colombia hasta Perú . *Dynastes (Theogenes) neptunus* Quenzel.
- 1' Cada uña tarsal con solo dos setas, una seta interna, en posición basal y otra seta externa en posición apical; demás caracteres diferentes 2
2. Acanthoparia con cinco a seis setas robustas curvadas. Teges con 15 a 16 setas cortas espiniformes. Chaetoparia derecha de la epifaringe con seis a ocho setas cortas; dos a tres setas dorsoepicraneales. México, Honduras *Dynastes hyllus* Chevrolat.
- 2' Acanthoparia con 10 a 16 setas robustas curvadas. Setas frontales anteriores ausentes; otros caracteres diferentes 3
3. Acanthoparia con 14 a 16 setas robustas curvadas, contigua a la acroparia; dos setas anteriores frontales a cada lado 4
- 3' Acanthoparia con 10 a 12 setas robustas curvadas, demás caracteres diferentes 5
4. Teges con 10 a 14 setas hamatae; chaetoparia derecha de la epifaringe con pocas o ninguna sensila. USA *Dynastes granti* Horn.
- 4' Teges con 16-35 setas hamatae; chaetoparia derecha de la epifaringe con numerosas sensilas. USA *Dynastes tityus* (L.)
4. Cabeza con cuatro a cinco setas dorsoepicraneales; región dorsal del último segmento antenal con 10 a 12 fosetas sensoriales. Colombia (cuenca del Río Magdalena y Cordillera Oriental), Venezuela, Ecuador, etc *Dynastes hercules lichyi* Lachaume.
- 4' **Cabeza con dos a tres setas dorsoepicraneales; región dorsal del último segmento antenal con seis a ocho fosetas sensoriales.** Colombia (costa pacífica), Ecuador (occidente) *Dynastes hercules occidentalis* Lachaume.

Key to Species of Dynastes Larvae

(Modified from Richter, 1966; Morón, 1987; Onore & Morón, 2004; Villamarín-Cortes et al., 2016)

1. Each tarsal claw with two internal, nearly basal setae, and two external, preapical setae (Figures 12C y 12D). Dorsal surface of last antennal segment with five to 10 sensory spots. Colombia, Ecuador, Perú, Venezuela *Dynastes (Theogenes) neptunus* Quenzel.
- 1' Each tarsal claw with one internal, nearly basal setae, and one external, preapical setae 2
2. Acanthoparia with five to six spine-like, short setae. Teges with 15-16 short setae. Right chaetoparia of epipharynx with six to eight sensilla. México, Honduras *Dynastes hyllus* Chevrolat.

- 2' Acanthoparia with 10-12 spine-like, short setae. Anterior frontal setae absent .. 3
3. Acanthoparia with 13-14 spine-like, short setae. Two anterior frontal setae 4
- 3' Acanthoparia with 10-12 spine-like, short setae, other different characters 5
4. Teges with 10-14 short, flattened tapering setae. Right chaetoparia of epipharynx with 2-4 sensilla or without sensilla. Head capsule with six to eight dorsoepicranial setae on each side. USA
Dynastes granti Horn.
- 4' Teges with 15-35 short, flattened tapering setae. Right chaetoparia of epipharynx with 12 to 20 sensilla. USA
Dynastes tityus (Linné).
5. Head capsule with four to five dorsoepicranial setae. Dorsal surface of last antennal segment with 10-12 sensory spots. Magdalena River, eastern mountain range of Colombia, Venezuela, etc.
Dynastes hercules lichyi Lachaume.
- 5' **Head capsule with two or three dorsoepicranial setae. Dorsal Surface of last antennal segment with six to eight sensory spots.** Pacific coast of Colombia and Ecuador *Dynastes hercules occidentalis* Lachaume.

Clave para pupas de las especies colombianas de *Dynastes* Kirby

1. Borde posterior del área tergal VII con el rastro de una valva de órgano

dioneiforme muy vestigial (Figura 16E a). Área tergal del segmento VIII con dos profundos hoyuelos en forma de riñón (Figura 16E b) *Dynastes (Theogenes) neptunus* Quenzel.

- 1' Borde posterior del área tergal VII con leve sinuado, sin rastro de valva de órgano dioneiforme vestigial (Figura 16D a). Área tergal del segmento VIII con dos oquedades largas y someras (Figura 16D b) *Dynastes hercules* (L). 2
2. Zona media dorsal de las áreas tergaes IV, V, VI y VII con una banda grisácea transversa (Figura 1B, 1C), nítidamente visible, con amplitud cercana al ancho de los órganos dioneiformes, cuando presentes *D. h. lichyi* Lachaume.
- 2' Zona media dorsal de las áreas tergaes IV, V, VI y VII carentes de banda grisácea transversa (Figura 8A), si presente, poco definida, poco visible, del mismo color del área tergal *D. h. occidentalis* Lachaume.

Key to Colombian Species of *Dynastes* pupa

1. Posterior border of tergal area VII with the trace of a very vestigial dioneiform organ valve (Figure 16E a). Tergal area of segment VIII with two kidney-shaped, deep impressions *Dynastes neptunus* Quenzel.
- 1' Posterior border of tergal area VII without trace of vestigial dioneiform organ valve; Tergal area of segment VIII

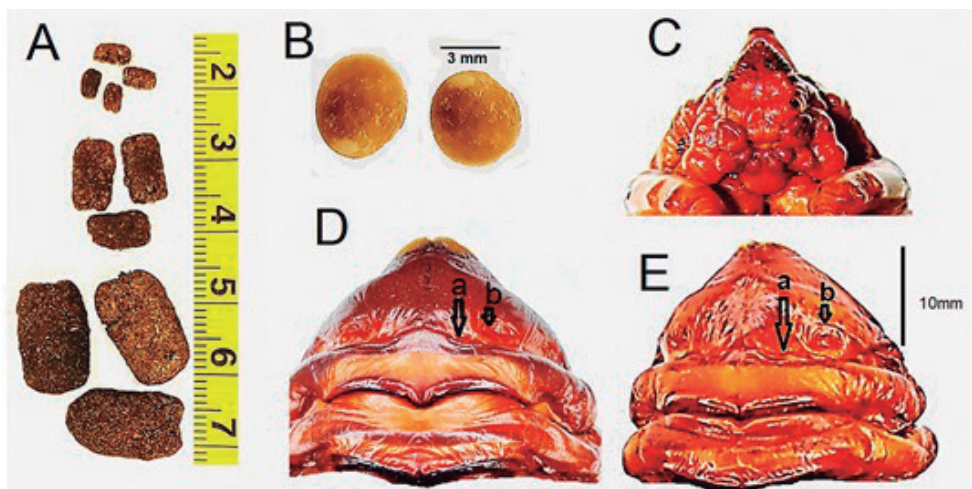


Figura 16. *Dynastes neptunus*. A: excretas de todos los estadios; B: huevos elongados; C: pupa macho, cabeza vista ventral; D: pupa *Dynastes hercules lichyi*, borde posterior de la dorsa del VII y VIII segmento abdominal; pupa *Dynastes neptunus*, borde posterior de la dorsa del VII y VIII segmento abdominal (Abreviaturas: a: borde posterior de la dorsa VII; b: lateral de la dorsal del segmento VIII).

with two long and shallow cavities
Dynastes hercules (L) 2

2. Middorsal area of tergal areas IV, V, VI and VII with a transverse gray band, clearly visible (Figure 1B, 1C), with width close to the width of the dioneiform organs *D. h. lichyi* Lachaume.
- 2' Middorsal area of tergal areas IV, V, VI and VII lacking transverse grayish band, if present, poorly defined, not very visible, of the same color as the tergal area *D. h. occidentalis* Lachaume.

Conclusiones

Los estudios de Richter (1966) y de Onore & Morón (2004) dejaron ver las dificultades

de describir larvas longevas de *Dynastes*, lo que propicia vacíos o ambigüedad descriptiva. Esta investigación confirmó el desgaste de integumento, del aparato bucal, pérdida de múltiples setas cefálicas y de la uña tarsungular. Este desgaste resulta más evidente en piezas del tejido exuvial, algo que se subsanó por la afortunada disponibilidad de ejemplares bien dotados. La quetotaxia de los apéndices (tarsúngulo), de los teges, de la acanthoparia y del dorso epicráneo se consideran, por ahora, focales en este género. La acanthoparia de *Dynastes hercules* se observa más dotada de setas (entre 12 y 14), algo en lo que coincide con la figura 13 de Villamarín-Cortez *et al* (2016). En lo referente a la descripción de larvas de tercer instar de *D. neptunus*, se observó menor variabilidad en los datos

de la quetotaxia cefálica, respecto a los registrados por el Maestro Morón (Onore & Morón, 2004), algo que podría atribuirse al estado de conservación de los ejemplares disponibles para la descripción.

La morfología de inmaduros (larvas) de *Dynastes* podría aportar mucho a la discusión de la taxonomía del género. De acuerdo con este trabajo y los estudios consultados (Morón, 1987; Onore y Morón, 2004; Richter, 1966) la morfología larval del género evidencia una gran similitud, siendo relativamente muy afines *D. hyllus* Chevrolat, *D. granti* Horn, *D. tityus* (Linne) y *D. hercules*; esta cercanía fue mayor en el caso de las larvas de las dos subespecies de *Dynastes hercules* aquí estudiadas, algo que por ahora no apoya o descarta erigir especies (Huang, 2017). En este escenario, *Dynastes neptunus* Quenzel fue el caso que evidenció mayor divergencia.

Los estados pupales constituyen una fase muy conservadora de la morfología de los Melolonthidae (Morón, 1993); en ese sentido, las pupas de *Dynastes* conocidas *D. hyllus* Chevrolat y *D. neptunus* Quenzel (Morón, 1987; Onore & Morón, 2004) y las aquí descritas (dos subespecies de *D. hercules*) evidenciaron una notable similitud morfológica, escenario en el cual *D. neptunus*, nuevamente, mostró divergencia en cuanto a los caracteres dorsales de los segmentos VII y VIII.

El género *Dynastes* MacLeay, 1819, incluye los subgéneros *Dynastes* y *Theogenes* Burmeister, 1847, este último con dos especies exclusivamente andinas y suramericanas, distinguibles por el dorso

negro y el pretarso engrosado (Endrodi, 1976; Huang, 2017; Hwang, 2011), estas son *D. neptunus* Quenzel y *D. satanas* Moser. El subgénero *Theogenes* Burmeister ha sido desestimado a lo largo del tiempo (Endrodi, 1976; Hwang, 2011), sin embargo ha sido afirmado en esta publicación, pues se ha evidenciado clara divergencia en cuanto a la morfología larval y la de la pupa, algo que serviría para consolidar su condición de subgénero y, quizás, de hipótesis para restablecerlo como género válido, dejando un manto de inmensa inquietud en torno a la morfología larval de su símil *D. satanas* de Yungas Bolivia (Endrodi, 1976; Hwang, 2011)

Agradecimientos

Múltiples circunstancias se conjugaron en la iniciativa personal de sacar adelante esta investigación de tantos años, por ello doy gracias a la vida y a un ser superior, porque entre tantos limitantes y largo tiempo de trabajo fue posible terminar este carísimo informe. El primer autor agradece a sus compañeros de investigación en especial al ingeniero Andrés Felipe Serna por el inmenso apoyo de laboratorio durante años y a Libardo Suárez Fonseca (Corponor), fiel colega y amigo, por facilitar el complejo trámite para la visita, colecta y transporte de los ejemplares para estudio científico. Durante 1998 y 1999 al inicio de los ensayos se contó con el apoyo del señor Javier Sinchi. Elena de la Concepción Gómez-Duque y Harold Villota apoyaron la fase de laboratorio entre 2008 y 2010; Velia Carolina Pardo apoyó la fase de laboratorio

(2010– 2012). El primer autor agradece el acompañamiento en campo y la donación de ejemplares por parte de la empresa Zoonatura (familia Urbina) y la familia Vargas (Otanche y La Belleza, Santander – Colombia); en el Valle del Cauca a José Murillo y Amparo Bubú (Consejo Comunitario del Alto y Medio Dagua-CCAMDA) por el apoyo en campo y cría en 2011 y 2012. Se agradece el apoyo institucional de Julián Rentería (CVC), Enrique Murgueitio y Gunnar Mordhorst (CIPAV); así mismo del IIAP (1999– 2003; 2009), CVC (proyectos 1995–96, 2005; 2011–2012), Corpoamazonia (Alex Mejía, PhD. e ingeniera Ligia Stella Peñafiel) y a la Universidad del Pacífico (2014–2020). Agradecimientos por la bibliografía compartida por Fernando Vaz de Mello y Miguel Ángel Morón, igualmente a Paul Schoolmeester.

Referencias

Amat, G., Gasca, H., y Amat, E. 2003. Guía para la cría de Escarabajos. Fundación Natura – Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. 80 p.

Ardila, N.Y y Sánchez, P. 2017. Relación entre las características del hábitat y la producción de individuos adultos de *Dynastes hercules* en relictos de bosque con diferente esfuerzo de caza. *Acta Biológica Colombiana*, 11(1), 141–142. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/27506>

Arrow, G. 1951. Horned Beetles: A study of Fantastic in Nature. W. Junk, Publishers, The Hague. Netherland. 180 pp.

Ballesteros-Meza, L.F. y Amat-García, G. 2006. Caracterización de hábitat y abundancia local de *Dynastes hercules* (Coleoptera: Melolonthidae: Dynastinae) en bosques subandinos del departamento de Santander, Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 11(1), 170. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/27581>

Blackwelder, R.E. 1944. Checklist of the coleopterous insects of Mexico, Central America, the West Indies, and South America,

pt. 2. Bulletin of the United States National Museum. i–iii, 189–341. Disponible en: <https://doi.org/10.5479/si.03629236.185.2>

Costa, C., Vanin, S.A. y Casari-Chen, S. 1988. Larvas de coleoptera do Brasil. São Paulo: Museu de Zoologia. Disponible en: <https://doi.org/10.5962/bhl.title.100233>

Dechambre, R. P., 1980. Le genre *Dynastes* (Col. Scarabaeoidea Dynastidae). Bulletin Sciences Nat, 27: 5–10.

Dupuis, F. y Dubois, D. 1997. Etude des facteurs contrôlant la croissance larvaire de *Dynastes hercules lichyi* (Coleoptera Dynastidae). Bulletin de la Société entomologique de France, 102 (4): 355–362. Disponible en: <https://doi.org/10.3406/bsef.1997.17356>

Eberhard, W.G. 1977. “Fighting Behavior of Male *Golofa Porteri* Beetles (Scarabeidae: Dynastinae)”, *Psyche: A Journal of Entomology*, 84 (3–4): 292–298. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/1977/19030>

Eberhard, W. G. 1980. Horned beetles. Scientific American, 242(3), 166–183.

Emlen, D.J., Hunt, J., Simmons, L.W. 2005. Evolution of sexual dimorphism and male dimorphism in the expression of beetle horns: phylogenetic evidence for modularity, evolutionary lability, and constraint. *Am Nat.* 166: S42–S68. Disponible en: <https://doi.org/10.1086/444599>

Endrödi, S. 1985. The Dynastinae of the World. Akadémiai Kiadó, Budapest. 800 pp.

Endrödi, S. 1976 Monographie de Dynastinae 6. Tribus: Dynastini *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 22(3–4): 217–269.

Figuerola Potes, A., 1977. Insectos y Acarinos de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Palmira: 685 pp.

Gasca-Álvarez, H.J. 2011. Beetle breeding and its applicability in conservation. *Scarabs* 59: 1-5.

Gasca-Álvarez, H.J., y Amat-García G. 2010. Synopsis and key to the genera of Dynastinae (Coleoptera, Scarabaeoidea, Scarabaeidae) of Colombia. *Current advances in Scarabaeoidea research*. *ZooKeys* 34: 153-192. Disponible en: <https://doi.org/10.3897/zookeys.34.309>

Gasca-Álvarez, H.J., López-García, M. y Brett Ratcliffe. 2018. Dynastinae de Colombia (Coleoptera: Scarabaeidae): estado actual de conocimiento. En *Escarabajos del Neotrópico*. Cuautemos Deloya & Héctor Jaime Gasca-Álvarez Coordinadores. P 98-128. México. ISBN: 978-607-7552-26-0.

Gruner, L. y Chalumeau, F. 1977. Biologie et élevage de *Dynastes h. hercules* in Guadeloupe (Coleoptera Dynastinae). *Annales de la Société Entomologique de France*, 13: 613-624.

Hernández-Camacho, J. y Sánchez Páez, H., 1992. Biomas Terrestres de Colombia. En: G. Halffter (compilador). *La diversidad biológica de Iberoamérica I*. Instituto de Ecología. A. C. Xalapa, Veracruz, México, pp. 153-173.

Hernández-Camacho, J., Hurtado Guerra, A., Ortiz Quijano, R. y Walschburger, T. 1992. Unidades Biogeográficas de Colombia. En: G. Halffter (compilador). *La diversidad biológica de Iberoamérica*. Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, Veracruz, México, pp. 105-151.

Huang, J.P. 2017. The Hercules beetles (subgenus *Dynastes*, genus *Dynastes*, Dynastidae): a revisionary study based on the integration of molecular, morphological, ecological, and geographic analyses. *Miscellaneous Publications Museum of Zoology, University of Michigan*, No. 206 Ann Arbor. P 1-27. ISSN 0076-8405.

Hwang, S-M-R. 2011. *The Dynastini of the World. Nature and Ecology (Academic Series), Volume 4*. Seoul, South Korea. 368 pp.

Karino, K., Seki, N. y Chiba, M. 2004. Larval nutritional environment determines adult size in Japanese horned beetles *Allomyrina dichotoma* (author's version). Ecological Research, 19(6): 663-668. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1440-1703.2004.00681.x>

Lachaume, G., 1985. Dynastini 1. The Beetles of the World. Sciences Nat., Venette, 5: 85 pp.

María, Hno. Apolinar (Nicolas Seiler). 1944. Vocabulario de Términos Vulgares en Historia Natural Colombiana. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. 6 (21) :16-31, p. 18.

María, Hno Apolinar (Nicolas Seiler), 1945. Vocabulario de Términos Vulgares en Historia Natural Colombiana. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. 6 (22-23): 172-204, 2 pls: 173 y 201.

Morón, M. A. 1984. Escarabajos 200 millones de años de evolución. Instituto de Ecología. México D.F. 132 pp.

Morón, M. A., 1987. Los estados inmaduros de *Dynastes hyllus* Chevrolat (Coleoptera Melolonthidae Dynastinae); con observaciones sobre su biología y el crecimiento alométrico del imago. Folia Entomológica Mexicana, 27: 33-74.

Morón, M. A. 1993. Observaciones comparativas sobre la morfología pupal de los Coleoptera Melolonthidae neotropicales. *Giornale italiano di Entomologia*, 6(33): 249-255.

Morón, M. A. 2009. El género *Dynastes* MacLeay, 1819 en la Zona de Transición Mexicana (Coleoptera: Melolonthidae: Dynastinae). Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa 45: 23-38.

Morón, M. A. & Pardo Locarno, L. C., 1994. Larvae and Pupae of *Golofa* Hope (Coleoptera: Melolonthidae, Dynastinae) from Colombia. The Coleopterists' Bulletin, 48 (4): 390-399.

Onore, G. y Morón, M. 2004. *Dynastes neptunus* Quenzel (Coleoptera: Scarabaeidae: Dynastinae); descripción de la larva del tercer estadio y pupa, con notas sobre su biología. *Coleopterists Bulletin*, 58, 103 – 110.

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), en: Diversidad y Manejo de Plagas Subterráneas. Publicación Especial de la Sociedad Mexicana de Entomología, pp 83-90.

Pardo-Locarno, L. C. 1997. Estudios Básicos para la Zoocría de Insectos Coleópteros con fines Comerciales. Documento interno CVC. 57pp. Centro de documentación CVC-Cali, Colombia.

Pardo Locarno, L. C. 2006. Estudio de caso: Zoocría de Coleopteros en el Pacífico del Valle del Cauca. En: Enrique Murgueitio 2006. Uso Sostenible de la biodiversidad en ecosistemas y hábitats transformados. Chaves, M. E. y Santamaría, M. (Eds). 2006. Informe sobre el avance en el conocimiento y la información de la biodiversidad 1998-2004. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C. pp 400-401.

Pardo Locarno, L. C. 2011. Proyecto Aunar esfuerzos técnicos y económicos para mitigar el impacto sobre los recursos naturales y el medio ambiente a través de la implementación de sistemas productivos sostenibles en Sabaletas, Cordoba y Bajo Dagua, Municipio de Buenaventura, Convenio. 218-2010. CVC-AAFP. Informe técnico final (Documento interno CVC). Pp 50.

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., Villalobos-Moreno, A. y Franco, M. P. 2020. Escarabajos Dynastini Macleay, 1819 (Coleoptera: Scarabaeoidea: Melolonthidae) de Colombia. En: VII Curso Escarabajos de Colombia (Coleoptera: Scarabaeoidea) taxonomía, biología y ecología. LC Pardo-Locarno, MC Gallego-Roperó & J Montoya-Lerma Editores. Popayán, Cauca. Pp: 101-116. ISBN: 978-958-49-1590-0.

Ratcliffe, B. C. 2003. The dynastine scarab beetles of Costa Rica and Panama (Coleoptera: Scarabaeidae: Dynastini). Bulletin of the University of Nebraska State Museum, 16, 1-506.

Ratcliffe, B. C., Cave, R D. y Paucar-Cabrera, A. 2006. The dynastine scarab beetles of Ecuador (Coleoptera: Scarabaeidae: Dynastinae). Bulletin of the University of Nebraska State Museum 32: 1-586.

Restrepo, H., Morón, M. A., Vallejo, F., Pardo-Locarno, L. C. y López-Ávila, A., 2003. Catálogo De Coleóptera Melolonthidae (Scarabaeidae Pleurosticti) de Colombia. Folia Entomológica Mexicana, 42(2): 239-263.

Ritcher, O. P. 1940. Kentucky White Grubs. Kentucky Agricultural Station. Bulletin 401: 71-157.

Ritcher, O. P. 1944. Dynastinae of North America With Descriptions of the larvae and Keys to Genera and Species (Coleoptera: Scarabaeidae). Kentucky Agricultural Station. Bulletin 467: 1-56.

Ritcher, O. P. 1966. White Grubs and their Allies. Oregon State University Press: 219 pp.

Snodgrass, RE. 1967. Insects their Ways and Means of Living. Dover Publications, Inc. New York. 362 p.

Escarabajos copronecrófagos (coleoptera: scarabaeinae) de la colección entomológica de la universidad de caldas (CEBUC)

Título corto: Escarabajos copronecrófagos de la CEBUC

Copronecrophagus beetles (coleoptera: scarabaeinae) from the Entomological Collection of the University of Caldas (CEBUC)

Short title: Copronecrophagous beetles of CEBUC

Israel Navarro-Quintero¹
Stefany Gil-González²
Diana Fernanda Álvarez-A³
Daniela Jaramillo-Rivera⁴
Bedir German Martínez-Q⁵
Sebastián Villada-Bedoya⁶

¹ *Biólogo, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia*
E-mail: israel.dung.beetle@gmail.com

² *Programa de Biología, Grupo Entomológico de la Universidad de Caldas (GEUC), Grupo de Ecología de Anfibios y Reptiles (GEDAR), Semillero de Ecotoxicología, Conservación, Biodiversidad y Educación ambiental (ECOB), Universidad de Caldas, Manizales Colombia.*
E-mail: stefany.biologiaucaldas@gmail.com

³ *Bióloga, Grupo de Ecología de Anfibios y Reptiles (GEDAR), Universidad de Caldas, Manizales, Colombia.*
E-mail: alvarezagudelodianafernanda@gmail.com

⁴ *Bióloga, Grupo Entomológico de la Universidad de Caldas (GEUC), Grupo de investigación en Biodiversidad y Recursos Naturales (Bionat), Universidad de Caldas, Manizales, Colombia.*
E-mail: dan.jaramillo.795@gmail.com

⁵ *Biólogo, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia.*
E-mail: sbedirge@gmail.com

⁶ *Red de Ecoetología, Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, 91070, Veracruz, México. E-mail: escarasebas@gmail.com*

Historia del artículo

Fecha de recepción:
07-07-2021
Fecha de aceptación:
21-10-2021

DOI: <https://doi.org/10.47374/novcol.2021.v16.1966>

Resumen

Las colecciones biológicas son repositorios de información sobre la biodiversidad y cumplen un rol fundamental para docencia e investigación. Entre las 476 colecciones biológicas de Colombia se encuentra la Colección Entomológica del Programa de Biología de la Universidad de Caldas (CEBUC), la cual posee un acervo importante sobre los escarabajos copronecrófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) principalmente del Eje Cafetero. Este grupo de insectos es de gran importancia debido a que están involucrados en diversos procesos ecológicos (e.g., ciclaje de nutrientes). Además, son considerados indicadores biológicos de perturbación antrópica, por lo cual, han sido ampliamente estudiados. El objetivo de este trabajo fue realizar la sistematización de los escarabajos copronecrófagos de la CEBUC y contribuir al conocimiento de la subfamilia en Colombia. Se realizó la revisión, identificación taxonómica y sistematización de los ejemplares, y se generaron mapas de distribución. Se encontraron 3751 ejemplares distribuidos en 18 géneros, donde *Dichotomius*, *Onthophagus* y *Uroxys* fueron los más abundantes, mientras que *Pseudocanthon*, *Sulcophanaeus* y *Cryptocanthon* fueron los géneros menos abundantes. Los agroecosistemas ganaderos, la vegetación secundaria y el bosque subandino húmedo fueron los usos del suelo con mayor cantidad de registros; los agroecosistemas de cultivos permanentes fueron los ecosistemas con menor número de registros. La CEBUC alberga casi la mitad de los géneros de escarabajos copronecrófagos reportados

para el país, con registros en diferentes ecosistemas transformados y conservados. Por lo tanto, la CEBUC se proyecta como un referente importante para estudios de conservación, taxonómicos, ecológicos y de planificación ambiental en el país.

Palabras clave: biodiversidad, usos del suelo, distribución, Scarabaeinae, Colombia, Neotrópico.

Abstract

Biological collections are repositories of information on biodiversity and play a fundamental role in research and teaching. Among the 476 biological collections in Colombia, the Entomological Collection of the Biology Program at the University of Caldas (CEBUC), has an important collection on copro-necrophagous beetles (Coleoptera: Scarabaeinae), mainly from the Andean Coffee Belt. This group of insects represent great importance as they are involved in diverse ecological processes (e.g., nutrient cycling). They are also considered biological indicators of anthropogenic disturbance; therefore, they have been extensively studied. We systematized the copro-necrophagous beetles of the CEBUC and contributed to the knowledge of the subfamily in Colombia. We reviewed, identified, and systematized the specimens to finally present distribution maps. We found 3751 specimens distributed in 18 genera. *Dichotomius*, *Onthophagus*, and *Uroxys* were the most abundant, and *Pseudocanthon*, *Sulcophanaeus*, and *Cryptocanthon* were the least common

genera. Livestock agro-ecosystems, secondary vegetation, and sub-Andean humid forest were locations with the highest of records, while permanent crop agro-ecosystems were the ones with least registry. The CEBUC includes almost half of the copro-necrophagous beetles genera reported for the country, with records in different transformed and conserved ecosystems. CEBUC is then projected to be an important reference for conservation, taxonomic; ecological, and environmental planning studies.

Key words: biodiversity, soil use, distribution, Scarabaeinae, Colombia, Neotropic.

Introducción

Las colecciones biológicas constituyen un patrimonio invaluable para el conocimiento de la biodiversidad (Vallejo y Acosta, 2005). Su misión es documentar y conservar ejemplares de diferentes grupos de estudio (e.g., plantas, animales) (Rodríguez *et al.*, 2004; Winker, 2004). Es por esto que son consideradas bancos de información y pueden ser definidas como bibliotecas de especímenes, supeditadas a las condiciones de los ejemplares colectados, la conservación y la fiabilidad de sus datos, adquiriendo un gran valor investigativo, educativo y de conocimiento de la biodiversidad (Vallejo y Acosta, 2005; Vélez *et al.*, 2012; Winker, 2004). Por consiguiente, las colecciones biológicas son consideradas el recurso idóneo para comprender fenómenos a nivel ecológico y ambiental, en los que se destaca la influencia del hombre en la biodiversidad,

salud y seguridad epidemiológica, delimitación de áreas para la conservación, distribución de organismos en relación con perturbaciones ambientales, cambios en los patrones biológicos e incluso, respuestas biológicas al cambio climático (Hedrick *et al.*, 2020; Pyke y Ehrlich, 2010).

En los últimos años ha aumentado el número de investigaciones basadas en colecciones biológicas, las cuales se han visto favorecidas por la incorporación de herramientas informáticas y el establecimiento de bases de datos digitales (Pyke y Ehrlich, 2010). Utensilios como GBIF y SIB-Colombia han contribuido a la accesibilidad de los datos, sirviendo de apoyo a distintos grupos biológicos, esto mediado por la sistematización y digitalización de los ejemplares colectados y almacenados en las colecciones biológicas (America, 2016; Arbeláez-Cortés *et al.*, 2017; Mora-Ambriz y Fuentes-Moreno, 2006; Suarez y Tsutsui, 2004).

La Colección Entomológica del programa de Biología de la Universidad de Caldas (CEBUC), fue fundada en 2002 e incluida formalmente en el Registro Nacional de Colecciones Biológicas (RNC) en 2011, bajo el número de registro 188 (Montaño *et al.*, 2012). Hasta junio de 2019 se encuentra sistematizado el 30% de los ejemplares en el formato DwC (Dias *et al.*, 2019; IAVH, 2020). Actualmente, CEBUC cuenta con una vasta revisión realizada por Montaño *et al.* (2012), quienes sistematizaron un total de 5.642 individuos de 111 familias para la colección seca y 28.542 individuos de 90 familias para la colección líquida.

Entre los órdenes sistematizados se encuentran: Blattodea, Coleoptera, Dermaptera, Diptera, Hemiptera, Hymenoptera, Isoptera, Lepidoptera, Mantodea, Megaloptera, Neuroptera, Odonata, Orthoptera y Phasmatodea.

Uno de los grupos de insectos más diversos y ampliamente distribuidos son los coleópteros (Zhang *et al.*, 2018). Dentro de este grupo, los escarabajos copronecrófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) son una de las subfamilias de Scarabaeidae más ampliamente estudiadas, debido a que estos insectos son fundamentales para el funcionamiento de los ecosistemas al cumplir diversos servicios ecosistémicos, como la remoción de estiércol, redistribución de nutrientes en el suelo, control de plagas, dispersión secundaria de semillas y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (Beynon *et al.*, 2015; Nichols *et al.*, 2008; Slade *et al.*, 2016). Los servicios ecosistémicos brindados por los Scarabaeinae son muy valiosos en términos económicos en sistemas productivos como la ganadería (Lopez-Collado *et al.*, 2017). Además, los escarabajos copronecrófagos son considerados como indicadores biológicos de perturbación, debido a su alta sensibilidad a las perturbaciones antrópicas (França *et al.*, 2020; Gómez *et al.*, 2018; Nichols *et al.*, 2008). Por lo tanto, son excelentes modelos para el desarrollo de programas de monitoreo de la biodiversidad (Morales-Castaño y Medina, 2009).

Pese al potencial bioindicador de los Scarabaeinae, este grupo de insectos presenta una gran incertidumbre

taxonómica en géneros comunes y abundantes, como *Canthidium*, *Canthon*, *Dichotomius*, *Onthophagus* y *Uroxys* (Cupello, 2018; Pardo-Díaz *et al.*, 2019; Rossini *et al.*, 2018; Vieira *et al.*, 2020). Es por esto que los especímenes depositados en las colecciones biológicas pueden considerarse una excelente herramienta para resolver esta incertidumbre taxonómica. Sin embargo, la alta dispersión de los ejemplares tipo en los museos extranjeros ha dificultado la corroboración de Scarabaeinae en el territorio nacional colombiano (González-Alvarado y Medina, 2015). Otra barrera importante está relacionada con la cobertura de muestreo, ya que se presentan grandes vacíos de información con extensas áreas sin registro en Colombia. Actualmente, es incipiente la cantidad de estudios taxonómicos, genéticos y de distribución, lo cual impide conocer con certeza la identidad y distribución de las especies, sin mencionar que gran parte de los trabajos se quedan en literatura gris (Noriega *et al.*, 2015).

Los escarabajos copronecrófagos son uno de los grupos con mejor representación en el acervo de la colección CEBUC, debido a que la incorporación de especímenes fue continua durante los últimos años gracias al aporte de investigaciones recientes (Blandón-Marín, 2020; Cultid-Medina y Martínez-Quintero, 2019; Jaramillo-Rivera, 2020; Navarro-Quintero y Salazar-Salinas, 2019). De este modo, la contribución al conocimiento de los escarabajos copronecrófagos por medio de los especímenes que reposan en la colección CEBUC es de vital interés para investigadores interesados en la biología, ecología y taxonomía de este grupo de insectos. Por

este motivo, este trabajo tuvo como objetivo llevar a cabo la sistematización de los escarabajos copronecrófagos depositados en la CEBUC, con la finalidad de aportar al conocimiento sobre su distribución, cobertura de muestreo y conservación de este grupo en Colombia.

Materiales y Métodos

La Colección Entomológica de la Universidad de Caldas (CEBUC) se encuentra ubicada en el Museo de Historia Natural de la Universidad de Caldas, Manizales, Colombia y cuenta con más de 436.000 ejemplares preservados, tanto en colección en seco como en líquido (IAVH, 2020). Para el desarrollo del presente trabajo, se realizó una búsqueda de todos los Scarabaeinae depositados en CEBUC (conservados en líquido y en seco), donde se revisó el estado de los ejemplares, conservación (deterioro por hongos o psocópteros), elementos de montaje (agujas) y etiquetado (etiquetas dañadas, manchadas, realizadas de manera artesanal o desactualizadas). En el caso de los individuos conservados en líquido (alcohol al 96%) se reemplazó el alcohol. Posteriormente, se siguieron los estándares actuales propuestos por Montaña *et al.* (2012) para el etiquetado de los especímenes de la colección seca de la CEBUC. Una vez terminado este procedimiento, se realizaron las acciones pertinentes, como limpieza de los ejemplares y reemplazo de elementos como agujas y etiquetas.

Se llevó a cabo la debida curaduría de cada espécimen, se corroboró la identificación taxonómica y se identificaron los ejemplares que carecían de identificación. Esto se realizó por medio de claves y descripciones especializadas de géneros con distribución en Colombia (Cultid-Medina *et al.*, 2012; Tarasov y Dimitrov, 2016; Vaz-de-Mello *et al.*, 2011). Debido a la gran incertidumbre taxonómica para el grupo en el país, se optó por determinar todos los especímenes a nivel de género. Para establecer las tribus se utilizaron las propuestas de Tarasov y Dimitrov (2016) y Cultid-Medina *et al.* (2012). Posteriormente, se realizó el etiquetado de los ejemplares siguiendo lo establecido por Montaña *et al.* (2012) para la colección CEBUC. Con el fin de mejorar la visualización de los datos, la cantidad de ejemplares se dividió en tres grupos: i) más abundantes, ii) medianamente abundantes y iii) menos abundantes.

Sistematización de la información

Para la sistematización y reingreso de ejemplares a la colección, se acataron los requisitos actuales de la CEBUC en términos de almacenamiento y etiquetado, adicionalmente se suministró la información de los especímenes en las plantillas Darwin Core del Sistema de Información Sobre Biodiversidad de Colombia (SIB-Colombia, 2021). Dicho formato cuenta con una gran cantidad de campos de interés biológico, ofreciendo información de hábitat, fecha, tipo de preservación, identificación taxonómica, entre otros. Además de lo anterior, se elaboró un mapa de ocurrencia de los individuos depositados en la CEBUC, donde se registran

las diferentes procedencias de los individuos y los usos del suelo en los que fueron colectados. Para ello se tomó la definición de usos del suelo propuesta por el Sistema de Información Ambiental de Colombia (IDEAM), con sus respectivas capas (IDEAM *et al.*, 2017). Para la división política se tomó la información disponible del Geoportal del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). La construcción del mapa se realizó en el programa QGIS 3.4.12 'Madeira' (Team, 2018).

Los usos del suelo contemplados en el presente estudio son producto de la recopilación de diferentes propuestas sobre ecosistemas y biomas en el país (e.g., Chávez y Arango 1998; Hernández-Camacho *et al.* 1992). Además, se incluyó una sólida actualización con diferentes parámetros como geología, geomorfología, clima, coberturas del suelo y biomas. Estos usos del suelo tienen un especial énfasis en la frontera entre coberturas naturales (i.e., bosques) y coberturas transformadas como: agroecosistemas, urbanizaciones, plantaciones forestales, entre otros.

