

ISSN PRINT: 1794-161X / ISSN WEB: 2389-7864 / Volumen 15, No. 1, enero - junio de 2020

INTROPICA



INTROPICA

INTROPICA



Publicación seriada
Volumen 15, No. 1, enero - junio 2020
ISSN: 1794-161X - ISSN WEB: 2389-7864
Santa Marta - Colombia

INTROPICA

Volumen 15 N° 1 enero-junio de 2020 / ISSN: 1794-161X - ISSN WEB: 2389-7864

Intropica desde el 2004 es una revista de acceso abierto de la Universidad del Magdalena, que publica trabajos científicos o técnicos con periodicidad semestral (de enero a junio y de julio a diciembre). La revista se creó bajo el auspicio del fondo editorial, por iniciativa de un grupo de académicos e investigadores adscritos a la Universidad del Magdalena. **Intropica** está orientada a publicar contribuciones originales e inéditas escrita en español o inglés relacionados con el estudio e interpretación integrada de los ecosistemas y de los problemas ambientales derivados de la intervención antropogénica sobre el territorio. La revista considera artículos de investigación científica y tecnológica, artículos de revisión, reflexión y notas científicas. Está dirigida a investigadores en Ciencias Naturales y Ambientales, incluyendo las disciplinas de Biología, Pesquerías, Agronomía, Etnobiología, Economía de Recursos Naturales, Ecología y afines.

©Universidad del Magdalena. Santa Marta - Colombia, 2020

EDITOR

Cesar E. Tamaris, Universidad del Magdalena, Colombia

COMITÉ EDITORIAL

Luis M. Manjarrés – Universidad del Magdalena, Colombia
Jairo Altamar – Universidad del Magdalena, Colombia
Saeko I. Gaitán – Universidad del Magdalena, Colombia
Víctor Macías – Universidad del Magdalena, Colombia
Pablo E. Gutiérrez – University of Puerto Rico Rio Piedras, Puerto Rico
Andrés M. Vélez – Universidad Autónoma de Barcelona, España
Gladys Reinoso Flórez – Universidad del Tolima, Colombia
Ernesto Otero – Universidad de Puerto Rico, Puerto Rico
Fernando Álzate – Universidad de Antioquia, Colombia
Rosa Cerros – Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México
Jose Carmelo Murillo – Universidad Nacional de Colombia, Colombia
Francisco J. Guerrero – University of Wisconsin, Estados Unidos
Carlos A. Iregui – Universidad Nacional de Colombia, Colombia
Carlos Alzate – Universidad del Atlántico, Colombia
Reinhard Schnetter – Universidad de Giessen, Alemania
Gabriel Navas – Universidad de Cartagena, Colombia
José Mancera – Universidad Nacional de Colombia, Colombia
Sergio Losada – Universidad del Tolima, Colombia
Jorge Maldonado – Universidad de Los Andes, Colombia
Karim Erzini – Universidade Do Algarve, Portugal
Juan Carlos Gutiérrez – Universidad de Huelva, España
Mónica Lugo Ciencias Biológicas, – Universidad Nacional de San Luis, Argentina
Eduardo Domínguez - Instituto de Biodiversidad Neotropical (IBN), Argentina
Carlos Molineri - Instituto de Biodiversidad Neotropical (IBN), Argentina

GESTOR EDITORIAL

Ana Milena Lagos Universidad del Magdalena, Colombia

CORRECTOR DE ESTILO

Juan Mikán

REVISIÓN DE IDIOMAS

Gran Caribe, Pensamiento, Cultura, Literatura - Colombia

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN

Andrés Felipe Moreno Toro – Universidad del Magdalena, Colombia

FOTOGRAFÍA - IMAGEN - ILUSTRACIÓN DE PORTADA

Páramo, autor Diana Lozano Zafra

BASES DE INDIZACIÓN, INDEXACIÓN Y CATALOGACIÓN

Revista registrada en las bases de datos: ASFA, Dialnet, Latindex, UlrichsWeb, REDIB, BASE, Actualidad Iberoamericana, PERIÓDICA, SHERPA/RoMEO, CiteFactor, INFOBASE, OAJI, ERIHPLUS y MIAR, DOAJ, Zoological Record, Biosis Previews.



FORMA DE ADQUISICIÓN Y CANJES

La revista es de libre acceso y no tiene costos asociados por publicación, se puede acceder a ella a través de la página: <http://revistas.unimagdalena.edu.co/index.php/intropica> o en formato papel se puede solicitar a la: Carrera 32 N° 22 - 18. Universidad del Magdalena. Bloque 8 segundo piso, Santa Marta – Magdalena. Colombia. PBX: (57-5) 4301292 – 4217940 Ext.: 1888 o a través del correo electrónico: revistaintropica@unimagdalena.edu.co.

El canje se presenta en la Biblioteca “Germán Bula Meyer” ubicada en Carrera 32 N° 22.

PERIODICIDAD Y DIFUSIÓN

La revista **Intropica** adscrita a la Universidad del Magdalena – Colombia, se publica con una frecuencia semestral (de enero a junio y de julio a diciembre). Publicando los artículos de cada edición. Su circulación es a nivel nacional e internacional.

DERECHOS DE AUTOR

Los textos se pueden reproducir total o parcialmente siempre y cuando se cite la fuente. El contenido de los artículos publicados en Intropica es exclusiva responsabilidad de los autores.



Intropica by Universidad del Magdalena is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional License

EVALUADORES

Andrés Orlando Taucare Ríos

Universidad Arturo Prat

Álvaro Acevedo Tarazona

Universidad Industrial de Santander

Cristina Sainz

Universidad Simón Bolívar

Diego Gil

Texas A&M University at Galveston

Efraín Henao

Conservacion Internacional-Colombia

Emmanuel Campuzano

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados
del Instituto Politécnico Nacional

Enrique Arbelaez

Universidad Industrial de Santander

Fernanda Julia Gaspari

Universidad Nacional de La Plata

Jimmy Argüelles-Jiménez

Instituto Tecnológico de Boca del Río

Jimmy Cabra García

Universidad del Valle

Jorge Enrique Avendaño

Universidad de los Andes

José Luis Pérez

Universidad del Magdalena

Julián A. Salazar

Universidad de Caldas

Karim Musálem

World Wildlife Fund

Marco A. López-Luna

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

Margarita María Pérez Osorno

Universidad de Antioquia

María Vargas Zapata

Universidad Simón Bolívar

Néstor Javier Mancera

Universidad Nacional de Colombia

Contenido - Contents

Artículos de investigación científica y tecnológica

Insectos asociados a ovisacos de *Argiope argentata* (Fabricius, 1775) (Arachnida: Araneae) en Panamá

Insects of parasitoid and predatory habits on eggs of *Argiope argentata* (Fabricius, 1775) (Arachnida: Araneae) in Panama

Roberto J. Miranda, Alonso Santos-Murgas, Diomedes Quintero y Jean C. Abrego L

8

Reclutamiento de corales escleractinios en sustrato artificial en isla Fuerte, Caribe colombiano

Recruitment of scleractinian corals in artificial substrate in isla Fuerte, colombian Caribbean

Sandra Pareja, Lizette I. Quan-Young, Mario H. Londoño-Mesa y Alberto Acosta

16

Nuevos registros de avifauna en el alto valle árido del río Magdalena en Huila, Colombia

New avifauna records from the arid upper Magdalena river valley in Huila, Colombia

Orlando Padilla

24

Uso de hábitats y recursos florales de *Chalybura buffonii caerulogaster* (Aves: Trochilidae) en un sector del Piedemonte Llanero, Villavicencio, Colombia

Habitats use and floral resources of *Chalybura buffonii caerulogaster* (Aves: Trochilidae) in a sector of the Piedemonte Llanero, Villavicencio, Colombia

Óscar E. Morales-González, Gerson Peñuela-Díaz y Juan E. Carvajal-Cogollo

34

Artículos de reflexión

Minería, comercio internacional e impactos ambientales en el Páramo El Rabanal de Samacá, Boyacá

Mining, international trade and environmental impacts in the Páramo El Rabanal de Samacá, Boyacá

Jeffer Darío Buitrago Betancour

42

Notas Científicas

Extension of geographical distribution of three common species of diurnal Butterflies (Lepidoptera: Papilionoidea) from the Colombian Caribbean

Ampliación del ámbito geográfico para tres especies comunes de mariposas Diurnas (Lepidoptera: Papilionidae) del Caribe colombiano

Daniela Ahumada-C., Alejandro Segovia-Paccini, Candelaria Ortega-Echeverría, M. Gonzalo Andrade-C y Gabriel R. Navas-S

55

Variación anual de los parámetros hidrográficos en la confluencia del río Jamapa y arroyo Moreno (México)

Annual variation of hydrographic parameters at the confluence of the Jamapa river and Moreno stream (Mexico)

David Salas-Monreal, Alejandro Díaz-Hernández, José Antolín Áke-Castill, Alejandro Granados-Barba y Mayra Lorena Riverón-Enzástiga

59

Distribución potencial de la tortuga mesoamericana *Trachemys ornata* en México

Potential distribution of ornate slider *Trachemys ornata* in Mexico

Fabio G. Cupul-Magaña, Ubaldo Sebastián Flores-Guerrero y Armando Hiram Escobedo-Galván

66

Insectos de hábitos parasitoides y depredadores sobre huevos de *Argiope argentata* (Fabricius, 1775) (Arachnida: Araneae) en Panamá

Insects of parasitoid and predatory habits on eggs of *Argiope argentata* (Fabricius, 1775) (Arachnida: Araneae) in Panama

Roberto J. Miranda¹, Alonso Santos-Murgas², Diomedes Quintero² y Jean C. Abrego L.^{2,3}

1. Instituto Conmemorativo Gorgas de Estudios de la Salud, Departamento de Investigación en Entomología Médica, Ciudad de Panamá, Panamá

2. Facultad de Ciencias Naturales Exactas y Tecnología, Museo de Invertebrados G. B. Fairchild, Departamento de Zoología, Universidad de Panamá, Ciudad de Panamá, Panamá

3. Becario SENACYT; Programa Centroamericano de Maestría en Entomología, Universidad de Panamá, Ciudad de Panamá, Panamá

*Autor de correspondencia: mirandarjc@gmail.com

Recibido: 23 de octubre de 2019

Aceptado: 02 de marzo de 2020

Publicación en línea: 30 junio de 2020

Resumen

Palabras clave:
Baeus, Ichneumonidae;
parasitismo; Sarcophagidae

Las arañas son ovíparas, ponen sus huevos de forma agrupada cubiertos por una o varias capas de hilos de seda que forman un ovisaco. La cantidad de huevos y las características de los ovisacos dependen de la especie de araña y secundariamente de la alimentación de la madre. Los ovisacos protegen los huevos de condiciones ambientales adversas y del ataque de hongos. Sin embargo, resultan inefectivos contra algunos insectos. *Argiope argentata* es una especie de Araneidae que se distribuye desde Estados Unidos hasta Chile y Argentina. Es relativamente grande y fácil de reconocer por su coloración, genitalia y forma característica del abdomen. A pesar de ser una especie de amplia distribución, no hay información sobre los insectos que se alimentan de sus huevos. Se describen las interacciones ecológicas de depredación y parasitismo entre insectos y ovisacos de la araña *A. argentata* recolectados en tres localidades de Panamá. Por primera vez se reportan atacando huevos de *A. argentata* a la avispa endoparasitoide *Baeus* sp. (Hymenoptera: Platygasteridae), los depredadores *Sarcophaga (Mehria) silbergliedi* (Diptera: Sarcophagidae) y dos especies de Cryptinae (Hymenoptera: Ichneumonidae), una de las cuales pertenece al género *Lymeon* sp. Adicionalmente, se registran tres especies del género *Conura* (Hymenoptera: Chalcididae): *C. nigrifrons*, *C. amoena* y *C. abdominalis* como parasitoides de pupas de Cryptinae (Ichneumonidae).