Resultados

Al interior de la CEBUC se encontraron 3.751 ejemplares provenientes de tanto de la colección líquida como de la colección seca, distribuidos en ocho tribus (Tarasov y Dimitrov, 2016) y 18 géneros de Scarabaeinae (Anexo 1), provenientes de 13 departamentos de Colombia. Los géneros más abundantes fueron: *Dichotomius*, *Onthophagus* y *Uroxys* (provenientes de nueve, ocho

y un departamento, respectivamente). Los géneros medianamente abundantes fueron: *Canthidium*, *Sylvicanthon* y *Deltochilum* (provenientes de cinco, tres y seis departamentos, respectivamente). Por último, los géneros menos abundantes fueron: *Pseudocanthon*, *Sulcophanaeus* y *Cryptocanthon* (todos del departamento de Caldas) (Tabla 1).

Los individuos depositados en CEBUC estuvieron distribuidos en trece departamentos de Colombia, así: Caldas, 17 géneros; Valle del Cauca, nueve; Chocó y Antioquia, ocho; Meta, siete; Vaupés, seis; Quindío y Risaralda, cuatro; Cauca, Tolima y Nariño, dos; y Bolívar y Putumayo, un género (Figura 1).

En cuanto a los usos del suelo, el agroecosistema ganadero (Ag) fue el que contó con la mayor cantidad de ejemplares (n) y géneros (g) (n = 2086; g = 17, respectivamente), seguido por vegetación secundaria (Vs) (n = 855; g = 13) y bosque subandino húmedo (Bsh) (n = 188; g = 10). Los usos del suelo con cantidades medias de ejemplares y géneros fueron: bosque basal húmedo (Bbh) (n = 105; g = 9, respectivamente), el agroecosistema de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (Ae) (n = 97; g = 11) y el agroecosistema forestal (Af) (n = 83; g = 4). Por último, los ecosistemas que contaron con la menor cantidad de ejemplares y géneros fueron: río de aguas blancas (Rab), bosque andino húmedo (Bah) y agroecosistema de cultivos permanentes (Ap), todos con un solo ejemplar de los géneros *Onthophagus*, *Dichotomius* y *Oxysternon* respectivamente (Tabla 2; Figura. 1).

Tabla 1. Géneros de escarabajos copronecrófagos depositados en CEBUC, colectados en diferentes departamentos de Colombia.

Tribu	Género	Cod	Departamento												Total	
			Antioquia	Bolívar	Caldas	Cauca	Chocó	Meta	Nariño	Putumayo	Quindío	Risaralda	Tolima	Valle del Cauca		Vaupés
Ateuchini	<i>Scatimus</i>	A	0	0	39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39
Coprini	<i>Canthidium</i>	B	0	0	274	0	1	0	0	0	1	0	0	13	20	309
	<i>Ontherus</i>	C	0	0	297	1	0	3	2	0	1	2	0	0	8	314
	<i>Uroxys</i>	D	0	0	502	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	502
Deltochilini	<i>Canthon</i>	E	2	0	288	0	0	3	0	1	0	0	0	12	67	373
	<i>Deltochilum</i>	F	1	0	115	0	2	4	0	0	0	1	0	47	0	170
	<i>Pseudocanthon</i>	G	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	<i>Scybalocanthon</i>	H	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	3
	<i>Sylvicanthon</i>	I	3	0	235	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	244
Dermariziellini	<i>Cryptocanthon</i>	J	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Dichotomiini	<i>Dichotomius</i>	K	5	1	876	0	1	36	0	0	1	2	0	5	1	928
Eurysternini	<i>Eurysternus</i>	L	0	0	69	0	1	18	0	0	0	0	0	4	0	92
Onthophagini	<i>Digitonthophagus</i>	M	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
	<i>Onthophagus</i>	N	2	0	604	0	2	58	0	0	0	0	1	8	4	679
Phanaeini	<i>Coprophanaeus</i>	O	1	0	30	0	3	0	0	0	0	0	0	4	0	38
	<i>Oxysternon</i>	P	1	0	20	1	1	0	0	0	1	1	1	2	0	28
	<i>Phanaeus</i>	Q	1	0	6	0	0	2	0	0	0	0	0	11	0	20
	<i>Sulcophanaeus</i>	R	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Total			16	1	3367	2	17	124	3	1	4	6	2	106	102	3751

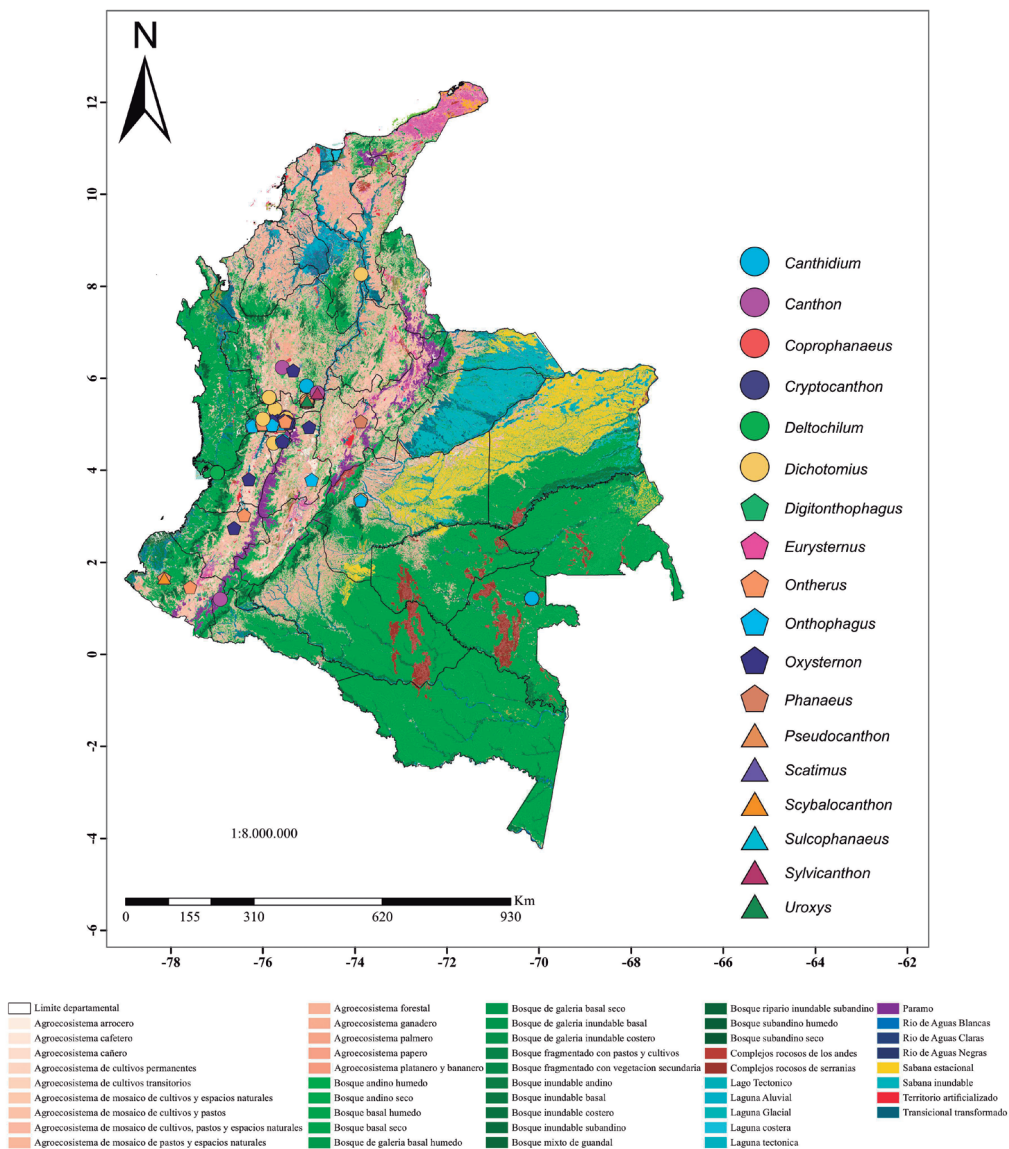


Fig. 1. Distribución en Colombia de los Scarabaeinae depositados en la Colección Entomológica de la Universidad de Caldas (CEBUC). Se presentan los usos del suelo donde fueron colectados los especímenes.

Tabla 2. Géneros de escarabajos copronecrófagos depositados en CEBUC y colectados en diferentes usos del suelo de Colombia. Ac = agroecosistema cafetero, Ae = agroecosistema de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, Af = agroecosistema forestal, Ag = agroecosistema ganadero, Al = agroecosistema palmero, Am = agroecosistema de mosaico de cultivos y pastos, Ap= agroecosistema de cultivos permanentes, Bbh = bosque basal húmedo, Bha = bosque andino húmedo, Bsh = bosque subandino húmedo, Rab = río de aguas blancas, Ta = territorio artificializado, Tt = transicional transformado y Vs = vegetación secundaria.

Tribu	Género	Cod	Ecosistema														Total
			Ac	Ae	Af	Ag	Al	Am	Ap	Bbh	Bha	Bsh	Rab	Ta	Tt	Vs	
Ateuchini	<i>Scatimus</i>	A	0	0	0	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	39
Coprini	<i>Canthidium</i>	B	0	0	3	144	0	1	0	13	0	5	0	5	0	138	309
	<i>Ontherus</i>	C	1	38	27	90	3	3	0	0	0	0	0	42	1	109	314
	<i>Uroxys</i>	D	0	0	23	202	0	0	0	0	0	41	0	3	0	233	502
Deltachilini	<i>Canthon</i>	E	0	1	0	262	3	0	0	12	0	10	0	7	0	78	373
	<i>Deltachilum</i>	F	0	4	0	40	4	0	0	47	0	21	0	17	0	37	170
	<i>Pseudocanthon</i>	G	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	<i>Scybalocanthon</i>	H	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3
	<i>Sylvicanthon</i>	I	0	3	0	229	0	0	0	0	0	3	0	3	0	6	244
Dermariziellini	<i>Cryptocanthon</i>	J	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Dichotomiini	<i>Dichotomius</i>	K	1	12	0	625	36	3	0	5	1	29	0	44	0	172	928
Eurysternini	<i>Eurysternus</i>	L	0	1	0	39	18	0	0	4	0	7	0	4	0	19	92
Onthophagini	<i>Digitonthophagus</i>	M	0	0	0	6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	7
	<i>Onthophagus</i>	N	2	27	30	377	58	0	0	8	0	70	1	54	0	52	679
Phanaeini	<i>Coprophanaeus</i>	O	0	1	0	23	0	1	0	4	0	0	0	4	0	5	38
	<i>Oxysternon</i>	P	4	7	0	2	0	5	1	1	0	1	0	3	0	4	28
	<i>Phanaeus</i>	Q	1	2	0	4	1	0	0	11	0	0	0	0	0	1	20
	<i>Sulcophanaeus</i>	R	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2
Total			9	97	83	2086	123	13	1	105	1	188	1	187	2	855	3751

Los géneros más abundantes estuvieron presentes en una gran cantidad de usos del suelo. *Dichotomius* y *Onthophagus* fueron registrados en diez usos del suelo, pero predominaron en agroecosistema ganadero (Ag), mientras que *Uroxys* estuvo en cinco ecosistemas, pero fue dominante en vegetación secundaria (Vs). En cuanto a los géneros medianamente abundantes, *Canthidium* y *Sylvicanthon* fueron registrados en siete ecosistemas, mientras que *Deltochilum* fue registrado en cinco; al igual que *Dichotomius* y *Onthophagus*, estos tres géneros fueron dominantes en agroecosistema ganadero (Ag). En el caso de *Deltochilum*, estuvo asociado principalmente al bosque basal

húmedo (Bbh). Finalmente, los géneros menos abundantes tuvieron registros en muy pocos ecosistemas, por ejemplo, *Pseudocanthon* y *Cryptocanthon* fueron registrados en agroecosistema ganadero (Ag), mientras que *Sulcophanaeus* solo se registró en territorio artificial (Ta) y agroecosistema de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (Ae) (Figura 2).

En la CEBUC reposan especímenes que datan desde el año 1993, con dos ejemplares de este año, una década después se deposita un ejemplar más y continúa así por los dos años siguientes. No fue sino hasta 2006 que se presentó el ingreso de 60 ejemplares (Figura 3). A partir de ese

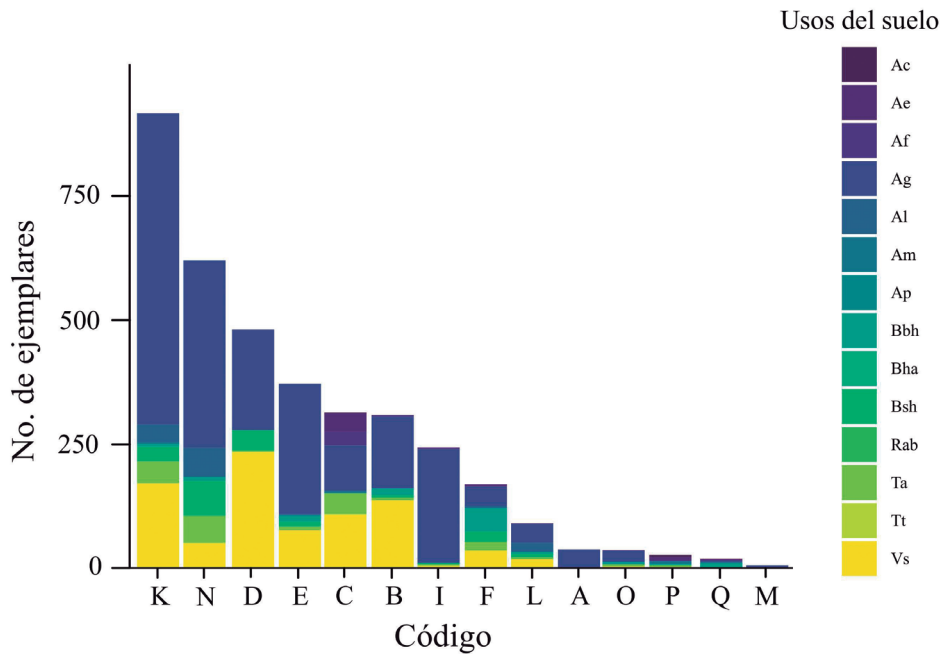


Figura 2. Géneros de escarabajos copronecrófagos depositados en CEBUC y colectados en diferentes ecosistemas de Colombia (ver los códigos de los géneros en las Tablas 1 y 2).

año, el número de especímenes aumentó exponencialmente debido a los diferentes proyectos de investigación, trabajos de grado y salidas académicas realizados por investigadores y estudiantes interesados en los Scarabaeinae. Cabe resaltar que la

mayor cantidad de ejemplares que alberga la CEBUC proviene del departamento de Caldas, sin embargo, también cuenta con una buena representación de otros departamentos como Meta, Valle del Cauca y Vaupés (Figura 3).

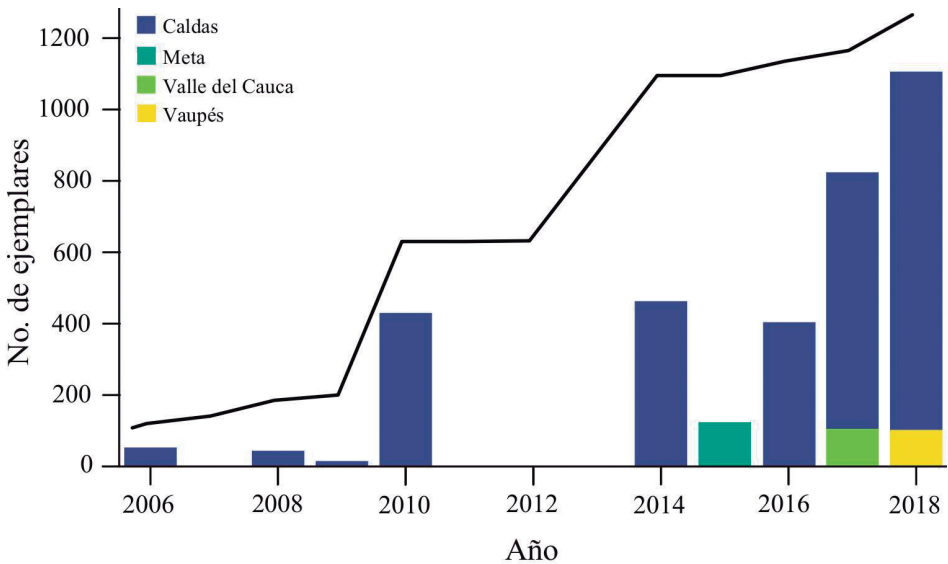


Figura 3: Escala temporal del depósito de ejemplares en CEBUC indicando los departamentos con mayor número de registros de escarabajos copronecrófagos (ver Tabla 1).

Discusión

El número de ejemplares de escarabajos copronecrófagos depositados en la colección CEBUC corresponde al 45% (18 géneros) de los géneros reportados para Colombia (40 en total) (Noriega et al., 2015). La falta de revisiones taxonómicas para algunos géneros de Scarabaeinae distribuidos en Colombia de grupos altamente representados en las colecciones dificulta la determinación precisa de los ejemplares

(González-Alvarado y Medina, 2015). Según González-Alvarado y Medina (2015), aproximadamente el 51% de las especies de escarabajos copronecrófagos en Colombia no tienen identificación a nivel de especie, debido a esta limitante, en el presente trabajo se decidió presentar los resultados de los escarabajos copronecrófagos hasta el nivel taxonómico de género y de este modo no incurrir en identificaciones imprecisas a nivel de morfoespecie.

El género *Dichotomius* presentó el mayor número de ejemplares al interior de la colección CEBUC, esto puede deberse a que es uno de los géneros de Scarabaeinae con mayor riqueza de especies en el hemisferio occidental y en Suramérica (Nunes y Vaz-de-Mello, 2019). Además, presentan altas abundancias en hábitats contrastantes como pasturas y bosques, y es un género con muchas especies de hábitos generalistas en términos de uso de hábitat, debido a que pueden estar en diferentes coberturas como bosques, pastizales, matorrales y cultivo (Cultid-Medina *et al.*, 2012). Esto concuerda con los resultados de los usos del suelo, donde el agroecosistema ganadero (Ag) fue el que presentó la mayor cantidad de ejemplares, siendo *Dichotomius* el género más abundante. Por otra parte, los géneros *Pseudocanthon*, *Sulcophanaeus* y *Cryptocanthon* se encuentran pobremente representados en la colección, lo que podría deberse a que el acervo de la CEBUC cuenta principalmente con ejemplares provenientes de sistemas antropizados y estos géneros normalmente se encuentran asociados a zonas bien conservadas (Braga *et al.*, 2013). Aunque los géneros *Pseudocanthon* y *Sulcophanaeus* están ampliamente distribuidos en Colombia en bosques en buen estado de conservación (Cultid-Medina *et al.*, 2012), en CEBUC reposan pocos individuos, posiblemente a raíz del bajo esfuerzo de muestreo en las zonas de distribución de estos géneros. La baja representación de *Cryptocanthon* en la CEBUC, posiblemente se deba a que las especies de este género son raras en las colectas y los especímenes colectados en Colombia son de distribución Andina; de

este género se conocen 15 especies, aunque su ecología ha sido poco estudiada (Arias y Medina, 2014; Martínez-Revelo *et al.*, 2020).

Para la región del Eje Cafetero existe una alta riqueza de Scarabaeinae al contar con 19 de los 40 géneros reportados para el país (Cultid-Medina *et al.*, 2014). En CEBUC hay registros de 17 de los 19 **géneros** reportados para esta región y específicamente para el departamento de Caldas se reportan 16 géneros. Esto concuerda con Noriega *et al.* (2015), quienes reportan que las zonas mejor muestreadas de Colombia en comparación con otras regiones se encuentran en la región Andina. No obstante, el departamento de Caldas presenta un nivel de muestreo intermedio-bajo, con pocas localidades y con extensas áreas sin ningún registro; sumado a esto, el alto grado de incertidumbre taxonómica interfiere en gran medida a la hora de llevar a cabo estudios comparativos usando a los Scarabaeinae como modelo a través de diferentes escalas espaciales (Cultid-Medina *et al.*, 2014; Noriega *et al.*, 2015). Por lo tanto, la información almacenada en la colección CEBUC es de vital interés, dado que hay una gran representatividad de los escarabajos copronecrófagos del departamento de Caldas. Además, varios registros provienen de localidades nuevas y de difícil acceso, lo que constituye información regional valiosa que puede ser usada en la planificación de estudios de conservación en el departamento de Caldas. De acuerdo con los ecosistemas propuestos por IDEAM *et al.* (2007), la mayoría de géneros provienen de Ag, Bbh, Bha y Bsh, que en conjunto aportan 17 géneros, esto concuerda con los esfuerzos de diferentes instituciones del país por estudiar bosques

húmedos de tierras bajas, premontanos y montanos (Noriega *et al.*, 2015).

El incremento en el ingreso de especímenes a la CEBUC, específicamente en los años 2010, 2014 y 2018, coincide con un análisis histórico realizado por Noriega *et al.* (2015), donde encontraron un importante crecimiento en el número de trabajos de investigación en más del 200% en el periodo 2000–2005 y en más del 200% en el periodo 2006–2014. Los ejemplares depositados en CEBUC provienen de una amplia variedad de usos del suelo, pero la gran mayoría provienen de dos localidades: i) Reserva Natural de Río Manso, ubicada al Oriente de Caldas, que ha aportado una alta cantidad de Scarabaeinae a la colección al estar relacionada con numerosas salidas de campo realizadas por el programa de Biología de la Universidad de Caldas; ii) Parque Nacional Natural Selva de Florencia (Samaná), donde se colectó un gran número de ejemplares como resultado del componente entomológico del proyecto “Caldas Expedición Siglo XXI (CESXXI)”. Cabe resaltar que este lugar es de las pocas áreas que cuentan con bosques bien conservados en el departamento (Ballesteros *et al.*, 2009). La buena representación de escarabajos copronecrófagos del PNN Selva de Florencia depositados en la CEBUC contribuye y fortalece el conocimiento de esta zona conservada y poco explorada del país, aportando una base para trabajos enmarcados en taxonomía, ecología y conservación.

Este trabajo resalta la importancia de conservar y mantener las colecciones biológicas, lo cual asegura que el conocimiento perdure por generaciones, de manera que se siga transmitiendo y

comunicando (Vélez *et al.*, 2012). Asimismo, fortalece el conocimiento acerca de los escarabajos copronecrófagos de la región, lo que posibilita conocer más acerca de su distribución, ecología, rasgos de historia de vida, dinámicas poblacionales, comportamiento, e incluso, saber hacia dónde dirigir herramientas de planificación para esfuerzos de conservación, que a su vez representa una gran oportunidad para el desarrollo de futuras investigaciones. La importancia que tiene CEBUC en la región como un repositorio de información, será de gran utilidad para futuros estudios, debido a que cuenta con una cantidad importante de ejemplares provenientes de ecosistemas ganaderos, esenciales a la hora de realizar estudios de impacto y planeación de agroecosistemas.

Conclusiones

En Colombia existe un alto potencial para el estudio de Scarabaeinae en zonas inexploradas y de difícil acceso. Por lo tanto, evaluar y documentar la diversidad biológica presente en estas áreas poco estudiadas, es un tema de vital interés para el conocimiento de la biodiversidad de Scarabaeinae en Colombia. Mucha de la información de los inventarios de diversidad biológica reposa en colecciones biológicas, por esto es primordial que dicha información este bien sistematizada y actualizada. De este modo, la sistematización de los escarabajos copronecrófagos de la CEBUC contribuye al conocimiento del grupo en la región y en Colombia, pues alberga una gran cantidad de ejemplares y géneros de Scarabaeinae

provenientes de una amplia variedad de usos del suelo, que abarcan áreas transformadas y conservadas. Sin embargo, la identidad de las especies aún sigue siendo un gran obstáculo para el estudio de estos organismos, lo cual repercute a la hora de realizar estudios ecológicos, biogeográficos y de conservación para el grupo. El esfuerzo concentrado de muestreo en algunas regiones (e.g., área Andina) y ecosistemas (e.g., bosques húmedos y agroecosistemas), lleva a que se sigan presentando sesgos. Todo lo anterior, más que una limitante, debe verse como una puerta abierta para futuras investigaciones que aborden temas problemáticos, como el de la incertidumbre taxonómica de muchos géneros del grupo con distribución Neotropical.

Agradecimientos

Los autores agradecemos al proyecto “Evaluación de la estructura genética poblacional y conectividad funcional de un paisaje cafetero para dos especies de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae): Aplicación de la genética del paisaje para entender el papel de los escenarios dominados por café de sol en el manejo y la conservación de la biodiversidad en los Andes occidentales de Colombia” (código: 1127-714-51264) financiado por Colciencias. Al proyecto “Caldas Expedición Siglo XXI Fase I: Levantamiento de la biota y geología de una subcuenca del Parque Nacional Natural Selva de Florencia” (Código: 1421717). Al Laboratorio de Colecciones Biológicas de la Universidad de Caldas, por prestar el espacio para el desarrollo de este trabajo. A la profesora Lucimar Gomes Dias por sus aportes y comentarios al manuscrito. Al grupo de investigación en Biodiversidad y Recursos Naturales (BIONAT), y a Luis Fernando Salazar Salinas por su apoyo en el procesamiento de muestras y comentarios.

Referencias

America, E. S. A. 2016. ESA Position Statement on the Importance of Entomological Collections. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 110: 565–566.

Arbeláez-Cortés, E., Acosta-Galvis, A. R., DoNascimento, C., Espitia-Reina, D., González-Alvarado, A., Medina, C. A. 2017. Knowledge linked to museum specimen vouchers: measuring scientific production from a major biological collection in Colombia. *Scientometrics*, 112(3), 1323-1341. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s11192-017-2461-4>

Arias, J. A., Medina, C. A. 2014. Tres nuevas especies de *Cryptocanthus* Balthasar, 1942 (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) para Colombia. *Caldasia*, 36(1), 165-180. Disponible en: <https://doi.org/10.15446/caldasia.v36n1.43898>

Ballesteros, H., Arroyave, J., Walker, R., Echeverry, L., Acosta, H., Betancourt, A., Diaz-Mesa, J., Lopez, M., Moreno-Ortiz, E., Villegas, H. 2009. Plan de manejo 2008-2012 Parque Nacional Natural Selva de Florencia. Corregimiento de Florencia-Samaná (Caldas): Parques Nacionales Naturales de Colombia.

Beynon, S. A., Wainwright, W. A., Christie, M. 2015. The application of an ecosystem services framework to estimate the economic value of dung beetles to the UK cattle industry. *Ecological Entomology*, 40, 124-135. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/een.12240>

Blandón-Marín, G. 2020. Estructura genómica poblacional de *Ontherus lunicollis* (Coleoptera: Scarabaeinae) en un paisaje cafetero fragmentado en los Andes colombianos. Trabajo de Grado en Maestría en Ciencias Biológicas, Universidad de Caldas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Posgrados, Manizales - Caldas.

Chávez, M., Arango, N. 1998. Informe Nacional sobre el Estado de la Biodiversidad-Colombia. Tomo I. Causas de la pérdida de biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, PNUMA, Ministerio del Medio Ambiente. Bogotá, Colombia.

Cultid-Medina, C., Lobo, J. M., Medina, C. A., González, F. A., Escobar, F., Chacón de Ulloa, P. 2014. Completitud del inventario de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) en la Ecorregión del Eje Cafetero, Colombia. *Revista Colombiana de entomología*, 40(1):111-119.

Cultid-Medina, C., Martínez-Quintero, B. 2019. More than 5 years! an unusually long-lived dung beetle (Scarabaeinae) in an Andean agricultural landscape. *Neotropical entomology*, 48(3), 522-526. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s13744-019-00673-w>

Cultid-Medina, C., Medina, C., Martínez, B., Escobar, A., Constantino, L., Betancur, N. 2012. Escarabajos coprófagos (Scarabaeinae) del Eje Cafetero: guía para el estudio ecológico. WCS-Colombia, CENICAFÉ y Federación Nacional de Cafeteros. Villa María. Colombia.

Cupello, M. 2018. On the types species of the New World dung beetle genus *Canthidium* Erichson, 1847 (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae), with an annotated checklist of species. *Zootaxa*, 4388(4), 451-486. Disponible en: <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4388.4.1>

Dias, L. G., Henao, E. R., Campaz, M. M. 2019. Colección Entomológica del Programa de Biología-Universidad de Caldas (CEBUC).

França, F. M., Ferreira, J., Vaz-de-Mello, F. Z., Maia, L. F., Berenguer, E., Ferraz Palmeira, A., Fadini, R., Louzada, J., Braga, R., Hugo Oliveira, V. 2020. El Niño impacts on human-modified tropical forests: Consequences for dung beetle diversity and associated ecological processes. *Biotropica*, 52(2), 252-262. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/btp.12756>

Gómez, V. G., Verdú, J. R., Alonso, C. G., Zurita, G. A. 2018. Relationship between land uses and diversity of dung beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) in the southern Atlantic forest of Argentina: which are the key factors? *Biodiversity and Conservation*, 27(12), 3201-3213. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10531-018-1597-8>

González-Alvarado, A., Medina, C. A. 2015. Listado de especies de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de bosque seco de Colombia. *Biota Colombiana*, 16(1), 36-44.

Hedrick, B. P., Heberling, J. M., Meineke, E. K., Turner, K. G., Grassa, C. J., Park, D. S., Kennedy, J., Clarke, J. A., Cook, J. A., Blackburn, D. C. 2020. Digitization and the future of natural history collections. *BioScience*, 70(3), 243-251. Disponible en: <https://doi.org/10.7287/peerj.preprints.27859v1>

Hernández-Camacho, J., Hurtado-Guerra, A., Ortiz-Quijano, R., Walschburger, T. 1992. Unidades biogeográficas de Colombia. *La diversidad biológica de Iberoamérica*, 1: 105-151.

IAVH. 2020. Registro Único Nacional de Colecciones Biológicas. Listado de colecciones registradas. Disponible en: <http://rnc.humboldt.org.co/wp/>, <http://rnc.humboldt.org.co/admin/index.php/registros/detail/1396>.

IDEAM, IGAC, IAvH, Invemar, Sinchi, IIAP. 2007. *Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia* IDEAM, IGAC, IAvH, IIAP, Invemar, y Sinchi. Bogotá, D.C.

IDEAM, IGAC, IAvH, Invemar, Sinchi, IIAP. 2017. Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos Escala 1: 100.000. Bogotá. DC, Colombia.

Jaramillo-Rivera, D. 2020. Filogeografía de *Eurysternus foedus* Guérin-Ménéville, 1830 (Coleoptera: Scarabaeidae), en tres provincias biogeográficas de Colombia. Trabajo de Grado en Biología, Universidad de Caldas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Programa de Biología, Manizales - Caldas.

Lopez-Collado, J., Cruz-Rosales, M., Vilaboa-Arroniz, J., Martínez-Morales, I., Gonzalez-Hernandez, H. 2017. Contribution of dung beetles to cattle productivity in the tropics: A stochastic-dynamic modeling approach. *Agricultural Systems*, 155, 78-87. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.agry.2017.05.001>

Martínez-Revelo, D. E., Torres, E., Neita-Moreno, J. C. 2020. The genus *Cryptocanthon* (Coleoptera: Scarabaeidae) in Colombia: description of new species, geographical distribution and conservation. *Revista mexicana de biodiversidad*, 91, e913156. Disponible en: <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2020.91.3156>.

Montaño, M., Meza, A. M., Dias, L. 2012. La colección entomológica CEBUC y su potencial como colección de referencia de insectos acuáticos. *Boletín Científico Museo de Historia Natural*, 16(2), 173-184.

Mora-Ambriz, L., Fuentes-Moreno, H. 2006. El Laboratorio de Colecciones Biológicas de la Universidad del Mar: perspectivas de una colección regional. *Ciencia y Mar*, 28, 34-37.

Morales-Castaño, I. T., Medina, C. A. 2009. Insectos de la Orinoquía colombiana: evaluación a partir de la Colección Entomológica del Instituto Alexander von Humboldt (IAvH). *Biota Colombiana*, 10(1 y 2).

Navarro-Quintero, I., Salazar-Salinas, L. F. 2019. Afinidades bióticas entre las provincias biogeográficas Chocó- Darién y Magdalena utilizando como modelo los escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae). Trabajo de Grado en Biología, Universidad de Caldas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Programa de Biología, Manizales - Caldas.

Nichols, E., Spector, S., Louzada, J., Larsen, T., Amezcua, S., Favila, M., Network, T. S. R. 2008. Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. *Biological conservation*, 141(6), 1461-1474. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.04.011>

Noriega, J. A., Camero, E., Arias-Buriticá, J., Pardo-Locarno, L. C., Montes, J. M., Acevedo, A. A., Esparza, A., Ordóñez, B. M., García, H., Solís, C. 2015. Grado de cobertura del muestreo de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) en Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 63(1), 97-125. Disponible en: <https://doi.org/10.15517/rbt.v63i1.13323>

Nunes, R. V., Vaz-de-Mello, F. Z. 2019. Taxonomic revision of *Dichotomius* (Cephagonus) Luederwaldt 1929 and the taxonomic status of remaining *Dichotomius* Hope 1838 subgenera (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae: Dichotomiini). *Journal of Natural History*, 53(37-38), 2231-2351. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/00222933.2019.1692088>

Pardo-Díaz, C., Toro, A. L., Tovar, S. A. P., Sarmiento-Garcés, R., Herrera, M. S., Salazar, C. 2019. Taxonomic reassessment of the genus *Dichotomius* (Coleoptera: Scarabaeinae) through integrative taxonomy. *PeerJ*, 7, e7332. Disponible en: <https://doi.org/10.7717/peerj.7332>

Pyke, G. H., Ehrlich, P. R. 2010. Biological collections and ecological/environmental research: a review, some observations and a look to the future. *Biological reviews*, 85(2), 247-266. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2009.00098.x>

Rodríguez, N., Armenteras, D., Morales, M., Romero, M. 2004. *Ecosistemas de los Andes colombianos*: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Rossini, M., Vaz-de-Mello, F. Z., Zunino, M. 2018. A taxonomic revision of the New World *Onthophagus* Latreille, 1802 (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) of the *osculatii* species-complex, with description of two new species from South America. *Journal of Natural History*, 52(9-10), 541-586. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/00222933.2018.1437230>

SIB-Colombia. (2021). Sistema de la Información sobre Biodiversidad de Colombia. Disponible en: <https://sibcolombia.net/estandares/>

Slade, E. M., Riutta, T., Roslin, T., Tuomisto, H. L. 2016. The role of dung beetles in reducing greenhouse gas emissions from cattle farming. *Scientific Reports*, 6(1), 1-9. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/srep18140>

Suarez, A. V., Tsutsui, N. D. 2004. The value of museum collections for research and society. *BioScience*, 54(1), 66-74.

Tarasov, S., Dimitrov, D. 2016. Multigene phylogenetic analysis redefines dung beetles relationships and classification (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). *BMC evolutionary biology*, 16(1), 257. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12862-016-0822-x>

Team, Q. D. 2018. QGIS Geographic Information System (Version QGIS 3.4.12 'Madeira'). Retrieved from <https://www.qgis.org>

Vallejo, M. Y., Acosta, A. 2005. Aplicación de indicadores de conocimiento sobre biodiversidad para el diagnóstico y comparación de colecciones biológicas. *Nova*, 3(4), 48-57. Disponible en: <https://doi.org/10.22490/24629448.336>

Vaz-de-Mello, F. Z., Edmonds, W., Ocampo, F. C., Schoolmeesters, P. 2011. A multilingual key to the genera and subgenera of the subfamily Scarabaeinae of the New World (Coleoptera: Scarabaeidae). *Zootaxa*, 2854(1), 1-73.

Vélez, E. D., Calderón-Espinosa, M. L., Ramírez-Pinilla, M. P., Castaño, M., Reyes, Á. M., Albarracín, R., Liévano, A., Raz, L. 2012. Difusión de datos biológicos en la red como apoyo a la educación ambiental, investigación científica y conservación de la biodiversidad en Colombia. e-colabora "Revista de ciencia, educación, innovación y cultura apoyadas por redes de tecnología avanzada", 2(4), 49-57.

Vieira, M. K., Vaz-de-Mello, F. Z., Silva, F. A. 2020. A taxonomic revision of the *Canthon* subgenus *Pseudepilissus* Martínez, 1954 (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). *Insect Systematics & Evolution*, 51(4), 696-752. Disponible en: <https://doi.org/10.1163/1876312X-00001023>

Winker, K. 2004. Natural history museums in a postbiodiversity era. *BioScience*, 54(5), 455-459.

Zhang, S.-Q., Che, L.-H., Li, Y., Liang, D., Pang, H., Ślipiński, A., Zhang, P. 2018. Evolutionary history of Coleoptera revealed by extensive sampling of genes and species. *Nature communications*, 9(1), 1-11. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41467-017-02644-4>

Anexos

Anexo 1: Fotografías de algunos de los géneros de escarabajos copronecrófagos depositados en la Colección Entomológica del Programa de Biología de la Universidad

de Caldas (CEBUC). Fotografías facilitadas y modificadas a partir del libro de Cuitid-Medina *et al.* (2012). Foto de *Digitonthophagus* tomada por Sebastián Villada-Bedoya, 2019 ©.