Abstract

Key words:
Baeus, Ichneumonidae;
Parasitism; Sarcophagidae

Spiders are oviparous, they lay their eggs in a cluster covered by one or several layers of silk threads forming an egg sac. The amount of eggs inside of the egg sac and sac features depends on the spider species and secondarily on the mother's diet. These sacs protect eggs from adverse environmental conditions and fungal attack; however, they are ineffective against some insects. *Argiope argentata* is a species of Araneidae that is distributed from the United States to Chile and Argentina, is relatively large and easily recognizable by its coloration, genitalia and abdomen characteristic shape. Despite being a species of wide distribution, there is no information about the insects that feed on their eggs. Ecological interactions of predation and parasitism between insects and egg sacs of the spider *Argiope argentata* (Araneae: Araneidae) collected in three locations in Panama are described. The endoparasitoid wasp *Baeus* sp. (Hymenoptera: Platygasteridae) and the predators *Sarcophaga (Mehria) silbergliedi* (Diptera: Sarcophagidae), and two species of Cryptinae (Hymenoptera: Ichneumonidae), one of which belongs to the genus *Lymeon* sp. are reported for the first time on egg sacs of *A. argentata*. Additionally, three species of wasp of the genus *Conura* (Hymenoptera: Chalcididae): *C. nigrifrons*, *C. amoena* and *C. abdominalis* are reported as parasitoids of pupae of Cryptinae (Ichneumonidae).

Introducción

Las arañas, al igual que la mayoría de los arácnidos, son ovíparas; ponen sus huevos esféricos de forma agrupada y recubiertos con hilos de seda (Turnbull, 1973). La cantidad de huevos en cada ovisaco depende de la especie de araña. Algunas especies pequeñas producen uno o dos, y hay otras que son capaces de poner cerca de mil huevos por vez (Turnbull, 1973; Anderson, 1990). La variación intraespecífica en cuanto al número de ovisacos y cantidad de huevos que puede producir una hembra en un periodo determinado está relacionada con la cantidad de alimento disponible para la madre. Sin embargo, el tamaño de los huevos parece ser una característica poco variable dentro de cada especie (Anderson, 1990).

Para proteger los huevos contra factores abióticos adversos (Hieber, 1992a) y el ataque de enemigos naturales (artrópodos y hongos), las arañas tejen una cobertura de seda en forma de saco (Christenson y Wenzl, 1980; Hieber, 1992b). La estructura de estos ovisacos varía entre especies. Por un lado, están los sacos recubiertos por solo una capa de seda que mantiene juntos los huevos, como en el caso de algunos Pholcidae, y, por el otro, se encuentran aquellos que tienen en su estructura tres tipos de capas de seda y elementos extraños como vegetación o restos de presas (Austin, 1985). Además de la cobertura de seda de los ovisacos, algunas familias de arañas errantes, como Salticidae y Thomisidae, exhiben cuidado parental sobre sus huevos (Turnbull, 1973), y otras construyen varios ovisacos, algunos de los cuales no contienen huevos, para disminuir la efectividad de los insectos parasitoides (Owen *et al.*, 2019).

Los insectos especialistas que aprovechan los huevos de arañas como fuente de alimento para el desarrollo de sus formas inmaduras pertenecen principalmente a los órdenes Diptera, Neuroptera e Hymenoptera (Eason *et al.*, 1967; Austin, 1985). Estos insectos son capaces de sortear la barrera que suponen las capas que componen el saco de seda y el cuidado parental. Los insectos pueden comportarse de dos maneras: los parasitoides, término que se refiere específicamente a himenópteros endoparasitoides de huevos de arañas y que exhiben alta especificidad por sus hospederos (Austin, 1985; Triana *et al.*, 2012), y aquellos de hábitos depredadores, cuyas larvas se alimentan de más de un huevo de araña para completar su desarrollo, y que son menos específicos en la selección de sus hospederos (Wawer y Kostro-Ambroziak, 2016). En el género *Argiope* Audouin, 1826 se han descrito un total de 88 especies de arañas tejedoras de redes orbiculares a

escala mundial, de las cuales tres están en Panamá (Levi, 2004; World Spider Catalog, 2019). *Argiope argentata* (Fabricius, 1775) se distribuye desde Estados Unidos hasta Chile y Argentina (World Spider Catalog, 2019). Es una especie relativamente grande y fácil de reconocer por su coloración, genitalia y forma característica del abdomen. En Panamá es común encontrarlas en áreas despejadas a orillas de carreteras y caminos (Robinson, 1969). Sin embargo, no hay información sobre los insectos que se alimentan de sus huevos.

Los ovisacos de otras especies de *Argiope* pueden tener una masa de más de mil huevos, similar a lo observado en *A. argentata*. Insectos parasitoides y depredadores han sido reportados atacando huevos de *Argiope pulchella* Thorell, 1881 y de *Argiope bruennichi* (Scopoli, 1772). El objetivo de este trabajo es reportar y describir las interacciones ecológicas entre insectos y ovisacos de *A. argentata* recolectados en tres localidades en Panamá.

Materiales y métodos

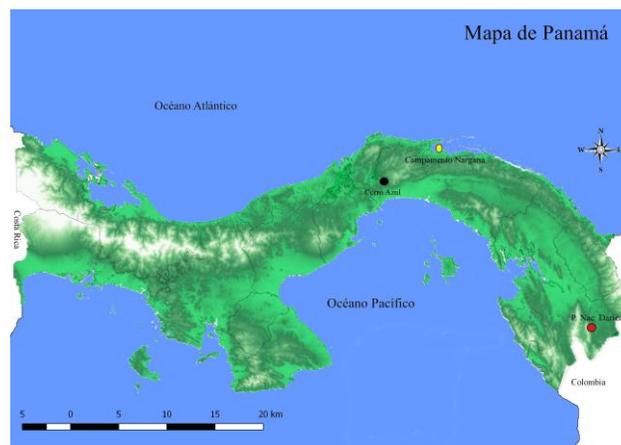


Figura 1. Mapa con los puntos de muestreo de los ovisacos de *Argiope argentata*

Los ovisacos y las arañas *A. argentata* fueron recolectados en Cerro Azul (9°0'0" -79°27'47,104) a lo largo de la carretera hacia la comunidad de Altos de Pacora, al este de la ciudad de Panamá, entre el 10 marzo de 2005 y marzo de 2006 (15 ovisacos). Estos datos pertenecen a un estudio previo con ovisacos de arañas (Miranda, 2007). Además, se incluyen dos ovisacos de *A. argentata* provenientes de recolectas aisladas en otras dos localidades (figura 1).

Nusagandi, comarca Guna Yala Yala (9°21'23,846" N -78°54'4,283" W), al noroeste de la ciudad de Panamá. Recolecta realizada por D. Quintero, el 22 febrero de 1990, un ovisaco. Emergencia de insectos ocurrió en marzo de 1990.

Estación Rancho Frío, Parque Nacional Darién (9°6'17,92"; -82° 40'4,05") que se ubica en el extremo oriental del país. Recolecta realizada por A. Santos y J. Abrego entre el 23 y el 27 de febrero de 2019, un ovisaco. Emergencia de insectos ocurrió el 9 de marzo 2019.

Los ovisacos fueron trasladados al laboratorio y puestos en una cámara de emergencia a una temperatura ambiente promedio de 26 °C y una humedad relativa promedio de 82 %, hasta la emergencia de los insectos o de las ninfas de *A. argentata*. El contenido de cada saco se determinó por examinación directa utilizando un estereomicroscopio. El daño provocado por los insectos parasitoides se calculó con base en la suma de insectos eclosionados y aquellos que no eclosionaron, más las ninfas de araña y los huevos no eclosionados que no fueron atacados por insectos.

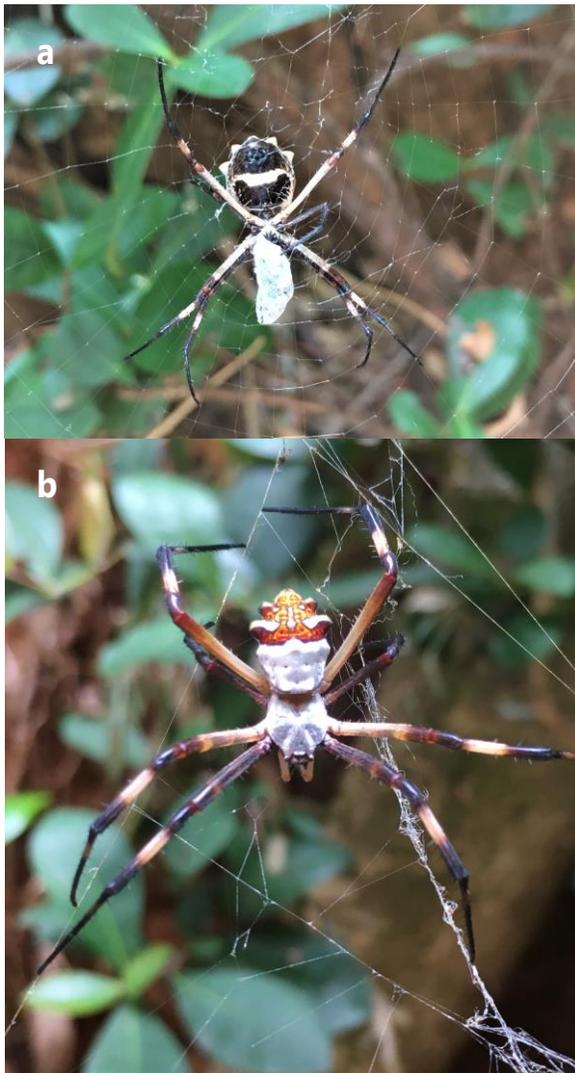


Figura 2. *Argiope argentata*. a) vista ventral; b) vista dorsal.

La araña *A. argentata* (figura 2a-b) fue identificada de acuerdo con Levi (2004). La identificación de los insectos se realizó mediante el uso de claves y descripciones taxonómicas presentes en la literatura: Scelioninae (Fitton *et al.*, 1987; Masner y Denis, 1996), Chalcididae (Boucek, 1992), Sarcophagidae (Lopes, 1981), y por comparación con la colección de referencia del MIUP (Chalcididae e Ichneumonidae). *Sarcophaga silbergliedi* fue identificada por Catia A. de Mello-Patiu, de la Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Tanto los insectos criados como las arañas *A. argentata* están depositados en la colección de referencia del Museo de Invertebrados G.B. Fairchild de la Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología de la Universidad de Panamá (MIUP). Las moscas y parte de los insectos Hymenoptera (Ichneumonidae y Chalcididae) fueron montados en alfileres entomológicos y el resto (arañas y Scelioninae) fueron puestos en viales con etanol 70 %.

Resultados

En la tabla 1 se registran los datos de 17 ovisacos de *A. argentata* revisados, de los cuales 12 fueron atacados por insectos de hábitos depredadores o parasitoides. Se identificaron siete especies de insectos en total: un parasitoide, tres especies de depredadores de huevos de araña y tres especies de insectos de hábito hiperparasitoide.

Baeus sp. (Platygastridae: Scelioninae) fue el insecto de mayor prevalencia (10/17) dentro de los ovisacos revisados, mayor que de las especies depredadoras de huevos *Sarcophaga* (Mehria) *silbergliedi* Lopes, 1981 (Diptera: Sarcophagidae) (3/17), y dos especies de Ichneumonidae de la subfamilia Cryptinae (6/17), una de ellas identificada como *Lymeon* sp. En cada localidad se encontró una especie de *Conura* (Chalcididae) parasitando pupas de Ichneumonidae dentro de los ovisacos de *A. argentata*, uno en Darién y en Nusagandi, y dos en Altos de Pacora.

El rango del daño provocado por los insectos al número total de huevos en los ovisacos de *A. argentata* fue de aproximadamente entre 1 % en aquellos parasitados por *Baeus* y 100 % en aquellos atacados por Ichneumonidae o Sarcophagidae. Por su parte, las especies de *Conura* consumieron entre 87 y 100 % de las pupas de Ichneumonidae que se alimentaron de huevos de *A. argentata*.

Tabla 1. Insectos criados de ovisacos de *Argiope argentata* (Araneidae) en Panamá (H = hembra; M = macho; L = larva; N = ninfa)

ID	Localidad	Fecha	<i>Baeus</i> sp. (Scelioninae)	<i>Sarcophaga silbergliedi</i> (Sarcophagidae)	Cryptinae Ichneumonidae	<i>Conura</i> spp. (Chalcididae)	<i>A. argentata</i>
1	Nusagandi	22/02/1990				13	0
2	Cerro Azul	10/03/2005	191 H, 51 M				441 (N + huevos)
3	Cerro Azul	16/09/2005					716 (N + huevos)
4	Cerro Azul	10/03/2006					579 (N + huevos)
5	Cerro Azul	10/03/2006	202 H, 29 M				721 (N + huevos)
6	Cerro Azul	16/02/2006	15 M				1237 (N + huevos)
7	Cerro Azul	16/02/2006	525 H, 56 M				450 (N + huevos)
8	Cerro Azul	16/02/2006	353 H, 170 M				707 (N + huevos)
9	Cerro Azul	16/02/2006	36 H, 15 M		1 H		0
10	Cerro Azul	10/03/2006	1 H	8 H, 1 M			0
11	Cerro Azul	11/03/2006	19 H, 3 M	7 H, 1 M			90 (N+ huevos)
12	Cerro Azul	12/03/2006		5 pupas			0
13	Cerro Azul	13/03/2006	17 H		8 H, 4 M, 2 L		2 N
14	Cerro Azul	14/04/2006	2 H, 1 M		8 H, 4 M		79 N
15	Cerro Azul	15/03/2006			1 M	27	0
16	Cerro Azul	16/03/2006			3	17 H, 3 M	0
17	P. N. Darién	01/03/2019				15	0

Discusión

Las avispas parasitoides del género *Baeus* Haliday, 1833 (Platygastridae: Scelioninae) son endoparasitoides de huevos arañas, principalmente de las familias Theridiidae y Araneidae (Loiácono y Margaría, 2004, Stevens y Austin, 2007). Este género incluye actualmente 55 especies de las cuales 15 se han descrito de Sudamérica, 7 de Norteamérica, y una de Centroamérica (Araujo *et al.*, 2013; Hymenoptera Online, 2019). Este es el primer registro de una especie de *Baeus* criada de huevos de *Argiope argentata*.

Es probable que las hembras ápteras de *Baeus* sigan pistas químicas provenientes directamente del ovisaco o de la madre, similar a como lo hacen otros Platygastridae (Conti y Colazza, 2012). Las hembras ingresan al ovisaco de la araña mordiendo la capa externa de seda, y gracias a su cuerpo altamente modificado (figura 3) pueden moverse sin enredarse en la seda floculante (Austin, 1985). Tomando en cuenta todos los sacos de huevos parasitados, la proporción por sexo en *Baeus* sp. fue sesgada hacia hembras (79,8%), al igual que en otros Scelioninae que atacan huevos de arañas (Das y Kalita, 2018; Owen *et al.*, 2019).

Se observó que dos o más hembras pueden ovipositar en un mismo saco de *A. argentata*, aprovechando la gran cantidad de huevos que producen las hembras de este género (Hieber,

1992a; Das y Kalita, 2018). También se halló que los huevos de *A. argentata* que ya habían sido parasitados por *Baeus* sp. fueron consumidos por otros insectos (Sarcophagidae e Ichneumonidae).



Figura 3. *Baeus* sp. (Platygastridae: Scelioninae) de ovisacos de *A. argentata*.

Argiope argentata no exhibe cuidado parental sobre sus ovisacos; los pone a una altura entre 30 y 80 cm del suelo en la

vegetación en los alrededores de la red, lo que permite sin mayores problemas la llegada de insectos voladores. Una vez dentro del ovisaco, tanto las larvas de *Sarcophaga* (*Mehria*) *silbergliedi* como los Ichneumonidae se comportan como depredadores de huevos y no como parasitoides, debido a que cada larva debe consumir varios huevos para poder completar su desarrollo (Austin, 1985).

El subgénero *Mehria* está presente en el Neotrópico, Neártico y Paleártico, e incluye las especies de *Sarcophaga* que se alimentan de huevos de arañas, incluyendo *S. silbergliedi* (Pape, 1996). De nuestros ovisacos de *A. argentata* recolectados en Cerro Azul, tres fueron atacados por *S. silbergliedi* (figura 4), lo que representa un nuevo registro de asociación con esta araña, ya que esta especie fue descrita originalmente de ejemplares criados de un saco de huevos de *Tetragnatha* sp. (Tetragnathidae) de Panamá (Lopes, 1981). Las especies del subgénero *Mehria* pueden representar una importante fuente de mortalidad para los sacos de huevos que atacan (Hieber *et al.*, 2002), información que apoya los datos de esta investigación (tabla 1).



Figura 4. *Sarcophaga* (*Mehria*) *silbergliedi* de ovisacos de *A. argentata*.

La familia Ichneumonidae tiene varios géneros asociados a ovisacos de arañas principalmente en las subfamilias Pimplinae y Cryptinae (Austin, 1985; Fitton *et al.*, 1987; Sobczak *et al.*, 2012; Villanueva-Bonilla *et al.*, 2016). Aunque esta familia es conocida por sus hábitos parasitoides especializados, aquellas especies que utilizan huevos de arañas son tipificadas como depredadoras más que como parasitoides. En seis de nuestros ovisacos de *A. argentata* se criaron dos especies de Ichneumonidae Cryptinae (figura 5), una de las cuales fue identificada como *Lymeon* sp. (figura 6). El género *Lymeon* incluye alrededor de 85 especies, en su mayoría neotropicales

(Kasparyan, 2017; Hymenoptera Online, 2019). Atacan capullos de insectos y ovisacos de arañas (Townes, 1970).



Figura 5. Ichneumonidae Cryptinae de ovisaco de *A. argentata*.



Figura 6. *Lymeon* sp. (Ichneumonidae: Cryptinae) del ovisaco de *A. argentata*.

Algunos de los Ichneumonidae que se alimentaron de los huevos de *A. argentata* a su vez fueron parasitados por avispas del género *Conura* Spinola, 1837 (Chalcididae). Tres especies de *Conura* emergieron de los sacos de *A. argentata* una por localidad: *C. nigrifrons* (Cameron, 1884) de Nusagandi, *C. amoena* (Say, 1836) de Cerro Azul y *C. abdominalis* (Walker, 1861) del Parque Nacional Darién (figuras 7 a, b y 8).

El género *Conura* está compuesto por 305 especies (Noyes, 2016) con distribución en todo el mundo (Iziko Museums of South África, 2015). Por lo general parasitan pupas de lepidópteros (Marchiori *et al.*, 2004; Tibcherani *et al.*, 2016; Marcicano *et al.*, 2007). Sin embargo, algunas especies se han registrado atacando coleópteros (Montes y Costa, 2011) y dípteros (Marchiori *et al.*, 2004; Couri *et al.*, 2006), o

comportándose como hiperparasitoides sobre himenópteros de las familias Braconidae e Ichneumonidae (Mariau, 2001; Sakazaki *et al.*, 2011; Tavares *et al.*, 2019).



Figura 7. *Conura abdominalis* emergiendo de ovisaco de *A. argentata*.

En las observaciones de esta investigación, las tres especies de *Conura* se comportan como parasitoides de Cryptinae (Ichneumonidae) depredadores de huevos, aunque Wawer y Kostro-Ambroziak (2016) clasifican este tipo de interacción como un pseudohiperparasitismo, debido a que atacan a los Ichneumonidae durante la fase de pupa, luego de haber consumido los huevos de araña. Según estos mismos autores, un verdadero hiperparasitismo es aquel que ocurre cuando el parasitoide secundario ataca al parasitoide primario durante su fase de larva, cuando aún está alimentándose de huevos de araña.

Tavares *et al.* (2019) describen un antecedente de relación entre una araña Theridiidae y una especie de *Conura*. Estos autores describen el hiperparasitismo por parte de *Conura baturitei* Tavares, 2019 sobre el Ichneumonidae *Zatypota riverai* Gauld, 1991, que es un ectoparasitoide de fases posembrionarias de arañas.



Figura 8. *Conura abdominalis*, habitus (vista lateral).