Canthidium



Canthon



Coprophanaeus



Deltochilum



Dichotomius



Digitonthophagus



Eurysternus



Ontherus



Onthophagus



Oxysternon



Phanaeus



Sulcophanaeus



Uroxys

Registro de la pulga *Hectopsylla pulex* (Haller, 1880) (Siphonaptera: Tungidae) en el murciélago mastín común *Molossus molossus* (Pallas, 1766) (Chiroptera: Molossidae) en el departamento del Cauca, Colombia

Record of the flea *Hectopsylla pulex* (Haller, 1880) (Siphonaptera: Tungidae) on the common mastiff bat *Molossus molossus* (Pallas, 1766) (Chiroptera: Molossidae) in the department of Cauca, Colombia

Héctor E. Ramírez-Chaves¹
Armado Javier Folleco-Fernández²
Alexandra Cardona-Giraldo³

¹ Biólogo, investigador del Departamento de Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Centro de Museos, Museo de Historia Natural, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia. Calle 65 No. 26-10, Apartado aéreo 275; 170004, Manizales, Caldas, Colombia. E-mail: hector.ramirez@ucaldas.edu.co

² Biólogo universidad del Cauca, Popayán, Cauca, Colombia. E-mail: armando.folleco@gmail.com

³ Programa de Maestría en Tecnologías de la Información Geográfica, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Universidad de Manizales, Manizales, Caldas, Colombia. E-mail: alexa.cardona.giraldo@gmail.com

Resumen

La pulga *Hectopsylla pulex* es un sifonáptero cuyas hembras son parásitos estrictos de murciélagos. En Colombia, *H. pulex* ha sido documentada en cinco departamentos de la región Andina, sin embargo, aun persisten muchos vacíos de información. En esta investigación se presenta el primer registro de *H. pulex* para la zona Andina del departamento del

Historia del artículo

Fecha de recepción:

06-04-2021

Fecha de aceptación:

06-10-2021

DOI: [https://doi.](https://doi.org/10.47374/novcol.2021.v16.i894)

[org/10.47374/](https://doi.org/10.47374/novcol.2021.v16.i894)

novcol.2021.v16.i894

Cauca a partir de observaciones recientes realizadas en zonas urbanas. La pulga fue observada parasitando un murciélago mastín común, *Molossus molossus*, confirmado previamente como uno de sus hospederos. Finalmente, se discute si el tipo de refugio habitado por esta y otras especies de murciélagos contribuye a la dispersión de *H. pulex*, aunque, cabe anotar, se requieren de datos adicionales.

Palabras clave: Arthropoda, ectoparásitos, mamíferos, río Cauca, zonas urbanas.

Abstract

The chiggerflea *Hectopsylla pulex* is a siphonapteran whose females are strict bats parasites. In Colombia, *H. pulex* has been documented in five departments of the Andean Region, however, there still are some information gaps within. We present the first record of *H. pulex* for the Andean Region of the Department of Cauca from recent observations made in urban areas. The chiggerflea was observed parasitizing a Pallas's mastiff bat *Molossus molossus*, which has been confirmed previously as one of its hosts. Finally, we discuss if the type of refuge inhabited by this and other bat species contribute to the dispersal of *H. pulex*, although additional data is required.

Keywords: Arthropoda, Cauca River, ectoparasites, mammals, urban zones.

Introducción

La pulga, *Hectopsylla pulex* (Haller, 1880), es un ectoparásito de la familia Tungidae cuyas hembras parasitan exclusivamente murciélagos (Hastriter y Méndez, 2000) y que ha sido documentada en América desde los Estados Unidos (Texas) hasta el sur de Argentina (Autino y Claps, 2000; Hastriter y Méndez, 2000). Por lo general, las hembras se insertan en los murciélagos en regiones con escaso pelo, como las orejas y las membranas (Luz et al., 2009). Los machos de *H. pulex* son menos dependientes de los murciélagos y se encuentran con frecuencia en el guano, buscando solo un hospedero murciélago en época de apareamiento (Hastriter et al., 2014).

En Colombia, *H. pulex* fue documentada por primera vez hace más de 50 años para varias localidades de los departamentos de Boyacá y Cundinamarca (Tamsitt, 1970). Posteriormente, fue reportada para los departamentos del Valle del Cauca (Méndez, 1977) y varios registros sin localidades detalladas (Marinkelle y Grose, 1981). En la última década, *H. pulex* ha sido registrada en el Eje Cafetero, particularmente en los departamentos de Caldas (Ramírez-Chaves et al., 2020) y Risaralda (Cepeda-Duque et al., 2021). La información genética obtenida de *H. pulex* en dos especies de murciélagos de las familias Molossidae y Vespertilionidae en el Eje Cafetero, señalan distancias bajas (Cepeda-Duque et al., 2021).

Para el departamento del Cauca, una de las unidades políticas de Colombia que comprende diversas regiones naturales (Ayerbe-Quiñones et al., 2008), se han registrado 103 especies de murciélagos

(Ramírez-Chaves et al., 2010^a), algunos de ellos con registros de colonias en zonas urbanas (Ramírez-Chaves et al., 2008). En contraste, el estudio de los ectoparásitos de murciélagos en el departamento del Cauca no ha sido abordado (Ramírez-Chaves y Pérez, 2010b). Para aportar al conocimiento de las interacciones ectoparásito-murciélago en el departamento del Cauca, se registra la presencia de *H. pulex* parasitando el murciélago común *Molossus molossus* (Pallas, 1766) que representa el primer registro de esta interacción en el departamento y una extensión de la distribución de la pulga en el país. Además, se discute la posibilidad que la transmisión de *H. pulex* a otras especies de murciélagos de diferentes familias pueda relacionarse con los refugios que *M. molossus* comparte con otras especies de murciélagos.

Materiales y métodos

La documentación de la presencia de *Hectopsylla pulex* en el departamento del Cauca se realizó a partir de observaciones incidentales de un murciélago mastín común, *Molossus molossus* (Chiroptera: Molossidae) en la zona urbana (parque central) del municipio de Piendamó (2°38'23"N, 76°31'43"W; 1869 msnm), realizadas el 30 de marzo de 2021. La zona de registro se ubica en la cuenca alta del río Cauca, entre las cordilleras Occidental y Central de Colombia en la ecorregión denominada Selvas Montanas del Valle del Cauca (Olson et al., 2001).

Para la identificación del murciélago se emplearon características externas como el tamaño del antebrazo (~ 40 mm), orejas no conectadas y no extendiéndose más allá de la nariz, presencia de quilla en el rostro, antitrago redondeado y pelaje bicolor con una banda basal más clara (Gardner, 2008; Díaz et al., 2016). La pulga fue identificada como *H. pulex* a partir de la presencia de un abdomen muy expandido junto con una pérdida de los apéndices (Hastriter y Méndez, 2000). Después de ser analizado, el murciélago fue liberado sin remover los ectoparásitos. Adicionalmente, para explorar la posibilidad de que la presencia de *H. pulex* en otras especies de murciélagos ocurra por contacto con individuos infestados de *M. molossus* en refugios diurnos, se revisó información en la literatura (Hastriter y Méndez, 2000; Ramírez-Chaves et al., 2020; Cepeda-Duque et al., 2021) sobre la presencia de *H. pulex* en otras especies de murciélagos en Colombia. Para estas especies, se analizó si han sido registradas en habitaciones humanas o en refugios compartidos con *M. molossus*, principalmente en la región Andina del país a partir de la literatura (e.g., Alberico et al., 2005), y observaciones de los autores. Las especies corresponden a *Noctilio albiventris* Desmarest, 1818 (familia Noctilionidae); *Desmodus rotundus* (É. Geoffroy Saint Hilaire, 1810) y *Glossophaga soricina* (Pallas, 1766) (Phyllostomidae); *Cynomops greenhalli* Goodwin, 1958, *Eumops glaucinus* (Wagner, 1843), *Molossus currentium* Thomas, 1901, y *Tadarida brasiliensis* (I. Geoffroy, 1824) (Molossidae), y *Eptesicus furinalis* (D'Orbigny & Gervais, 1847) (Vespertilionidae). Finalmente, se listan las ecorregiones en

las que *H. pulex* ha sido documentada en Colombia (sensu Olson et al., 2001).

Resultados y Discusión

El murciélago mastín común *Molossus molossus* fue observado parasitado por un

único individuo de *H. pulex*, adherido al borde posterior de la oreja derecha (Figura 1).

Este registro constituye el primero documentado de la presencia de *H. pulex* en el departamento del Cauca y extiende la distribución de la especie alrededor de 60 km al sur de registros para el departamento



Figura 1: Individuo del murciélago mastín común *Molossus molossus* con una pulga *Hectopsylla pulex* adherida al borde posterior de la oreja derecha. La flecha indica la posición de la pulga. Nótese la coloración, la presencia de la quilla en el rostro y la cola libre que es una de las características de la familia Molossidae.

del Valle del Cauca (Figura 2). Además, el registro representa el más austral documentado para Colombia. La localidad de registro de *H. pulex* en *M. molossus* está ubicada en la ecorregión denominada Selvas Montanas del Valle del Cauca. Por su parte, los registros de *H. pulex* en la literatura proceden de tres ecorregiones adicionales que son las Selvas Secas del río Cauca, las Selvas Secas del Valle del Magdalena y de las Selvas Montanas del Valle del Magdalena (Figura 2).

La revisión de información en la literatura sobre las ocho otras especies de murciélagos

de las familias Noctilionidae, Molossidae, Phyllostomidae y Vespertilionidae parasitadas por *H. pulex* arrojó que seis han sido registradas en habitaciones humanas junto con colonias de *M. molossus*. En contraste, dos especies (*Cynomops greenhalli* y *Desmodus rotundus*) no se han documentado compartiendo refugios con *M. molossus* en zonas urbanas.

La documentación de *Hectopsylla pulex* en el departamento del Cauca contribuye a extender nuestro conocimiento sobre la distribución de esta especie en Colombia. El presente registro constituye el más austral

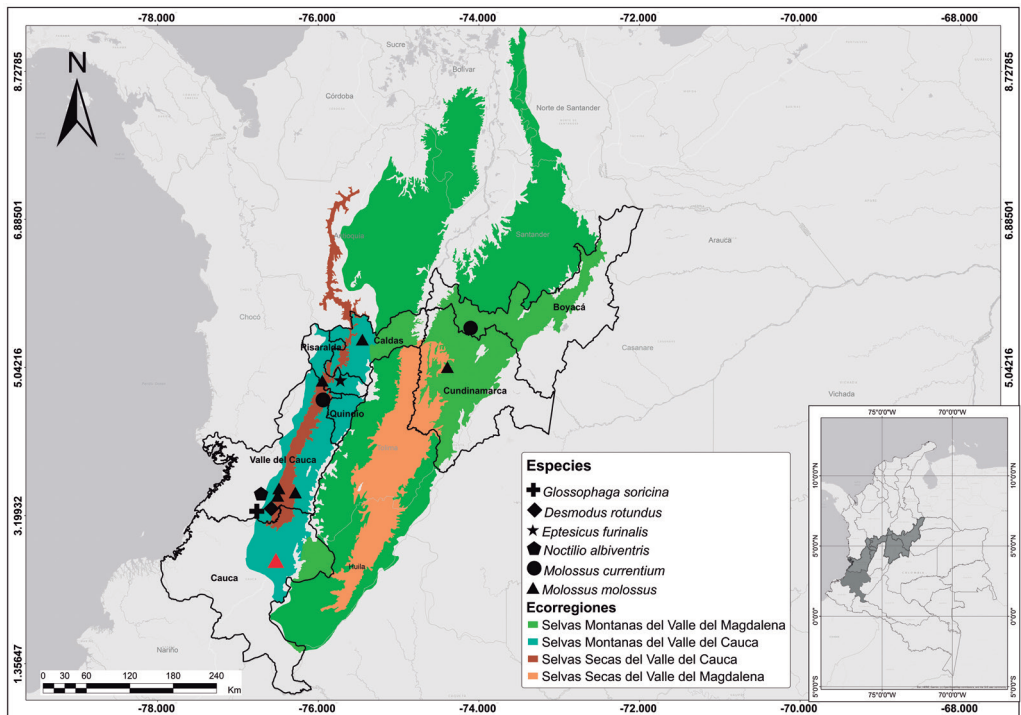


Figura 2: Distribución de *Hectopsylla pulex* en diferentes ecorregiones y departamentos de Colombia. El registro para el municipio de Piendamó, departamento del Cauca, se denota con un triángulo rojo.

conocido para esta especie en el país, que actualmente ha sido reportada en siete departamentos de la región Andina (Ramírez-Chaves et al., 2020; Cepeda-Duque et al., 2021). La presencia de *H. pulex* en el municipio de Piendamó, parte alta de la cuenca del río Cauca era esperada, ya que gran parte de los registros previos para la especie provienen de la ecorregión Selvas Montanas del Valle del Cauca (*sensu* Olson et al., 2021). Esto abre la posibilidad de que otras áreas de esta ecorregión (Figura 2), donde colonias de *M. molossus* han sido documentadas como la zona urbana de Popayán (Ramírez-Chaves et al., 2008), sean claves para la investigación de estas interacciones ecológicas. Debido a que *M. molossus* es una especie de amplia distribución, la presencia de *H. pulex* en varias ecorregiones del país es esperada, sin embargo, a la fecha, se restringe únicamente a cuatro ecorregiones (Figura 2).

Por otra parte, la presencia de *H. pulex* en otras especies de murciélagos estaría asociada al tipo de refugio que diferentes especies pueden compartir, lo que resulta en una flexibilidad de la pulga para escoger su hospedador. Por ejemplo, la presencia de *H. pulex* está asociada a especies que han sido documentadas en refugios en construcciones humanas (Alberico et al., 2005) que pueden compartir refugio con *M. molossus*. Adicionalmente, la presencia de *H. pulex* en especies como *D. rotundus* también puede asociarse con los refugios compartidos con *M. molossus* que corresponden a oquedades de árboles vivos (obs. pers). Para el caso de *C. greenhalli*, aunque no conocemos las zonas de refugio en Colombia, la especie ha sido documentada

forrajeando en ecosistemas urbanos junto con *M. molossus* en Panamá (Jung y Kalko, 2010). La hipótesis de los refugios compartidos puede explicar la escasa o nula documentación de *H. pulex* en otras especies de murciélagos que no habitan en construcciones humanas, como algunos representantes de las subfamilias Carrollinae y Stenodermatinae, que son comúnmente atrapados en estudios de murciélagos. Para evaluar esta hipótesis se sugiere realizar observaciones de la presencia de *H. pulex* en sitios urbanos con presencia de *M. molossus* y otras especies de murciélagos. Finalmente, se requiere realizar análisis adicionales para establecer cuándo empezó la interacción entre *H. pulex* y los murciélagos, por lo que la recolecta y generación de información genética adicional de estos ectoparásitos es necesaria.

Conclusiones

El presente registro de *Hectoposylla pulex* extiende su distribución en aproximadamente 60 km hacia el sur y representa el registro más austral de la especie en Colombia.

Es altamente probable que el tipo de refugio compartido por varias especies de murciélagos con *Molossus molossus* juegue un papel en la colonización de *H. pulex* sobre otras especies de murciélagos de diversas familias.

Se requieren análisis y observaciones adicionales para entender las dinámicas ecológicas entre estas pulgas y sus hospederos murciélagos.

Agradecimientos

A María Fernanda González por motivarnos a realizar esta nota.

ACG, agradece al programa “Relación, distribución, taxonomía de especies de garrapatas asociadas a mamíferos silvestres en zonas endémicas de rickettsiosis en Colombia. Un acercamiento a la comprensión de la relación vectores patógenos-reservorios”, Convocatoria Ministerio De Ciencia, Tecnología E Innovación -Minciencias Código 120385270267 y CTO 80740-200-2021.

Referencias

Alberico, M., Saavedra-R., C. A. y García-Paredes, H. 2005. Murciélagos caseros de Cali (Valle del Cauca - Colombia). *Caldasia*, 25(1): 117-126.

Autino, A. G. y Claps, G. L. 2000. Catalogue of the ectoparasitic insects of the bats of Argentina. *Insecta Mundi*, 14: 193-209.

Ayerbe-Quiñones, F., López-Ordóñez, J. P., González-Rojas, M. F., Estela, F. A., Ramírez-Burbano, M. B., Sandoval-Sierra, J. V. y Gómez-Bernal, L. G. 2008. Aves del departamento del Cauca - Colombia. *Biota Colombiana*, 9(1): 77-132. <http://revistas.humboldt.org.co/index.php/biota/article/view/211>

Cepeda-Duque, J. C., Ruíz-Correa, L. F., Cardona-Giraldo, A., Ossa-López, P. A., Rivera-Páez, F. A. y Ramírez-Chaves, H. E. 2021. *Hectopsylla pulex* (Haller, 1880) (Siphonaptera: Tungidae) infestation on *Eptesicus furinalis* (Chiroptera: Vespertilionidae) from the Central Andes of Colombia. *Papéis Avulsos de Zoología*, 61: e20216138. Disponible en: <http://doi.org/10.11606/1807-0205/2021.61.38>

Díaz, M. M., Solari, S., Aguirre, L. F., Aguiar, L. y Barquez, R. M. 2016. Clave de Identificación de los murciélagos de Sudamérica-Chave de identificação dos morcegos da America do Sul. Publicación Especial Nº 2. Programa de Conservación de los Murciélagos de Argentina, Buenos Aires, Editorial Magna. 160 pp.

Gardner, A. L. (Ed.). 2008. Mammals of South America, volume 1: marsupials, xenarthrans, shrews, and bats, Volume 2. University of Chicago Press, Chicago. 669 pp.

Hastriter, M. W. y Méndez E. 2000. A review of the flea genera *Hectopsylla* Frauenfeld and *Rhynchopsyllus* Haller (Siphonaptera: Pulicidae). Proceedings of the Entomological Society of Washington, 102(3): 612-624.

Hastriter, M. W., Meyer, M. D., Sherwin, R. E. y Dittmar, K. 2014. New distribution and host records for *Hectopsylla pulex* Haller (Siphonaptera, Tungidae) with notes on biology and morphology. ZooKeys, 389: 1-7. Disponible en: <https://doi.org/10.3897/zookeys.389.7042>

Jung, K. y Kalko, E. K. V. 2010. Where forest meets urbanization: foraging plasticity of aerial insectivorous bats in an anthropogenically altered environment. Journal of Mammalogy, 91(1): 144-153. Disponible en: <https://doi.org/10.1644/08-MAMM-A-313R.1>

Luz, J. L., Costa, L. D. M., Gomes, L. A. C. y Esbérard, C. E. L. 2009. The chiggerflea *Hectopsylla pulex* (Siphonaptera: Tungidae) as an ectoparasite of freetailed bats (Chiroptera: Molossidae). Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, 104(4): 567-569. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/S0074-02762009000400005>

Marinkelle, C. y Grose, E. S. 1981. A list of ectoparasites of Colombian bats. Revista de Biología Tropical, 29(1): 11-20.

Méndez, E. 1977. Mammalian-Siphonapteran associations, the environment, and biogeography of mammals of southwestern Colombia. *Quaestiones Entomologicae*, 13(3): 92-182.

Olson, D. M., Dinerstein, E., Wikramanayake, E. D., Burgess, N. D., Powell, G. V. N., Underwood, E. C., D'Amico, J. A., Strand, H. E., Morrison, J. C., Loucks, C. J., Allnutt, T. F., Lamoreux, J. F., Ricketts, T. H., Itoua, I., Wettengel, W. W., Kura, Y., Hedao, P. y Kassem, K. 2001. Terrestrial ecoregions of the world: a new map of life on Earth: a new global map of terrestrial ecoregions provides an innovative tool for conserving biodiversity. *BioScience*, 51 (11): 933-938. Disponible en: [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2001\)051\[0933:teotwa\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2001)051[0933:teotwa]2.0.co;2)

Ramírez-Chaves, H. E., Mejía-Egas, O. y Zambrano-G., G. 2008. Anotaciones sobre dieta, estado reproductivo, actividad y tamaño de colonia del murciélago mastín común (*Molossus molossus*: Molossidae) en la zona urbana de Popayán, departamento del Cauca, Colombia. *Chiroptera Neotropical*, 14(2): 384-390.

Ramírez-Chaves, H. E. y Pérez, W. 2010a. Mamíferos (Mammalia: Theria) del departamento del Cauca, Colombia. *Biota Colombiana*, 11(1 y 2): 139-169.

Ramírez-Chaves, H. E. y W. Pérez. 2010b. Breve reseña histórica de la investigación mastozoológica en el departamento del Cauca, Colombia. *Novedades Colombianas* 10(1):71-76.

Ramírez-Chaves, H. E., Tamayo-Zuluaga, A. F., Henao-Osorio, J. J., Cardona-Giraldo, A., Ossa-López, P. A. y Rivera-Páez, F. A. 2020. The chiggerflea *Hectopsylla pulex* (Siphonaptera: Tungidae): Infestation on the Pallas's mastiff bat *Molossus molossus* (Chiroptera: Molossidae) in the Central Andes of Colombia. *Zoología* 37: e53092. Disponible en: <https://doi.org/10.3897/zoologia.37.e53092>

Tamsitt, J. R. 1970. Records of bat ectoparasites from the Caribbean region (Siphonaptera, Acarina, Diptera). *Canadian Journal of Zoology*, 48(5): 1093-1097.

Polinización de *Mucuna mutisiana* (Kunth) D.C. por murciélagos *Glossophaga soricina* y *Glossophaga longirostris* (Phyllostomidae: Glossophaginae) en el Bosque Seco Tropical (BsT) al norte de Colombia

Pollination of *Mucuna mutisiana* (Kunth) D.C. by bats *Glossophaga soricina* and *Glossophaga longirostris* (Phyllostomidae: Glossophaginae) in the Tropical Dry Forest (BsT) in Northern Colombia

Meriele Rebolledo Contreras¹

Magister en Ciencias Naturales, investigadora del Departamento de Química y Biología de la Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia.

Email: merieler@uninorte.edu.co

Orcid: 0000-0003-3205-2334

Resumen

Los sistemas de polinización biótica se pueden considerar como un proceso ecológico donde la interacción entre plantas y polinizadores determina la reproducción de las primeras, además, asegura la variabilidad genética debido a la transferencia del polen entre diferentes plantas, dado por la polinización cruzada (Aguilar et al. 2006; Ashman et al. 2004). Se estima que los murciélagos son agentes polinizadores de un amplio grupo de plantas en el trópico, favoreciendo la transferencia del polen a largas distancias entre plantas con flores. El objetivo de esta investigación fue describir la biología de polinización de *M. mutisiana* (Kunth) DC., una fabácea polinizada por murciélagos glosófaginos en fragmentos de Bosque seco Tropical (BsT) de la región Caribe de Colombia. Los resultados muestran que estas plantas florecen entre los meses de marzo y mayo y de octubre hasta noviembre, con una duración aproximada de ocho a 14

Historia del artículo

Fecha de recepción:
19-06-2021

Fecha de aceptación:
19-10-2021

DOI: <https://doi.org/10.47374/novcol.2021.v16.1945>

semanas. Su antesis es crepuscular, con la mayor producción de flores entre la segunda y tercera semana de floración, con un promedio de 57 a 108 racimos, con cinco a seis flores maduras abiertas por noche por racimo y con un promedio de 30 flores por individuo. Para que ocurra la polinización de *M. mutisiana* en el BsT, se requiere un movimiento brusco que activa el mecanismo de apertura de los pétalos de la flor y posterior liberación del androceo y del gineceo, necesaria para su reproducción. Las flores tienen un tamaño de 6.3 cm (SD= 0.18; N= 25), con picos máximos de producción de néctar por noche de 18.58 μ l (SD=18.74; n=112) y los máximos porcentajes de concentración de azúcar fueron de 4.68 °Brix (SD=5.03; n=112) a las 18:00 h. Dos potenciales polinizadores, los murciélagos *Glossophaga soricina* (Pallas 1766) y *Glossophaga longirostris* (Miller, 1898), visitan las flores de *M. mutisiana*, con un pico máximo de visita de 34.25% (SD=39.8; n=112) desde las 19:00 h a las 21:00 h. También se observó que los colibríes (*Anracotoras nigrícolis* y *Phaetornis sp.*) visitan las flores durante el día, por la noche se observaron otros visitantes como la zarigüeya (*Caluromys sp.*) y las polillas nocturnas de la familia Sphingidae. Todas estas observaciones confirmaron el síndrome de polinización de quiropterofilia. Sus rasgos florales de atracción, e incluso de recompensas florales de *M. mutisiana*, presentan congruencias entre la utilización del recurso floral y capacidad de forrajeo de sus principales polinizadores que se evidencia al efectuarse el contacto entre las anteras y los pistilos con la

parte anteroposterior del cuerpo de los individuos de este grupo polinizador en el BsT. Así mismo, se encontró un alto valor en las relaciones que estos murciélagos tienen con los recursos ofrecidos por el entorno, dada su flexibilidad en la dieta, favoreciendo no solo los sistemas de polinización cuando hay disponibilidad de néctar, sino también por que combinan su dieta nectarívora con frutos e insectos, permitiendo la coexistencia de estos dos potenciales polinizadores de *M. mutisiana*.

Palabras clave: Sistemas de polinización biótica, quiropterofilia, Bosque Seco Tropical, biología de polinización.

Abstract

Biotic pollination systems can be considered as an ecological process where the interaction between plants and their pollinators determines plant reproduction. It also ensures genetic variability due to pollen transfer between different plants because of cross pollination. It is estimated that bats are pollinating agents to a wide group of plants in the tropics, favoring the transfer of pollen over long distances in plants with flowers that have adaptations for pollination by chiropterans. The objective of my research consisted in describing the biology of pollination of *M. mutisiana* (Kunth) DC., a fabaceous plant pollinated by sweet-tooth bats, in Tropical Dry Forests in the Caribbean region of Colombia. In addition to the possible incidence of the ecological role of nectarivores bats in the dynamics of the Tropical Dry Forest. The results on

its phenology shows that the anthesis is twilight starting at 18:00 h. between the months of March and May; and then again October through November, with an approximate duration of 8 to 14 weeks. The maximum flower production happens between the second and third week of flowering with an average of 57 to 108 clusters; 5 to 6 mature flowers opening per night/cluster; and an average of 30 flowers per individual. It was observed that for *M. mutisiana* pollinisation in BsT to occur, a sudden movement is required to activate the flower opening mechanism towards the subsequent release of the necessary androecium and gynoecium for their reproduction. The flowers size is 6.3 cm (SD = 0.18; N = 25), with maximum peaks of nectar production per night of around 18.58 μ l (SD = 18.74; n = 112). Maximum percentage of sugar concentration was 4.68 °Brix (SD = 5.03; n = 112) at 6:00 p.m. Two potential pollinators bats: *Glossophaga soricina* (Pallas 1766) and *Glossophaga longirostris* (Miller, 1898), visit the flowers of *M. mutisiana*, with a maximum visit peak of 34.25% (SD = 39.8; n = 112) from 19:00 a.m. to 9:00 p.m. It was also observed that daylight visits were mostly made by hummingbirds (*Antracotoras nigricolis* and *Phaetornis sp.*). At night, other visitors such as opossums (*Caluromys sp.*) and nocturnal moths of the Sphingidae family were observed. All these observations confirmed the chiropterophilic pollination syndrome in these plant species. Its floral features of attraction and even floral rewards of *M. mutisiana* showed congruences between the use of the floral resource and the foraging capacity of its main

pollinators, which is evidenced by contact between the anthers and pistils with the anteroposterior part of the body of the individuals of this pollinating group In the BsT. Likewise, a high value was found in the relationships that these bats have with the resources offered by the environment, given their flexibility in the diet favoring, not only the pollination systems when there is availability of nectar, but also by combining its nectarivores diet with fruits and insects, allowing these two potential pollinators of *M. mutisiana* to coexist.

Keywords: Biotic pollination systems, chiropterophily, Tropical Dry Forest, pollination biology.

Introducción

Se estima que los sistemas productivos agropecuarios y la deforestación, producen aislamiento espacial del hábitat, lo cual tiene efectos negativos, no solo sobre el desgaste del suelo, sino también sobre los servicios ecosistémicos que los bosques proveen (Aguilar et al. 2006, 2019; Carbone et al. 2019). Sobrellevar estos efectos negativos se ha convertido en un desafío importante para la conservación del Bosque seco Tropical (BsT) y una de las principales amenazas para la biodiversidad (Pizano et al. 2014). Entender los procesos ecológicos como son los sistemas de polinización permite esclarecer cómo responden las plantas a los efectos negativos de carácter antrópico, tanto en ecosistemas naturales como en los agroecosistemas productivos (Aguilar et al. 2006, 2019; Aldana-Domínguez et al. 2017; Cusser, Neff, y Jha 2016). Más aun

cuando los estudios sobre los servicios de polinización permiten entender uno de los mecanismos más importantes para asegurar las variabilidad genética en las angiospermas como es el caso de la polinización cruzada, que implica la transferencia del polen entre diferentes flores (Ashman et al. 2004; Chacoff, Aizen, y Aschero 2008).

Sumado a esto, los estudios enfocados en las adaptaciones que presentan las plantas polinizadas por murciélagos han cobrado importancia, porque en esta interacción actúan como vectores de polen óptimo que obtienen de una fuente de néctar óptima (Horner, Fleming, y Sahey 1998; Voigt 2004) *Leptonycteris curasoae* (= *L. sanborni*). Además, las plantas de este género en su trayectoria evolutiva han adquirido un conjunto de características propias en las estructuras de las flores para ciertos vectores de polen, lo cual permite inferir la forma como se produce el traslado de polen entre las flores, basado en el supuesto de la teoría del síndrome de polinización.

En este sentido, el propósito de mi investigación fue describir la polinización de *M. mutisiana* (Kunth) DC., una fabácea polinizada por murciélagos, a partir de información recopilada sobre la biología floral, disponibilidad del néctar en las flores y la frecuencia de visita de los murciélagos de la subfamilia Glossophaginae, como una aproximación a la teoría de los síndromes de polinización, dado que esta especie presenta un “conjunto de rasgos florales de atracción e incluso de recompensas florales, asociados con la utilización y capacidad de forrajeo de un grupo específico

de polinizadores” (Faegri y Pijl 1979; Fenster et al. 2004; Willmer 2011). Entender cómo incide el rol ecológico de los murciélagos nectarívoros en la dinámica del bosque seco tropical, dada la biología de polinización de *M. mutisiana*, permite identificar un modelo para explorar la utilización del recurso alimenticio por parte de sus polinizadores y que sustente la adaptación en un sistema de polinización para mamíferos voladores dependientes y/o generalistas. Los rasgos atractivos de las flores de *M. mutisiana* permiten documentar estudios enfocados en la dirección y regulación de la interacción de estas con sus potenciales polinizadores.

Mucuna mutisiana (Kunth) DC., es una de las especies tropicales del género que habita en bosques primarios, de galería, secundarios e intervenidos en los bordes de los ríos desde el nivel del mar hasta los 2500 msnm, en Centro y Suramérica (T. M. D. Moura et al. 2018). Es conocida en Colombia como “Cogolo”, “Ojo de buey”, “Ojo de venado” o “Pica pica”. Sus rasgos comprenden flores de color verde-amarillentas o amarillo claro, agrupadas en racimos de flores sobre pedúnculos que bajan del dosel a lugares abiertos de hasta 80 cm de longitud. Estas características son adecuadas para la atracción, acceso y visita de sus polinizadores y poseen una estrecha relación con la teoría del síndrome de polinización chiropterofílico (Faegri y Pijl 1979; Kobayashi et al. 2015, 2018; T. M. Moura et al. 2016).

Esta investigación se centra en la biología de la polinización y la relación entre el patrón de producción de néctar y la

concentración de azúcar con respecto a la frecuencia y comportamiento de los visitantes florales, lo que a su vez ayudará a definir la diversidad de polinizadores mamíferos en el BsT y su importancia adaptativa a estas características florales en dichas interacciones tróficas. No obstante, con la finalidad de esclarecer el sistema de polinización de *M. mutisiana* he planteado los siguientes objetivos: 1) Caracterizar la biología floral. 2) Describir la producción de néctar y concentración de azúcar en el néctar. 3) Identificar los visitantes florales y descripción del comportamiento de las flores de *Mucuna mutisiana* (Kunth) DC. 4) Establecer la relación de los patrones de visita de los visitantes de las flores de *M. mutisiana* con la producción de néctar y la concentración de azúcar de esta planta.

Materiales y Métodos

Área de estudio

Este estudio fue realizado con una combinación de datos de campo obtenidos entre 2002 y 2019, en las localidades de la Reserva Forestal de Colosó en el departamento de Sucre, a lo largo del arroyo Colosó, en la Serranía de la Coraza, desde el alto de Coraza hasta el nacimiento del arroyo grande de Coloso – Montes de María, ubicado a $9^{\circ}30' N$ y $75^{\circ}21' O$ (IGAC, 1969; Ministerio del Medio Ambiente, 2002) y fragmentos de Bosque seco Tropical (BsT) del departamento del Atlántico en los municipios de Piojó $10^{\circ}75'69.53''N$ y $75^{\circ}09'68.56''O$, Tubará a $10^{\circ}47'37.68''N$ y $75^{\circ}09'1.95''O$ y Usiacurí a

$10^{\circ}45'27.8''N$ y $75^{\circ}01'59.0''O$. Aquí se ubican las áreas de bosques protegidos más grandes y en mejor estado de conservación con características de paisaje similares, ubicadas a lo largo de microcuencas o arroyos, con una altitud máxima entre los 200 y 330 msnm, temperatura media anual de $25^{\circ} C$, con humedad relativa del 84% y precipitación media anual de 1.296,9 mm, características que van de mayo a noviembre, alternadas con una estación seca entre diciembre y abril (IDEAM, 2010).

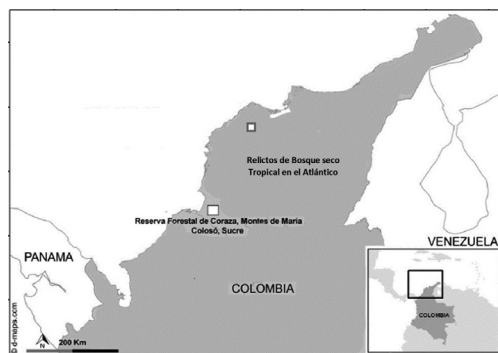


Figura 1. Ubicación de las localidades donde se describió la biología de polinización de *Mucuna mutisiana* y se registró la visita de sus polinizadores al norte de Colombia.

Caracterización de la biología floral de *M. mutisiana*

Los muestreos se realizaron en dos fragmentos del BsT en cada una de las localidades mencionadas, donde se registraron todas las plantas de *M. mutisiana* (Figura 1). Esta zona cuenta con paisajes en diferentes estados de conservación, en su mayoría constituidos por bosque higrotropofítico.

Debido a que la planta habita principalmente en bosques de galería, se ubicaron transectos a lo largo de arroyos en los cuales se seleccionaron siete plantas o grupos de plantas que se definieron como estaciones de muestreo. En cada una de estas se colectaron veinticinco flores maduras que luego permitieron la descripción floral, el material fresco se preservó en solución FAA. El análisis morfológico de las flores se basó en los tipos florales propuestos por Nassar et al. (1997), las cuales corresponden a número de inflorescencias y número de flores por inflorescencia. A continuación, se realizó la caracterización morfológica en máximo cien flores en antesis de 25 individuos, se tomaron

las medidas morfológicas de las flores como: longitud externa, longitud interna, largo de las anteras y largo del estilo, se determinó que se encuentran insertados en el receptáculo al extremo del pedicelo (Figura 2). La orientación de la flor se determinó definiendo dos criterios: (1) Vertical hacia arriba, cuando la flor se orienta en el sentido de la fuerza de la gravedad y la abertura de la corola se encuentra opuesta a la superficie del suelo. (2) Horizontal, cuando la flor se orienta de forma perpendicular en el sentido de la fuerza de gravedad. También se registraron las siguientes características: número de estambres florales, número de óvulos por flor, y presencia o ausencia de olor floral.

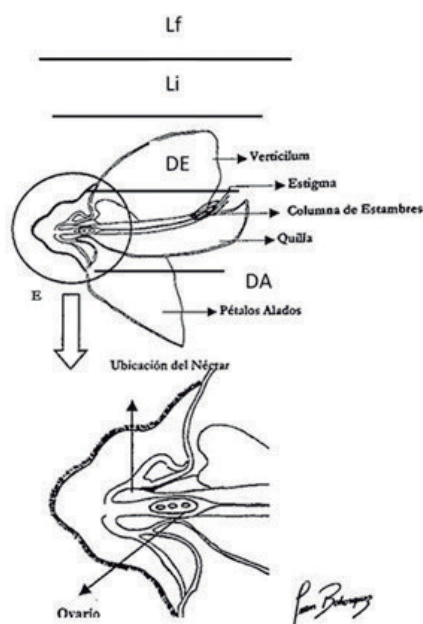


Figura 2. Corte transversal de una flor de *Mucuna mutisiana*. Medidas estimadas en las flores de *Mucuna mutisiana*; longitud de la flor (Lf), longitud interna (Li), longitud del pétalo de la quilla (Lpq), distancia de la antera a la base del tubo floral (DA), distancia del estigma a la base del tubo floral (DE). Ilustración elaborada por Bohórquez J. C.

Caracterización de la producción de néctar y concentración de azúcar: los datos fueron recolectados durante la temporada de floración de la especie que se estimó entre 15 a 20 días. Se monitorearon un total de 112 flores que corresponden a 57 inflorescencia de siete individuos en las siete estaciones de muestreo. Las observaciones se iniciaron por la tarde, alrededor de las 18:00 h. cuando las flores maduras estuvieran listas para la visita de los murciélagos. El volumen de la secreción del néctar se midió con una micropipeta graduada con una escala de 1-100 μ l, en flores previamente aisladas con bolsas de tela de malla para evitar la atracción de los murciélagos. El volumen (μ l) de néctar fue monitoreado cada dos horas, así como la concentración (%) de azúcar con un refractómetro Brix Con (0-32 ATC, Brix, Tokio, Japón).

Observaciones de los visitantes florales de *M. mutisiana*: la interacción de la polinización entre los murciélagos con las flores de la especie *Mucuna mutisiana* fue monitoreada mediante el registro de visitas florales, los patrones de visita y el comportamiento de los visitantes diurnos y nocturnos. Para su identificación se realizaron capturas de los murciélagos en cada una de las siete estaciones, utilizando de tres a cuatro redes de niebla entre 12, 6 y 4 m de ancho y 2,5 m de alto. Una vez capturados los murciélagos se registraron todas las mediciones morfológicas para su identificación taxonómica (Emmons, L. H. y Feer, F. 1999, Díaz, M.M., et al. 2016, Tirira, D. G. y S. F. Burneo 2012) y se procedió al marcaje de los especímenes capturados

por medio del sistema de collar para su posterior recaptura. Con el fin de asegurar que los murciélagos sí habían visitado las flores, se verificó por observación directa la deposición del polen en el pelaje de los murciélagos, que posteriormente fue recolectado e identificado (Erdtman G. 1952). Se monitorearon entre 55 y 60 flores por noche, por observación directa apoyada por una cámara de video (4K AX43, Handycam), a una distancia de 2 a 3 m de las inflorescencias por la dificultad para acceder a ellas, durante aproximadamente 20 días de floración. Se calculó la frecuencia de visitas de los potenciales polinizadores, principalmente los murciélagos y se describió el comportamiento de todos los animales, diurnos y nocturnos, que visitan las flores mediante la categorización según el nivel y tipo de interacción que se observó en las flores monitoreadas: (a) apertura explosiva sin daño a la flor (es decir, apertura exitosa); (b) néctar robado de una flor sin abrir; (c) destrucción de la flor (arrancada, mordida o caída) sin abrir (Kobayashi et al., 2015).

Análisis de datos: para evaluar la variación en la fenología reproductiva, tal como producción de flores (número de racimos y flores por planta) se implementó la estadística descriptiva. Se compararon las variables volumen del néctar, concentración de azúcar en el néctar y visitas florales; estas se trataron con el análisis ANOVA de una vía. La frecuencia de visitas de los murciélagos a las flores se calculó con el número total de visitas de murciélago por flor, para un número total de visita de flores por noche. Para

comparar las diferencias en el volumen del néctar y la concentración de azúcar se realizó una prueba de Fisher en los diferentes muestreos por noche. Todos los análisis se realizaron utilizando el software Rstudio 2.15.

Resultados y Discusión

Biología floral: la época de floración de *M. mutisiana* ocurrió entre los meses de marzo y mayo y de octubre hasta noviembre, su duración aproximada fue de ocho a 14 semanas en cada época. Se registró un promedio de 57,3 a 108,8 racimos florales por planta (SD=51.5; n=10). La mayor producción de flores fue entre la segunda y tercera semana de la floración con un total de cinco a seis flores maduras abiertas por noche por racimo y se obtuvo un promedio de 30,2 flores por individuo (SD=26,7; n=10) con una producción total de 3420 flores (SD= 3025,7; n=10) cada noche para todas las estaciones.

La antesis de las flores ocurrió en el anochecer a partir de las 18:00 h, y estuvieron abiertas durante máximo dos noches; si no fueron polinizadas, posteriormente se caen, durante casi todo este tiempo se mantuvo la turgencia de las estructuras reproductivas. Las inflorescencias axilares y pseudoracemosas cuelgan desde el dosel en pedúnculos que van de 2,5 m a 3,5 m de longitud, formando racimos densos, los brotes florales más bajos o externos fueron los primeros en abrir y el ápice de la inflorescencia siguió creciendo, desarrollando brotes nuevos

con 20 a 25 brotes florales (n=10). Las flores son hermafroditas, presentando dirección hacia abajo, tipo papilionáceo, estructuralmente zigomórfico con simetría dorsoventral (Figura 2). Las dimensiones morfológicas estudiadas (Tabla 1) indican que las flores presentan una longitud de 6,3 cm (SD= 0.18, N=25), el diámetro promedio del pedicelo de 0,631 cm, la corola es color crema y varía entre verde a blanca en flores maduras, además son pentafoiliadas, con dos pétalos inferiores fusionados por sus márgenes adyacentes, constituidas por un par de pétalos conformados por la quilla, de 4,3 cm de longitud (SD= 0.15, n=25), en su interior se encuentran encerrados en promedio nueve estambres (n=25), ocho fusionados y uno libre, de entre 3,4 y 4,3 cm de largo y el pistilo entre 4,3 y 5,5 cm (n=25) de longitud. Además, la corola presentó dos pétalos alados laterales con longitud de 5,2 cm (SD= 0.2, n=25) y un quinto pétalo superior llamado verticilum o estandarte, orientados hacia arriba con longitud de 4,2 cm (SD= 0.2, n=25) (Figura 2). El olor del néctar en flores maduras fue fuerte, similar a un vegetal en descomposición (rancio o fermentado) (n=10). Por su parte, los ovarios presentaron tres óvulos (n=25).

Producción de néctar de las flores y concentración de azúcares: la secreción del néctar comienza antes de la antesis, cuando las flores alcanzan su madurez. Cuando las flores se abrieron, liberaron el máximo volumen del néctar registrado a las 18:00 h con 8,6 μ l (SD=8,08; n=112), luego decreció a las 19:00 h hasta 3,65 μ l (SD=4.0; n=112), y el mínimo registro de producción de néctar se observó a

Tabla 1. Descripción de las medias y la desviación estándar de las características morfológicas de 100 flores de 25 individuos de *Mucuna mutisiana* (Kunth) DC. Las flores presentaron una longitud máxima de 6,3 y una mínima de 4,2 cm.

Característica morfológica de la flor	Promedio (cm)	Desviación estándar
Longitud de la flor	6.33	0.18
Longitud interna	4.56	0.15
Longitud del pétalo de la quilla	4.32	0.13
Distancia de la antera a la base del tubo floral	3.4	0.22
Distancia del estigma a la base del tubo floral	4.0	0.13

las 22:00 h con 1,45 μ l (SD=1.6; n=112), alcanzando valores cercanos a cero a la 23:00 h. El total de producción de néctar por flor obtenido cada noche fue de 18,58 μ l (SD=18.74; n=112) y el valor estimado de la producción de néctar por planta por noche se estimó en 5,4 ml para el número total de flores abiertas por

noche. La concentración de azúcar en el néctar mantuvo un promedio de 1,95°Brix (SD=1.51; n=112), el mayor porcentaje fue de 4,68 °Brix (SD=5.03; n=112) a las 18:00 h, posteriormente, disminuyó la producción y se mantuvo fluctuando alrededor de los 2,29 °Brix (SD=8.2; n=112) (Figura 3). La prueba HSD de Tukey indicó que

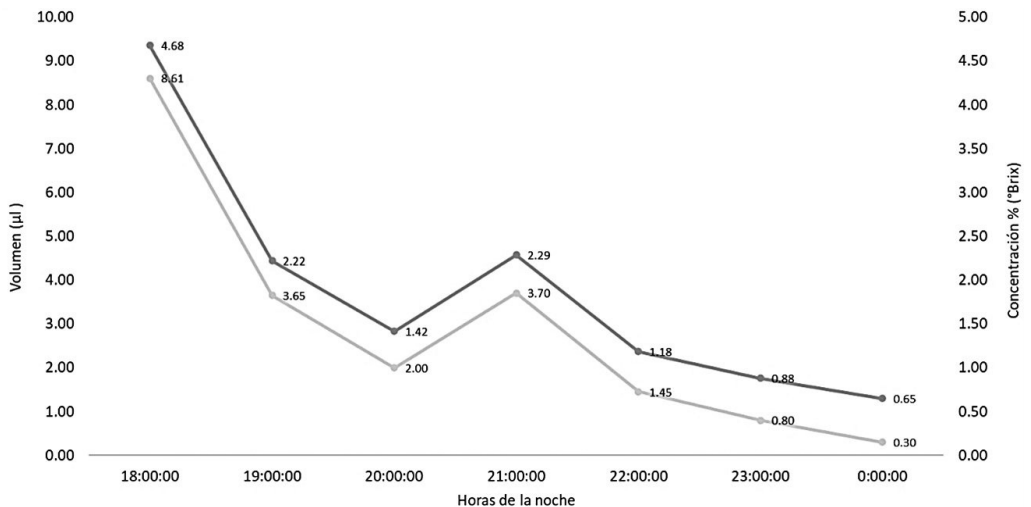


Figura 3. Promedio de la producción de néctar (μ L) y de la concentración de azúcares (°Brix) en *Mucuna mutisiana* (Kunth) DC., (n=112) por cada hora durante la noche.

existieron diferencias significativas entre los valores de disponibilidad media de néctar y la concentración de azúcares entre mediciones durante la noche. Se observó una variación significativa en la producción de néctar durante la noche ($F_{6,777} = 173,40$, $P=0.0001$).

Visitantes florales de *M. mutisiana*: se identificaron tres clases de visitantes florales que corresponden a visitantes nocturnos, como algunos insectos de la familia Sphingidae que se posaron sobre los pétalos y la base de la corola sin tocar las anteras ni el estigma, también se observaron algunos mamíferos y otros vertebrados diurnos como aves.

Los mamíferos que visitaron las flores de *M. mutisiana* fueron los quirópteros *Glossophaga longirostris* (Miller, 1898) *Glossophaga soricina* (Pallas, 1766) (Figura 4); ambos de la familia Phyllostomidae. La zarigüeya *Caluromys lanatus* (Olfers, 1818) (familia: Didelphidae). Las especies de murciélagos capturados con polen de *M. mutisiana* se separaron taxonómicamente según las medidas de los ejemplares, como fue el caso de la longitud del antebrazo que suele ser mayor en *G. soricina*, su hocico es más corto que la caja craneana, de cola corta que no supera la mitad de la longitud del uropatagio, contrario a *G. longirostris* que posee un hocico alargado y la longitud de su rostro suele ser mayor o igual a la caja craneana (Díaz, M.M., et al. 2016; Tirira, D. G. y S. F. Burneo, 2012). Las visitas de los quirópteros a las flores de *M. mutisiana* inician al atardecer y su mayor actividad se registró entre las 18:00 h y las

24:00 h. El mayor porcentaje de frecuencia de visita fue de 34,25% (SD=39.8; n=112) desde las 19:00 h hasta las 21:00 h (Figura 5). La prueba HSD de Tukey indicó que existieron diferencias significativas entre las medias de visitas a las flores por parte de los quirópteros.



Figura 4. Visitantes florales de *M. mutisiana*
a: *Glossophaga soricina* con polen de
M. mutisiana. Elaboración propia.

Las visitas de los quirópteros a las flores de *M. mutisiana* son cortas <2s (n=24), las dos especies registradas forrajea solitarias; cuando visitan las flores revolotean alrededor de ellas, luego los murciélagos introducen el rostro por la abertura de la corola a una alta velocidad, el movimiento brusco ocasiona que se active en la flor un mecanismo de elevación de la columna de estambres encerrados en los pétalos de la quilla inicialmente fusionados, lo que conlleva a que se presente un descenso de la quilla y el levantamiento permanente del verticilum, así el murciélago alcanza néctar en la base de la flor con su lengua y, posteriormente, se posa sobre las flores agarrándose con el pulgar del verticilum de la flor como soporte en la toma del néctar (Figura 6).

Los quirópteros contactan su región ventral con el androceo y el gineceo y se impregnan de polen en el pelo del vientre, el uropatagio y las patas. Respecto a la actividad de las zarigüeyas, estas visitaron las flores alimentándose de ellas destruyéndolas. Durante la época de floración se capturaron 51 quirópteros correspondientes al género *Glossophaga*, de los cuales se marcaron 20

individuos de *Glossophaga soricina* y 11 de *Glossophaga longirostris* con collar plástico de un color para cada especie (Estrada-Villegas et al., 2010). En las muestras del pelaje y las heces de estos murciélagos se reconocieron tres tipos de dieta durante las épocas de floración, como frutos y semillas con 34%, polen y néctar con 38,2% e insectos con 27,6%.

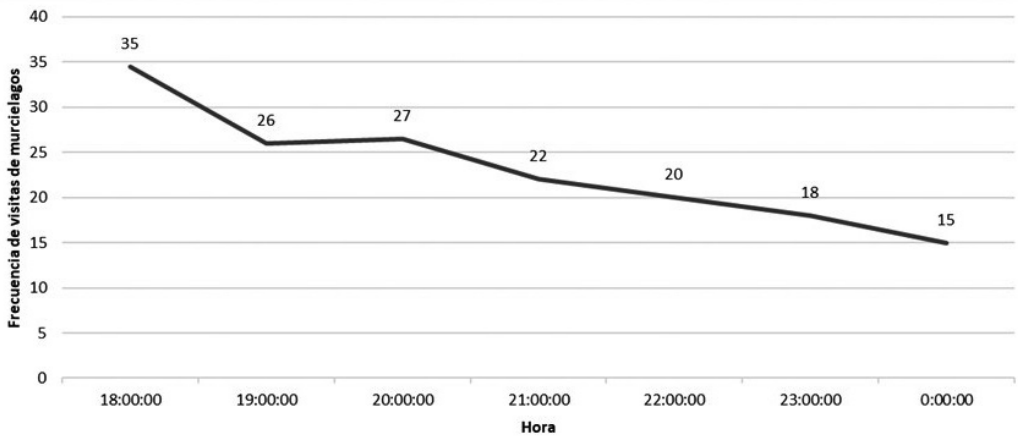


Figura 5. Frecuencias de visitas de murciélagos a las flores de *M. mutisiana* (n= 10) en horas de la noche.

Las visitas exitosas durante la apertura de las flores y liberación del polen son realizadas principalmente por los quirópteros; aquí también se reporta que otras especies animales interactuaron con las flores de *M. mutisiana* con un comportamiento de visita tipo robador de néctar de flores sin abrir y flores ya explotadas por los murciélagos. Como es el caso de las aves pertenecen a la familia Trochilidae, de las cuales se identificaron dos especies: *Anthracothorax nigricollis* (Vieillot, 1817) y *Phaethornis anthophilus* (Bourcier, 1843).

Los colibríes iniciaron la actividad como robadores de néctar de las flores de *M. mutisiana* a partir de las 7:00 h hasta la tarde, después de las 17:00 h. Su comportamiento de visita consistió en permanecer en vuelo suspendido frente a las flores por un promedio de 30 segundos a 1 minuto por flor (SD=0,56 seg.; n=10). Durante el forrajeo revolotearon alrededor de las flores cerradas, con el pétalo verticilum aun cerrado, robando flores maduras con el verticilum levantado dispuestas para su polinización, introduciendo su pico a

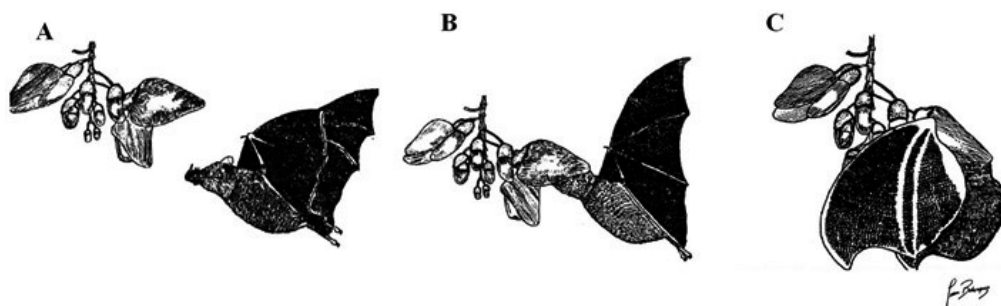


Figura 6. Visita de los quirópteros *Glossophaga soricina* y *Glossophaga longirostris* a las flores de *M. mutisiana* (A). Los quirópteros revolotean alrededor de ellas, (B) Introducen el rostro por la apertura de la corola a una alta velocidad, (C) con su lengua alcanzan el néctar en la base de la flor posándose sobre ellas, empujando los pétalos de la quilla y separándolos, permitiendo que de manera explosiva se libere el polen. Ilustración elaborada por Bohórquez J. C.

través de este pétalo para tomar el néctar sin contacto con las partes reproductivas de las flores, actuando como polinizador no potencial de las flores de *M. mutisiana*.

Discusión

Los resultados confirman que las flores de *M. mutisiana* son abiertas y polinizadas con éxito por *G. soricina* y *G. longirostris*. Las observaciones revelaron que el pistilo y los estambres se ubican en contacto directo con el vientre de estos animales, que actúan como abridores explosivos, lo que sugiere que ambas especies son polinizadores eficaces. Esto lo respalda la observación hecha a las flores que fueron aisladas al inicio de la floración y que no realizaron autopolinización espontánea y, por tanto, no registraron formación de frutos. Por otro lado, los rasgos florales, las señales olfativas y visuales, así como la forma y dimensión de las partes florales, generan una recompensa química

(composición de azúcar y concentración del néctar), lo cual encaja en los supuestos de la teoría del síndrome de polinización por quiropterofilia, permitiendo la atracción de sus visitantes potenciales.

La fenología de *M. mutisiana* es al final de la estación seca y principio de la estación lluviosa, desde marzo hasta junio y entre septiembre y noviembre, elemento característico en las plantas de este género (Moura et al. 2018; Sazima 1999). Los máximos picos de floración se presentan en el periodo intenso de lluvias, el cual sugiere que al parecer, está es estimulada por noches con temperaturas bajas de hasta 21°, lo cual coincide con las observaciones realizadas en localidades de tierras bajas de BsT y tierras altas, particularmente del bosque húmedo en Costa Rica (Heithaus, Fleming, y Opler 1975; T. M. Moura et al. 2013), donde se observó que los picos de floración de estas plantas polinizadas por murciélagos coinciden con las observaciones de este estudio.

Indicios como la antesis crepuscular, que se da a partir de las 17:00 h; el volumen y la concentración de azúcares del néctar, que alcanza su máximo valor durante la noche después de las 18:00 h y disminuyen después de las 23:00 h, son características predecibles de las flores para atraer principalmente a polinizadores nocturnos (Muchhala 2003; Tschapka y von Helversen 2007; Willmer 2011).

El color verde-blanco o crema de la corola de *M. mutisiana* se relaciona con los síndromes florales de la quiropterofilia (rasgos florales que permiten la atracción de murciélagos) y la falenofilia (conjunto de rasgos florales cuyo objeto es atraer a las palomillas o mariposas nocturnas), sin embargo, el olor a vegetal en descomposición, con pedúnculos colgantes de hasta 2 m en sus flores, está asociado al síndrome floral de la quiropterofilia (Aguilar et al. 2015; Faegri y Pijl 1979; Fenster et al. 2004; Fleming, Geiselman, y Kress 2009; Tschapka y von Helversen 2007). Las plantas que presentan corolas anchas de aproximadamente 3 cm de diámetro y color externo poco atractivo, como en el caso de *M. mutisiana*, son mejor polinizadas por los murciélagos, al permitir que los hocicos alargados de estos animales penetren la corola de las flores. A diferencia de aquellas flores con corolas estrechas y colores vistosos, que son efectivamente polinizadas por los colibríes, pues permiten que su pico ingrese al interior de la flor. Esto evidencia un contraste entre las flores grandes bajas en pigmentos de antocianina y carotenoides, con respecto a las flores ricas en néctar con alto contenido de antocianinas, rasgos florales que confieren especificidad

a los polinizadores, además de contribuir al aislamiento reproductivo prematuro de las plantas. Todo lo anterior sugiere que un mal ajuste en el ángulo de entrada a las flores o un cambio en la pigmentación de la corola podría derivar en una disminución de la efectividad en la transferencia de polen (Bradshaw y Schemske 2003; Schemske y Bradshaw 1999; Smith y Goldberg 2015). El pedicelo, de aproximadamente de 6,3 mm de diámetro en las flores de *M. mutisiana* puede soportar tanto el peso de la flor como el de su polinizador, esto evita que se rompa ante el fuerte movimiento brusco de los murciélagos nectarívoros hallados en los bosques secos del norte de Suramérica.

Se documentó una relación estrecha entre los murciélagos *G. soricina*, *G. longirostris* y *L. curasoe* con cactus columnares (Sánchez et al. 2007), según reportes hechos en Centro América, los dos primeros frecuentan las flores de *M. andreana* y posiblemente *M. mutisiana* (Baker 1970), los adultos de estos murciélagos pesan en promedio 12,4g a 14g (Arias, Cadenillas, y Pacheco 2011), por lo tanto, una flor que presente un pedicelo con menor diámetro al registrado para las flores de *M. mutisiana* se podría romper al ser vista por un polinizador con un peso de esta magnitud (Muchhala 2003). Además, los resultados de este estudio sugieren que estas plantas atraen a los visitantes nocturnos con guías de orientación, posiblemente de ecolocalización, como se reportó en *M. holtoni* (Heithaus 1982).

Algunas plantas adaptan sus rasgos florales a los polinizadores en cada región (Brian, James y Schwagerl, 2004;

Duffy y Johnson, 2017; Westoby y Wright, 2006). Los resultados muestran que las estructuras de las flores de *M. mutisiana* varían ligeramente en su longitud con respecto a las flores de otras especies polinizadas por aves o por mamíferos no voladores que se distribuyen en otras regiones, como es el caso de *M. sloanei* y *M. macrocarpa*, respectivamente (Agostini et al., 2011; Kobayashi, S. et al., 2018). Se evidenció que *M. mutisiana* posee inflorescencias flageliformes que cuelgan hasta casi 2 m por debajo del follaje, con flores muy resistentes al contacto y su longitud de hasta de 6,3 cm (SD= 0.18, N=25). A diferencia de las observaciones realizadas en *M. macrocarpa* cuyas flores tienen mayor longitud (entre $65,0 \pm 2,7$ hasta $76,7 \pm 2,3$) y es polinizada por ardillas, zorros voladores y macacos en islas subtropicales y templadas en Asia. Además, se diferencian de *Mucuna sloanei* y *Mucuna jariapa* en Brasil (Agostini, 2004), que poseen flores en ambos casos de hasta $6,0 \text{ cm} \pm 1,5 \text{ cm}$ y sus polinizadores efectivos son tres especies de aves: *Cacicus haemorrhous* (Icteridae), *Psarocolius decumanus* (Icteridae) y *Coereba flaveola* (Thraupidae), las que, al parecer, varían en los rasgos de atractivo floral adaptados a la polinización ornitófila (Agostini et al., 2011). Aun así, las especies de este género que se conocen en el neotrópico son polinizadas por murciélagos, y que difieren ligeramente en el tamaño de la flor y los pétalos, por ejemplo: *M. holtonii* posee flores que varían entre 4,0 cm – 4,5 cm de longitud, *M. urens* presenta flores de entre 3,5 cm hasta 4,0 cm de longitud y *M. mollis* con flores entre 4,0 cm a 5,0

cm de longitud. Estos datos sugieren que para que un visitante floral pueda realizar la apertura explosiva de una flor, este debe ajustarse al tamaño de la misma para que la polinización tenga éxito.

Los visitantes florales que con mayor frecuencia contactan el androceo y el gineceo de las flores de *M. mutisiana* son los murciélagos *G. soricina* y *G. longirostris*, por lo que se podrían considerar como posibles polinizadores de esta liana que se encuentra en los BsT del norte de Suramérica y en parte de Centro América, alrededor de los bosques de galería, desde el nivel del mar hasta 2500 m (T. M. D. Moura et al., 2018). Durante los meses de floración, *G. soricina* y *G. longirostris* visitan de con alta frecuencia las flores de *M. mutisiana*, por lo que en la época de floración de esta planta son visitantes florales que comparten su recurso. Durante los meses que no florece *M. mutisiana*, las especies *G. soricina* y *G. longirostris* explotan otros recursos alimenticios como frutas e insectos. Algunos estudios sustentan que estas especies poseen la capacidad de utilizar los recursos ofrecidos por el entorno, como por ejemplo, flores de cactus columnares que suele influir sobre estructura del ensamblaje de los murciélagos en el BsT del neotrópico (Sánchez et al. 2007).

Otros autores reportan que los murciélagos representan ventajas como polinizadores, dada sus dimensiones corporales, la presencia de pelo y que cuentan con una excelente memoria espacial (Tschapka y von Helversen, 2007). Durante todo su

período de floración se evidencia una alta frecuencia de visitas a las plantas para la explotación del néctar, lo cual genera un impacto positivo sobre la reproducción de las plantas; además, son capaces de transportar grandes cantidades de polen a largas distancias (Fleming, et. al 2009; Heithaus et. al 1975). Se ha reportado que los murciélagos Glossophaginos presentan un alto valor en el índice de relación de aspecto con alas grandes y delgadas que les permite volar más rápido y, tal vez, recorrer mayores distancias (Tschapka 2004). Estas características aumentan la posibilidad de trasladar el polen a largas distancias, de esta forma, cuando el murciélago toma originalmente el polen podría trasladarlo a otro individuo de *M. mutisiana*, reduciendo la posibilidad de encontrar una planta emparentada, lo que podría favorecer la xenogamia. Los troquílidos que visitan las lianas *M. mutisiana* tienen un pico recto que penetran por la parte superior del verticilum llegando al nectario en flores que permanecen cerradas y es posible que actúen como robadores de néctar, como fue observado en este estudio.

Las características del néctar producido por *M. mutisiana*, que es polinizada por murciélagos glossophaginos en el neotrópico, es menor que entre las especies asiáticas, como es el caso de *M. macrocarpa*, principalmente polinizadas por macacos (*Muscata Macaca*) en Kyushu, Japón (Kobayashi et al., 2015), por zorros voladores (*Pteropus dasymallus*) en Okinawa, Japón (Kobayashi, Denda, et al., 2018), y por Ardillas Callosciurus en Taiwán y Tailandia (Kobayashi et al., 2017;

Kobayashi, Denda, et al., 2019); asimismo, *M. championi* principalmente polinizada por un roedor (*Niviventer fulvescens*) y el murciélago de la fruta de nariz corta, un megaquiróptero (*Cynopterus sphinx*) en Hong Kong (Kobayashi et al., 2021).

Poco se conoce de las características específicas del néctar de las especies de mucuna polinizadas por mamíferos y distribuidas en el neotrópico, no obstante, *M. mutisiana* posee una relativa variabilidad en el volumen del néctar con $8,6 \pm 0,7$ (μ l) y concentración de azúcar en $4,68\% \pm 1,3$ %, a diferencia de las especies que se distribuyen en otras regiones, como es el caso de *M. championi* con un mayor volumen del néctar con $256,2 \pm 65,0$ (μ l) y concentración de azúcar en $24,68\% \pm 1,7\%$ (Kobayashi et al., 2021). *M. sempervirens*, cuya concentración de azúcar en el néctar es $293,8 \pm 15,0$ (μ l) (Liu et al., 2013) y finalmente *M. birdwoodiana* con el mayor volumen del néctar, de $882.9.2 \pm 75,0$ (μ l) y concentración de azúcar en $24,3\% \pm 0,6$ % (Kobayashi et al., 2021). Estos datos sugieren que, para que un visitante floral pueda explorar las flores, se requiere un nivel de ajuste en la recompensa a los polinizadores entre las diversas especies de Mucuna. Al documentar la biología de polinización de *M. mutisiana*, se halló un alto valor puesto que permite documentar la interacción entre las especies de este género con sus potenciales polinizadores, que actúan como abridores de apertura explosiva. Cabe señalar que se conoce poco sobre las características específicas de recompensa de las especies de este

género polinizadas por mamíferos y que se encuentran distribuidas en el neotrópico.

Conclusiones

M. mutisiana presenta adaptaciones del síndrome floral de quiropterofilia en el BsT al norte de Colombia. Las flores de esta enredadera requieren una fuerza mecánica para su apertura, lo cual es una adaptación orientada a mamíferos voladores de exploración explosiva, evitando ladrones potenciales de néctar con masa corporal más pequeña que la de sus potenciales polinizadores. Las flores de mucuna presentan adaptaciones con estrategias para atraer polinizadores nocturnos a través de guía acústica para murciélagos polinizadores (von Helversen & von Helversen, 1999), además, presentan patrones de secreción de néctar con concentraciones energéticas para polinizadores de murciélagos y aves, como sucede en otras especies del género (Agostini et al. 2011). Los resultados de esta investigación concuerdan con los obtenidos en estudios de plantas de este mismo género polinizadas por murciélagos en bosques tropicales de Brasil, con una producción energética que varió entre 28,7% hasta 39,8% °Brix, con 5,41 ml de néctar producido por planta por noche (Agostini, Sazima, y Galetto 2011), al parecer, como atractivo adaptado para promover la visita de polinizadores nocturnos, lo cual es ventajoso, tanto para las plantas como para los murciélagos nectarívoros ya que permite a las plantas les reducir el riesgo de geitonogamia (Agostini, Sazima, y Galetto, 2011).

El tamaño del cuerpo y la tasa metabólica de estos murciélagos polinizadores está relacionada con la producción energética en el néctar de las flores, lo que implica una ganancia energética, ya que estos gastan cerca de 114 cal en lugares que sobrepasan más de 10°C, que corresponde aproximadamente al 1,2% del total de energía presupuestada para 24 h (Willmer 2011). En el caso de *G. soricina* y *G. longirostris*, registrados en este estudio, presentaron un peso de entre 8 g a 16 g; su flexibilidad para alimentarse de manera oportunista durante el periodo de muestreo incluyó frutas e insectos durante las épocas del año con poca disponibilidad del néctar. Además, estudios han encontrado que *G. soricina* es capturada en mayor número en fragmentos y en islas dentro del bosque, por lo que es frecuente encontrarlo, tanto en paisajes fragmentados como en matriz de bosque conservado que ofrecen recursos alimenticio para estos murciélagos (Stefan et al. 2020) such as bats, the matrix is not necessarily an entirely insurmountable obstacle. We studied the effects of fragmentation on New-World leaf-nosed bats (Phyllostomidae). Según estos resultados, las características en la biología de polinización y de atractivo floral *M. mutisiana* en interacción con sus polinizadores puede relacionarse con las características de la fauna neotropical.

En general, las flores polinizadas por mamíferos son más grandes y robustas que las de plantas polinizadas por insectos, y estas flores a menudo tienen largos estambres y pistilos que se extienden

más allá de la corola (Willmer, 2011). Los resultados de esta investigación muestran que las estructuras de las flores de *M. mutisiana* varían ligeramente en su longitud con las de flores de otras especies polinizadas por aves o por mamíferos no voladores, como es el caso de *M. sloanei* y *M. macrocarpa* respectivamente (Agostini et al., 2011; Kobayashi, S., et al., 2018), con flores muy resistentes al contacto y con longitud de hasta de 6,3 cm (SD= 0.18, N=25), a diferencia de las observaciones realizadas en *M. macrocarpa* cuyas flores tienen mayor longitud entre $65,0 \pm 2,7$ hasta $76,7 \pm 2,3$, polinizada por ardillas, zorros voladores y macacos en islas subtropicales y templadas de Asia.

Además, se diferencian con *Mucuna sloanei* y *Mucuna jaripa* en Brasil (Agostini, 2004) en donde tres especies de aves actúan como polinizadoras efectivas y que, al parecer, varían en los rasgos de atractivo floral adaptados a la polinización ornitófila. Por lo tanto, se sugiere a futuro realizar estudios sobre los rasgos atractivos de las especies de este género, donde se incluyan los rasgos florales y quizás las adaptaciones que presentan sus flores al polinizador principal en cada región.

Agradecimientos

Agradezco a Idea Wild y Alaska Birds, por la financiación parcial y donación de equipos para el trabajo de campo, a la Corporación Regional de Sucre (Carsucre), a la Universidad del Atlántico, Facultad de Ciencias Básicas, Departamento de Biología y también a la Universidad del Norte, Departamento de Química y Biología.

Referencias

Agostini, K., Sazima, M. y Galetto, L. 2011. Nectar production dynamics and sugar composition in two *Mucuna* species (Leguminosae, Faboideae) with different specialized pollinators. *Naturwissenschaften* 98, 933. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00114-011-0844-6>

Aguilar, R., Martén-Rodríguez, S., Avila-Sakar, G., Ashworth, L., Lopeazaraiza-Mikel, M., Lobo J.A., Marten-Rodríguez S., Fuchs E.J., Sánchez-Montoya G., Bernardello G. y Quesada, M. 2015. A global review of pollination syndromes: A response to Ollerton et al. 2015. *Journal of Pollination Ecology*, 17, 126–128. Disponible en: [https://doi.org/10.26786/1920-7603\(2015\)21](https://doi.org/10.26786/1920-7603(2015)21)

Aguilar, R., Cristóbal-Pérez, E. J., Balvino-Olvera, F. J., de Jesús Aguilar-Aguilar, M., Aguirre-Acosta, N., Ashworth, L., Lobo J.A., Marten-Rodríguez S., Fuchs E.J., Sánchez-Montoya G., Bernardello G. y Quesada, M. 2019. Habitat fragmentation reduces plant progeny quality: a global synthesis. *Ecology letters*, 22(7), 1163–1173. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/ele.13272>

Aguilar, Ramiro, Lorena Ashworth, Leonardo Galetto, y Marcelo Adrian Aizen. 2006. Plant Reproductive Susceptibility to Habitat Fragmentation: Review and Synthesis through a Meta-Analysis. *Ecology Letters* 9(8): 968–80.

Aldana-Domínguez, J., Montes, C., Martínez, M., Medina, N., Hahn, J., y Duque, M. 2017. Biodiversity and Ecosystem Services Knowledge in the Colombian Caribbean: Progress and Challenges. *Tropical Conservation Science*. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/1940082917714229>

Arias, E., Cadenillas, R., & Pacheco, V. 2009. Dieta de murciélagos nectarívoros del Parque Nacional Cerros de Amotape, Tumbes. *Revista Peruana De Biología*, 16(2), 187–190. Disponible en: <https://doi.org/10.15381/rpb.v16i2.204>

Ashman, T., Knight, T.M., Steets, J.A., Amarasekare, P., Burd, M., Campbell, D.R., Dudash, M.R., Johnston, M.O., Mazer, S.J., Mitchell, R.J., Morgan, M.T. and Wilson, W.G. 2004. POLLEN LIMITATION OF PLANT REPRODUCTION: ECOLOGICAL AND EVOLUTIONARY CAUSES AND CONSEQUENCES. *Ecology*, 85: 2408–2421. Disponible en: <https://doi.org/10.1890/03-8024>

Baker, Herbert G. 1970. Two Cases of Bat Pollination in Central America. *REVISTA DE BIOLOGÍA TROPICAL*: 17: 187–197.

Bradshaw, H. D., y Schemske, D. W. 2003. Allele substitution at a flower colour locus produces a pollinator shift in monkeyflowers. *Nature*, 426(6963), 176–178. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/nature02106>

Dunphy B.K., Hamrick J.L. y Schwagerl J. 2004. A comparison of direct and indirect measures of gene flow in the bat-pollinated tree *Hymenaea courbaril* in the dry forest life zone of southwestern Puerto Rico. *International Journal of Plant Sciences*, 165(3), 427–436.

Carbone, L.M., Tavella, J., Pausas, J.G. y Aguilar, R. A. 2019. A global synthesis of fire effects on pollinators. *Global Ecol Biogeogr.* 2019; 28: 1487– 1498. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/geb.12939>

Chacoff, N. P., Aizen, M. A. y Aschero, V. 2008. Proximity to forest edge does not affect crop production despite pollen limitation. *Proc. R. Soc. B*. 275907–913. Disponible en: <http://doi.org/10.1098/rspb.2007.1547>

Cusser, S., Neff, J. L., y Jha, S. (2016). Natural land cover drives pollinator abundance and richness, leading to reductions in pollen limitation in cotton agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 226, 33–42. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.04.020>

Díaz, M. M., Aguirre, L. F., y Barquez, R. M. 2011. Clave de identificación de los murciélagos del cono sur de Sudamérica. Centro de Estudios en Biología Teórica y Aplicada; 94 pp. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11336/115357>

Duffy, K. J. y Steven D. J. 2017. Specialized Mutualisms May Constrain the Geographical Distribution of Flowering Plants. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 284(1866): 20171841. Disponible en: <https://doi.org/10.1098/rspb.2017.1841>.

Erdtman G. 1952. Pollen Morphology and Plant Taxonomy: Angiosperms. Stockholm, Sweden. Almqvist and Wiksell. 553 p.

Emmons, L. H. y Feer, F. 1999. Mamíferos de los bosques húmedos de América Tropical, una guía de campo. 1era edición en español. 1era edición en español. Editorial FAN. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.