El impacto de los insectos que atacan huevos de arañas es de gran importancia en su ciclo de vida (Wawer y Kostro-Ambroziak, 2016). Ovisacos como los de *A. argentata* que contienen gran cantidad de huevos sirven de base a varias especies de insectos y diversas interacciones (Prakash y Pandian, 1978). Esta investigación aporta en el conocimiento de la diversidad de insectos que se alimentan de huevos de *A. argentata* en Panamá. Sin embargo, quedan muchos aspectos por evaluar, tanto aquellos propios de las arañas y sus ovisacos, como los que tienen que ver con los insectos y cómo aprovechan los huevos de sus hospederos.

Agradecimientos

Al Dr. Albert Thurman y su equipo de trabajo, junto con los investigadores del Centro McGuire de Lepidoptera y Biodiversidad (Universidad de Florida, Estados Unidos) y del Museo Entomológico de la Universidad Mississippi (Estados Unidos) por patrocinar los viajes al Parque Nacional Darién, provincia de Darién. A Catia A. de Mello-Patiu de la Universidade Federal do Rio de Janeiro, por la identificación de *Sarcophaga silbergliedi*.

Referencias

- Anderson, J.F. 1990. The size of spider eggs and estimates of their energy content. *Journal of Arachnology* 18: 73-78.
- Araujo, R.O., Vivallo, F. y Araujo, C.O. 2013. Five new species of *Baeus* Haliday, 1833 (Hymenoptera: Platygasteridae: Scelioninae) from Brazil with an updated key to neotropical species. *Zootaxa* 3670 (1): 80-86.

- Austin, A.D. 1985. The function of spider egg sacs in relation to parasitoids and predators with special reference to the Australian fauna. *Journal of Natural History* 43: 2691–2699.
- Boucek, Z. 1992. The New World genera of Chalcididae. *Memoirs of the American Entomological Institute* 53: 49-117.
- Conti, E. y Colazza, S. 2012. Chemical ecology of egg parasitoids associated with true bugs. *Psyche* 651015:1-11 Doi: <https://doi.org/10.1155/2012/651015>.
- Couri, M.S., Tavares, M.T. y Stenzel, R.R. 2006. Parasitoidism of chalcidid wasps (Hymenoptera, Chalcididae) on *Philornis* sp. (Diptera, Muscidae). *Brazilian Journal of Biology* 66: 553–557. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1519-69842006000300022>.
- Christenson, T.E. y Wenzl, P.A. 1980. Egg-laying of the golden silk spider, *Nephila clavipes* L. (Araneae: Araneidae): functional analysis of the egg sac. *Animal Behaviour* 28: 1110-1118. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0003-3472\(80\)80099-6](https://doi.org/10.1016/S0003-3472(80)80099-6).
- Das, S. y Kalita, J. 2018. Incidence of egg parasitism in *Argiope pulchella* Thorell, 1881 (Araneae: Araneidae) by *Baeus* sp. *International Journal of Research in Applied Natural and Social Sciences* 6 (1): 1-6.
- Eason, R.R., Peck, W.B. y Whitcomb, W.H. 1967. Notes on spider parasites, including a reference list. *Journal of Kansas Entomological Society* 40 (3): 422-434.
- Fitton, M. G., Shaw, M. R. y Austin, A. D. 1987. The Hymenoptera associated with spiders in Europe. *Zoological Journal of the Linnean Society* 90 (1): 65–93. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1096-3642.1987.tb01348.x>.
- Hieber, C.S. 1992a. The role of spider cocoons in controlling desiccation. *Oecologia* 89: 442-448. Doi: <https://doi.org/10.1007/BF00317424>.
- Hieber, C.S. 1992b. Spider cocoons and their suspension systems as barriers to generalist and specialist predators. *Oecologia* 91: 530-535. Doi: <https://doi.org/10.1007/BF00650327>.
- Hieber, C.S., Wilcox, R.S., Boyle, J. y Uetz, G.W. 2002. The spider and the fly revisited: ploy-counterploy behavior in a unique predator-prey system. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 53: 51-6. Doi: <https://doi.org/10.1007/s00265-002-0547-2>.
- Hymenoptera Online (HOL). 2019. Available from <https://hol.osu.edu/search.html?limit=50&name=Baeus>. Consultado: 30 julio de 2019.
- Iziko Museums of South Africa (IMSA). 2015. Accessed at <https://www.waspweb.org/chalcidoidea/Chalcididae/Chalcidinae/Conura>. Consultado: 30 octubre de 2015.
- Kasparyan, D.R. 2017. Two new species of the genus *Lymeon* (Hymenoptera: Ichneumonidae: Cryptinae: Cryptini) from Mexico. *Zoosystematica Rossica* 26 (2): 276-28. Doi: <https://doi.org/10.31610/zsr/2017.26.1.276>.
- Levi, H.W. 2004. Comments and new records for the American genera *Gea* and *Argiope* with the description of a new species (Araneae: Araneidae). *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology* 158 (2): 47-65. Doi: [https://doi.org/10.3099/0027-100\(2004\)158\[47:CANRFT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.3099/0027-100(2004)158[47:CANRFT]2.0.CO;2).
- Loiácono, M.S. y Margaría, C.B. 2004. Las especies del género *Baeus* (Hymenoptera: Scelionidae) endoparasitoides de ootecas de arañas en la región Neotropical. *Acta Zoológica Mexicana* 20(1): 83-90.
- Lopes, H.S. 1981. Two new species of Sarcophagidae (Diptera) living on arthropods. *Revista Brasileira de Entomologia* 25: 307-312.
- Marchiori, C.H., Silva, C.G. y Lobo, A.P. 2004. Parasitoids of *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) collected on tomato plants in Lavras, state of Minas Gerais, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 64(3A): 551–552. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1519-69842004000300018>.
- Marcicano, M.D.L., Lima, I.M.M., Tavares, M.T. y Casagrande, M.M. 2007. Parasitism of *Brassolis sophorae laurentii* Stichel (Lepidoptera: Nymphalidae, Brassolini) pupae by *Conura morleyi* (Ashmead) (Hymenoptera: Chalcididae, *Chalcidini*), in the state of Alagoas, Brazil. *Neotropical Entomology* 36(4): 629–631. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2007000400026>.
- Mariau, D. 2001. *The fauna of oil palm and coconut. Insect and mite pests and their natural enemies*. La Librairie du CIRAD, Montpellier.
- Masner, L. y Denis, J. 1996. The Nearctic species of *Idris* Förster. Part I: the melleus-group (Hymenoptera: Scelionidae). *The Canadian Entomologist* 128: 85-114. Doi: <https://doi.org/10.4039/Ent12885-1>.
- Miranda, R.J. 2007. Insectos depredadores y parasitoides de huevos de arañas Arachnida: Aranea: Araneomorphae en Panamá. Tesis de Maestría, Universidad de Panamá, ciudad de Panamá, Panamá.
- Montes, S.M.N.M. y Costa, V.A. 2011. Parasitismo de huevos de *Paraselenis fava* (Coleoptera: Chrysomelidae) en batata (*Ipomoea batatas*). *Revista Colombiana de Entomología* 37(2): 249–250.
- Noyes, J.S. 2016. Universal Chalcidoidea database. World Wide Web electronic publication., <http://www.nhm.ac.uk/chalcidoids>. Consultado: 30 julio de 2019.

- Owen, C. A., Van Noort, S., Compton, S.G. y Coezee, J.A. 2019. Nest site choice by the intertidal spider *Desis formidabilis* (Araneae: Desidae) and nest utilization by its hymenopteran egg parasitoid. *Ecological Entomology* 44: 62-70. Doi: <https://doi.org/10.1111/een.12675>.
- Pape, T. 1996. Catalogue of the Sarcophagidae of the world (Insecta: Diptera). *Memoirs of Entomology International* 8: 1-558.
- Prakash, R.N. y Pandian, T.J. 1978. Energy flow from spider eggs through Dipteran parasite and Hymenopteran hyperparasite populations. *Oecologia* 33: 209-219. Doi: <https://doi.org/10.1007/BF00344849>.
- Robinson, M. 1969. Predatory behavior of *Argiope argentata* (Fabricius). *American Zoologist* 9: 161-174. Doi: <https://doi.org/10.1093/icb/9.1.161>.
- Sakazaki, A.Y., Ribeiro, R.C., Tinôco, R.S., Lemos, W. de P. y Zanoncio, J.C. 2011. Registro de espécies de *Conura* spp., parasitoides e hiperparasitoides em insetos praga em cultivos da palma do óleo na região Amazônica. Anais de resumos expandidos/III Simpósio Brasileiro de Agropecuária Sustentável, Viçosa, Minas Gerais. 429-431.
- Sobczak, J.F., Loffredo, A.P.S. y Sobczak, J.C.M.S.M. 2012. First record of egg sac predation of the wasp *Tromatobia* sp. Foster, 1869 (Hymenoptera: Ichneumonidae) upon *Araneus omnicolor* (Keyserling, 1893) (Araneae: Araneidae). *Revista Ibérica de Aracnología* 20: 113-115.
- Stevens, N.B. y Austin, A.D. 2007. Systematics, distribution and biology of the Australian 'micro-flea' wasps, *Baeus* spp. (Hymenoptera: Scelionidae): parasitoids of spider eggs. *Zootaxa* 1499: 1-45. Doi: <https://doi.org/10.11646/zootaxa.1499.1.1>.
- Tavares, M.T., Villanueva-Bonilla, G.A., y Sobczak, J. F. 2019. *Conura baturitei* sp. nov. (Hymenoptera: Chalcididae): a hyperparasitoid of spiders through *Zatypota riberai* (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Zootaxa* 4624 (2): 267-274. Doi: <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4624.2.9>.
- Tibcherani, M., Aranda R. y Luciano, M.R. 2016. First record of *Conura morleyi* (Ashmead, 1904) (Hymenoptera: Chalcididae) parasitizing *Brassolis* sp. (Lepidoptera: Nymphalidae) for Mato Grosso do Sul, Brazil. *The Journal of Biodiversity Data, Check List* 12(5): 1981. Doi: <http://dx.doi.org/10.15560/12.5.1981>.
- Triana, E., Barrantes, G. y Hanson, P. 2012. Incidence of parasitoids and predators on eggs of seven species of Therididae (Araneae). *Bulletin of British Arachnological Society* 15 (9): 293-298. Doi: <https://doi.org/10.13156/arac.2012.15.9.293>.
- Townes, H. 1970. The genera of Ichneumonidae, part 3. *Memoirs of the American Entomological Institute* 13: 1- 307.
- Turnbull, A.L. 1973. The ecology of the true spiders (Araneomorphae). *Annual Review of Entomology* 18:305-38. Doi: <https://doi.org/10.1146/annurev.en.18.010173.001513>.
- Villanueva-Bonilla, G.A., Onody, H.C., Santos, B.F. y Vasconcellos-Neto, J. 2016. First record of egg sac predation on a wall crab spider Selenopidae (Araneae) by the wasp *Camera lunavenatrix* sp. n. (Ichneumonidae, Cryptinae). *Journal of Hymenoptera Research* 49: 65-79. Doi: <https://doi.org/10.3897/JHR.49.7862>.
- Wawer, W. y Kostro-Ambroziak, A. 2016. Egg sac parasitism: how important are parasitoids in the range expansion of the wasp spider *Argiope bruennichi*? *Journal of Arachnology* 44: 247-250. Doi: <https://doi.org/10.1636/P15-65>.
- World Spider Catalog. 2019. World Spider Catalog. Version 20.5. Natural History Museum Bern. Url: <http://wsc.nmbe.ch>. Consultado 01 julio de 2020.