Faegri, Knut, y L. van der Pijl. 1979. *The Principles of Pollination Ecology*. 3d rev. ed. Oxford ; New York: Pergamon Press.

Fenster, C. B., Scott, W., Wilson, P., Dudash, M. R. y Thomson, J. D. 2004. Pollination Syndromes and Floral Specialization. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 35(1): 375-403. Disponible en: <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132347>

Fleming, T. H., Geiselman, C., y Kress, W. J. 2009. «The Evolution of Bat Pollination: A Phylogenetic Perspective». *Annals of Botany* 104(6): 1017-1043. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/aob/mcp197>

Heithaus, E. R. 1982. Coevolution between Bats and Plants. En *Ecology of Bats*, ed. Thomas H. Kunz. Boston, MA: Springer US, 327-367. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-1-4613-3421-7_9

Heithaus, E. R., Fleming, T. H. y Opler, P. A. 1975. Foraging Patterns and Resource Utilization in Seven Species of Bats in a Seasonal Tropical Forest. *Ecology* 56(4): 841-54.

Horner, M. A., Fleming, T. H. y Sahey, C. T. 1998. Foraging Behaviour and Energetics of a Nectar-Feeding Bat, *Leptonycteris Curasoae* (Chiroptera: Phyllostomidae). *Journal of Zoology* 244(4): 575-86.

Kobayashi, S., Denda, T., Mashiba, S., Iwamoto, T., Doi, T., y Izawa, M. 2015. Pollination Partners of *Mucuna Macrocarpa* (Fabaceae) at the Northern Limit of Its Range: Novel Explosive Openers of *M. Macrocarpa*. *Plant Species Biology* 30(4): 272-278. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/1442-1984.12065>

Kobayashi, S., Hirose, E., Denda, T. y Izawa M. 2018. Who Can Open the Flower? Assessment of the Flower Opening Force of Mammal-Pollinated *Mucuna Macrocarpa*: Operative Force of *M. Macrocarpa*. *Plant Species Biology* 33(4): 312–16. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/1442-1984.12221>

Kobayashi, S., Gale, S.W., Denda, T. y Izawa, M. 2019. Civet pollination in *Mucuna birdwoodiana* (Fabaceae: Papilionoideae). *Plant Ecol* 220, 457–466. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11258-019-00927-y>

Kobayashi, S., Gale, S.W., Denda, T. y Izawa, M. 2021. Rat- and bat-pollination of *Mucuna championii* (Fabaceae) in Hong Kong. *Plant Species Biology*, 36: 84– 93. <https://doi.org/10.1111/1442-1984.12298>

Liu, T., Shah, A., Zha, H. G., Mohsin, M. y Ishtiaq, M. 2013. Floral nectar composition of an outcrossing bean species *mucuna sempervirens* hemsl (fabaceae). *Pakistan Journal of Botany*, 45(6), 2079–2084.

Moura, T. M., Lewis, G. P., Mansano, V. F., y Tozzi, A. M. G. A. 2013. Three New Species of *Mucuna* (Leguminosae: Papilionoideae: Phaseoleae) from South America. *Kew Bulletin* 68(1): 143–50.

Moura, T. M., Lewis, G. P., Mansano, V. F. y Tozzi, A. M. 2018. A Revision of the Neotropical *Mucuna* Species (Leguminosae—Papilionoideae). *Phytotaxa* 337(1): 1. Disponible en: <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.337.1.1>

Muchhala, N. 2003. Exploring the Boundary between Pollination Syndromes: Bats and Hummingbirds as Pollinators of *Burmeistera Cyclostigmata* and *B. Tenuiflora* (Campanulaceae). *Oecologia* 134(3): 373–80. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00442-002-1132-0>

Nassar J.M., Ramírez N. y Linares O. 1997. Comparative pollination biology of Venezuelan columnar cacti and the role of nectar-feeding bats in their sexual reproduction. *American Journal of Botany* 84(7):918–927.

Pallas, P. S. 1766. *Miscellanea zoologica quibus novae imprimis atque obscurae animalium species describuntur et observationibus iconibusque illustrantur*. Hague Comitum: P. van Cleef. Disponible en: <https://doi.org/10.5962/bhl.title.69851>

Pizano, C. y García, H. 2014. *El bosque seco tropical en Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, Bogotá (Colombia) Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Bogotá (Colombia). 350 pp.

Sánchez, F., Alvarez, J., Ariza, C. y Cadena, A. 2007. Bat assemblage structure in two dry forests of Colombia: Composition, species richness, and relative abundance. *Mammalian Biology*, 72(2): 82–92. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.mambio.2006.08.003>

Sazima, M., Buzato, S. y Sazima, I. 1999. Bat-pollinated flower assemblages and bat visitors at two Atlantic forest sites in Brazil. *Annals of Botany*, 83(6), 705–712.

Schemske, D. W. y Bradshaw, H. D., Jr. 1999. Pollinator preference and the evolution of floral traits in monkeyflowers (*Mimulus*). *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 96(21), 11910–11915. Disponible en: <https://doi.org/10.1073/pnas.96.21.11910>.

Smith, S. D. y Goldberg, E. E. 2015. Tempo and mode of flower color evolution. *American journal of botany*, 102(7), 1014–1025. Disponible en: <https://doi.org/10.3732/ajb.1500163>

Stefan D. Brändel, S. D. Brändel, Thomas Hiller, T. Hiller, Tanja K. Halczok, T. K. Halczok, Gerald Kerth, G. Kerth, Rachel A. Page, R. A. Page y Marco Tschapka, M. Tschapka. 2020. Consequences of fragmentation for Neotropical bats: The importance of the matrix. *Biological conservation*, 252, 108792. Disponible en: [10.1016/j.biocon.2020.108792](https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108792)

Tirira, D. G. y Burneo, S. F. (eds.). 2012. Investigación y conservación sobre murciélagos en el Ecuador. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Fundación Mamíferos y Conservación y Asociación Ecuatoriana de Mastozoología. Publicación especial sobre los mamíferos del Ecuador 9. Quito.

Tschapka, M., y Von Helversen, O. 2007. Phenology, nectar production and visitation behaviour of bats on the flowers of the bromeliad *Werauhia gladioliflora* in a Costa Rican lowland rain forest. *Journal of Tropical Ecology*, 23(4), 385–395. Disponible en: <https://doi.org/10.1017/S0266467407004129>

Voigt, C. C. 2004. The Power Requirements (Glossophaginae: Phyllostomidae) in Nectar-Feeding Bats for Clinging to Flowers. *Journal of Comparative Physiology B*. 174, 541–548 (2004). Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00360-004-0442-4>

Westoby, M., y Wright, I.J. 2006. Land-plant ecology on the basis of functional traits. *Trends in ecology & evolution*, 21(5), 261–268.

Willmer, Pat. 2011. *Pollination and Floral Ecology*. Princeton, NJ: Princeton University Press.

Valoración sociocultural de servicios ecosistémicos a nivel local

Sociocultural assessment of ecosystem services at local level

Norvy Yaqueline Nández Martínez¹
Lilia Graciela Bustamante Vidal²,
Ivonne Andrea Narváez- Zambrano³,
Daniel Andrés Fériz-García⁴.

*¹Ecóloga, Semillero de investigación en Gestión y Legislación ambiental. Fundación Universitaria de Popayán.
Dirección: Corregimiento del estrecho, Patía.
E-mail: yaque508@hotmail.com*

*² Estudiante programa Ecología, Semillero de investigación en Gestión y Legislación ambiental.
Fundación Universitaria de Popayán.*

*³ Magister en Ciencias Forestales, Ecóloga, investigadora
Grupo de Investigación UNIET, Programa de Ecología, Fundación Universitaria de Popayán.
E-mail: ivonne.narvaez@docente.fup.edu.co
Dirección: Sede Claustro San José Calle 5 No. 8-58*

*⁴ Magíster en Recursos Hidrobiológicos, Biólogo,
investigador Grupo de Investigación UNIET, Programa de Ecología, Fundación Universitaria de Popayán.*

Resumen

La valoración sociocultural de los Servicios Ecosistémicos (SE) es un abordaje que explora la percepción que diferentes actores interesados tienen sobre los SE, por lo tanto, permite establecer las relaciones de pertenencia y apropiación existentes entre las comunidades y su territorio. Esta investigación describe cómo los SE que brinda la vereda Pueblillo -Popayán, (Cauca,

Historia del artículo

Fecha de recepción:

27-08-2021

Fecha de aceptación:

09-11-2021

DOI: [https://doi.](https://doi.org/10.47374/novcol.2021.v16.2003)

[org/10.47374/](https://doi.org/10.47374/novcol.2021.v16.2003)

novcol.2021.v16.2003

Colombia) son identificados y valorados por organizaciones sociales, residentes de Pueblillo, actores institucionales y academia. Para la recolección de datos se implementaron técnicas no probabilísticas, muestreo intencional y bola de nieve. Adicionalmente, se diseñaron cuestionarios estructurados, semiestructurados y se realizaron entrevistas cara a cara. No hubo diferencia significativa entre los tipos de SE identificados por los actores interesados, sin embargo, el servicio de aprovisionamiento fue mayormente identificado (50,1%), seguido por el servicio de regulación (28,5%) y el servicio cultural (28,5%). Los actores interesados identificaron quince subcategorías de servicios de aprovisionamiento, once subcategorías de servicios de regulación y nueve subcategorías de servicios culturales. Se evidenció que los actores con alta dependencia de los SE, dan mayor importancia a los servicios de aprovisionamiento mientras que los actores con alta influencia sobre los SE, se la dan a los de regulación.

Por su parte, los actores de la vereda Pueblillo no perciben el alto potencial que ofrecen los servicios ecosistémicos culturales para la dinamización de estrategias de innovación social que aporten al desarrollo local desde el aprovechamiento cultural del territorio, por lo que se requiere implementar un proceso de valoración económica ambiental y de capacitación en modelos de gestión campesina multifuncional, turismo cultural y de aventura.

Palabras claves: Valoración socio cultural, actores interesados, servicios ecosistémicos.

Abstract

The sociocultural valuation of ecosystem services (ES) is an approach that explores the perception that different stakeholders have about ES, therefore, it allows establishing the existing relationships of belonging and appropriation between communities and their territory. This research describes how the ES provided by the Pueblillo village -Popayán, (Cauca, Colombia) are identified and valued by social organizations, Pueblillo residents, institutional actors and academia. Non-probabilistic techniques, Purposive sampling and snowball were used for data collection. Additionally, structured and semi-structured questionnaires were designed and face-to-face interviews were conducted. There was not significant difference between the types of ES identified by the stakeholders, however, the provisioning service was mostly identified (50.1%), followed by the regulation service (28.5%) and the cultural service (28.5%). Stakeholders identified 15 subcategories of provisioning services, 11 subcategories of regulation services, and 9 subcategories of cultural services. It was evidenced that the actors with high dependence on the ES, give greater importance to the provisioning services, while the actors with high influence on the ES, give it to the regulators. The actors of the village of Pueblillo do not perceive the high potential offered by cultural ecosystem services for the dynamization of

social innovation strategies that contribute to local development from the cultural use of the territory, so it is necessary to implement a process of environmental economic valuation and training in peasant multifunctional management models, cultural and adventure tourism.

Keywords: Socio-cultural assessment, stakeholders, ecosystem services.

Introducción

Los servicios ecosistémicos (SE), se definen como los componentes y procesos de los ecosistemas que aumentan el bienestar de la humanidad cuando son consumidos o disfrutados (Quijas et al. 2010). Estos están sujetos a múltiples valores que se abordan desde los enfoques biofísico, monetario y sociocultural (de Groot et al., 2010). El primero, caracteriza los componentes del ecosistema y los procesos ecológicos necesarios para su suministro (Balvanera et al., 2011); el segundo, busca determinar su valor económico (Vihervaara et al., 2010) y justificar la inversión en políticas de conservación (La Notte et al, 2013); y el tercero, estima los valores, actitudes y significados que acentúan la demanda de SE (Bullock, Joyce y Collier, 2018). Tal valoración integral es usada en la creación de marcos conceptuales para sostener ecosistemas sanos y diversos que aseguren el bienestar de las sociedades (Balvanera et al, 2013). Sin embargo, las valoraciones biofísicas y monetarias a menudo prevalecen sobre las socioculturales (Nieto-Romero et al, 2014), tanto en la investigación como en

la integración de políticas para la gestión territorial y el manejo del capital natural (Chang et al., 2012). La disparidad en la evaluación de los SE, compromete la comprensión sobre interacciones entre personas y ecosistemas, que, en última instancia, determinan el uso, manejo, toma de decisiones y capacidad de los sistemas terrestres para proporcionar SE (Balvanera et al, 2015). Concretamente, se limita el reconocimiento de valores sociales y beneficios de la naturaleza que por no ser monetarios son menos tangibles (Malinauskaite et al., 2021).

Por todo lo sostenido, la valoración sociocultural representa un abordaje necesario para capturar información sobre la percepción de importancia que diferentes actores interesados tienen sobre los servicios ecosistémicos (Zografos y Kumar 2010; Arianda et al., 2014). En efecto, considerar a los actores interesados, permite conocer las diferencias en las motivaciones y grados de influencia (Reeds et al, 2017), puesto que sus percepciones se relacionan con los contextos sociales, los modos de vida, las tradiciones culturales, las necesidades individuales, los intereses profesionales, el acceso a los SE y el tipo de conocimiento sobre ellos (Martín-López et al., 2012).

Además, los ejercicios de valoración sociocultural se benefician de la inclusión de actores interesados locales y diferentes, porque aportan mayor cantidad de conocimientos locales, técnicos y experienciales; permiten resolver conflictos con mayor éxito (Tëngo et al., 2014) y abordan las desigualdades

presentes en diferentes contextos sociales y culturales, puesto que, quienes presentan una alta dependencia de los SE, no necesariamente logran participar de su gestión (Vallet et al, 2019). En escalas locales de valoración sociocultural, las decisiones que afectan directamente la gestión de los ecosistemas, se toman en su mayoría a nivel local y están influenciadas por los valores biofísicos y socioculturales atribuidos a los servicios (Kandel et al, 2018), por lo tanto, el uso de este tipo de valoración permite procesos más participativos, al considerar en la planeación y gestión territorial, las diferentes percepciones de los actores interesados (Maynard et al. 2010; Aryal, Ojha y Maraseni, 2021), más aún, cuando se considera que, las realidades socioculturales específicas de las comunidades que tienen poca influencia en la toma de decisiones, generalmente son ignoradas en la gestión ambiental (García-Nieto et al., 2015).

Entre los actores interesados existen motivaciones de tipo pragmático o normativo (ej. proteger el medio ambiente o generar confianza en las instituciones respectivamente), que están vinculadas al logro de resultados de interés particular, según el ámbito en el que participan (de Vente et al. 2016). Adicionalmente, los actores interesados intercambian conocimiento e información, tanto uni como bidireccionalmente, por lo tanto, se originan modos de participación más consultiva o más deliberativa (Reed et al, 2017). Este contexto, también involucra la capacidad de los actores

interesados para influenciar una decisión o ser influenciados por ella. En resumen, intereses, motivaciones, grados de influencia y modos de comunicación, caracterizan las formas de participación activa o pasiva de los actores interesados.

Con respecto a la percepción sobre los SE de los actores interesados, estudios realizados en varias partes del mundo, incluyendo América Latina, muestran que diferentes SE son considerados como importantes por diversos grupos de actores interesados locales, que tienen diferentes intereses sociales (Tëngo et al., 2014; García-Nieto et al., 2015). Las preferencias por algún tipo de SE se deben principalmente a los beneficios percibidos por el servicio que se suministra al grupo de actores interesados (Yameogo, 2017) y que en varios contextos satisfacen necesidades básicas de subsistencia, como la producción de alimentos (Vilardy et al., 2012) o porque la dependencia local de los SE es alta (Turner et al, 2012), por lo tanto, estos servicios son catalogados como muy importantes (Alpuche et al., 2019).

Trabajos de valoración sociocultural a escala local muestran que pobladores locales otorgaron mayor valoración a los servicios de aprovisionamiento que a los servicios de regulación (Mensah et al, 2017); actores con diferentes intereses económicos también perciben como importantes los servicios de aprovisionamiento (Iniguez-Gallardo et al, 2018). Adicionalmente, las preferencias de los actores interesados están relacionadas con la influencia que estos tienen sobre los SE, como ocurre con administradores

ambientales, gestores e investigadores, quienes otorgan un peso importante a los servicios de regulación (Iniasta-Arianda et al., 2014; Aguado et al., 2018). Esta inclinación es explicada por el conocimiento experiencial y técnico de los actores interesados (García-Nieto et al., 2015).

Con base en estas evidencias, se plantea como hipótesis que, las percepciones, valoraciones y participación de los actores interesados de la vereda Pueblillo, estarán direccionadas hacia servicios ecosistémicos asociados con los modos de vida, puesto que, tanto quienes se benefician de los servicios, como quienes los gestionan, realizan elecciones intencionales que resultan de los intereses y motivaciones sobre el territorio y del grado de influencia o dependencia que se tiene sobre los SE, llevando a la preferencia por los beneficios locales (Vallet et al., 2019), que determinan la demanda de uno u otro tipo de servicio. Además, en entornos socialmente desiguales, los actores interesados asumen roles fuertemente marcados que limitan la participación equitativa en los procesos de toma de decisiones sobre SE (Felipe-Lucia et al., 2015) que les permita ampliar las percepciones hacia servicios menos tangibles para ellos. La comprensión de las preferencias y valoraciones de los SE hechas por los actores interesados, es un insumo importante para la gestión ambiental y el ordenamiento territorial, ya que, en la zona se han disturbado áreas ambientales estratégicas para el suministro de servicios ecosistémicos, como el mantenimiento de la calidad del

aire, el control de la erosión, la purificación del agua, la belleza escénica y la recreación.

Para verificar la hipótesis, se plantea un estudio de caso que caracteriza las percepciones de los actores interesados sobre los servicios ecosistémicos de la vereda Pueblillo, municipio de Popayán, departamento del Cauca (Colombia). Se enfatiza en identificar los servicios ecosistémicos y en determinar la importancia que se les otorga. Los resultados permiten informar a los tomadores de decisiones y al público en general sobre los valores socioculturales de los SE para su incorporación en la gestión sostenible del capital natural de la vereda y en la estructuración de estrategias para la conservación, que permitan mantener los medios de vida periurbanos.

Materiales y Métodos

Área de estudio

La vereda Pueblillo está situada en la cuenca media del río Molino al Nororiente de la ciudad de Popayán, departamento del Cauca (Colombia), a 2°26' N y 76°35' O. Su altitud es de 1700 msnm, con temperatura media anual de 19°C, (Ramírez-Chaves, Pérez y Mosquera, 2008) y una extensión de 20,6 hectáreas (Gómez, 2012). Pertenece a la zona de vida bosque húmedo Montano Bajo (bh-MB), según Holdridge (1982). Su vegetación sucesional se caracteriza por la presencia de pastos enmalezados, vegetación secundaria con estratos herbáceos y arbustivos y bosque denso con menos del 80% de cobertura,

debido al consumo de leña y actividades agrícolas en áreas periféricas. El uso del suelo se distribuye principalmente entre cultivos de autoconsumo de: maíz, hortalizas, caña, plátano y agricultura semi-intensiva de café; extracción de arcillas, gravas y rechos (POT, 2002; SGC, 2015) (Figura 1).

Recolección de datos

Se utilizó un enfoque de tipo cualitativo para comprender las interpretaciones que cada actor interesado tiene sobre los servicios ecosistémicos. Se adoptaron dos técnicas de recolección de datos no

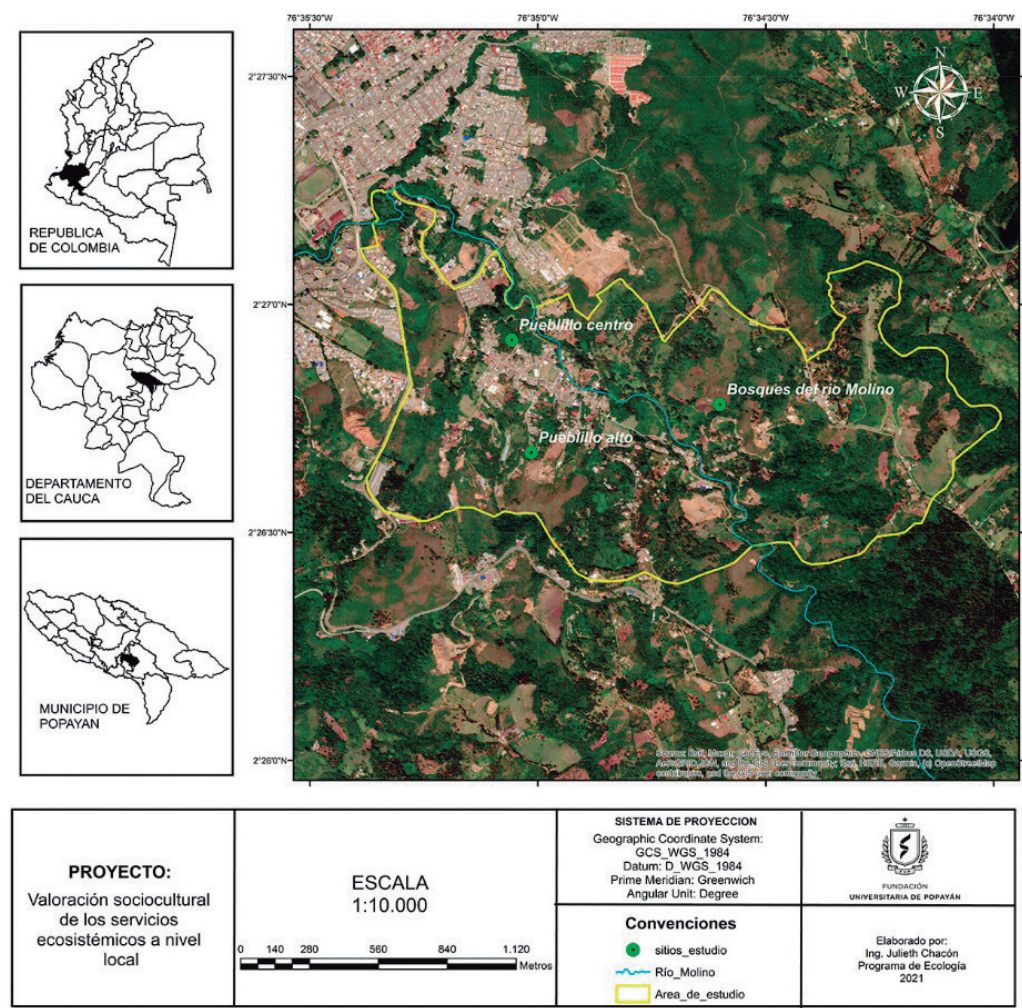


Figura 1: Mapa de los sitios de estudio en la vereda Pueblillo que corresponden a delimitaciones no oficiales realizadas por la comunidad.

probabilísticas: muestreo intencional, con el que se identifican y seleccionan individuos o grupos de individuos informados o con experiencia en el tópico de interés (Cresswell y Plano Clark, 2011); bola de nieve, que permite a cada entrevistado referenciar a otro actor, hasta llegar al punto de saturación (Reed, 2009), lo cual resulta pertinente cuando no existe un marco de muestreo para la zona (Anheier y Katz, 2004).

Selección de participantes

Mediante el muestreo intencional se realizó una revisión documental de la zona de estudio para identificar deliberadamente actores locales según su interés particular en el uso o gestión de los servicios ecosistémicos. Estos fueron clasificados en función del nivel de influencia o dependencia frente a los SE (Figura 2), mediante la adaptación de

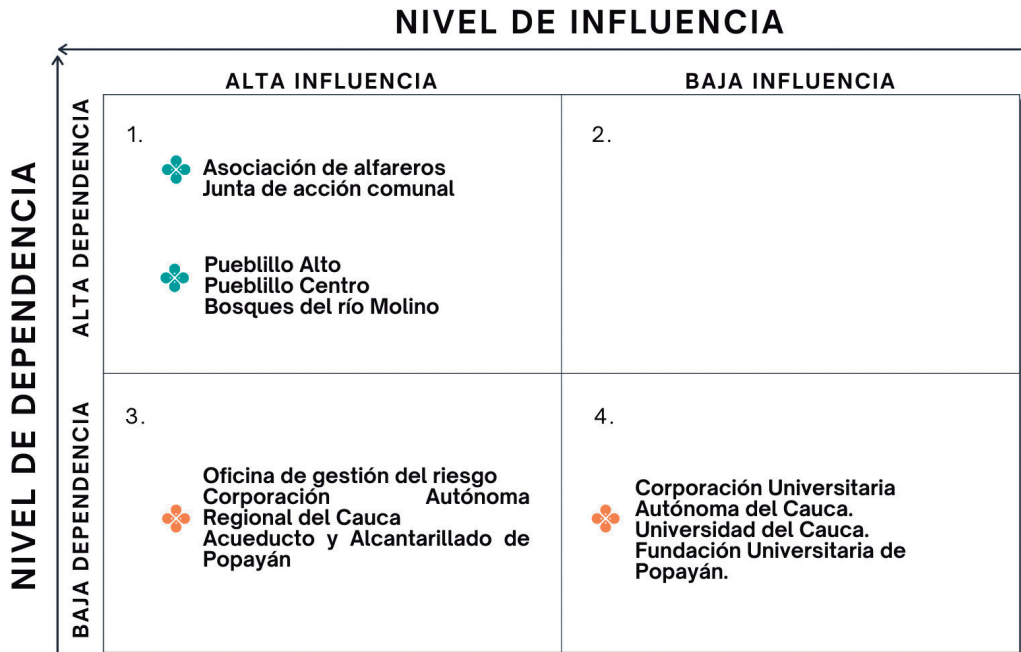


Figura 2. Matriz de dependencia-influencia para priorizar los actores interesados (Adaptado de, de Groot et al, 2006). 1. Actores interesados expuestos a una importante pérdida o ganancia, según las medidas de gestión adoptadas en el socio-ecosistema. 2. Actores interesados expuestos a una importante pérdida o ganancia, según las medidas de gestión adoptadas en el socio-ecosistema, sin embargo, sus acciones o decisiones no afectan al flujo de servicios. 3. Actores interesados cuyas acciones o decisiones pueden afectar la capacidad del ecosistema para suministrar servicios, pero que no se ven afectados (positiva o negativamente) por el cambio en el flujo de servicios. 4. Actores interesados que no están sometidos a una importante pérdida o ganancia en función de las medidas de gestión adoptadas en el socio-ecosistema y cuyas acciones no afectan al flujo de servicios.

la matriz propuesta por De Groot et al, (2006). El nivel de influencia se refiere al grado de control, acceso o manejo que el grupo de actores interesados tiene sobre los servicios de los ecosistemas; el nivel de dependencia hace referencia al efecto que tienen los servicios de los ecosistemas sobre el bienestar del grupo de actores. Los actores primarios son aquellos cuyo bienestar humano depende del suministro de servicios y los actores secundarios son aquellos con elevada influencia sobre el suministro de servicios. Los actores interesados de cada categoría fueron incorporados hasta llegar al punto de saturación, a través de la técnica “bola de nieve” (Instituto Humboldt, 2014).

Identificación y valoración de los servicios ecosistémicos

Se utilizaron cuestionarios estructurados para la fase piloto y semiestructurados para la fase definitiva. La fase piloto proporcionó información sociodemográfica de edad, género, nivel de educación y actividad económica, además, información sobre los servicios ecosistémicos que los actores interesados identificaron en la zona de estudio. Los actores interesados respondieron un cuestionario en línea sin restricciones de contraseña o registro, a través de la plataforma Survey Monkey en el que podían elegir entre una lista de SE organizados según la tipología establecida

Tabla 1. Clasificación de los servicios ecosistémicos según la VIBSE

Tipo SE	Definición	Ejemplos – subcategorías
Servicios de aprovisionamiento	Productos obtenidos de los ecosistemas.	Agricultura, ganadería, pesca, acuicultura, alimentos silvestres, agua para consumo humano, agua para consumo agrícola, madera, forraje y pasto, especies ornamentales, suministro de arcilla, materiales de río, especies autóctonas de plantas, especies autóctonas de animales, plantas aromáticas.
Servicios de regulación	Procesos de autorregulación de los ecosistemas que ayudan a reducir impactos locales y globales.	Clima local y regional, captura y almacenamiento de CO ₂ , reducción de escorrentía, purificación del agua, purificación del aire, control de la erosión, retención de humedad, control biológico, polinización, hábitat de especies singulares.
Servicios culturales	Beneficios no materiales obtenidos de los ecosistemas	Educación ambiental, centros de interpretación, creencias y costumbres, modos tradicionales, admiración del paisaje, avistamiento de aves, balnearios, senderismo, ciclismo.

Fuente: Modificado de Valoración integral de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos (2014)

por la VIBSE (Tabla 1). La tipología incluyó una explicación sobre el significado de cada servicio ecosistémico (aprovisionamiento, regulación y cultural), para favorecer una mejor comprensión de los participantes. Esta fase preliminar permitió mejorar el diseño y la comprensión del cuestionario definitivo.

En la fase definitiva se realizaron entrevistas cara a cara para las que se usó un cuestionario ajustado. Se explicó el objetivo y la confidencialidad de las respuestas, además, se solicitó autorización para realizar grabaciones y tomar notas. Para valorar la importancia otorgada a cada SE, se utilizó en la primera parte del cuestionario la escala de Likert con 5 valores, donde 1 es no importante, 2 poco importante, 3 moderadamente importante, 4 importante y 5 extremadamente importante. La segunda parte del cuestionario utilizó preguntas abiertas para conocer el tipo de suministro específico para las categorías de servicios. Las entrevistas se desarrollaron en los meses de abril y junio de 2021.

Análisis de datos

El procesamiento y análisis de la información se realizó con el programa estadístico SPSS 25.0. (IBM Corp, 2017). Para las variables actores interesados, edad, género, nivel de educación, actividad económica y tipos de servicios ecosistémicos, los datos se organizaron mediante tablas de frecuencia; adicionalmente, se estableció la relación entre las variables independientes, actores interesados, edad, género, nivel de educación, actividad económica y tipos de

servicios ecosistémicos versus la variable de respuesta y nivel de importancia mediante tablas de contingencia. Para determinar el grado de asociación o dependencia entre las variables categóricas analizadas se utilizó la prueba estadística Chí-cuadrado de Pearson (χ^2) para tablas de contingencia $n \times n$.

Resultados y discusión

Caracterización de los participantes

Tipo de actores interesados

Esta priorización permitió determinar la presencia de actores interesados clasificados como primarios y secundarios (Tabla 2):

a) Los actores primarios fueron aquellos con una alta dependencia del suministro de SE, asociada a la satisfacción de necesidades básicas, como el consumo de alimentos y de agua potable y el acceso a fuentes de ingresos económicos, principalmente la agricultura y la extracción de arcilla y materiales de río. Los actores tienen una influencia limitada en la gestión de los servicios porque no están suficientemente involucrados en espacios de organización comunitaria, tanto para una mejor participación en la resolución de problemas sociales, culturales, económicos, políticos y productivos que inciden en las dinámicas ambientales de su territorio, como para influir en la toma de decisiones sobre el uso de los recursos naturales y la gestión ambiental. Esta realidad se refleja en la división del territorio que identificó la comunidad en tres sectores (Figura 1), cada uno con junta de acción comunal

que no está reconocida antes los entes gubernamentales. Además, los residentes manifestaron que, existen desavenencias entre los tres sectores, poco interés en participar de los procesos desarrollados por las juntas y desarticulación entre ellas. Los conflictos entre las partes interesadas a menudo están relacionados con el tipo de participación que lleva a una variedad de resultados, positivos e indeseados, y aunque en la literatura actual no está claro aún por qué los diferentes procesos de participación conducen a resultados tan diferentes, existen modelos como “la rueda de la participación” (Reed, 2017), que pueden ayudar a comprender de forma más rigurosa y útil, el tipo de participación que se da entre los actores interesados de Pueblillo.

Concretamente, las dinámicas de participación manifestadas por los actores interesados se pueden asignar al tipo de participación denominado “deliberación y/o coproducción de arriba hacia abajo” (Top-down deliberation and/or coproduction), en el que la participación es iniciada y dirigida de arriba hacia abajo por actores institucionales y organizaciones sociales (Tabla 2) con poder para la toma de decisiones; aquí los residentes son involucrados en deliberaciones bidireccionales, pero la decisión final, no siempre es tomada conjuntamente y queda a cargo de actores interesados, como la Oficina de Gestión del Riesgo, la Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC), el Acueducto y Alcantarillado de Popayán, la Asociación de Alfareros de Pueblillo y las Juntas de acción comunal. Este hecho puede provocar que las

realidades socioculturales específicas de las comunidades con poca influencia en la toma de decisiones sean ignoradas en la planificación y toma de decisiones de gestión ambiental (Maguire, Potts y Fletcher, 2012). Para Durham, et al (2019) el uso del conocimiento local de las partes interesadas que dependen directamente de los SE puede ayudar a identificar soluciones aceptables que se ajusten mejor a las condiciones locales.

b) Actores secundarios institucionales. Estos presentaron una alta influencia sobre los SE, puesto que se encargan de regular el uso de los recursos naturales en la vereda y pueden influir en la toma de decisiones sobre políticas de manejo de los recursos (Benítez et al., 2013) y a menudo, definen el tipo de información que se utiliza en la toma de decisiones (Ruhl, 2016). También se encontró que la mayoría de estos actores son residentes de la zona de estudio, de ahí que se configure un nivel diferente de dependencia de los SE, porque, si bien no centran la satisfacción de necesidades económicas en la extracción de materias primas, sí se benefician de la producción de alimentos de la zona, porque manifiestan que son más económicos y son producidos por sus vecinos. Varios estudios resaltan el papel del contexto local en los tipos de participación de los actores interesados (Ghai y Vivian, 2014; COM, 2017). Para el caso de la vereda Pueblillo, esto representa una oportunidad para fortalecer la participación de abajo hacia arriba (Bottom-up deliberation and/or coproduction) (Reeds et al, 2017), donde esta sea iniciada y dirigida por los residentes de Pueblillo y las decisiones se tomen

basándose en el conocimiento adquirido a través deliberaciones bidireccionales de los actores interesados. El fortalecimiento de las capacidades de base favorece el empoderamiento de la comunidad local y permite que alrededor del uso común de recursos se amplíe la gama de puntos de vista e innovaciones, situación diferente a los procesos tradicionales de arriba hacia abajo (Top-down one-way communication and/or consultation) (Primmer et al., 2015; Reeds, et al., 2017).

Con respecto a la academia, su influencia es limitada en las decisiones y políticas de manejo de los recursos, ya que los resultados de investigaciones no son integrados a los instrumentos de planificación del territorio. Esto sugiere que entre investigadores y demás actores interesados no siempre se manejan los mismos intereses y expectativas sobre los procedimientos, resultados y estándares de calidad de las investigaciones que las lleven a ser consideradas como preponderantes para la toma de decisiones sobre la gestión ambiental del territorio. Se reconoce en la literatura que la transferencia de conocimiento científico a los espacios de formulación de políticas y toma de decisiones no ocurre linealmente y no garantiza de forma exclusiva una mejor toma de decisiones (Saarikoski, 2018). Es ahí donde se crean brechas entre la academia, residentes locales y actores institucionales, que obedecen generalmente a la insuficiencia de métodos que sean fáciles de entender, transferir, escalar, evaluar y que sean rentables (Olander et al., 2017). Los desafíos

para las instituciones y la academia, plantean la necesidad de realizar trabajos interdisciplinarios que adecúen las evidencias técnicas y los argumentos científicos sobre servicios ecosistémicos al contexto de la práctica de la gestión ambiental (Hauck et al., 2016).

Además, se hace necesario comprender los tipos de participación que se configuran en el territorio, reconociendo el contexto local, el diseño de los procesos de participación, la mediación a través de enfoques cooperativos que demuestran mejores resultados en la relación entre los actores interesados, el aprendizaje social, la implementación de la legislación ambiental (Reeds, 2017) y la democracia que legitima los tipos de participación al incluir las contribuciones, los valores y las opiniones de varios actores interesados (Hauck et al, 2016; Reeds, 2017).

Características sociodemográficas de los actores interesados

Edad y género de los actores interesados

La franja etaria de los actores interesados se encuentra entre 20 y 77 años, con una media de 45 años. Esto sugiere que, al encontrarse en un periodo potencialmente productivo desde el punto de vista laboral, podrían acceder a mayores posibilidades de crecimiento económico y mejores niveles de bienestar (CEPAL, 2008). En concordancia, se evidenció mayor porcentaje de ocupaciones (80%), que les permiten tener un ingreso económico ya sea como empleados o trabajadores independientes, estos últimos, en

Tabla 2: *Actores interesados en la vereda Pueblillo. Actores primarios:* su bienestar depende del suministro de servicios; *actores secundarios:* elevada influencia sobre el suministro de servicios.

Nivel de influencia y dependencia	Tipo de actor	Denominación	No. de respuestas	Porcentaje
Actores primarios	Organizaciones sociales	Asociación de Alfareros de Pueblillo	4	23,14%
		Junta de acción comunal.	3	
	Residentes de Pueblillo	Pueblillo Alto	5	
		Pueblillo Centro	7	37,03%
		Bosques del río Molino	10	
Actores secundarios	Actores institucionales	Oficina de gestión del riesgo	1	
		Corporación Autónoma Regional del Cauca	2	25,67%
	Academia	Acueducto y Alcantarillado de Popayán	1	
		Corporación Universitaria Autónoma del Cauca	1	
		Universidad del Cauca	1	14,17%
		Fundación Universitaria de Popayán	2	

actividades productivas como, pequeños agricultores y ganaderos familiares, mineros artesanales de extracción de arcillas y mineros de material de arrastre.

La composición de género en los grupos etarios evidenció mayor proporción de hombres, de la cual el 91% corresponde a edades en periodo productivo sin reporte de desempleo, dedicados a trabajar y estudiar. El 100% de la proporción de mujeres corresponde a edades en periodo productivo, dedicadas a trabajar y estudiar,

sin embargo, el 36% de ellas se encuentran desempleadas (Figura 3).

Nivel educativo

Se encontró una mayor proporción de actores interesados con estudios de educación secundaria, de la cual el 39% corresponde a hombres y el 35% a mujeres. Le sigue el nivel educativo universitario representado por el 39% de hombres y el 28% de mujeres. Luego, el nivel educativo primaria, representado por el 26% de

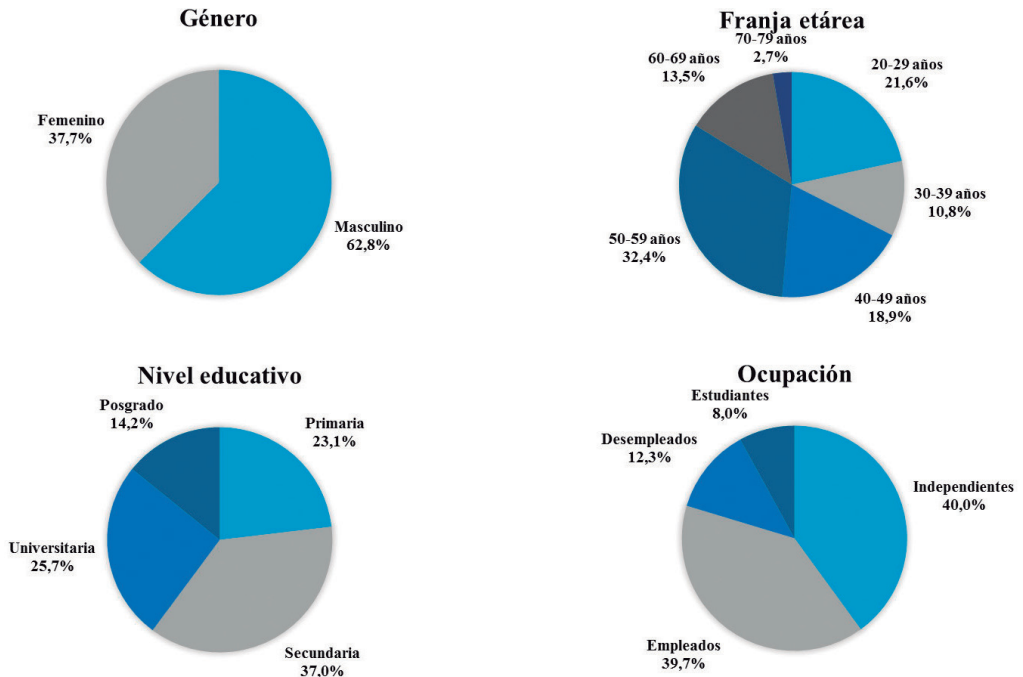


Figura 3: Composición sociodemográfica de los actores interesados.

hombres y el 21% de mujeres. Finalmente, el nivel educativo de posgrado, que se encuentra representado por el 13% de hombres y el 14% de mujeres (Figura 3).

Para este estudio, todas las interacciones de las variables sociodemográficas no predijeron significativamente la probabilidad de identificación y valoración de ninguna categoría de servicio de la vereda Pueblillo ($X^2 6$, $N=0,997=712$, $p>0,05$) que se describe adelante. Los resultados sugieren que las diferencias legales, sociales, económicas y culturales no influyen en la percepción cuando se aborda una escala local de evaluación y los medios de vida de actores interesados locales son homogéneos. En contraste, estudios

anteriores han encontrado que variables como la edad, el género, el nivel de educación formal, los ingresos económicos y la ubicación, son predictores de las percepciones de SE (Sodhi et al., 2010; Martín-López et al., 2012; Allendorf y Yang, 2013) y cada género, edad y la proximidad a la fuente de suministro de los SE, orienta su percepción hacia los medios de vida (Moutouama et al, 2019). Resultados similares al de este estudio encontraron Muhamad et al., (2014), para quienes la escala local favorece interacciones más directas y homogéneas entre las comunidades y el paisaje, que influyen en las percepciones de los actores interesados sobre los SE locales y no las variables sociodemográficas, por lo tanto, se sugiere que los diferentes resultados

en los estudios tienen una estrecha relación con el contexto.

Identificación de categorías de servicios ecosistémicos

Los actores interesados identificaron indistintamente las tres categorías de servicios ($X^2 = 712$, $p > 0.05$). La categoría mayormente identificada fue la de aprovisionamiento, seguida por la de regulación y finalmente la cultural. Estudios encontrados en la literatura muestran preferencias socioculturales hacia servicios ecosistémicos de aprovisionamiento, seguido por los de regulación y, por último, los servicios culturales (Iftekhar y Takama, 2007; Agbenyega, et al., 2009; Rodríguez-

Morales et al., 2020) que sugieren la importancia de cada zona de estudio como proveedoras multifuncionales de SE. Sin embargo, el uso de diferentes metodologías muestra resultados contrastantes con los obtenidos en este estudio, con mayores porcentajes de percepción para servicios de regulación y culturales sobre los de aprovisionamiento, en los que la pertenencia territorial o la sensibilidad ante la pérdida o disminución de los servicios intangibles influencia la percepción (Piraquive 2018; Gómez y Martínez, 2018). Residentes de Pueblillo identificaron en mayor porcentaje la categoría de aprovisionamiento (51%); las categorías de regulación (29,8%) y cultural (22,6%) son más identificadas por las organizaciones sociales (Figura 4).

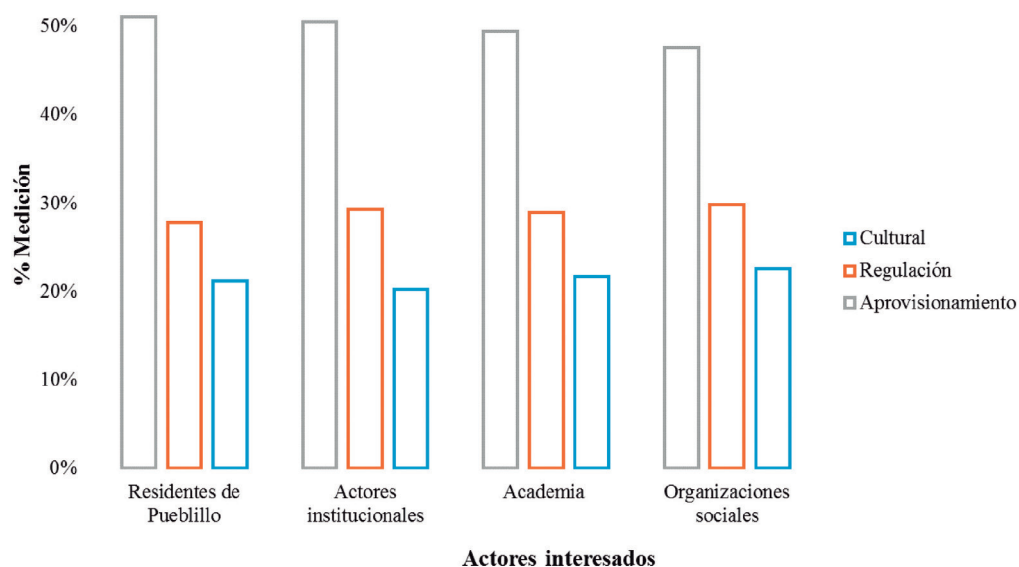


Figura 4: Tipo de servicios ecosistémicos percibidos por los actores interesados. Actores primarios: residentes de Pueblillo y organizaciones sociales; actores secundarios: actores institucionales y academia.

Los resultados sugieren que los actores interesados, al ubicarse en una edad promedio potencialmente productiva desde el punto de vista laboral, encuentran en la zona de estudio una fuente de servicios de aprovisionamiento que les permite suplir necesidades alimentarias y de sustento económico para acceder a mejores niveles de bienestar. Diferentes estudios de caso en todo el mundo señalan la preponderancia de los servicios de aprovisionamiento en la satisfacción de necesidades básicas y económicas (Garrido, Elbakidze y Angelstam, 2017; Moutouama et al., 2019; Koko et al., 2020). Esto se debe en gran parte a que es

uno de los servicios ecosistémicos mejor estudiados (Zhang et al., 2019). Investigaciones colombianas de valoración sociocultural también muestran preferencias hacia el reconocimiento del SE de aprovisionamiento, debido a su uso más frecuente en actividades de mono y policultivos, ganadería para ordeño y madera como materia prima para la construcción (Villamagua-Vergara 2017; Gómez y Martínez, 2018).

Identificación de subcategorías de SE

En el servicio de aprovisionamiento los actores interesados identificaron quince

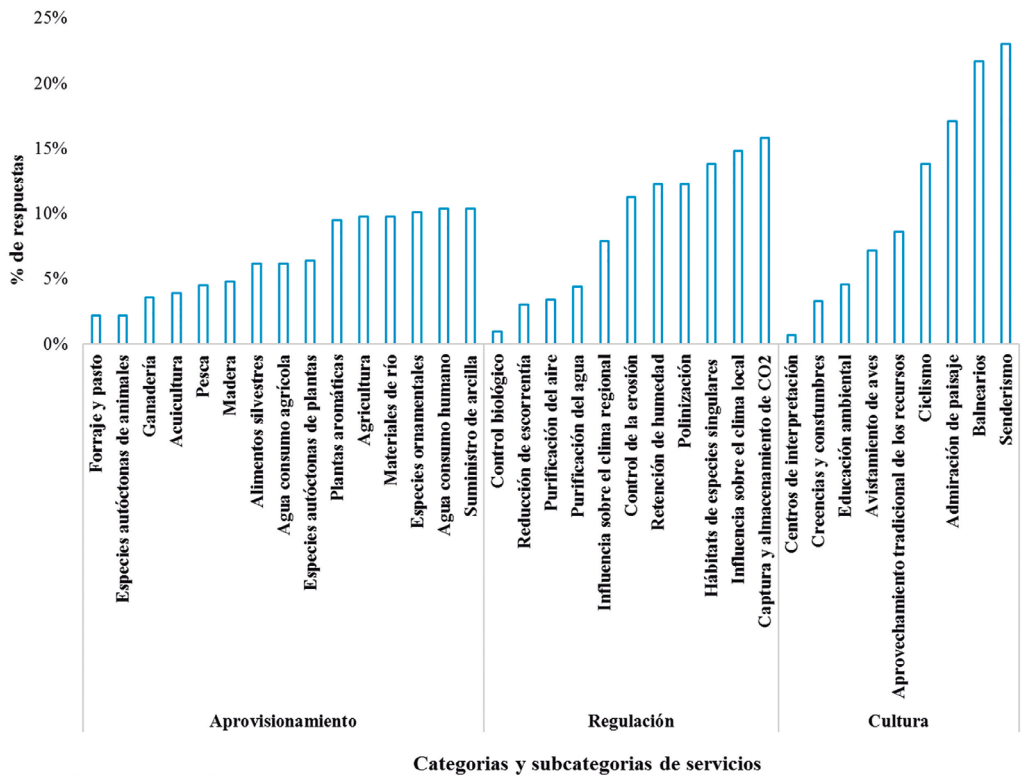


Figura 5: Sub-categorías de servicios ecosistémicos identificadas en la vereda Pueblillo.

subcategorías, con porcentajes mayores para el suministro de arcilla (10,4%), agua para consumo humano (10,4%), especies ornamentales (10,1%), material de río (9,8%), agricultura y plantas aromáticas (9,5%) (Figura 5).

La percepción de estas subcategorías se asocia con los modos de vida soportados históricamente en la minería artesanal de arcilla y la extracción de materiales de arrastre en el río Molino, que se intensificaron por las exigencias de desarrollo del área metropolitana y originaron en la actualidad la alteración de los valores ecológicos y la estética del paisaje de la vereda (SGC, 2015). Literatura científica en contextos similares de minería de arcilla y material de arrastre es inexistente, por lo tanto, no se realizan contrastes con otros estudios de caso. Sin embargo, se resalta que los actores interesados manifiestan la presencia de conflictos en la zona asociados con la preponderancia que tiene la propiedad del suelo y el subsuelo sobre derechos y limitaciones en su uso y apropiación. En consecuencia, los derechos de propiedad aplicados inadecuadamente son los principales impulsores de la explotación de los recursos naturales y, actualmente, limitan la gestión de los servicios ecosistémicos (Saarikoski, 2018).

En cuanto al servicio de regulación, los actores interesados identificaron once subcategorías con porcentajes mayores para el suministro de captura y almacenamiento de CO₂ (15,8%), influencia sobre el clima local (14,8%), hábitats de especies singulares (13,8%), polinización

(12,3%), retención de humedad (12,3%) y control de la erosión (11,3%) (Figura 5). Estas subcategorías corresponden en gran parte a procesos ecológicos intangibles cuyos beneficios son más difíciles de evidenciar y que, para su propio detrimento, pueden entrar en conflicto con los servicios de aprovisionamiento. De hecho, aunque los residentes de Pueblillo y organizaciones sociales (actores primarios), ven el territorio principalmente como fuente de sustento y los actores institucionales y la academia (actores secundarios) dirigen su percepción hacia las funciones ecosistémicas, al desagregar el servicio de aprovisionamiento, los resultados muestran que las subcategorías identificadas con porcentajes mayores, también lo son respecto a los porcentajes mayores con que se identificaron las subcategorías de aprovisionamiento. Esto sugiere que, los actores interesados perciben beneficios diferentes de acuerdo a sus roles en el territorio (Muñoz et al, 2017). Esto plantea la necesidad de estudiar los trade-offs que se presentan entre estas subcategorías de SE, con el reto de abordar la complejidad de las identidades que los actores interesados han construido, en donde subcategorías de servicios de aprovisionamiento como suministro de arcilla y materiales de río, también pueden tener la característica de intangible y la comunidad las puede considerar igual o más importantes porque hace parte de la construcción cultural del territorio (Chan, Satterfield y Goldstein, 2012).

Con respecto al servicio cultural, los actores interesados identificaron 9

subcategorías con porcentajes mayores para senderismo (23%), balnearios (21,7%), admiración del paisaje (17,1%) y ciclismo (13,8%) (Figura 5). La inspiración estética del entorno natural de la vereda Pueblillo, se da generalmente por cuenta del mirador Broncazo y el sendero “ruta del Agua Río Molino”, que permiten la visualización del paisaje y tienen potencial como atractivos turísticos, aun así, sigue siendo prioridad el desarrollo económico de la zona a partir de las actividades agrícolas y mineras. Estas subcategorías hacen parte de un área de desarrollo desconocida, ya que se las consideran intangibles o no materiales en comparación con otros servicios (Tilliger et al, 2015; Ioana et al., 2013). Sin embargo, la labor pedagógica se muestra como una herramienta útil en el conocimiento y abordaje de los SE culturales, puesto que los aprendizajes y experiencias formativas mediadas por estrategias educativas, establecen una relación de experiencia entre el ser humano y la naturaleza, además, permiten el desarrollo del sentido de pertenencia y fomentan las actividades de recreación (Dickhinson y Hobbs, 2017). En este sentido, la percepción de los servicios culturales podría aumentar considerablemente cuando la comunidad participe en programas de Educación Ambiental, puesto que les permitirá adquirir un mejor conocimiento de las áreas naturales y los beneficios que generan los ecosistemas (Casado -Arzuaga et al, 2013). Es así como los servicios culturales pueden favorecer el acceso a la naturaleza y la exposición a ecosistemas diversos y saludables (Smith et al., 2013).

Valoración de la importancia de los servicios ecosistémicos

Se encontró una relación significativa entre los servicios ecosistémicos identificados y la importancia otorgada por los actores interesados ($X^2 = 0,000$, $p = 0,05$). El 80% ubica a los SE en dos categorías de valoración: extremadamente importante e importante. El 20% restante de actores interesados ubica los SE en las categorías de valoración en: moderadamente importante, poco importante y nada importante. Para los residentes de Pueblillo y las organizaciones sociales, el servicio de aprovisionamiento es el más importante; para los actores institucionales y la academia, lo es el servicio de regulación, estos últimos en contraste, asignan importancia moderada y baja a la categoría de aprovisionamiento. Todos los actores interesados consideran que la categoría cultural es importante y extremadamente importante, pero con una menor proporción comparado con los SE de aprovisionamiento y regulación (Figura 6).

Los resultados sugieren que los SE con mayor importancia para los actores interesados son producto de la relación con el entorno, la cual se desarrolla en función del interés sobre él. Cuando existe alta dependencia de los SE (residentes de Pueblillo y organizaciones sociales), el interés está orientado al acceso a recursos naturales para satisfacer necesidades vitales y económicas, por lo tanto, dan mayor importancia a servicios de aprovisionamiento, mientras que para los actores interesados con alta influencia sobre los SE (actores institucionales), el

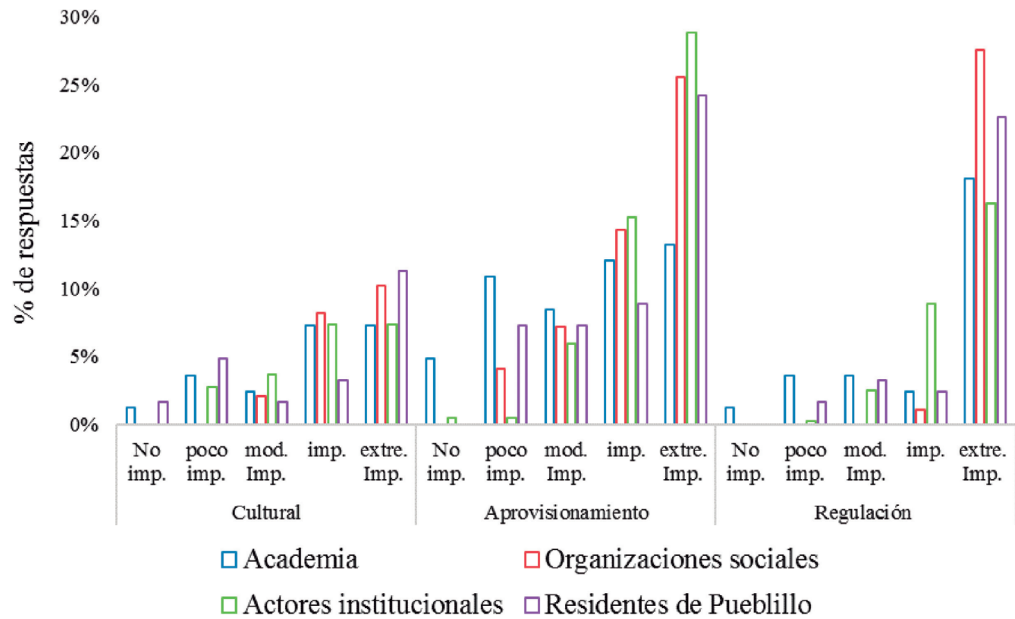


Figura 6: Importancia de los servicios ecosistémicos otorgada por los actores interesados.

interés está dirigido hacia la gestión de los recursos naturales, por ello, dan mayor importancia a servicios de regulación, que además, los ubica en una posición de mayor poder porque pueden influenciar el acceso de actores dependientes de SE.

Estudios que abordan las relaciones de poder entre actores interesados muestran que, quienes gestionan SE, determinan el acceso a servicios finales y, por lo tanto, pueden limitar su acceso para los actores menos empoderados (Felipe-Lucia et al., 2015), e.g., no todos los actores pueden acceder a la extracción de arcilla y material de arrastre, por lo cual, su percepción de importancia puede estar más orientada hacia los SE a los que sí tengan acceso. Otros estudios sobre percepción de

importancia muestran que, cuando la valoración se basa en el beneficio personal, los actores interesados consideran más relevantes los servicios culturales y, cuando se basa en el beneficio social, los actores consideran más importantes los servicios de aprovisionamiento (Oteros-Rozas et al. 2014).

La menor importancia otorgada a los servicios culturales también sugiere su menor demanda, comparada con las demás categorías de servicios. Aunque no se evidenció un sistema de conocimientos locales fuerte, los actores primarios realizan aprovechamiento tradicional de la zoca del café. Una vez el cultivo ha terminado su etapa productiva, se utiliza para la quema del ladrillo,

actividad que hace parte de la minería artesanal y que también posee un sistema de conocimiento local. Este contexto plantea la necesidad de que los actores fortalezcan los conocimientos, usos y formas de gestionar la biodiversidad y los ecosistemas, como parte del conjunto de conocimientos locales que se mantiene de manera colectiva y son transmitidos de generación en generación, puesto que la memoria cultural desempeña un papel crucial e indispensable en la gestión de los servicios ecosistémicos (Nazarea, 2006). Los resultados también sugieren un potencial conflicto de intereses entre los actores que se dedican a la extracción de arcilla y material de arrastre y los que tienen preferencia por servicios de regulación y servicios culturales.

Valoración de la importancia de subcategorías de SE

Las subcategorías de servicios de aprovisionamiento mejor valoradas, corresponden a: agua para consumo humano, suministro de arcilla, materiales de río y agricultura (Figura 7). Los residentes de Pueblillo y las organizaciones sociales consideran que el acceso al agua para consumo humano por medio del acueducto veredal o el municipal, es determinante para el sostenimiento de la vida. Adicionalmente, el suministro de materias primas como arcilla y materiales de río, representan el principal sustento económico. Los cultivos de café, plátano, maíz, frijol y yuca se comercializan en la comunidad local y son consumidos por las propias familias que los producen.

Si bien la agricultura y la minería tienen un rol importante en la economía local, es necesario realizar transiciones hacia sistemas que concilien la producción con los valores ecológicos y culturales de los ecosistemas, puesto que en las entrevistas cara a cara, los residentes de Pueblillo manifestaron que, debido a la extracción de arcilla, el paisaje ha tenido una transformación drástica que se evidencia en la degradación del entorno visual, en los disturbios de los cursos de agua, la disminución de la cobertura vegetal, erosión y el aumento de la vulnerabilidad frente a los movimientos en masa. Por lo tanto es recomendable, desde la planeación del territorio y toma de decisiones, generar procesos de educación ambiental y educación para la sostenibilidad, que permitan a la comunidad mejorar la comprensión sobre cómo las interacciones entre el suelo y el subsuelo determinan el control de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas terrestres de la zona y, estos a su vez, mejoran la integridad ecológica del territorio.

En esta misma línea, los altos porcentajes con que se identifican y valoran categoría y subcategorías del servicio de aprovisionamiento, sugieren que los actores interesados necesitan mejorar su conocimiento sobre la forma en que los sistemas de producción influyen las demás categorías de SE, tal como ha sido mencionado por diversos autores, quienes resaltan las interacciones ecológicas en el funcionamiento de los componentes del ecosistema, generando y soportando los servicios ecosistémicos de un territorio

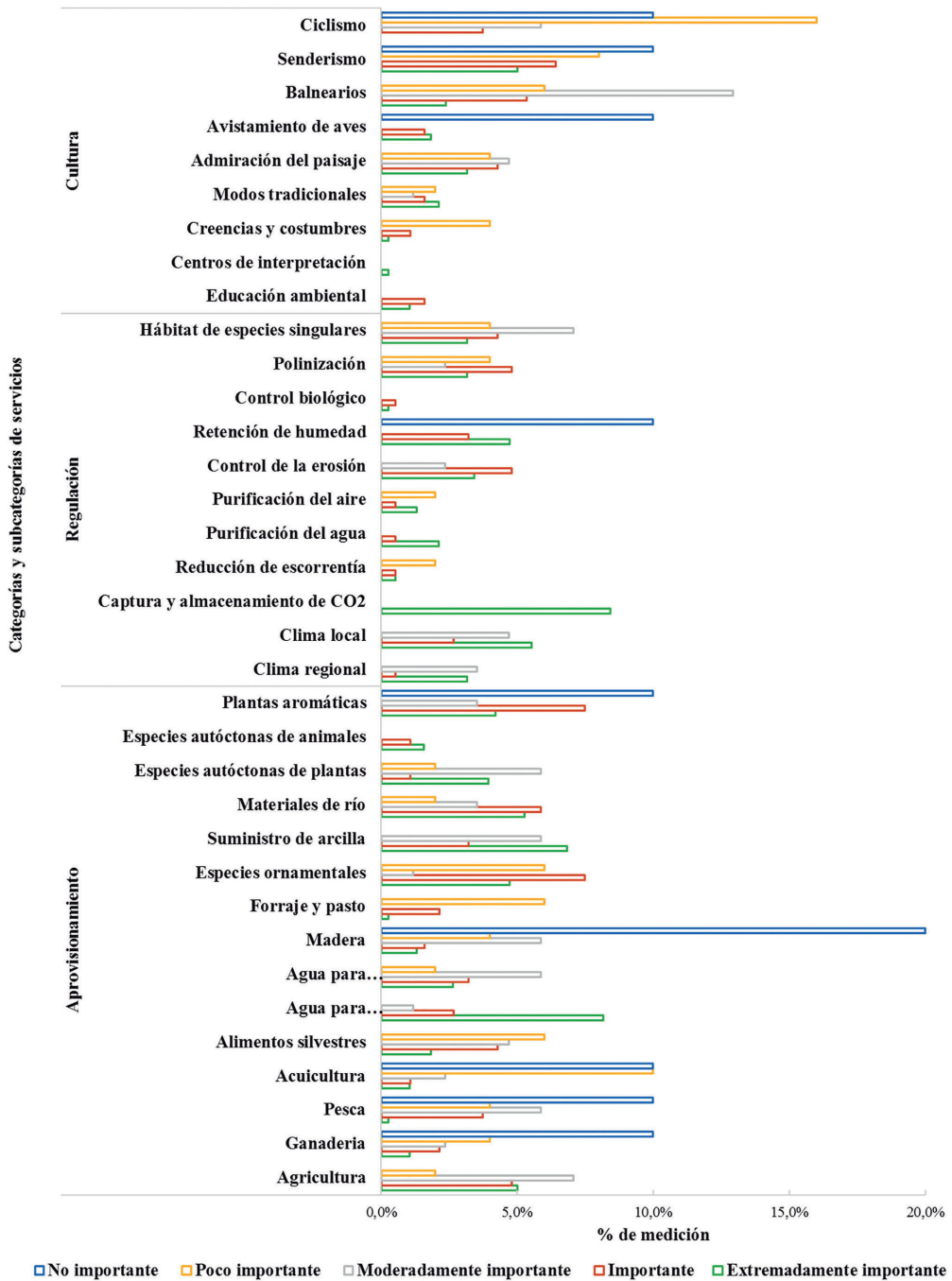


Figura 7: Importancia de las subcategorías de servicios ecosistémicos.

para satisfacer directa o indirectamente las necesidades, usos y preferencias humanas (Daily et al., 1997; De Groot et al., 2002; Hawkins, 2003; Kremen, 2005). Adicionalmente, es necesario que comprendan cómo todas estas dinámicas se encuentran anidadas a los procesos ecológicos y sociales en escalas espaciales mayores a la local (Brondízio et al., 2010).

Las subcategorías de servicios de regulación mejor valoradas corresponden a captura y almacenamiento de dióxido de carbono y clima local. Esto se debe a la articulación entre los residentes de Pueblillo, la CRC y el Acueducto y Alcantarillado de Popayán, para cuidar un bosque en mejor estado de conservación, ubicado en la zona fragmentada que abarca las veredas El Sendero, El Hogar y Pueblillo. Los actores interesados consideran que la vegetación de esta zona mejora el clima de la vereda y captura gases contaminantes, por lo tanto, le dan mayor importancia a los SE de regulación prestados por el área en conservación, además se encuentran involucrados en su conservación y ven la función social y ecológica desde los beneficios a la salud y el bienestar de las personas y por su aportación al desarrollo social y del territorio (CRC-UICN 2015).

Las subcategorías de servicios culturales son mayormente valoradas como poco importante y no importante (Figura 7). Los actores primarios interactúan con el territorio más desde el concepto de provisión y regulación y los actores secundarios desde las categorías de regulación. La menor valoración de servicios culturales

intangibles que incluyen la contemplación del paisaje y la conservación, sugieren que la zona periurbana tiene un potencial socioeconómico no aprovechado, que requiere de un proceso de acompañamiento institucional para la conformación de esta línea de aprovechamiento, que incluya la valoración económica y no solo sociocultural del territorio, a través de la innovación social que genere emprendimientos comunitarios en la línea del turismo rural y de aventura.

Estos enfoques podrían dinamizar la identidad territorial, el tejido comunitario y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales. Los estudios de Schmitz et al. (2003) y Castro et al. (2011), muestran que el turismo cultural y de naturaleza es de interés para las zonas rurales, además, está vinculado con el mantenimiento de prácticas de agricultura de subsistencia no intensiva, como es el caso de la agricultura que se presenta en Pueblillo. Los modelos de gestión campesina multifuncional con prácticas de bajo impacto podrían ser útiles para preservar el paisaje cultural de la zona y así potenciar el mantenimiento de una amplia gama de SE (García-Llorente et al., 2012). Otros estudios también resaltan a la agricultura tradicional como factor importante por su influencia en los valores estéticos y la identidad local (Sayadi et al., 2009).

Se considera que los aspectos físicos y tangibles del paisaje permitieron una valoración de importancia hacia los servicios ecosistémicos asociados a la recreación al aire libre, puesto que los distintos actores los experimentan

activamente, siendo un componente esencial del entorno de las personas, una expresión de la diversidad de su patrimonio cultural y natural compartido y una base de su identidad cultural (Stephenson, 2008). Este resultado es coherente con estudios previos donde los residentes perciben al menos seis tipos de servicios ecosistémicos proporcionados por su paisaje (Dou et al, 2020).

La diversidad de características del paisaje de la zona de estudio, puede haber suscitado diferentes perspectivas que contribuyen a la percepción de variados servicios culturales, por lo tanto, comprender la importancia que los actores primarios le otorgan a los servicios culturales de los ecosistemas puede ayudar a fortalecer las capacidades de gobernanza, mejorando así los medios de vida y la sostenibilidad ambiental de la zona de estudio.

Conclusiones

Con los resultados de esta investigación se acepta y afirma la hipótesis de que los diferentes actores interesados de la vereda Pueblillo comprenden y valoran desde múltiples perspectivas los servicios ecosistémicos, otorgándoles distintos grados de importancia, influenciados por factores socio-culturales de los pobladores y sus condiciones sociodemográficas.

La percepción sobre los servicios ecosistémicos de los actores primarios y secundarios presentes en la zona periurbana de Pueblillo se centra en los SE

de aprovisionamiento, pues la economía local, en su mayoría, es soportada por la extracción y aprovechamiento de materias primas y el manejo agropecuario del territorio, seguido de un reconocimiento de los servicios ecosistémicos de regulación.

El menor reconocimiento y valoración de los servicios ecosistémicos de regulación tiene implicaciones en participación ciudadana y en temas de desarrollo ambiental, que se evidencian en los procesos de planificación ambiental, es por esto que la valoración sociocultural de los servicios ecosistémicos es una herramienta que apoya la toma de decisiones sobre la gestión y conservación de áreas que los proveen.

Los actores de la vereda Pueblillo actualmente no perciben el alto potencial que ofrecen los servicios ecosistémicos culturales para la dinamización de estrategias de innovación social, que aporten al desarrollo local desde el aprovechamiento cultural del territorio, por lo que se requiere implementar un proceso de valoración económica ambiental y de capacitación en modelos de gestión campesina multifuncional, turismo cultural y de aventura.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Sistema de Investigación, Desarrollo e Innovación (SIDI) de la Fundación Universitaria de Popayán por la financiación del proyecto de investigación en la modalidad

semilleros de investigación, convocatoria interna 047 de 2019, que dio origen a este artículo y al semillero de investigación de Gestión Social y Legislación Ambiental. De igual manera a la magister Julieth Alexandra Chacón por la ayuda brindada en la realización del mapa del área de estudio, a la comunidad de la vereda Pueblillo y a todos los actores interesados por su valioso tiempo y contribuciones al desarrollo de la investigación.

Referencias

Allendorf, T. y Yang, J. 2013. The role of ecosystem services in park-people relationships: The case of Gaoligongshan Nature Reserve in southwest China. *Biological Conservation*.167. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.08.013>

Agbenyega, O., Burgess, P.J., Cook, M. y Morris J. 2009. Application of an ecosystem function framework to perceptions of community woodlands. *Land Use Policy* Vol. 26(3): 551-557. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2008.08.011>

Anheier, H. K. y Katz, H. 2004. Network approaches to global civil society. 207-221 pp. En: Anheier, H., Kaldor, M. y Glasius, M.(Ed.) *Global Civil Society 2004/5*. SAGE Publications, California. 392Pp.

Aryal, K., Ojha, B. y Maraseni, T. 2021. Perceived importance and economic valuation of ecosystem services in Ghodaghodi wetland of Nepal. *Land Use Policy*. 106: 105450. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105450>

Balvanera, P., Castillo, A. y Martínez-Harms, M.J. 2011. Ecosystem Services in Seasonally Dry Tropical Forests. In: Dirzo R., Young H.S., Mooney H.A., Ceballos G. (eds) *Seasonally Dry Tropical Forests*. Island Press, Washington, DC. Disponible en: https://doi.org/10.5822/978-1-61091-021-7_15

Balvanera, P., Siddique, I., Dee, L.A., Paquette, A., Isbell, F.I., Gonzalez, A., Byrnes, J., O'Connor, M.I., Hungate, B.A. y Griffin, J. 2014. Linking Biodiversity and Ecosystem Services: Current Uncertainties and the Necessary Next Steps. *BioScience*. 64(1): 49-57. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/biosci/bit003>

Balvanera, P., Castillo, A., Lazos, E., Caballero, K., Quijas, S., Flores, A., Galicia, C., Martínez, L., Saldaña, A., Sanchez, M., Maass, M., Avila, P., Martínez, Y., Galindo, L.M. y Sarukhán, J. 2013. Marcos Conceptuales Interdisciplinarios Para El Estudio De Los Servicios Ecosistémicos En América Latina. Pp 38-67. En: Laterra, P., Jobbágy, E. y Paruelo, J. (Ed) *Valoración de Servicios Ecosistémicos. Conceptos, Herramientas y Aplicaciones para el Ordenamiento Territorial*. INTA. Buenos Aires Argentina. 726 pp.

Brondízio, E.S., Gatzweiler, F., Kumar, M. y Zografos, C. 2010. Socio-cultural context of ecosystem and biodiversity valuation. Pp 149-174. En, Pushpam, K. (Ed) *The Economics of Ecosystems and Biodiversity Ecological and Economic Foundations*. 456pp.

Bullock, C., Joyce, D. y Collier M., 2018. An exploration of the relationships between cultural ecosystem services, socio-cultural values and well-being. *Ecosystem Services*, 31, (A): 142-152. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.02.020>

Casado -Arzuaga, I., Madariaga, I., Onaindia, M., y Verburg, P. H. 2013. Perception, demand and user contribution to ecosystem services in the Bilbao Metropolitan Greenbelt. *Journal of Environmental Management*. 129. 33-43. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.05.059>

Castro, A.J., Martín-López, B., García-Llorente, M., Aguilera, P. A., López, E., y Cabello, J. 2011. Social preferences regarding the delivery of ecosystem services in a semiarid Mediterranean region. *Journal of Arid Environments*, 75(11), 1201-1208. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2011.05.013>

CEPAL, NU. 2008. Panorama Social de América Latina. CEPAL. 258 pp.

Chan, K., Guerry, A.D., Balvanera, P., Klain, S., Satterfield, T., Basurto, X., Bostrom, A., Chuenpagdee, R., Gould, R., Halpern, B.S., Hannahs, N., Levine, J., Norton, B., Ruckelshaus, M., Russell, R., Tam, J. y Woodside, U. 2012. Where are 'Cultural' and Social in Ecosystem Services? A Framework for Constructive Engagement. *BioScience*. 62(8): 744-756. Disponible en: <https://doi.org/62.744-756.10.1525/bio.2012.62.8.7>

Comisión europea, 2017. Openness operationalisation of natural capital and ecosystem services: from concepts to real-world applications. Disponible en: <https://cordis.europa.eu/project/id/308428/reporting>

Corporación Autónoma Regional del Cauca CRC y Unión Internacional Para La Conservación de la Naturaleza UICN. 2015. Diagnóstico, Identificación y Valoración económica de Servicios Ecosistémicos, municipios de San Juan Nepomuceno y Santa Rosa de Cauca, objetivo 6. Disponible en: https://www.iucn.org/sites/dev/files/content/documents/obj_6_valoracion_santa_rosa_de_cauca.pdf

Cresswell JW, Plano Clark VL. 2011. Designing and conducting mixed method research. 2nd Sage; Thousand Oaks, CA.