Citar como: Miranda, R.J., Santos-Murgas, A., Quintero-A, D y Abrego-L, J.C. 2020. Insectos de hábitos parasitoides y depredadores sobre huevos de *Argiope argentata* (Fabricius, 1775) (Arachnida: Araneae) en Panamá. *Intropica* 15(1): 8-10. Doi: <http://dx.doi.org/10.21676/23897864.3280>.

Reclutamiento de corales escleractinios en sustrato artificial en Isla Fuerte, Caribe colombiano

Recruitment of Scleractinian corals in artificial substrate in Isla Fuerte, colombian Caribbean

Sandra Pareja-Ortega^{1*}, Lizette I. Quan-Young², Mario H. Londoño-Mesa¹, Alberto Acosta³

1. Grupo de Limnología Básica y Experimental y Biología y Taxonomía Marina, Instituto de Biología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

2. Grupo Biología CES-EIA, Facultad de Ciencias y Biotecnología, Universidad de CES, Medellín, Colombia

3. Unidad de Ecología y Sistemática, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia

*Autor de correspondencia: sammyp11@gmail.com

Recibido: 07 de noviembre de 2019

Aceptado: 21 de mayo del 2020

Publicación en línea: 30 de junio de 2020

Resumen

Palabras clave:
reclutamiento de corales; río Sinú;
sedimentación; gradiente vertical;
arrecife El Inglés

El reclutamiento coralino permite inferir sobre el estado de salud y la resiliencia del ecosistema arrecifal. El uso de sustratos artificiales in situ facilita evidenciar la llegada de nuevos individuos y/o el repoblamiento de corales escleractinios dentro del sistema. El arrecife El Inglés, en Isla Fuerte (Caribe colombiano), está expuesto a la influencia de los ríos Sinú y Magdalena. Allí se cuantificó el reclutamiento coralino en sustrato artificial usando placas de terracota de 15 x 15 cm en tres profundidades (4-6, 12-14, 22-24 m), con recambio cada dos meses durante un año. Así mismo, se recolectó el sedimento depositado en la superficie de las placas en cada muestreo. Se registraron 30 reclutas en total (1 a 6 reclutas por muestreo), con diferencias en la densidad de estos a través del tiempo, siendo mayor entre junio-agosto, lo cual coincide con la reducción en la cantidad de sedimento, mientras que por profundidad no hubo diferencias en dicha variable. La cantidad de sedimento, por otra parte, presentó variaciones en el tiempo y con la profundidad. Solo en la zona profunda del arrecife se encontró una correlación inversa ($r^2=-0,34$, $p=0,04$, $n=36$) entre la densidad de reclutas y la cantidad de sedimento, lo que indica que a mayor carga de sedimento, menor densidad de reclutas. El hecho de que el reclutamiento coralino registrado fuera menor en comparación con otros arrecifes evaluados en el Caribe sugiere la vulnerabilidad de este caso concreto a la alta sedimentación proveniente del río Sinú, particularmente de limos + arcillas entre febrero-abril-junio. No obstante, el reclutamiento registrado sugiere que especies adultas dominantes y sobrevivientes en el arrecife, como *A. tenuifolia*, *P. astreoides*, *P. porites* y *S. siderea*, mantienen su actividad reproductiva.

Key words:
corals recruitment; Sinú river;
sedimentation; vertical gradient;
El Inglés reef

Abstract

Coral recruitment can be used as an indicator of the health status and resilience of the reef ecosystem. The use of artificial substrates can be used to evaluate the recruitment of individuals and/or the system repopulation by scleractinian corals. El Inglés reef, in Isla Fuerte (Colombian Caribbean) is being exposed to the influence of Sinú and Magdalena rivers. Coral recruitment was quantified in artificial substrates using terracotta plates of 15 x 15 cm, at three depths (4-6, 12-14, 22-24 m) with replacement every two months for a year. Additionally, sediment deposited on plate surface was collected for each sample. A total of 30 recruits (1 to 6 recruits for sample) were registered, showing differences between the density of recruits over time, being higher between June-August coinciding with a reduction in the sediment loads. No differences in recruits density by depth were observed. The quantity of sedimentation showed differences over time and depth; only an inverse correlation ($r^2=-0.34$, $p=0.04$, $n=36$) between recruits density of and sediment amount in deep areas was found in the reef, indicating that the larger load the sediments produced a negative effect on recruits. Coral recruitment registered was low compared with other reefs in the Caribbean, suggesting its vulnerability to high sedimentation by the Sinú River, particularly silt + clays during February-April-June. However, registered recruitment suggests that dominant and survival adult species in the reef as *A. tenuifolia*, *P. astreoides*, *P. porites* and *S. siderea*, maintain their reproductive activity.

Introducción

El reclutamiento coralino es un proceso reconocido ampliamente como fundamental en la dinámica de las poblaciones locales, así como en el mantenimiento y en la recuperación de arrecifes coralinos después de perturbaciones (Harrison, 2011; Segal *et al.*, 2012; Sawall *et al.*, 2013; Richmond *et al.*, 2018). Este es el resultado de una secuencia compleja de eventos, entre los cuales se encuentran el suministro de gametos y de larvas, el comportamiento y el éxito del asentamiento de la larva, la metamorfosis y la supervivencia posterior a la colonización del recluta (Harrison y Wallace, 1990). A su vez, depende de un conjunto de factores físicos (hábitat) y biológicos (competencia por espacio), tanto positivos como negativos, que pueden determinar si una larva de coral finalmente abastece el arrecife y sobrevive (Ritson-Williams *et al.*, 2009; Doropoulos *et al.*, 2016).

Este proceso provee la única entrada sustancial de nuevos individuos a las poblaciones coralinas, de manera que, si falla, la población puede decaer hasta la extinción local (Caley *et al.*, 1996; Hughes y Tanner, 2000), alterando la dinámica de las comunidades. Un análisis a escala temporal llevado a cabo por Acosta *et al.* (2011) indica que el reclutamiento puede mostrar tanto el éxito reproductivo de las especies como su potencial para la recuperación natural, además de dar luces sobre la capacidad de adaptación, el mantenimiento de la población y la diversidad de especies en el ecosistema coralino.

Particularmente, el aumento en la sedimentación afecta de forma negativa el reclutamiento (Babcock y Smith, 2000), así como todo el ciclo de vida de los corales (Richmond *et al.*, 2018), comprometiendo la supervivencia de los arrecifes de coral (Shlesinger y Loya 1991; Trajon *et al.*, 2013). Se ha estimado que un 25 % de los arrecifes de coral en todo el mundo están amenazados por el incremento de cargas de sedimentos, nutrientes y contaminantes por fuentes terrestres debido a la escorrentía asociada con el desarrollo costero, el dragado, la deforestación y la agricultura (Burke *et al.*, 2011). Esto hace que disminuya la calidad del agua costera y puede conducir a aumentos en la cobertura de macroalgas (Fabricius, 2005), reducciones en la disponibilidad de hábitat y biodiversidad coralina (Death y Fabricius, 2010), mayores frecuencia y severidad de enfermedades coralinas (Bruno *et al.*, 2003) y cambios en la composición de las biopelículas, indispensables para el asentamiento larval y la metamorfosis de muchos organismos sésiles como los corales (Wieczorek y Todd, 1998; Webster *et al.*, 2004; Sawall *et al.*, 2012; Richmond *et al.*, 2018).

Los arrecifes de coral degradados por causa de la sedimentación exhiben tasas bajas de reclutamiento, debido a la combinación de procesos como reducción de fecundidad de adultos, bajo asentamiento y elevadas tasas de mortalidad temprana (Bellwood *et al.*, 2004). En este sentido, Pastorok y Bilyard (1985) sugirieron que efectos negativos en los corales ocurren con tasas de sedimentación entre 10 y 50 mg cm⁻² d⁻¹, estimando que dichos impactos son severos en tasas mayores a 50 mgcm⁻² d⁻¹. Contradictoriamente, algunos arrecifes con tasas de sedimentación a largo plazo mayores a 50 mg cm⁻² d⁻¹, pueden ser saludables y diversos, con predominio de especies de corales adaptadas a este tipo de entorno que, toleran tasas de sedimentación de 100 mg cm⁻² d⁻¹ (Erftemeijer *et al.*, 2012).

Por lo tanto, considerando que el reclutamiento de corales es un proceso importante en la configuración de la estructura de la comunidad en ecosistemas marinos y, que el futuro de los arrecifes puede ser mejor estimado por el reclutamiento, y no por la estructura de la comunidad coralina (Glassom y Chadwick, 2006), se evaluó tal proceso y su relación con la sedimentación en el arrecife El Inglés. Esta información será esencial para priorizar áreas y estrategias de restauración en el Caribe colombiano.

Materiales y métodos

Área de estudio

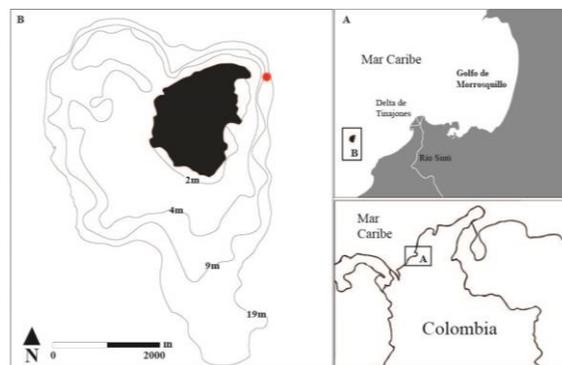


Figura 1. Área de estudio arrecife El Inglés en Isla Fuerte, Caribe colombiano (Tomado de Díaz *et al.* (1996) y modificado).

Isla Fuerte es una isla continental de origen coralino que se encuentra dentro del Área Marina Protegida Corales del Rosario, San Bernardo e Isla Fuerte (AMP-CRSBeIF) (Alonso y Castillo, 2007) (figura 1). Su área marina está compuesta por fondos duros de arrecife coralino, que corresponden a 6,2 km²; igualmente, presenta fondos blandos compuestos por praderas de pastos marinos y parches reducidos de bosques de manglar (Invemar, 2006).

Al noreste de la isla está el arrecife El Inglés, el cual es de tipo franja y está influenciado por la sedimentación aportada principalmente por el río Sinú (Correa, 2007). Esta formación natural, en el gradiente de profundidad de 2-4 m, está compuesta principalmente por colonias coralinas de *Agaricia tenuifolia*, *Porites astreoides*, *Porites porites*, *Pseudodiploria clivosa*, *Pseudodiploria strigosa* y *Siderastrea siderea*, así como por *Millepora complanata* y octocorales, y el tipo de sustrato es en gran parte grava con esqueletos de coral. Aproximadamente a 400 m de la costa se encuentra la profundidad intermedia (6-14 m), donde la pendiente del arrecife se hace más pronunciada, la composición de especies está dada principalmente por *A. tenuifolia*, *P. astreoides*, *P. porites*, *Orbicella annularis* y *Orbicella faveolata*, y la cobertura de macroalgas es relevante. En la zona profunda (16-24 m), *A. tenuifolia* es la especie dominante, y gran cantidad de colonias están cubiertas en su base por sedimento tipo limo; además, se observan colonias de *Porites colonensis* y de *S. siderea*.

Estudios realizados en el mismo arrecife indican que la cobertura coralina, en promedio, es de 21,46 % (Sepúlveda-García, 2015) y 26 % (Pareja-Ortega, 2018). Ambos coinciden con el reporte de *A. tenuifolia* y *P. astreoides* como las especies de corales adultos dominantes en el arrecife.

Trabajo de campo

En un gradiente de profundidad (4-24 m) en el arrecife El Inglés, se escogieron dos sitios para cubrir tres profundidades. En el primero (09°23'N 76°10'W) se ubicaron las zonas someras (4 y 6 m) y media (12 y 14 m), y en el segundo (09°24'N 76°10'W), la zona profunda (22 y 24 m). En cada profundidad se sumergieron 12 placas de terracota de 15 x 15 cm, distribuidas a lo largo de un transecto de 12 m de longitud. Estas se dejaron madurar a 6 m de profundidad en el arrecife un mes antes de iniciar el experimento con el fin de que obtuvieran la biopelícula que permite la adhesión de las larvas.

La fase experimental inició en agosto de 2015, y durante un año se realizaron seis recolectas de placas en los meses de octubre y diciembre de 2015 y febrero, abril, junio y agosto de 2016. Así fueron evaluadas 36 placas en cada mes para estimar el reclutamiento a través del tiempo, aunque cabe anotar que, por condiciones climáticas extremas, en el mes de febrero se recolectaron solo 18 placas.

Las placas permitieron evaluar un área total de 4,45 m² de sustrato artificial para la fijación de las larvas. Las placas retiradas eran reemplazadas por otras maduras, lo que

permitió un tiempo de reclutamiento efectivo de dos meses. De esta forma, entre octubre de 2015 y agosto de 2016 se recuperaron y revisaron en total 198 placas, las cuales eran retiradas de los sitios de muestreo usando bolsas plásticas y con cuidado para evitar la pérdida de sedimento depositado sobre ellas. En el laboratorio, una vez las placas fueron lavadas con abundante agua para retirar el sedimento, se revisaron y evaluaron usando microscopio de disección.

Análisis de sedimento de placas de reclutamiento

El sedimento depositado en cada una de las placas de reclutamiento fue recolectado, realizando un lavado con agua antes de la primera revisión. Posteriormente, con un pincel suave y agua se terminó de retirar completamente el sedimento y se revisaron nuevamente las placas para disminuir errores en la detección de reclutas. El sedimento de cada placa se colectó en recipientes plásticos y se dejó precipitar durante 1 h; luego se retiró agua en exceso para, después, fijarlo y preservarlo con alcohol al 70 %.

En laboratorio se realizó secado en horno a temperatura de 110±5 °C durante 15-20 h, y posteriormente el sedimento fue pesado en balanza analítica (Modelo XB 220A) con una precisión de 0,1 mg. El análisis granulométrico se llevó a cabo usando el método de tamizado en húmedo (determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partícula en materiales sólidos) (Norma INV E 123-07), para luego estimar la cantidad (en miligramos) de limos más arcillas y arenas que se depositaron en las placas de reclutamiento.

Tratamiento de datos

Cada placa representó un área 0,0225 m², y en cada fecha de muestreo se evaluaron 36 placas, lo que resulta en 0,81 m² de área evaluada, excepto para el mes de febrero, cuando se evaluaron solo 18 placas, equivalentes a 0,4 m². Luego se calculó la densidad de reclutas para cada fecha de muestreo y para cada profundidad dividiendo el número de reclutas entre el área evaluada. Estos datos no cumplieron los supuestos de normalidad (Kolmogórov-Smirnov, $p < 0,05$) y homocedasticidad de varianza (Levene, $p > 0,05$). Con la prueba Kruskal-Wallis (H') se evaluaron las diferencias entre la densidad de reclutas por profundidad y la densidad de reclutas a través del tiempo, al igual que las variaciones en la cantidad del sedimento en espacio y tiempo.

Los datos de sedimentos recolectados de las placas de

reclutamiento fueron analizados por profundidad y por mes de muestreo, teniendo en cuenta la cantidad (miligramos) y el tipo de sedimento (limos más arcillas y arenas). Posteriormente, usando correlación de Spearman, se analizó la relación entre la cantidad de sedimentación y la densidad de reclutas, entre el porcentaje de arenas y la densidad de reclutas, y entre el porcentaje de limos más arcillas y la densidad de reclutas. Para ello se empleó el programa Statgraphic (Centurión XVI, con licencia libre).

Resultados

Densidad de reclutas en placas artificiales

Se encontraron $30 \pm 0,4$ reclutas durante un año en el gradiente vertical evaluado (área total de $4,45 \text{ m}^2 = 198$ placas), con una densidad total estimada de $6,7$ reclutas/ m^2 . Asimismo, se observaron diferencias significativas a través del tiempo ($H' = 19,1, p < 0,05, n = 6$): diciembre-febrero ($17,1$ reclutas/ m^2) y junio-agosto ($13,6$ reclutas/ m^2) fueron los meses con mayor densidad, en comparación con los demás (tabla 1). Por lo demás, no hubo diferencias significativas ($H' = 3,3, p = 0,19, n = 3$)

entre la densidad de reclutas y la profundidad; sin embargo, se halló un menor número de reclutas en la zona somera. La identificación taxonómica de los reclutas a especie no fue posible debido al tamaño para su identificación (diámetro promedio de $1,57 \pm 0,53$ mm).

Sedimentación en placas de reclutamiento artificial

Se encontraron diferencias significativas entre la cantidad de sedimento y la profundidad del arrecife ($H' = 10,4, p < 0,05, n = 3$) (figura 2a) y a través del tiempo ($H' = 16,8, p < 0,05, n = 6$) (figura 2b). También se observó una correlación negativa y significativa (Spearman, $r^2 = -0,34, p = 0,04, n = 36$) entre la cantidad de sedimento y la densidad de reclutas en la zona profunda (tabla 2), lo que indica un efecto adverso, esto es, a mayor sedimentación, menor reclutamiento. Finalmente, para las otras profundidades no hubo correlación, aunque es preciso anotar que hay una tendencia hacia un menor reclutamiento en sedimento fino (combinación de limos y arcillas), independiente de la cantidad de sedimento.

Tabla 1. Número de reclutas por profundidad y fecha de muestreo en el arrecife El Inglés en Isla Fuerte, Caribe colombiano. -- indica carencia de datos.

Zona (profundidad)	Fechas de muestreo						Total
	ago.-oct. 2015	oct.-dic. 2015	dic.-feb. 2016	feb.-abr. 2016	abr.-jun. 2016	jun.-ago. 2016	
Somera (4-6 m)	0	0	3	1	0	1	5
Media (12-14 m)	1	0	4	2	0	4	11
Profunda (22-24 m)	0	4	--	3	1	6	14
Total	1	4	7	6	1	11	30
Densidad de reclutas/ m^2	1,23	4,9	17,1	7,4	1,23	13,6	6,7

Tabla 2. Correlación de Spearman: entre la densidad de corales reclutas y la cantidad de sedimento (mg); entre la densidad de reclutas y el porcentaje de la fracción arenas, y entre la densidad de reclutas y el porcentaje de la fracción de limos + arcillas, en el arrecife El Inglés en Isla Fuerte, Caribe colombiano.

Correlaciones		Profundidades					
		Somera r	valor-P	Media r	valor-P	Profunda r	valor-P
Reclutas	Sedimentación (mg)	0	1	0,14	0,43	-0,34	0,04
	Arenas (%)	0,14	0,45	0,28	0,11	-0,08	0,7
	Limos + arcillas (%)	-0,14	0,45	-0,28	0,11	0,08	0,7

Discusión

El reclutamiento registrado en esta investigación es menor ($6,7$ reclutas/ m^2) comparado con otros estudios realizados en el Caribe (tabla 3). Por ejemplo, para la isla de San Andrés, Pizarro et al. (2007) reportaron un reclutamiento más alto, solo

considerando los corales cerebro (Mussidae: Faviinae) presentes en un arrecife oceánico con mínima descarga de sedimentos. Adicionalmente, Shearer y Coffroth (2006) estimaron una alta tasa de reclutamiento en un arrecife de La Florida, atribuyendo su hallazgo a la gran cobertura de corales

adultos que presentaba su objeto de estudio (~30-60 %) en comparación con lo encontrado en El Inglés (21-26 %).

Tabla 3. Comparación del reclutamiento coralino en sustrato artificial en el Caribe.

Reclutamiento (n°reclutas m ⁻²)	Localidad	Autor
15-160	Bermuda	Smith (1992)
4,8-54,8	Florida	Shearer y Coffroth (2006)
8,7-24	San Andrés Islas	Pizarro <i>et al.</i> (2007)
3,8	Isla Cubagua	Rodríguez <i>et al.</i> (2009)
0,54-2,7	Florida	Rubin <i>et al.</i> (2008)
1,23-17,1	Isla Fuerte	Presente estudio

Otros trabajos hacen énfasis en la importancia de los corales adultos para el proceso de reclutamiento, como por ejemplo Rodríguez *et al.* (2009) en su estudio de un arrecife de Venezuela con baja densidad de reclutas debida a la poca cobertura de corales adultos y a la exposición a eventos de

surgencia. Esto coincide con Rubin *et al.* (2008), quienes registraron un bajo reclutamiento en un arrecife de La Florida atribuido a una escasa cobertura de corales adultos. El arrecife El Inglés obedece a esa tendencia, presentando una baja cobertura de adultos y un bajo reclutamiento.