Daily G.C., Alexander S, Ehrlich P.R., Goulder L., Lubchenco J., Matson P.A., Mooney, H.A., Postel, S., Schneider, S.H., Tilman, D. y Woodwell, G.M. 1997. Ecosystem services: benefits supplied to human societies by natural ecosystems. *Issues in Ecology* 2:1-18. Disponible en: <https://www.esa.org/wp-content/uploads/2013/03/issue2.pdf>

Dickinson D.C. y Hobbs R.J. 2017. Cultural ecosystem services: Characteristics, challenges and lessons for urban green space research, *Ecosystem Services*, 25: 179-194. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.04.014> Dou, Y., Yu, X., Bakker, M.M., Groot, R., Carsjens, G., Houlang, D. y Huang, C. 2020. Analysis of the relationship between cross-

cultural perceptions of landscapes and cultural ecosystem services in Genheyuan region, Northeast China. *Ecosystem Services*. 43: 101112. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101112>

Durham E., Baker H., Smith M., Moore E. y Morgan V. 2014. *The BiodivERsA Stakeholder Engagement Handbook*. BiodivERsA, Paris. 108 pp.

Felipe-Lucia, M. R., Martín-López, B., Lavorel, S., Berraquero- Díaz, L., Escalera-Reyes, J. y Comín, F.A. 2015. Ecosystem services flows: why stakeholders' power relationships matter. *PLoS ONE* 10(7): e0132232. Disponible en: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0132232> García-Nieto, A. P., Quintas-Soriano, C., García-Llorente, M., Palomo, I., Montes, C., y Martín-López, B. 2014. Collaborative mapping of ecosystem services: The role of stakeholders' profiles. *Ecosystem Services*. 13: 141-152. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.11.006>

Garrido, P., Elbakidze, M., y Angelstam, P. 2017. Stakeholders' perceptions on ecosystem services in Östergötland's (Sweden) threatened oak wood-pasture landscapes. *Landscape and Urban Planning*. 158. 96-104. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.08.018>.

Gómez, F.C.A. 2012. *Análisis territorial de las veredas periurbanas de Popayán ante la presión urbana, estudio de caso, vereda Crucero Puelenje*. Trabajo de grado Maestría. Universidad Autónoma de Manizales. Facultad de estudios Sociales y Empresariales. Popayán-Cauca. 287pp.

Gómez, W.S. y Martinez, N.D. 2018. *Evaluación de la percepción sociocultural de los servicios ecosistémicos en la cuenca del río Orottoy aplicando la metodología de proceso analítico jerárquico-ahp*. Universidad Santo Tomás. Facultad de Ingeniería Ambiental, trabajo de grado en Ingeniero Ambiental. Villavicencio-Meta. 84 pp.

Ghai D, Vivian J.M. 2014. Grassroots environmental action: people's participation in sustainable development. Routledge, New York, USA. 374 pp.

De Groot, R., Wilson, A. M., Boumans, M. J. 2002. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics* 41. Pp 393-498. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(02\)00089-7](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00089-7) De Groot, R., Stuij, M., Finlayson, M. y Davidson, N. 2006. Valoración de humedales: Lineamientos para valorar los beneficios derivados de los servicios de los ecosistemas de humedales CBD Technical Series, 27. Fecha de acceso: 2021 agosto 3.

De Groot, R., Fisher, B., Christie, M., Aronson, J., Braat, L., Gowdy, J., Haines-Young, R., Maltby, E., Neuville, A., Polasky, S., Portela, P y Ring, I. 2010. Integrating the ecological and economic dimensions in biodiversity and ecosystem service valuation. Pp 9-40. En Kumar, P. (Ed.). *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations*, Earthscan Routledge, Londres. 422 pp.

Hauck, J., Saarikoski, H., Turkelboom, F. y Keune, H. 2016. Stakeholder Analysis in ecosystem service decision-making and research. In: Potschin, M. and K. Jax (eds): *OpenNESS Ecosystem Services Reference Book*. EC FP7 Grant Agreement no. 308428. Disponible en: www.openness-project.eu/library/reference-book

Koko I.A., Misana S.B., Kessler A y Fleskens L. 2020. Valuing ecosystem services: stakeholders' perceptions and monetary values of ecosystem services in the Kilombero wetland of Tanzania, *Ecosystems and People*, 16:1, 411-426, Disponible en: <https://doi.org/10.1080/26395916.2020.1847198>

Hawkins K. 2003. Economic valuation of ecosystem services. University of Minnesota, 23. Disponible en: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.473.4949&rep=rep1&type=pdf>

IBM Corp. Released 2017. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 25.0. Armonk, NY: IBM Corp.

Iftekhar, S. y Takama, T. 2007. Perceptions of biodiversity, environmental services, and conservation of planted mangroves: A case study on Nijhum Dwip Island, Bangladesh. *Wetlands Ecology and Management*. 16. 119-137. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11273-007-9060-8>

Iniesta-Arandia, I., Garcia-Llorente, M., Aguilera, P.A., Montes, C. y Martín-López, B. 2014. Socio-cultural valuation of ecosystem services: Uncovering the links between values, drivers of change, and human well-being. *Ecological Economics*. 108: 36-48. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.09.028>

Iniguez-Gallardo, V., Halasa, Z. and Briceño, J. 2018. People's Perceptions of Ecosystem Services Provided by Tropical Dry Forests: A Comparative Case Study in Southern Ecuador. *IntechOpen*. 78. 96-112. Disponible en: <https://doi.org/10.5772/intechopen.75081>

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt [Internet]. 2014. Valoración Integral de la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos (VIBSE), aspectos conceptuales y metodológicos. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.11761/32547>

Milcu, A., Ioana, J., Hanspach, D., Abson, y Fischer, J. 2013. Cultural ecosystem services: a literature review and prospects for future research. *Ecology and Society* 18(3):44. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.5751/ES-05790-180344>

Kandel, P., Tshering, D., Uddin, K., Lhamtshok, T., Aryal, K., Karki, S., Sharma, B. y Chettri, N. 2018. Understanding social-ecological interdependence using ecosystem services perspective in Bhutan, Eastern Himalayas. *Ecosphere* 9(2): e02121. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/ecs2.2121>

Kremen, C. 2005. Managing ecosystem services: what do we need to know about their ecology? *Ecology Letters*. 2005; 8:468–479. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00751.x>

Olander L., Polasky S., Kagan J.S., Johnston R.J., Wainger L., Saah D., Maguire L., Boyd J. y Yoskowitz D. 2017. So you want your research to be relevant? Building the bridge between ecosystem services research and practice, *Ecosystem Services*, Volume 26, Part A, Pages 170–182, ISSN 2212-0416, <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.06.003>.

Malinauskaite, L., Davidsdottir, B. y Ögmundardottir, H. 2020. Socio-cultural valuation of whale ecosystem services in Skjálfandi Bay, Iceland. *Ecological Economics*. 180: 106867. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106867>

Maguire, B., Potts, J. y Fletcher, S. 2012. The role of stakeholders in the marine planning process—Stakeholder analysis within the Solent, United Kingdom. *Marine Policy*, Volume 36: 246–257. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2011.05.012>

Martín-López, B. y Montes, C. 2011. Biodiversidad y servicios de los ecosistemas. *Biodiversidad en España: base de la sostenibilidad ante el cambio global*. Observatorio de la Sostenibilidad en España. 444–465.

Martín-López, B., Iniesta-Arandia, I., García-Llorente, M., Palomo, I., Casado Arzuaga, I., Amo, D.G.D., Gómez Baggethun, E., Oteros-Rozas, E., Palacios Agundez, I., Willaarts B., González, J., Santos-Martin, F., Onaindia, M., López Santiago, C. y Montes, C. 2012. Uncovering Ecosystem Service Bundles through Social Preferences. *PloS one*. 7. e38970. Disponible en: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0038970>

Maynard, S., James, D. y Davidson, A. 2010. The Development of an Ecosystem Services Framework for South East Queensland. *Environmental management*, 45:881–95. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00267-010-9428-z>

Mensah S., Veldtman R., Assogbadjo A E., Ham C., Glèlè Kakai R. y Seifert T. 2017. Ecosystem service importance and use vary with socio-environmental factors: A study from household-surveys in local communities of South Africa, *Ecosystem Services*, 23:1-8, ISSN 2212-0416. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.10.018>

Moutouama, F., Biaou, S.S., Kyereh, B., Asante, W., y Natta, A. 2019. Factors shaping local people's perception of ecosystem services in the Atacora Chain of Mountains, a biodiversity hotspot in northern Benin. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*. 15(38). Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s13002-019-0317-0>

Muhamad, D., Okubo, S., Harashina, K., Parikesit., Gunawan, P. and Takeuchi, K. 2014. Living close to forests enhances people's perception of ecosystem services in a forest-agricultural landscape of West Java, Indonesia. *Ecosystem Services*. 8: 197-206. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.04.003>

Nazarea, V. 2006. Local Knowledge and Memory in Biodiversity Conservation. *Annual Review of Anthropology*. 35:317-335. Disponible en: <https://doi.org/10.1146/annurev.anthro.35.081705.123252>

Nieto-Romero, M., Oteros-Rozas, E., González, J.A. y Martín-López, B. 2014. Exploring the knowledge landscape of ecosystem services assessments in Mediterranean agroecosystems: insights for future research. *Environmental Science & Policy* 37:121-133. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2013.09.003>.

Notte, A., D'Amato, D., Mäkinen, H., Paracchini, M.L., & Liqueste, C., Egoh, B.N., Geneletti, D. and Crossman, N. 2013. Original Articles Ecosystem services classification: A systems ecology perspective of the cascade framework. *Ecological Indicators*. 74: 392-402. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.11.030>

Oteros-Rozas, E., Martín-López, B., González, J.A., Plieninger, T., López, C. y Montes, C. 2014. Socio-cultural valuation of ecosystem services in a transhumance social-ecological network. *Reg Environ Change* 14:1269–1289. <https://doi.org/10.1007/s10113-013-0571-y>

Piraquive, R.C y Velasquez, M.S. 2018. Valoración integral de los servicios ecosistémicos del humedal brisas del llano en el municipio de Restrepo. Universidad Santo Tomás. Facultad de ingeniería ambiental trabajo de grado en ingeniero ambiental. Villavicencio-Meta. 79 pp.

Primmer, P., Jokinen, M., Blicharska, D.N., Barton, R., Bugter, M. y Potschin. 2015. A framework for empirical analysis of ecosystem services governance *Ecosyst. Serv.*, pp.158–166.

Quijas, S., Schmid, B. y Balvanera, P. 2010. Plant diversity enhances provision of ecosystem services: a new synthesis. *Basic and Applied Ecology* 11: 582–593. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.baae.2010.06.009>

Ramírez -Chávez, H, E., Pérez y Ramírez, M, J. 2008. Mamíferos presentes en el municipio de Popayán, Cauca- Colombia. *Boletín Científico Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 12:65–89. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bccm/v12n1/v12n1a05.pdf>

Reed, M.S., Graves, A., Dandy, N., Posthumus, H., Hubace, K., Morris, J., Prell, C., Quinn, C.H y Stringer, L.C. 2009. Who's in and why? A typology of stakeholder analysis methods for natural resource management. *Journal of Environmental Management*. 90:1993–1949. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.01.001>

Reed, M.S., Vella, S., Challies, E., de Vente, J., Frewer, L., Hohenwallner-Ries, D., Huber, T., Neumann, R.K., Oughton, E.A., Sidoli del Ceno, J. and van Delden, H. 2018. A theory of participation: what makes stakeholder and public engagement in environmental management work? *Restor Ecol*, 26: S7–S17. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/rec.12541>

Rodríguez-Morales, Beatriz., Roces-Díaz, José V., Kelemen, Eszter., Pataki, György., Díaz-Varela, Emilio. 2020. Perception of ecosystem services and disservices on a peri-urban communal forest: Are landowners' and visitors' perspectives dissimilar? *Ecosystem Services*, 43: 101089, Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101089>.

Saarikoski H., Primmer E., Saarela SR, Antunes P., Aszalós R, Baró F., Berry P., Garcia GB., Gómez-Baggethun E., Carvalho L., Dick J., Dunford R., Hanzu M., Harrison PA., Izakovicova Z., Kertész M., Kopperoinen L., Köhler B., Langemeyer J., Lapola D., Liqueste C., Luque S., Mederly P., Niemelä J., Palomo I., Martinez Pastur G., Peri PL., Preda E., Priess JA., Santos R., Schleyer C., Turkelboom F., Vadineanu A., Verheyden W., Vikström S., Young J. 2018. Institutional challenges in putting ecosystem service knowledge in practice, *Ecosystem Services*, 29(Part C): 579–598, ISSN 2212–0416. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.07.019>

Sayadi, S., González-Roa, M.C. y Calatrava-Requena, J., 2009. Public preferences for landscape features: the case of agricultural landscape in mountainous Mediterranean areas. *Land Use Policy* 26(2): 334e344. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2008.04.003>

Servicio Geológico Colombiano SGC. 2015. Zonificación geo mecánica y de amenaza por movimientos en masa del municipio de Popayán –Cauca. Fecha de acceso: 2021 agosto 3. Disponible en: <http://recordcenter.sgc.gov.co/B7/21003002524656/Documento/Pdf/2105246561101000.pdf>

Schmitz, M.F., De Aranzabal, I., Aguilera, P., Rescia, A.J. y Pineda, F.D. 2003. Relationship between landscape typology and socioeconomic structure: scenarios of change in Spanish cultural landscapes. *Ecological Modelling* 168(3): 343–356. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(03\)00145-5](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(03)00145-5)

Sodhi, N.S., Lee, T.M., Sekercioglu, C.H., Webb, E.L., Prawiradilaga, D.M., Lohman, D.J, Pierce, N., Diesmos, A.C., Rao, M. y Ehrlich, P.R. 2010. Local people value environmental services provided by forested parks. *Biodiversity and Conservation*. 19: 1175-1188. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10531-009-9745-9>

Smith, L.M., Case, J. L., Smith, H. M., Harwell, L. C. y Summers, J.K. 2013. Relating ecosystem services to domains of human well-being: Foundation for a U.S. index. *Ecological Indicators*. 28: 79-90. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.02.032> Stephenson, J. 2008. The Cultural Values Model: An Integrated Approach to Values in Landscapes. *Landscape and Urban Planning*. 84(2): 127-139. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.07.003>

Tengö, M., Brondízio, E., Elmqvist, T., Malmer, P. y Spierenburg, M. 2014. Connecting Diverse Knowledge Systems for Enhanced Ecosystem Governance: The Multiple Evidence Base Approach. *AMBIO A Journal of the Human Environment*. In press. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s13280-014-0501-3>

Tilliger, B., Rodríguez-Labajos, B., Bustamante, J. y Settele, J. 2015. Disentangling Values in the Interrelations between Cultural Ecosystem Services and Landscape Conservation—A Case Study of the Ifugao Rice Terraces in the Philippines. *Land*. 4. 888-913. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/land4030888>

Turner, W. R., K. Brandon, T. M. Brooks, C. Gascon, H. K. Gibbs, K. S. Lawrence, R. A. Mittermeier y E. R. Selig. 2012. Global biodiversity conservation and the alleviation of poverty. *BioScience* 62:85-92. Disponible en: <https://doi.org/10.1525/bio.2012.62.1.13>

Vallet, A., Locatelli, B., Levrel, H., Dendoncker, N., Barnaud, C. y Quispe Conde, Y. 2019. Linking equity, power, and stakeholders' roles in relation to ecosystem services. *Ecology and Society* 24(2):14. Disponible en: <https://doi.org/10.5751/ES-10904-240214>

De Vente J., Reed M. S., Stringer, L. C., Valente, S. y Newig J. 2016. How does the context and design of participatory decision-making processes affect their outcomes? Evidence from sustainable land management in global drylands. *Ecology and Society* 21:24. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.5751/ES-08053-210224>

Vihervaara, P., Rönkä, M. y Walls, M. 2010. Trends in Ecosystem Service Research: Early Steps and Current Drivers. *Ambio*. 39(4): 314–324. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s13280-010-0048-x>

Vilardy Quiroga, S., González, J.A., Martín-López, B. y Oteros-Rozas, E. 2012. Los servicios de los ecosistemas de la Reserva de Biosfera Ciénaga Grande de Santa Marta. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*. 19: 66–83. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5007227>

Villamagua-Vergara, G. C. 2017. Percepción social de los servicios ecosistémicos en la microcuenca El Padmi, Ecuador. *Revista iberoamericana de economía ecológica*. 27: 102–114. Disponible en: https://ddd.uab.cat/pub/revibec/revibec_a2017v27/revibec_a2017v27p102.pdf

Yameogo, V. 2017. Ecosystem services management: An analysis of stakeholders' perceptions in Thiou, Yatenga Province, Burkina Faso. ILRI Project Report. Nairobi, Kenya: International Livestock Research Institute (ILRI).

Zhang, X., Estoque, R., Hualin, X., Murayama, Y., y Ranagalage, M. 2019. Bibliometric analysis of highly cited articles on ecosystem services. *PLOS ONE*. 14. e0210707. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0210707>

Zografos, C. y Kumar, M. 2010. Socio-cultural context of ecosystem and biodiversity valuation. Pp.149–174. En: Pushpam, K. (Ed) *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: The Ecological and Economic Foundations*: Earthscan Routledge. Londres. 422pp.

Regiones biogeográficas del género *Cinchona* L. (Rubiaceae- *Cinchoneae*)

Biogeographical regions of the genus *Cinchona* L. (Rubiaceae- *Cinchoneae*)

Carlos E. González-Orozco¹

*¹Doctor en Geografía Física, investigador de la
Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria
– Agrosavia, Centro de Investigación La Libertad, Km
14 vía Puerto López, Villavicencio, Meta, Colombia.
E-mail: cegonzalez@agrosavia.co
ORCID: 0000-0002-9268-5224*

Resumen

Las regionalizaciones biogeográficas son herramientas útiles para la planificación y manejo de la biodiversidad. Las quinas o chinchonas son un grupo con alto valor sociocultural y medicinal, el cual requiere de una regionalización actualizada. Desafortunadamente, hoy en día las regiones biogeográficas del género *Cinchona* no han sido revisadas, ni formalmente descritas, y en particular, no han sido analizadas usando métodos de recambio de especies. El objetivo de este estudio es identificar y proponer las regiones biogeográficas del género *Cinchona* basadas en un índice de recambio de especies. Se identifican, describen y proponen tres macro regiones biogeográficas del género *Cinchona*: 1- una macro región de las chinchonas a lo largo de todo su rango de distribución; 2- la región de Loja, entre el norte del Perú y el sur del Ecuador; 3- la región del Perú, dividida en cinco subregiones: sur, norte, centro, norte-sur-centro, centro-sur y nueve provincias. Los análisis biogeográficos de este estudio presentan resultados actualizados sobre la biogeografía del género *Cinchona*, los cuales son de gran importancia para la conservación de recursos genéticos nativos, ya que la gran

Historia del artículo

Fecha de recepción:

25-08-2021

Fecha de aceptación:

29-11-2021

DOI: [https://doi.](https://doi.org/10.47374/novcol.2021.v16.1987)

[org/10.47374/](https://doi.org/10.47374/novcol.2021.v16.1987)

[novcol.2021.v16.1987](https://doi.org/10.47374/novcol.2021.v16.1987)

mayoría de sus especies tienen propiedades curativas contra enfermedades tropicales como la malaria.

Palabras clave: Quinas, Nueva Granada, Suramérica, *Cinchona*.

Abstract

Biogeographical regionalization's are important tools to improve the management and knowledge of biodiversity. The cinchonas group is of high relevance for society because of its important socio cultural and medicinal values. Defining the biogeographic regions of *Cinchona* is of great importance. However, to date, the biogeographical regions of *Cinchona* remain undefined. The objective of this study is to identify and propose the biogeographical regions of the genus *Cinchona*. Based on species turnover methods, three macro biogeographical regions of the genus *Cinchona* (1- a macro region of cinchonas along the entire distribution range; 2- Loja region in northern Peru and southern Ecuador; 3- Peru region) five subregions (north, south, central, north-south-central, and central-south) and nine provinces were proposed. In conclusion, the results presented here provides updated information on the biogeography of the genus *Cinchona*, helping to document its importance for conservation of native genetic resources because these species have medicinal properties of use against tropical diseases such as malaria.

Key Words: Quina trees, New Granada, South America, *Cinchona*.

Introducción

Cinchona es un género de árboles neotropicales primordialmente andinos. El género *Cinchona* consiste en 24 especies, las cuales se distribuyen desde el sur de Venezuela hasta Bolivia (Andersson, 1998; Aymard, 2019). Los hábitats principales de las especies son las zonas montañosas de los Andes, pero también se pueden encontrar en las tierras bajas de los bosques del Pacífico de Colombia y Ecuador (Mendoza et al., 2004). Las especies se distribuyen en los hábitats de bosques de niebla de las cordilleras Andinas donde la humedad relativa presenta valores altos y su topografía es muy escarpada. Las alturas donde se encuentran la gran mayoría de especies varían entre 600 y 3.200 msnm (Garmendia, 2017).

Las especies del género *Cinchona* han sido ampliamente colectadas, descritas y documentadas por botánicos de la región tropical y exploradores foráneos en los últimos 300 años (Andersson, 1998). En 1735, el científico francés Charles M. de La Condamine colectó especímenes de *Cinchona* en Loja, Ecuador, elaborando por primera vez la descripción científica del género (La Condamine, 1738). Ese material botánico fue utilizado en Europa por el padre de la botánica taxonómica, Carl Linneaus, en 1753, describiendo por primera vez la especie *Cinchona officinalis* L. En la Nueva Granada, actual territorio de Colombia y Ecuador, desde 1783 hasta 1816, el botánico cartógrafo y astrónomo Francisco José de Caldas (en adelante F. J. Caldas) catalogó la flora de las Quinas

en algunas zonas de la Nueva Granada bajo la dirección del sacerdote y botánico español José Celestino Mutis, médico del virrey Pedro Messía de la Cerda y director de la Real Expedición del Nuevo Reino de Granada, (Mutis, 1957). Uno de los resultados científicos y artísticos de este gran proyecto botánico fue la publicación del volumen 44 sobre las Quinas de la Nueva Granada (Mutis, 1957; Caldas, 1805). F.J. Caldas, junto a los dibujantes de la real expedición botánica, entre ellos el maestro Matiz, hicieron una contribución de gran importancia al estudio de la quinología. Ese grupo de ilustradores botánicos y científicos realizaron la cartografía de las especies de una forma innovadora, mapeando a detalle y con elegancia artística las regiones de las Quinas, de la misma forma como lo hicieron con las regiones de cultivos de Caldas (Nieto Olarte, 2006; González-Orozco & Porcel, 2021a). En la misma época, los botánicos Hipólito Ruiz y José A. Pavón también estudiaron el género *Cinchona* a profundidad, basándose en observaciones de campo en los hábitats originales. En 1807, en la obra *Plantae Aequinoctiales*, el botánico francés Aimé J. A. Bonpland describió cuatro especies del género de Ecuador y Perú. El mismo año, Alexander von Humboldt utilizando el material de J. C. Mutis de Colombia describió cuatro nuevas especies de *Cinchona*.

Las propiedades medicinales de las especies del género *Cinchona* L. comúnmente conocidas como las Quinas, son históricamente reconocidas por su importancia para combatir las fiebres y la

malaria (Marko, 2020; Díaz-Piedrahita, 2010; Pérez Arbeláez, 1947), a través de la molécula química de la Quinina (Feged-Rivadeneira et al., 2018). A pesar de que hay numerosos estudios sobre la historia, biología, taxonomía, genética y usos de los especies del género *Cinchona* (Rusby, 1931; Acosta-Solís, 1947; Hodge, 1950; Percy, 1989; Andersson, 1998; Díaz-Piedrahita, 2003; Mendoza et al., 2004; Albán-Castillo et al., 2015; Maldonado 2016; Taylor, 2016; Garmendia, 2017; Ulloa Ulloa, 2017; Huamán et al., 2019; Aymard, 2019; Fernández-Alonso, 2019; Araujo-Murakami et al., 2020; Albán-Castillo et al., 2020), en la actualidad no existe un análisis actualizado sobre las regiones biogeográficas de toda el área de distribución del género *Cinchona*.

El estudio de la biogeografía es importante para mejorar la conservación de la biodiversidad (Moreira, 1996; Ebach, 2015). Particularmente, aplicar los principios biogeográficos a grupos de importancia forestal como las chinchonas es muy relevante. Sin embargo, existen relativamente pocos estudios sobre la biogeografía del género *Cinchona*. El primer trabajo sobre el tema fue hecho por F.J. Caldas en 1803, el cual identificó cinco regiones geográficas de las quinas entre Quito y Loja en Ecuador, el cual plantea los primeros fundamentos de las regiones biogeográficas de las chinchonas (Caldas, 1966). Las regiones de las quinas propuestas por F.J. Caldas representan una contribución muy significativa, ya que se aplicaron técnicas cartográficas avanzadas para la época, llegando así a un mapeo preciso de las regiones de las chinchonas (González-Orozco et al., 2015). Posterior a

los avances sobre las regiones de las quinas de F. J. Caldas, los progresos en el área de la biogeografía de *Cinchona* han sido limitados. Los estudios más detallados se basaron en descripciones de la distribución de las especies en las revisiones taxonómicas o usos del género *Cinchona*, pero no tienen las regiones biogeográficas del género (Percy, 1989; Andersson, 1998; Taylor, 2016; Garmendia, 2017). Ante este escenario, el presente estudio pretende contribuir a llenar ese vacío de información en la biogeografía del género *Cinchona*, proponiendo una regionalización biogeográfica que denota grupos de taxones que se clasifican dentro de la misma región, debido a que comparten un alto grado de similitud florística (Ebach, 2015; González-Orozco et al., 2013–2014–2014a; González-Orozco, 2021).

Materiales y Método

Base de datos de la distribución de especies

Todos los registros de presencia de las especies de *Cinchona* fueron extraídos de las bases de datos GBIF.org (2020) y BIEN versión 4.1 usando el paquete RBIEN (Maitner, 2018). Los datos de BIEN 4.1 fueron un complemento importante, ya que llenaron zonas de muestreo en áreas poco documentadas por GBIF.

Como es conocido, estas bases de datos presentan limitaciones técnicas y numerosas incertidumbres, tanto taxonómicas como geográficas (Feeley, 2015; Zizka et al., 2020). Debido a la presencia de sesgos, ambas bases de datos pasaron por un

proceso de depuración de datos espaciales y taxonómicos, usando filtros de diferentes tipos. Por ejemplo, se anularon los registros con coordenadas repetidas, se eliminaron registros que no tenían datos de latitud y longitud, se descartaron los registros que estuvieran relacionados a plantaciones forestales y, finalmente, se realizó una corrección taxonómica de sinónimos con base en la lista de especies presentada por Aymard (2019). Inicialmente, la base de datos tenía 2.417 registros; después del proceso de limpieza quedaron un total de 1.121 registros de localidades de presencia de especies de *Cinchona*, los cuales fueron usados para el análisis de las regiones biogeográficas. Esto registros cubrieron la distribución natural en los países de Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia (Figura 1).

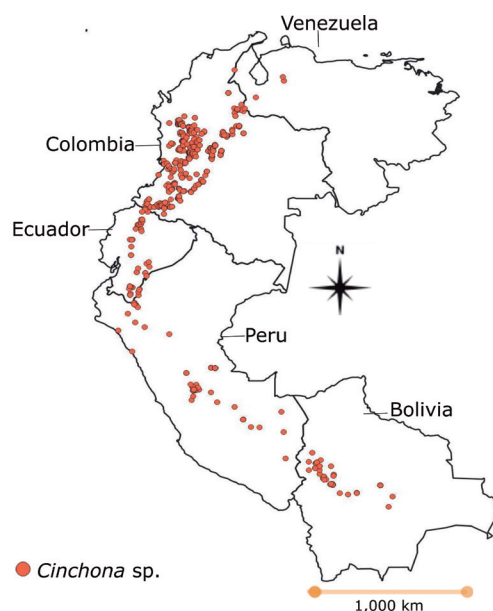


Figura 1. Mapa de la distribución natural de las especies del género *Cinchona*.

De estos puntos de distribución, se observaron 662 en Colombia, 4 en Venezuela, 55 en Ecuador, 229 en Perú, y 159 en Bolivia. Los registros de distribución actual representaron 21 de las 24 especies conocidas y aceptadas taxonómicamente según Aymard (2019) (Tabla 1; Figura 2). Las tres especies faltantes (*C. anderssonii* C. D. Maldonado, *C. carabayensis* Wedd., *C. govana* Miq.) no se encontraban disponibles en las bases de datos globales en el momento del estudio. Debido a que los nombres aceptados del género no han sido revisados recientemente, se tomó la clasificación taxonómica propuesta por Taylor (2016) como una guía de chequeo de los nombres científicos citados por Aymard (2019). En conclusión, aunque esta base de datos no representa la taxonomía más actual revisada sistemáticamente, sí es representativa de la distribución y diversidad de los taxones del género, lo cual constituye una base de datos suficiente para lograr su regionalización. Los datos georreferenciados de la distribución de especies se encuentran disponibles en los anexos de los materiales adicionales.

Figura 2. Mapas de distribución de las 21 especies de *Cinchona* usadas en este estudio.

La distribución geográfica actual se puede clasificar en tres grupos: a) especies de amplia distribución, cuya presencia están en al menos cuatro de los cinco países de distribución (Figura 2A); b) un segundo grupo de distribución media, donde las especies están entre dos y cuatro de los cinco países de distribución (Figura 2B); c) finalmente un grupo de distribución restringida, donde las especies son casi exclusivas a un solo país de origen (Figura 2C).

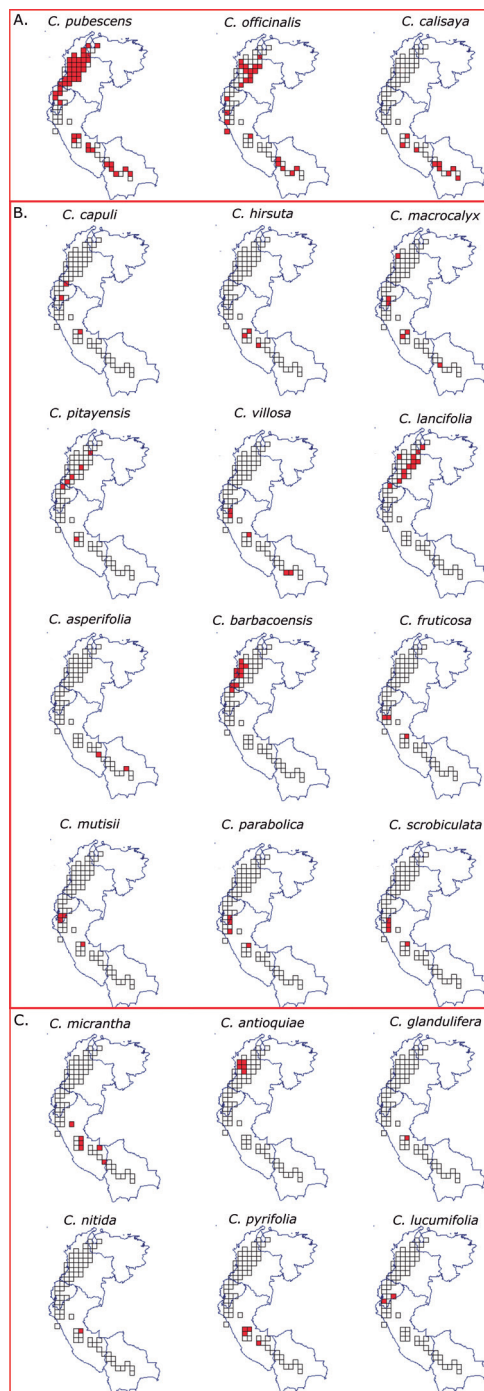


Tabla 1. Especies del género *Cinchona* que fueron usadas en este estudio, con los países donde se ha reportado su presencia basada en la revisión más reciente según Aymard (2019). VE=Venezuela, BO=Bolivia, COL=Colombia, EC=Ecuador y PE=Perú.

Especies	Países				
	VE	BO	COL	EC	PE
<i>Cinchona antioquiæ</i> L.			✓		
<i>Cinchona asperifolia</i> Wedd		✓			
<i>Cinchona barbacoensis</i> H. Karst.			✓	✓	
<i>Cinchona calisaya</i> Wedd.		✓	✓		✓
<i>Cinchona capuli</i> L. Andersson			✓	✓	✓
<i>Cinchona fruticosa</i> L.				✓	✓
<i>Cinchona glandulifera</i> Ruiz & Pav.					✓
<i>Cinchona hirsuta</i> Ruiz & Pav.		✓		✓	✓
<i>Cinchona lancifolia</i> Mutis	✓		✓	✓	
<i>Cinchona lucumifolia</i> Pav. ex Lindl.				✓	
<i>Cinchona macrocalyx</i> Pav. ex DC.		✓		✓	✓
<i>Cinchona micrantha</i> Ruiz & Pav.		✓			✓
<i>Cinchona mutisii</i> Lamb.				✓	✓
<i>Cinchona nitida</i> Ruiz & Pav.					✓
<i>Cinchona officinalis</i> L.		✓	✓	✓	✓
<i>Cinchona parabolica</i> Pav.				✓	✓
<i>Cinchona pitayensis</i> (Wedd.) Wedd.			✓	✓	✓
<i>Cinchona pubescens</i> Vahl	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Cinchona pyrifolia</i> L. Andersson					✓
<i>Cinchona scrobiculata</i> Bonpl.				✓	✓
<i>Cinchona villosa</i> Pav. ex Lindl.		✓		✓	✓

Identificación de las regiones biogeográficas

Con el fin de detectar las regiones biogeográficas, se calculó el índice de recambio de especies conocido como *Sorenson* (Tuomisto, 2010). Este índice usa una matriz de disimilitud para todas las posibles combinaciones de pares de grillas, las cuales son agrupadas por un método de agrupación acorde a su similitud taxonómica y distancia geográfica, las cuales se utilizaron para definir y mapear las regiones biogeográficas (González-Orozco et al., 2013; 2014; 2014a; González-Orozco, 2021; Ebach et al., 2015a). La distancia geográfica se refiere a que, si dos grillas están contiguas y tienen especies comunes, el índice las agrupa como más similares, y si las grillas tienen especies únicas y distantes el índice, las valora como disímiles. Para la agrupación de las regiones se aplicó un método de promedios aritméticos grupales conocido como WPGMA (por sus siglas en inglés) o método de pares grupales ponderado acorde a la media aritmética, el cual crea una clasificación por jerarquías de agrupaciones, creando grupos con mayor similitud de especies.

El método *Sorenson* se refiere a zonas comunes que comparten especies con respecto a su distancia geográfica. Estas regiones se ilustrarán en un mapa y en un dendrograma de distancias con valores entre cero y uno, donde cero se refiere a mayor disimilitud y uno sugiere alta similitud de especies. De esta manera, se podrán diferenciar los grupos jerárquicos acorde a su similitud de especies.

Descripción y definición de las regiones biogeográficas

Las áreas que fueron identificadas como regiones biogeográficas se describieron siguiendo un sistema jerárquico de nomenclatura de áreas geográficas similar a las que se utilizan en la taxonomía de especies. Este método de jerarquía nomenclatural consiste en tres pasos: 1) La asignación del nombre de la macro región por autores y su época; en este caso, la fecha corresponde a la descripción más antigua de las regiones. Por ejemplo, la “Región de LOJA Caldas & Mutis 1795”, se refiere a que Caldas y Mutis en 1795 hicieron las primeras descripciones de las regiones. 2) Descripción del área por medio de una diagnosis en la cual se establece su extensión geográfica y principales características. 3) Finalmente, una sección de anotaciones en la cual se discuten las diferencias con otras áreas.

En esta clasificación biogeográfica se usaron tres niveles jerárquicos: macro regiones, subregiones y provincias. Las macro regiones consisten en un nivel jerárquico superior asignado con base en los valores altos del dendrograma de disimilitud. Las subregiones se identifican como áreas únicas o combinadas de estas, y generalmente son de menor tamaño que las macro regiones. Finalmente, las provincias, las cuales consisten en áreas con un nivel de interrelación taxonómica más cercano entre ellas, con valores bajos del dendrograma de disimilitud. Las provincias no necesariamente son específicas a un solo sitio, sino que pueden poseer varios subgrupos dentro de la subregión o fuera de ella.

Resultados

Se identifican y proponen tres macro regiones biogeográficas del género *Cinchona*: región 1, de las chinchonas; región 2, de Loja; y la región 3, del Perú (Figura 3A). Estos nombres de las macro regiones son dedicados a la memoria de los científicos o de las regiones donde se realizaron sus primeros estudios. La región 1 es la más grande porque cubre toda la distribución original de las especies icónicas actualmente conocidas como *C. officinalis* y *C. pubescens*, y que históricamente fueron reportadas por

F. J. Caldas y Mutis en 1800s (color rojo en Figura 3B). La región 2 representa una zona de transición como lo son las áreas de Loja en el sur de Ecuador y la frontera norte con el Perú (color verde y violeta en Figura 3B). La región 3 es representativa del extremo sur, agrupándose en la región centro-sur del Perú y parte centro-norte de Bolivia (color naranja y amarillo, Figura 3B). Las tres macro regiones fueron subdivididas en cinco subregiones, únicas o agrupadas (sur, norte, centro, norte-sur-centro, centro-sur, Figura 3B) y nueve provincias (Figura 4; Tabla 2).