Los resultados obtenidos en cuanto a la sedimentación in situ y en placas de reclutamiento no se pudieron comparar con otras investigaciones del Caribe colombiano porque no se encontraron datos al respecto. Sin embargo, considerando otros lugares se encuentra el estudio de Tomascik (1991), quien señaló que en Barbados el número de reclutas en placas artificiales fue menor en un arrecife con mayor perturbación por descargas y material particulado en comparación con una zona de este menos perturbada. Además, dicho autor relacionó la abundancia de algunos géneros reclutados con la dominancia de estos en etapa adulta.

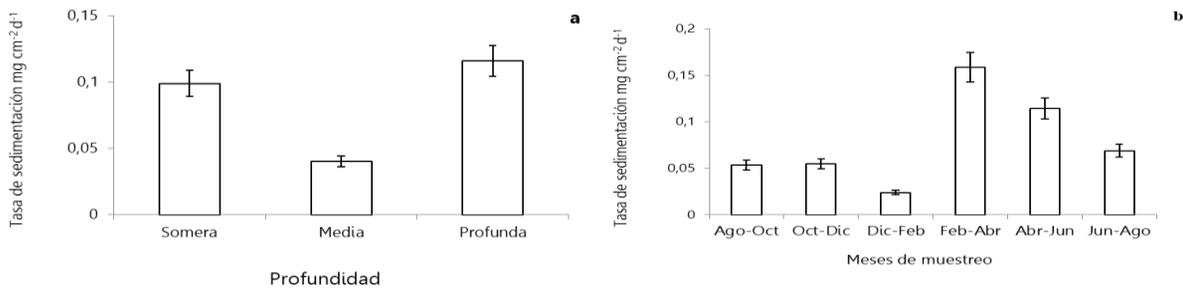


Figura 2. (a) Sedimentación (mg cm⁻² d⁻¹±DS) promedio anual en las profundidades evaluadas; (b) sedimentación registrada cada dos meses en el gradiente vertical del arrecife El Inglés en Isla Fuerte, Caribe colombiano.

Para el arrecife El Inglés se registró en la zona profunda el mayor número relativo de reclutas, a pesar de que hubo alta sedimentación. A esta profundidad del arrecife las especies *A. tenuifolia*, *P. astreoides*, *P. colonensis*, y *Scolymia* sp. son las dominantes y soportan la sedimentación, tal como lo han reportado Helmut *et al.* (1997), Van Moorsel (1985), Wittember y Hunte (1991) y Aronson *et al.* (2004) para otras formaciones de este tipo en el Caribe. A su vez, el patrón de reclutamiento observado es similar a lo consignado por Rogers *et al.* (1984) para la isla de St. Croix, donde notaron un mayor reclutamiento en las zonas intermedia (18 m) y profunda del arrecife.

Debido a que los reclutas analizados menores a 2 mm de diámetro expresan pocos caracteres morfológicos usados en taxonomía, no se logró su identificación. Sin embargo, la presencia de reclutas en todos los meses del año puede indicar que las especies que se están reclutando son aquellas que

tienen más de un ciclo de reproducción al año, lo cual es característico de especies incubadoras, como lo son las especies adultas dominantes del arrecife.

Para el mes de agosto, cuando baja la sedimentación, también se incrementa el reclutamiento, coincidiendo con la época de aguas más cálidas. En este sentido, es importante anotar que Isla Fuerte presenta una temporada seca (diciembre y abril) y otra de lluvias (mayo-noviembre). Durante la primera, los vientos alisios producen un flujo que recorre la costa colombiana hacia el sur, ramificándose en las islas de San Bernardo, donde uno de los ramales continúa hacia el sur, arrastrando consigo la carga sedimentaria aportada por el río Sinú y afectando directamente el arrecife de Isla Fuerte (Molina *et al.*, 1994). Por el contrario, durante la temporada húmeda los vientos alisios son suaves y permiten un incremento en la intensidad de la contracorriente del Darién, disminuyendo el efecto de sedimento de la pluma del río Sinú sobre el arrecife,

aun cuando aumentan las lluvias y el caudal del río (Anderson, 1975; IGAC, 1975; Javerlaud, 1986).

Lo anterior podría explicar por qué en agosto, antes de las lluvias fuertes, baja la carga de sedimento, favoreciendo el reclutamiento en Isla Fuerte. Por otra parte, el patrón de corrientes que se reporta en la zona de estudio podría explicar la exportación de larvas desde el arrecife El Inglés hacia arrecifes cercanos, no tan expuestos a la sedimentación, minimizando el autoreclutamiento. Sin embargo, se requieren más estudios para evaluar el esfuerzo de reproducción de las colonias adultas.

Los resultados sugieren que los corales del arrecife El Inglés se reproducen y logran que algunas larvas sean reclutadas. No obstante, la densidad de reclutas seguramente no compensa la cantidad de individuos adultos que mueren, lo que lleva a suponer que el arrecife no se autoabastece y que la probabilidad de sobrevivencia de este estaría comprometida. Además, la sedimentación proveniente del río Sinú parece afectar negativamente el reclutamiento coralino al disminuir la luz con el aumento de la profundidad, inhabilitar la disponibilidad de sustrato para asentamiento o contaminar biológica (carga microbiológica) y químicamente (metales) a las larvas y reclutas. A pesar de esto, la sedimentación registrada en el arrecife es menor (aprox. 0,02-0,15 mg cm⁻² d⁻¹) (figura 2b) a lo indicado por Erftemeijer *et al.* (2012), lo que sugiere que el arrecife El Inglés puede estar siendo perturbado por otro factor.

Ahora bien, la sedimentación causa un cambio radical en la dominancia de especies resistentes a altas cargas de sedimento, lo que impedirá que las iniciativas de restauración sean exitosas como para lograr un arrecife con especies constructoras tridimensionales y de larga vida. Esto indica que se deben desarrollar otras investigaciones para poder incorporar con mayor probabilidad de éxito esfuerzos de restauración a partir de fragmentos o larvas en el Caribe colombiano y particularmente en este arrecife, que debido a su composición de especies resistentes podría ser un reservorio de genotipos.

Agradecimientos

Agradecemos a Colciencias y a Humax Pharmaceutical (número de convenio 086-2014) por el apoyo económico, al grupo de investigación LimnoBasE y Biotamar, por los recursos logísticos, y a sus integrantes por el apoyo durante los muestreos. Al Instituto de Biología de la Universidad de Antioquia por el respaldo para la investigación y al personal de Isla Fuerte.

Enero- junio de 2020

Referencias

- Acosta, A., Dueñas, F.L. y Pizarro, V. 2011. Review on hard coral recruitment (Cnidaria: Scleractinia) in Colombia. *Universitas Scientiarum* 16(3): 200-218. Doi: <https://doi.org/10.11144/javeriana.SC16-3.rohc>.
- Alonso, D. y Castillo, P. 2007. Plan de manejo del Área Marina Protegida de los Archipiélagos del Rosario y San Bernardo. Invenmar-MAVDT-UAESPNN-Incoder-Carsucre-Cardique-EPA Cartagena-Dimar, Santa Marta.
- Anderson, P. 1975. *Isla Fuerte. Colombia Geográfica* 5(2): 119-191.
- Aronson, R., Macintyre, I., Wapnick, C. y O'Neill, M. 2004. Phase shifts, alternative state, and the unprecedented convergence of two reef systems. *Ecology* 85(7):1876-1891.
- Bellwood, D.R., Hughes, T.P., Folke, C. y Nystrom, M. 2004. Confronting the coral reef crisis. *Nature* 429: 827-833. Doi: <https://doi.org/10.1038/nature02691>.
- Bruno, J.F., Petes, L.E., Drew, H.C. y Hettinger, A. 2003. Nutrient enrichment can increase the severity of coral diseases. *Ecology Letters* 6: 1056-1061. Doi: <https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2003.00544.x>.
- Burke, L., Reyntar, K., Spalding, M. y Perry, A. 2011. *Reefs at Risk Revisited*. World Resources Institute, Washington, D.C.
- Caley, M.J., Carr, M.H., Hixon, M.A., Hughes, T.P., Jones, G.P. y Menge, B.A. 1996. Recruitment and the local dynamics of open marine populations. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 27: 477-500. Doi: <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.27.1.477>.
- Correa, P. 2007. Análisis multi-temporal de la transformación de las coberturas terrestres entre 1946 y 2006, como aporte al fortalecimiento del área marina protegida. Tesis de pregrado. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia.
- De'ath, G., Fabricius, K. 2010. Water quality as a regional driver of coral biodiversity and macroalgae on the Great Barrier Reef. *Ecological Applications* 20:840-850. Doi: <https://doi.org/10.1890/08-2023.1>.
- Díaz, J.M., Sánchez, J.A., Díaz-Pulido, G. 1996. Geomorfología y Formaciones arrecifales recientes de Isla Fuerte y Bajo Bushnell, plataforma continental del Caribe colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras -Invenmar* 25 87-105. Doi: <https://doi.org/10.25268/bimc.invenmar.1996.25.0.372.b>.
- Doropoulos, C., Roff, G., Bozec, Y.M., Zupan, M.