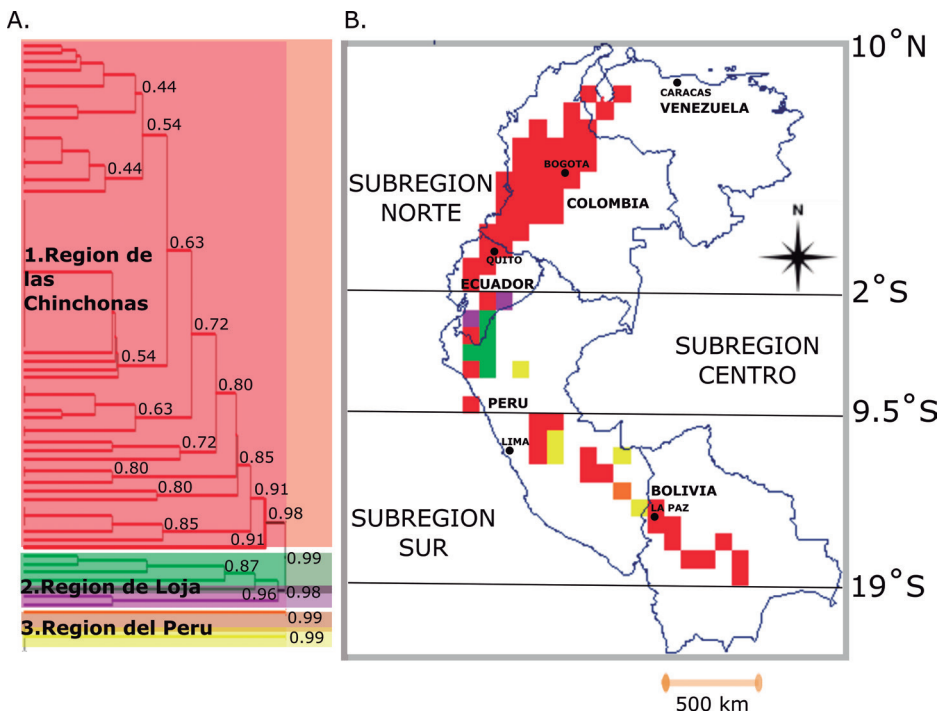


Figura 3. Mapa de las macro regiones (Chinchonas, Loja y Perú) (A) y subregiones (Norte, Centro y Sur) (B) biogeográficas de *Cinchona* L. Regiones clasificadas según los grupos de similitud florística formados por distancias geográficas (valores entre 0-1) e indicados por el dendrograma en forma de árbol (A).

Tabla 2. Organización jerárquica y lista de las tres macro regiones, cinco tipos de subregiones y nueve provincias biogeográficas del género *Cinchona* L.

Regiones biogeográficas del género <i>Cinchona</i>			
Macro Regiones	Sub-Regiones	Provincias	Diagnosis de las provincias
1 Chinchonas	Sur	1	Zonas sur del Perú y centro de Bolivia.
	Norte	2	Zonas altas y de piedemonte de la Cordillera Oriental, y áreas bajas del Pacífico y altas de la parte norte de la cordillera occidental de Colombia, y áreas andinas y costeras del noroccidente del Ecuador.
		3	Gran área transnacional con cobertura de todos los países de distribución del género.
	Norte-sur-centro	4	Zonas del litoral Pacífico de Colombia y Ecuador.
		6	Zonas andinas del norte y sur del Ecuador.
Loja (2)	Centro	7	Zonas del litoral pacífico al norte y occidente en el Perú, y áreas norte y centro de los andes en Bolivia.
		8	Zonas andinas al sur del Ecuador en la región de Loja y extremo norte del Perú.
		9 y 5	Zonas andinas del sur-centro de Perú y Bolivia.
Perú (3)	Sur	9 y 5	

Macro región de las chinchonas-Mutis & Caldas (1783) (Figura 3)

Diagnosis. El nombre de esta región está dedicado a la memoria de Mutis y F. J. Caldas, pioneros en el estudio taxonómico y mapeo geográfico de las chinchonas en el virreinato de la Nueva Granada. La principal característica de esta macro región es que está conformada por especies que tienen distribuciones amplias, ya que

cubre desde 10°N en centro América hasta los 19°S en Bolivia. Esta macro región tiene cobertura en todas las 9 provincias, y sus grupos geográficos están separados de las otras regiones con valores altos de 0.98 en disimilitud (ver región roja en árbol de dendrograma, Figura 3B).

Anotaciones. F. J. Caldas (1803) en su cartografía de las Quinas, elaboró por primera vez el mapeo biogeográfico

de las chinchonas. Mas recientemente, Garmendia (2017) clasificó las regiones del género basados en el nivel de endemismo y grado de distribución, definiendo principalmente tres grupos: especies de distribución amplia, especies endémicas y especies restantes con distribuciones intermedias. Una desventaja de esta clasificación es que es cualitativa y el endemismo no está cuantificado con valores matemáticos. Por su parte, Camp (1949) definió zonas de acuerdo con las elevaciones, como son las de alta montaña, zonas medias y bajas. Andersson (1998) mencionó cuatro áreas de endemismo para *Cinchona*, las cuales son muy parecidas a las propuestas por Garmendia (2017). A continuación, se describen las tres subregiones que componen las regiones con sus respectivas provincias.

Subregiones incluidas: Norte, Centro y Sur

Subregión Norte (Figura 4A)

Diagnosís. Se extiende desde los 2°S hasta los 10°N en la península de la Guajira, Colombia. Incluye la provincia 2. Esta subregión cubre los países de la zona andina de Venezuela y Colombia, con algunas distribuciones en la costa pacífica y la parte montañosa de la región pacífica al noroccidente del Ecuador. Según el resultado de esta región (Figura 4B-D), esta se caracteriza por tener un área de alta riqueza de especies en la zona central de Colombia y una en el norte del Ecuador en sus límites con Colombia.

Anotaciones. Las especies predominantes en esta subregión son nueve de las 21 reportadas: *C. antioquiae* L., *C. barbacoensis* H. Karst., *C. lancifolia* Mutis, *C. macrocalyx* Pav. ex DC., *C. pitayensis* (Wedd.) Wedd., *C. calisaya* Wedd., *C. capulí* L. Andresson, *C. officinalis* L., *C. pubescens* Vahl.

Esta subregión (Figura 4B) tiene valores de longitud de las ramas del árbol de dendrograma mucho menores (0.44 a 0.63 en disimilitud) en relación con todas las otras regiones, creando un nivel de agrupamiento más bajo, lo cual sugiere diferencias florísticas grandes con respecto al resto de las subregiones. Colombia ocupa gran parte de esta subregión, en la cual la provincia 2 está subdividida en dos grupos que se distribuyen principalmente en las zonas altas de las cordilleras: el primer grupo es el de la Cordillera Occidental-Central-Oriental (ver grillas rojas en Colombia Figura 4A), y el segundo es exclusivo de la Cordillera Oriental (ver grillas azules en Colombia Figura 4A). El primer grupo tiene como especies representativas a *C. antioquiae*, *C. barbacoensis*, *C. lancifolia*, *C. macrocalyx*, *C. officinalis* y *C. pubescens* en el grupo de la Cordillera Occidental de los departamentos de Antioquia y Chocó. El área de conexión con la Cordillera Oriental es por medio de las montañas de los departamentos de Caldas, Quindío y Risaralda, y está representada por las especies *C. antioquiae*, *C. asperifolia*, *C. calisaya*, *C. macrocalyx*, *C. officinalis* y *C. pubescens*. Este corredor geográfico conecta la cordillera oriental a través de la parte norte del departamento del Huila, sur de Cundinamarca y el piedemonte central del Meta. El segundo grupo hermano de los

dos anteriores es exclusivo de la Cordillera Oriental. Las especies representativas de este subgrupo son: *C. lancifolia*, *C. officinalis*, *C. pitayensis* y *C. pubescens*. Las especies de este subgrupo son taxones de amplia distribución geográfica en Colombia a lo largo de las zonas altas de la Cordillera Oriental, del piedemonte, y a través de los Andes de Sudamérica.

La provincia 3 representa el grupo más cercano en similitud taxonómica a la provincia 2 (Figura 4B). En este caso se observa que el subgrupo de provincias 3 y 4 son zonas de elevaciones bajas, lo contrario a la provincia 2, la cual se distribuye en las zonas altas de las cordilleras. La provincia 3 (grillas en verde, Figura 4A) está representada por las especies *C. antioquiae*, *C. pitayensis*, *C. pubescens*, *C. pyrifolia* y *C. villosa*. Es de anotar que *C. antioquiae* es endémica de Colombia y *C. pyrifolia* es endémica de Perú. La especie dominante en esta provincia es *C. pubescens*, ya que se presenta en todos los países reportados. La provincia 4 (grillas violeta en Figura 4A) es específica de zonas bajas del litoral pacífico de Colombia y Ecuador, las especies más abundantes son *C. barbacoensis*, *C. lancifolia*, *C. pitayensis* y *C. pubescens*.

Macro región de Loja- Caldas & Mutis (1795) (Figura 3)

Subregión Centro (Figura 4A)

Diagnos. Esta región es netamente ecuatoriana y el nombre está dedicado a la zona histórica que contiene las quinas de

Loja (Figura 3A), las cuales fueron descritas y mapeadas por F. J. Caldas y Mutis. Esta macro región contiene únicamente la subregión centro (Figura 4), la cual tiene el área de distribución más pequeña en extensión, ya que cubre solo desde 2°S en el sur de Ecuador hasta los 9.5°S en el norte del Perú. Se diferencia de las demás subregiones en que se puede considerar como una zona de transición entre el norte y el sur del Ecuador. Esta subregión tiene cobertura de las provincias 3, 4, 6 y 8 (Figura 4B). Igualmente, la zona de Loja en esta subregión tiene un alto endemismo (numeral 4 en Figura 3D), siendo esta el área que coincide con las observaciones de F. J. Caldas (Caldas, 1966) al describir que la quina verdadera de Loja (*C. officinalis* L.), era una especie altamente restringida a los alrededores de Loja a la altura de los 3° 44' S (Fernández-Pérez *et al.*, 2004).

Anotaciones. Hacia los 2°S, la subregión centro se encuentra separada del grupo norte por la presencia de las barreras geográficas de la depresión Girón-Paute y el Valle del Marañón (Carmen *et al.*, 2009). Igualmente está separada del grupo sur en el centro del Perú por la parte sur de la zona de Amotape-Huancabamba (Quintana *et al.*, 2017). La región de Loja (Tabla 2, Figura 3A) es de mucha importancia histórica ya que F. J. Caldas (Caldas, 1966) y Mutis (Mutis, 1957) realizaron una documentación exhaustiva debido a la presencia de la real expedición botánica, lo cual no sucedió con ninguna de las demás áreas de distribución del género *Cinchona*. Hemos observado que la mayoría de las colecciones históricas realizadas por J. F. Caldas no coinciden con la localización

actual de las especies (Figura 1B). F.J. Caldas identificó cinco regiones geográficas de *Cinchona* en Ecuador basándose en zonas altitudinales y latitudinales que cubrían desde Loja en el sur de Ecuador a los 4°S hasta Ibarra, o Quito al norte del Ecuador con latitud 0 (Nieto Olarte, 2006). Cada región de F.J. Caldas tenía detalles de límites máximos y mínimos de elevación y su amplitud del rango al igual que su latitud. De esa forma, Caldas definió y mapeó cinco regiones biogeográficas de las Chinchonas: 1) la región de la *Cinchona lanceifolia* Mutis. = *C. pubescens*/*C. officinalis* L., que cubría desde Loja hasta Cuenca (elev. Max 3.272 m; elev. Min 1.719 m; amplitud elev. 1.553 m). 2) La región de la *Cinchona longiflora* Mutis, nom. nud. (= *Cosmibuena grandiflora* Ruiz & Pav.) que era distribuida entre Cuenca y Riobamba (elev. Max 1.746 m; elev. Min 479 m; amplitud elev. 1.345 m). 3) La región de la *Cinchona dissimiflora* Mutis, nom. nud. (= *Ferdinandusa dissimiflora* Mutis ex Humboldt) que cubría desde Riobamba hasta Ambato (elev. Max 1.961 m; elev. Min 351 m; amplitud elev. 1.602 m). 4) La región de la *Cinchona parviflora* Mutis, nom. nud. (= *Macrocnemum roseum* (Ruiz & Pavon) Wedd.) que cubría desde Ambato hasta Quito (elev. Max 1.811 m; elev. Min 1.156 m; amplitud elev. 440 m). 5) La región de la *Cinchona oblongifolia* Mutis, nom. nud. (= *Ladenbergia oblongifolia* Humb. ex Mutis) que cubría desde Quito hasta Ibarra (elev. Max 1.450 m; elev. Min 600 m; amplitud elev. 1000 m).

El grupo del norte del Ecuador aparece relacionado florísticamente al extremo sur de la subregión norte de Ecuador,

separándose así dos grandes subgrupos dentro de este territorio, uno del norte y otro del sur, que no están unidos según la disimilitud florística geográfica y los separa la depresión geográfica de Girón-Paute. El subgrupo del sur de Ecuador tiene semejanzas con las zonas de las regiones de las quinas de Loja que Caldas mapeó en su cartografía de Ecuador. Igualmente, en términos de elevaciones observamos similitudes con la clasificación histórica de Caldas, ya que había especies de distribución en alta montaña, superiores a 1.900 m, y otros de zonas medias por debajo de 1.800 metros, como lo hemos identificado en la regionalización actual. Este subgrupo contiene las especies *C. fruticosa* L. Andersson, *C. lucumifolia* Pav. ex Lindl., *C. macrocalyx* Pav. ex DC., *C. mutisi* Lamb, *C. parabolica* Pav., *C. scrobiculata* Bonpl., *C. villosa* Pav. ex Lindl. Este subgrupo del sur se subdivide en cuatro agrupaciones de especies: dos de las zonas altas con las especies *C. fruticosa*, *C. parabolica*, *C. scrobiculata*, *C. villosa*, *C. macrocalyx* y *C. mutisii*. Y otras dos de las zonas medias y bajas con las especies *C. lucumifolia*, *C. mutisii* y *C. fruticosa*. El subgrupo del norte de Ecuador tiene las especies *C. capulí*, *C. macrocalyx*, *C. pubescens*, *C. officinalis*, *C. barbacoensis*, *C. lancifolia* y *C. pitayensis*. En algunos casos, se observó que se comparten dos especies entre los grupos norte y sur. Sin embargo, estos grupos tienen especies únicas de zonas altas y bajas, lo que hace la diferenciación biogeográfica.

Macro región de Perú- Ruiz & Pavón (1777) (Figura 3)

Subregión Sur (Figura 4A)

Diagnosis. Esta subregión hace referencia a la contribución hecha por los botánicos Hipólito Ruiz y José Pavón en la exploración de las quinas de Perú y parte de Bolivia durante la expedición botánica al virreinato del Perú (Ruiz, 1792). Se inicia desde 9.5°S en la parte central del Perú hasta 19°S en el extremo meridional de las distribuciones en la parte central andina de Bolivia, región que representa el extremo de las distribuciones, lo cual incluye las provincias 1, 3, 5, 7, 8 y 9 (Figura 4B).

Anotaciones. Esta subregión se sitúa en los 9.5°S y se encuentra separada de la subregión centro por la presencia de la barrera geográfica sur de la zona de Amotape-Huancabamba. De igual manera se presenta la barrera del Valle de Apurimac, la cual aísla la parte norte de la subregión sur. Esta subregión tiene dos grupos geográficos distintivos, el del norte y el del sur. Aparte de la presencia de especies dominantes como son *C. officinalis*, *C. calisaya* y *C. pubescens*, esta subregión se diferencia de las demás por tener la riqueza y los niveles de endemismo más altos de toda la distribución del género. En esta región se reportaron 14 especies de las 21 presentes en todas las regiones: *C. calisaya*, *C. capulí*, *C. fruticosa*, *C. glandulifera*, *C. hirsuta*, *C. macrocalyx*, *C. micrantha* Ruiz & Pav., *C. mutisii*, *C. nítida*, *C. parabolica*, *C. pitayensis*, *C. pyriformis*, *C. scrobiculata* y *C. villosa*. Solo tres de ellas

son endémicas de Perú, particularmente se ubican en la provincia 5 de la subregión centro-sur en Perú, pues es la que tiene 95% de las especies mencionadas (Figura 4B). Basados en la literatura, los diferentes autores sugieren que esta subregión es la principal área de diversificación de *Cinchona* ya que es la única zona donde hay alto grado de endemismo y riqueza de especies. En esta subregión y en una parte de la central se observan las provincias 5, 7 y 8, separadas por varias barreras biogeográficas como son el Valle de Apurimac en la cordillera central del Perú (Hazzi *et al.*, 2018), y la parte sur de la zona Amotape-Huancabamba (Weigend, 2002). En la zona central andina de Bolivia no se observan quiebres geográficos mayores, quizás debido a la presencia de especies con mayor grado de similitud taxonómica. En conclusión, esta subregión de las chinchonas puede ser considerada como el área histórica con mayor grado de endemismo y riqueza de especies que Andersson (1998) mencionó, diciendo que la parte sur de los Andes es el principal centro de diversidad del género *Cinchona*.

Áreas combinadas de subregiones incluidas: Norte-Sur-Centro y Centro-Sur

Subregiones Norte-Sur-Centro (Figura 4B)

Diagnosis y anotaciones. Esta subregión se extiende desde los 10°N en centro América hasta los 19°S en el sur de Bolivia. Gran área transnacional de distribución del género *Cinchona* con representación de las especies de amplia distribución geográfica *C. officinalis* y *C. pubescens* observadas

en la provincia 3. Esta subregión incluye la provincia 4, la cual se distribuye en los litorales pacíficos de Colombia y Ecuador. Las especies predominantes en la provincia 4 son: *C. barbacoensis*, *C. lancifolia* y *C. pitayensis*. De otra forma, el grupo de la provincia 3 tiene las especies *C. antioquiae*, *C. pitayensis*, *C. pubescens*, *C. pyrifolia*, *C. villosa*. En conclusión, esta área podría ser considerada como una combinación de subregiones mas no como un área independiente.

Subregiones Centro-Sur (Figura 4B)

Diagnos y anotaciones. Esta subregión se extiende desde los 2°S en el centro del Ecuador hasta los 19°S en el sur de Bolivia. Se caracteriza por tener complejos de especies que se distribuyen a lo largo de muchos países. Curiosamente, al observar la posición de este grupo en el árbol del dendrograma (Figura 4B), esta región muestra las ramas más profundas con valores altos de disimilitud taxonómica entre 0,7 y 0,99. La lista de especies para esta subregión se halla en las anotaciones de la subregión sur.

Discusión

Para potencializar el uso, cuidado y aprovechamiento de estas especies es necesario definir y describir sus regiones geográficas. El presente trabajo reconoce todas las clasificaciones geográficas de las especies de *Cinchona* que presidieron este estudio, sin embargo, la principal diferencia es que

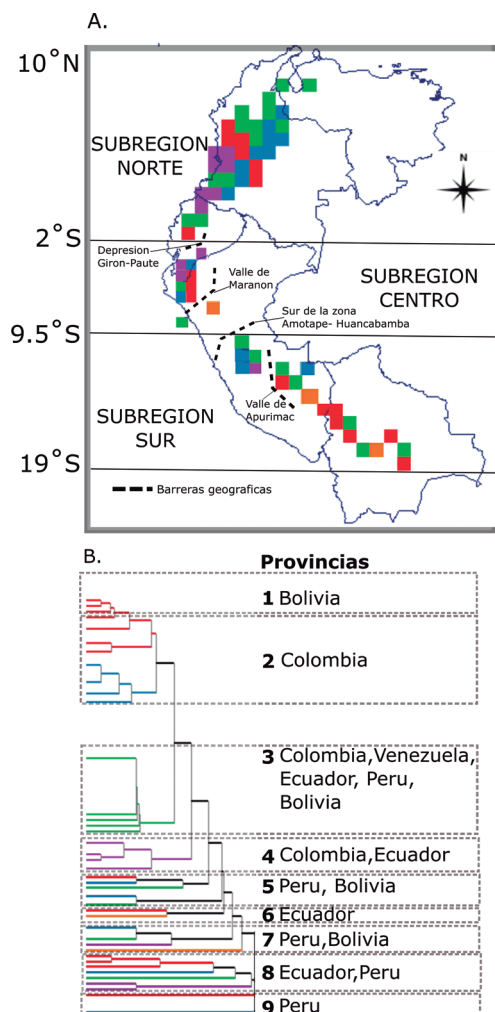


Figura 4. Mapa de las subregiones (A) y su correspondiente árbol de dendrograma indicando las nueve provincias (B) del género *Cinchona*.

las regiones biogeográficas se definieron por primera vez bajo un esquema de análisis automatizado usando un índice de disimilitud taxonómica y distancia geográfica, a diferencia de las anteriores clasificaciones que han sido definidas

acorde a la riqueza, el endemismo de especies o a los rangos de elevaciones. En general, observamos muchas similitudes de los resultados aquí propuestos con los trabajos previos. Las regiones identificadas para Ecuador en este trabajo coinciden con las regiones identificadas por F. J. Caldas en su clasificación de las regiones de las quinas. Específicamente, observamos que en Ecuador hay cinco provincias, cada una con un patrón marcado de sur y norte tal como lo clasificó F. J. Caldas en 1800. Las regiones de Perú y Bolivia identificadas por Andersson (1998) y Garmendia (2017) también son similares a las mencionadas en este artículo.

La regionalización biogeográfica propuesta en este estudio es una contribución inicial hacia el establecimiento de estrategias de uso y conservación. Los métodos aplicados a las chinchonas ya han sido probados con anterioridad en Colombia y otros continentes, por ejemplo, González-Orozco (2021) identificó seis provincias y sus respectivas regiones biogeográficas de Colombia. Comparando las regiones de las chinchonas en Colombia aquí propuestas con respecto a las de la flora de Colombia, encontramos que las regiones del género *Cinchona* hacen parte principalmente de las regiones biogeográficas andina, Magdalena y Choco-Darién. Esto indica que el grupo de las chinchonas no solo es de origen andino, sino que también ha colonizado regiones de condiciones más de trópico bajo, por ejemplo, se observó que hay un grupo de similitudes florísticas que solo se presenta en la Cordillera Oriental desde el norte hasta el sur del país. Por

otro lado, hay un grupo de la Cordillera Occidental que subdivide su distribución con grupos disimilares en el norte, centro y sur de la cordillera hacia la costa del Pacífico en Nariño. El último grupo es específico a la transición entre la región andina y la región húmeda del Magdalena.

Con respecto a otros estudios históricos de las quinas, Sandoval y Echandía (1986) realizaron una clasificación geográfica de regiones acorde a las áreas de mayor auge quintero en Colombia en 1780. Como resultado, tres áreas de importancia fueron seleccionadas: Cundinamarca, Cauca y Tolima. Estas regiones son reconocidas como importantes en la nueva regionalización, pero se diferencian de la actual porque agrupan a Tolima y Cundinamarca como áreas similares, y en el caso del Cauca, se denota su independencia de taxones en ambos estudios. Adicionalmente a estas, el presente estudio detectó tres regiones de las chinchonas en Colombia, cada una con sus delimitaciones geográficas únicas.

Según Garmendia (1999), a nivel de especies de *Cinchona* Colombia presenta los mejores prospectos en cuanto a la cantidad de alcaloides y más de 300 compuestos adicionales, entre ellos los iridoides, los cuales se concentran en la corteza de *C. lancifolia* y *C. pitayensis* provenientes de Popayán-Cauca u otras localidades cercanas. También las especies *C. oblongifolia* y *C. pubescens* presentan buen potencial farmacéutico en Colombia. Estas especies son únicas a la subregión norte y ocupan cuatro provincias al interior de

Colombia. Gracias a estos avances, dichas especies tienen ahora sus límites bien definidos, lo cual ayudaría a planear un manejo más adecuado, asegurando que las poblaciones queden en áreas de sus mismas condiciones ambientales.

Conclusiones

La principal conclusión de esta investigación es que se realizó por primera vez la descripción formal de las regiones biogeográficas del género *Cinchona* aplicando el concepto de recambio de especies. De esta forma se identificaron, describieron y propusieron tres macro regiones, cinco subregiones y nueve provincias para toda el área de distribución del género *Cinchona*.

La región de mayor extensión comparte especies desde el norte de Colombia hasta el sur de Bolivia. A un nivel de subregiones, se observó un patrón latitudinal con una subregión al norte de los Andes, otra en los andes centrales y la más austral de la distribución andina.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) por proveer su apoyo financiero. Este trabajo está dedicado a la memoria del cartógrafo y astrónomo payanés *Francisco José de Caldas* (1768–1816) quien realizó el primer trabajo sobre las regiones biogeográficas de las quinas.

Referencias

Acosta-Solís, M. 1947. *Cinchonas del Ecuador*, Quito: Obra editada en la Edit. “Ecuador”. Disponible en: <https://bibdigital.rjb.csic.es/records/item/14677-cinchonas-del-ecuador>

Albán Castillo, J.A, Hurtado Huarcaya J., Huamán L. y Durand, M. 2015. Revisión de los límites geográficos del género *Cinchona* en el Perú. Libro de Resúmenes XXIV, Reunión científica ICBAR.

Albán-Castillo J, Chilquillo E, Melchor- Castro B, Arakaki M, León Blanca, Suni M. 2020. *Cinchona* L. “Árbol de la Quina”: repoblamiento y reforestación en el Perú. Revista peruana de biología, 27: 423 – 426. DOI: <https://doi.org/10.15381/rpb.v27i3.18697>

Araujo-Murakami. A., Quevedo-Sopepi, R.C y Pizarro-Romero, F. 2020. Plantas antimaláricas en Bolivia: quina, quina-quina y otras especies. *Kempffiana*, 16:1-27.

Aymard, G.A. 2019. Breve reseña de los aspectos taxonómicos y nomenclaturales actuales del género *Cinchona* (Rubiaceae- Cinchoneae). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 43: 234-241. Disponible en: <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1079>

Andersson, L. 1999. A revision of the genus *Cinchona* (Rubiaceae- Cinchoneae). *Memoirs of the New York Botanical Garden*, 80: 1-75.

Caldas, F.J. 1805. “Memoria sobre el estado de las Quinas en general y en particular sobre las de Loxa”. *Archivo del Real Jardín Botánico, sección Mutis*.

Caldas, F.J. 1966. “Memoria sobre el estado de las quinas en general y en particular sobre la de Loja [1805]”. Pp. 241-260. En: *Obras completas de Francisco José de Caldas: publicadas por la Universidad Nacional de Colombia como homenaje con motivo del sesquicentenario de su muerte 1816 - Octubre 29 -1966*, Bogotá, Imprenta Nacional.

Camp, W.H. 1949. *Cinchona* at high altitudes in Ecuador. *Brittonia*, 6: 394-430.

Díaz-Piedrahita, S. 2010. Historia de La Medicina, Las Quinas en el Mundo y en Colombia. Disponible en: <https://encolombia.com/medicina/revistasmedicas/academedicina/va62/academ25262-quinas/>

Díaz-Piedrahita, S. 2003. Las quinas en el mundo y en Colombia. *Revista. de Medicina*, 25: 128–130.

Ebach, M.C. 2015. *Origins of biogeography: the role of biological classification in early plant and animal geography*. Springer, New York, NY.

Ebach, M.C., Murphy, D.J., González-Orozco, C.E. y Miller, J.T. 2015a. A revised area taxonomy of phytogeographical regions within the Australian Bioregionalisation Atlas. *Phytotaxa*, 208: 261–277.

Feged-Rivadeneira, A., Angel, A., González-Casabianca, F., Rivera, C. 2018. Malaria intensity in Colombia by regions and populations. *PLOS ONE*, 13: e0203673.

Fernández-Alonso, J.L. 2019. Quinas en la Flora de la Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada. Comentario y mirada retrospectiva a los 60 años de su publicación. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 43: 242–251.

Garmendia, A. 1999. *El árbol de la quina (Cinchona spp.): Distribución, caracterización de su hábitat y arquitectura*. Madrid. Universidad Complutense de Madrid.

Garmendia, A. 2017. Las Cinchonas en Sudamérica: Un relato histórico que marco transcendencia en la dinámica ecológica de los bosques, Capítulo 11, pp 219– 242. En: Torres, B., Vargas, J.C., Arteaga, Y., Torres, A. y Lozano, P. (Eds.) 2017. *Gente, Bosque y Biodiversidad: El rol del bosque sobre la biodiversidad y las poblaciones rurales*. Universidad Estatal Amazónica. Programa Economía de Recursos Naturales y Desarrollo Empresarial. Puyo, Ecuador. 253 pp.

GBIF.org (3 y 14 November 2020) GBIF Occurrence Downloads. Disponible en: <https://doi.org/10.15468/dl.uvv9b6>; <https://doi.org/10.15468/dl.9ussr7>

González-Orozco, C.E., Ebach, M.C., E. y Varona, R. 2015. Francisco José de Caldas and the early development of plant geography. *Journal of Biogeography*, 42: 2023–2030. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/jbi.12586>

González-Orozco, C.E. y Porcel, M. 2021a. Two centuries of changes in Andean crop distribution. *Journal of Biogeography*, 48: 1972–1980. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/jbi.14126>

González-Orozco, C.E., Laffan, S.W., Knerr, N. y Miller J.M. 2013. A biogeographical regionalization of Australian Acacia species. *Journal of Biogeography*, 40: 2156–2166. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/jbi.12153>

González-Orozco, C.E., Ebach, M.C., Laffan, S.W., Thornhill, A.H., Knerr, N.J., Schmidt-Lebuhn, A.N., Cargill, C.C., Clements, M., Nagalingum, N.S., Mishler, B.D. y Miller, J.T. 2014. Quantifying Phytogeographical Regions of Australia using Geospatial Turnover in Species Composition. *PLOS ONE*, 9: 1–10. Disponible en: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0092558>

González-Orozco, C.E., Thornhill, A.H., Knerr, N., Laffan, S.W. y Miller J.M. 2014a. Biogeographical regions and phytogeography of the Eucalypts. *Diversity and Distributions*, 20: 46–48. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/ddi.12129>

González-Orozco C.E. 2021. Biogeographical regionalisation of Colombia: a revised area taxonomy. *Phytotaxa*, 484: 247–260. Disponible en: <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.484.3.1>

Hazzi, N.A., Moreno, J.S., Ortiz-Movliav, C. y Palacio, D.R. 2018. Biogeographic regions and events of isolation and diversification of the endemic biota of the tropical Andes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115: 7985–7990. Disponible en: <https://doi.org/10.1073/pnas.1803908115>

Hodge, W.H. 1950. “Notes on Peruvian cinchonas—I.” *Botanical Museum Leaflets, Harvard University*, 14: 137–155.

Huamán, L., Albán, J., Albán, J. y Chilquillo, E. 2019. Aspectos taxonómicos y avances en el conocimiento del estado actual del árbol de la quina (*Cinchona officinalis* L.) en el norte de Perú. *Ecología Aplicada*, 18: 145–153. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v18i2.1333>

La Condamine, CH.M. 1738. Sur l'arbre de Quinquina. *Memories de L'Academie des Sciences*, 4: 226–243.

Laffan, S.W., Lubarsky, E. y Rosauer, D.F. 2010. Biodiverse, a tool for the spatial analysis of biological and related diversity. *Ecography*, 33: 643–647. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2010.06237.x>

Maitner, B. S. 2018. The bien r package: a tool to access the Botanical Information and Ecology Network (BIEN) database. *Methods Ecology and Evolution*, 9(2): 373–379. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12861>

Maldonado, C. 2016. *The Quest for Cinchona: A Phylogenetic Approach to Understanding the Evolution, Natural Variation and Discovery of Cinchona Bark for the Treatment of Malaria*. University of Copenhagen, 216 pages.

Marko, V. 2020. Quinine. In: *From Aspirin to Viagra*. Springer Praxis Books. Springer, Cham.

Mendoza, H., Ramírez, B. y Jiménez, L.C. 2004. *Rubiaceae de Colombia. Guía ilustrada de géneros*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 351 pp.

Moreira, A. 1996. Los sistemas de información geográfica y sus aplicaciones en la conservación de la diversidad biológica. *Revista Ambiente y Desarrollo*, XII (2): 80–86.

Mutis, J.C. 1957. Real proyecto del estanco de la quina y sus establecimientos. Reflexiones políticas que persuaden la suma importancia de erigir en Ramo de R. Hacienda la administración de la Quina... [Subtítulo del Informe del Dr. J. C. M. a S. M. el Rey Don Carlos IV, en 1786], Pp. 44-64, En Pérez-Arbeláez, E. & Fernández de Soto, F. (eds.) Flora de la Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada, vol. 44. Ediciones Cultura Hispánica. Madrid.

Nieto Olarte, M. 2006. La obra cartográfica de Francisco José de Caldas (ed. by M. Nieto Olarte, Sa. Muñoz Arbeláez, S. Díaz-Piedrahita and J. Arias de Greiff). Universidad de los Andes. Facultad de Ciencias Sociales, Departamento de Historia, CESO, Ediciones Uniandes: Academia Colombiana de Historia: Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales: ICANH, Bogotá, 184 p.

Pérez Arbeláez, E. 1947. Plantas útiles de Colombia. Editorial Víctor Hugo, 3a edición, Bogotá, Colombia. 831 p.

Quintana, C., Pennington, R.T., Ulloa Ulloa., C. y Balslev. H. 2017. Biogeographic Barriers in the Andes: Is the Amotape—Huancabamba Zone a Dispersal Barrier for Dry Forest Plants? *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 102: 542-550. Disponible en: <https://doi.org/10.3417/D-17-00003A>

Ruiz, H.L. 1792. *Quinología o tratado del árbol de la Quina o cascarilla con su descripción y la de otras especies de quinos descubiertas en el Perú*. Madrid. Oficina de la Viuda e Hijo de Marín.

Rusby, H.H. 1931. The genus *Cinchona* in Bolivia. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 58: 523-530.

Taylor, C.M. 2016. Cinchoneae. Disponible en: <http://www.tropicos.org>

Carmen, J., Cuesta, F., Navarro, G., Barrera, V., Cabrera, E., Chacón-Moreno, E., Ferreira, W., Pervalo, M. y Saito, A. 2009. Ecosistemas de los Andes del norte y Centro. Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. Secretaría General de la Comunidad Andina, Programa Regional ECOBONA-Intercooperation, CONDESAN-Proyecto Páramo Andino, Programa BioAndes, EcoCiencia, NatureServe, IAvH, LTA-UNALM, ICAE-ULA, CDC-UNALM, RUMBOL SRL. Lima. ISBN: 978-9972-787-77-5.

Tuomisto, H. 2010. A diversity of beta diversities: straightening up a concept gone awry. Part 1. Defining beta diversity as a function of alpha and gamma diversity. *Ecography*, 33: 2–22. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2009.05880.x>

Ulloa Ulloa, C., P. Acevedo-Rodríguez, S. G. Beck, M. J. Belgrano, R. Bernal, P. E. Berry, L. Brako, M. Celis, G. Davidse, S. R. Gradstein, O. Hokche, B. León, S. León-Yáñez, R. E. Magill, D. A. Neill, M. H. Nee, P. H. Raven, H. Stimmel, M. T. Strong, J. L. Villaseñor Ríos, J. L. Zarucchi, F. O. Zuloaga y P. M. Jørgensen. 2017. An integrated assessment of vascular plants species of the

Americas. *Science*, 358: 1614–1617. Disponible en: <https://doi.org/10.1126/science.aa00398>

Weigend, M. 2002. Observations on the biogeography of the Amotape–Huancabamba Zone in Northern Peru. *The Botanical Review*, 68: 38–54.

Zizka, A., F. Antunes Carvalho, A. Calvente, M. R. Baez-Lizarazo, A. Cabral, J. F. Ramos Coelho, M. Colli-Silva, M. Ramos Fantinati, M. Ferreira Fernandes, T. Ferreira-Araújo, F. G. L. Moreira, N. M. da Cunha Santos, T. A. Borges Santos, R. C. dos Santos-Costa, F.C. Serrano, A. P. Alves da Silva, A. de Souza Soares, P. G. Cavalcante de Souza, E. C. Tomaz, V. Fonseca Vale, T. L. Vieira y A. Antonelli. 2020. No one-size-fits-all solution to clean GBIF. *PeerJ*, 8. e9916. Disponible en: <https://doi.org/10.7717/peerj.9916>

NOVEDADES COLOMBIANAS

La información presentada en este volumen contribuye al conocimiento y entendimiento de las Ciencias Naturales, las Ciencias Biológicas y de procesos ecológicos de Colombia y el Neotrópico.