- Werminghausen, J., Mumby, P.J. 2016. Characterizing the ecological trade-offs throughout the early ontogeny of coral recruitment. *Ecological Monographs* 86:20-44. Doi: <https://doi.org/10.1890/15-0668.1>.
- Erftemeijer, P.L.A., Riegl, B., Hoeksema, B.W., Todd, P.A. 2012. Environmental impacts of dredging and other sediment disturbances on corals: a review. *Marine Pollution Bulletin* 64: 1737-1765. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.05.008>.
- Fabricius, K.E. 2005. Effects of terrestrial runoff on the ecology of corals and coral reefs: review and synthesis. *Marine Pollution Bulletin* 50: 125-146. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2004.11.028>.
- Glassom, D., Chadwick, N.E. 2006. Recruitment, growth and mortality of juvenile corals at Eilat, northern Red Sea. *Marine Ecology Progress Series* 318:111-122.
- Harrison, P. 2011. Sexual reproduction of scleractinian corals, coral reefs: an ecosystem in transition. *Springer, Netherlands*. Doi: https://doi.org/10.1007/978-94-007-0114-4_6.
- Harrison, P.L., Wallace, C.C. 1990. Reproduction, dispersal and recruitment of scleractinian corals. In: Dubinsky, Z. Editor. *Ecosystems of the world: coral reefs*. Elsevier, Amsterdam.
- Helmut, B.S., Sebens, K., Daniel, T. 1997. Morphological variation in coral aggregation: branch spacing and mass flux to coral tissues. *Journal of experimental Marine Biology and Ecology* 209: 233-259. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0022-0981\(96\)02687-1](https://doi.org/10.1016/S0022-0981(96)02687-1).
- Hughes, T. y Tanner, J. 2000. Recruitment failure, life histories and long term decline of Caribbean corals. *Ecology* 81(8): 2250 - 2262. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0022-0981\(96\)02687-1](https://doi.org/10.1016/S0022-0981(96)02687-1).
- IGAC. 1975 *Estudio hidroclimático de la región del Caribe*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá, Colombia.
- Estela, F. 2006. Aves de Isla Fuerte y Tortuguilla, dos islas de la plataforma continental del Caribe colombiano. *Boletín del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras* 35:267-272.
- Javerlaud, O. 1986. Sedimentología de la plataforma continental del Caribe colombiano. *Boletín Científico C.I.O.H* 6: 17-39. Doi: <https://doi.org/10.26640/01200542.6.17.39>.
- Molina, A., Molina, C., Giraldo, G., Parra, C., Chevillot, P. 1994. Dinámica marina y sus efectos sobre la geomorfología del golfo de Morrosquillo. *Boletín Científico CIOH* 15: 93-113. Doi: <https://doi.org/10.26640/22159045.74>.
- Norma INV E-123-07. Análisis granulométrico de suelos por tamizado: I.N.V E -123-07. Disponible en internet: [https://ftb.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones Normas INV%20-07/Normas/Norma%20INV%20E-123-07.pdf](https://ftb.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones%20Normas%20INV%20-07/Normas/Norma%20INV%20E-123-07.pdf).
- Pastorok, R., Bilyard, G. 1985. Effects of sewage pollution on coral reef communities. *Marine Ecology Progress Series* 21: 175-189.
- Pareja-Ortega, S. 2018. Reclutamiento de corales escleractinios en Isla Fuerte, Caribe colombiano. Trabajo de magister en Biología, Universidad de Antioquia, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Medellín, Colombia.
- Pizarro, V., Polania, J., Thomason, J.C. 2007. Recruitment and juvenile survivorship of brain corals at San Andres Island, Western Caribbean Sea. *Marine Biology* 48:113-119.
- Richmond, R.H., Tisthammer, K.H., Spies, N.P. 2018. The effects of Anthropogenic Stressors on Reproduction and Recruitment of Corals and Reef Organisms. *Frontiers in Marine Science* 5:226. Doi: <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00226>.
- Ritson-Williams, R., Arnold, S.N., Fogarty, N.D., Steneck, R.S., Vermeij, M.J.A. y Paul, V.J. 2009. New perspectives on ecological mechanisms affecting coral recruitment on reefs. *Smithsonian Contributions to the Marine Science* 38: 437-457. Doi: <https://doi.org/10.5479/si.01960768.38.437>.
- Rodríguez, S., Alvizu, A., Tagliafico, A., Bastidas, C. 2009. Low natural repopulation of marginal coral communities under the influence of upwelling. *Hydrobiology* 624: 1-11. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10750-008-9662-z>.
- Rogers, C.S., Fitz, H.C., Gilnack, M., Beets, J., Hardin, J. 1984. Scleractinian coral recruitment patterns at Salt River Submarine Canyon. St Croix. U.S.V.I. Coral reefs 3:69-76. Doi: <https://doi.org/10.1007/BF00263756>.
- Rubin, E.T., Moulding, A.L., Lopez, J.V., D. S. Gillian; Kosmynin, V.N. y Dodge, R.E. 2008: Scleractinian coral recruitment to reefs physically damaged by shipgroundings. Proc 11th Int Coral Reef Sym, Ft. Lauderdale, Florida, Session number 10: 7-11 July. 326-330.
- Sawall, Y., Richter, C., Ramette, A. 2012. Effects of eutrophication, seasonality and macrofouling on the diversity of bacterial biofilms in equatorial coral reefs. *PLoS ONE* 7: e39951. Doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0039951>.
- Sawall, Y., Jompa, J., Litaay, M., Maddusila, A., Richter, C. 2013. Coral recruitment and potential recovery of eutrophied and

- blast fishing impacted reefs in Spermonde Archipelago, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin* 74: 374-382. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.06.022>.
- Segal, B., Berenguer, V., Castro, C.B. 2012. Experimental recruitment of the Brazilian endemic coral *Mussismilia braziliensis* and conditioning of settlement plates. *Ciencias Marinas* 38 (1A): 1-10. Doi: <https://doi.org/10.7773/cm.v38i1A.1853>.
- Sepúlveda-García, H. 2015. Impacto humano sobre ecosistema arrecifal: caso Isla Fuerte-Bolívar. Trabajo de pregrado, Universidad de Antioquia. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Medellín, Colombia.
- Shearer, T.L., Coffroth, M.A. 2006. Genetic identification of Caribbean Scleractinian coral recruits at the Flower Garden Banks and the Florida Keys. *Marine Ecology Progress Series* 306: 133 - 142. Doi: <https://doi.org/10.3354/meps306133>.
- Shlesinger, Y., Loya, Y. 1991. Larval development and survivorship in the corals *Favia fавusand Platygyra lamellina*. *Hydrobiology* 216 (217): 101-108. Doi: <https://doi.org/10.1007/BF00026449>.
- Smith, S.R. 1992. Patterns of coral recruitment and post-settlement mortality on Bermuda's reefs: Comparisons to Caribbean and Pacific reefs. *American Zoologist* 32: 663-673. Doi: <https://doi.org/10.1093/icb/32.6.663>.
- Tomascik, T. 1991. Settlement patterns of Caribbean scleractinian corals on artificial substrata along an eutrophication gradient, Barbados, West Indies. *Marine Ecology Progress Series* 77: 261-269. Doi: <https://doi.org/10.3354/meps077261>.
- Trapon, M., Pratchett, M., Adjeroud, M., Hoey, A., Baird, A. 2013. Post-settlement growth and mortality rates of juvenile scleractinian corals in Moorea, French Polynesia versus Trunk Reef, Australia. *Marine Ecology Progress Series* 488: 157-170. Doi: <https://doi.org/10.3354/meps10389>.
- Van Moorsel, G. 1985. Disturbance and growth of juvenile corals (*Agaricia humilis* and *Agaricia agaricites*, Scleractinia) in natural habitats on the reef of Curacao. *Marine Ecology Progress Series* 24: 99-112.
- Webster, N.S., Smith, L.D., Heyward, A., Watts, J.E., Webb, R.I., Blackall, L.L., Negri, A.P. 2004. Metamorphosis of a scleractinian coral in response to microbial biofilms. *Applied and Environmental Microbiology* 70: 1213-1221. Doi: <https://doi.org/10.1128/AEM.70.2.1213-1221>.
- Wieczorek, S.K., Todd, C.D. 1998. Inhibition and facilitation of settlement of epifaunal marine invertebrate larvae by microbial biofilm cues. *Biofouling* 12: 81-118. Doi: <https://doi.org/10.1080/08927019809378348>.
- Wittemberg, M., Hunte, W. 1991. Effects of eutrophication and sedimentation on juvenile corals: abundance, mortality and community structure. *Marine Biology* 112: 131-138. Doi: <https://doi.org/10.1007/BF00349736>.
- Citar como:** Pareja-Ortega, S., Quan-Young, L., Londoño-Mesa, M.H. y Acosta, A. 2020. Reclutamiento de corales escleractinios en sustrato artificial en isla Fuerte, Caribe colombiano. *Intropica* 15(1): 16-23. Doi: <http://dx.doi.org/10.21676/23897864.3293>.

Nuevos registros de avifauna en el alto valle árido del río Magdalena en Huila, Colombia

New avifauna records from the arid upper Magdalena river valley in Huila, Colombia

Orlando Padilla* 

Universidad del Atlántico, Barranquilla, Colombia

*Autor de correspondencia: orlandopadillarivera@gmail.com

Recibido: 07 de enero de 2020

Aceptado: 29 de junio del 2020

Publicación en línea: 30 de junio de 2020

Resumen

Palabras clave:
cisandino; distribución; ecosistemas secos;
transandino; valles secos interandinos

La región árida del río Magdalena en el departamento del Huila es una zona con escasos estudios en avifauna, ha estado sometida a cambios antrópicos notorios. Por ello, se consideró realizar un muestreo de avifauna para contribuir a un mayor conocimiento acerca de la misma. Para ello se realizaron recorridos de campo con longitudes variables, que significaron 92 horas de observaciones en zonas agrícolas cercanas al embalse El Quimbo durante su fase de llenado y mantenimiento. Se destacan los siguientes resultados: nuevos registros para la región de *Atticora fasciata* y *Ammodramus aurifrons*, especies con distribución conocida en las cuencas de los ríos Amazonas y Orinoco; tres especies hasta ahora no asociadas al valle árido del alto Magdalena (*Heliornis fulica*, *Bubo virginianus*, y *Egretta rufescens*); nuevas localidades en el valle alto para cuatro especies (*Leucophaeus atricilla*, *Rynchops niger*, *Sarcoramphus papa* y *Pitangus lictor*); y además novedades altitudinales y de hábitat para dos especies (*Accipiter striatus* y *Asio stygius*). Las implicaciones de estos registros son de interés para el conocimiento de la avifauna colombiana, ya que llenan vacíos de conocimiento sobre la distribución regional de algunas especies y aportan a la comprensión de las dinámicas de colonización, el intercambio de especies y el ensamble de comunidades de aves de esta región en el escenario actual de transformación del paisaje.

Key words:

cisandean; distribution; dry ecosystems,
inter-Andean valleys; transandean

Abstract

The arid region of the Magdalena river in the department of Huila has limited studies on birdlife and, in parallel, it has undergone notable anthropic changes. In this scenario, we developed a bird survey to contribute to a better knowledge about this birdlife. For this, we surveyed several routes of variable lengths, accumulating 92 hours of observations in agricultural areas nearby El Quimbo dam during its filling and maintenance phase. The following results are highlighted: new records of two species were found in the region with known distribution in the Amazon and Orinoco river basins, *Atticora fasciata* and *Ammodramus aurifrons*; three species so far unrelated to the arid valley of the upper Magdalena (*Heliornis fulica*, *Bubo virginianus* and *Egretta rufescens*); new localities in the upper valley for four species (*Leucophaeus atricilla*, *Rynchops niger*, *Sarcoramphus papa* and *Pitangus lictor*); and also altitudinal and habitat novelties for two species (*Accipiter striatus* and *Asio stygius*). The implications of these records are interesting for the knowledge of the Colombian birdlife, since they fill gaps in knowledge about its regional distribution and contribute to the understanding of the dynamics of colonization, the species exchange and the bird communities assembly within the region in the current scenario of landscape transformation.

Introducción

El bosque seco tropical es un ecosistema amenazado por el avance de la urbanización y la frontera agrícola. En Colombia se ha perdido el 98,5 % de su cobertura original (Díaz-Merlano, 2006), y en el departamento del Huila cuenta con 1 5162 hectáreas, teniendo en cuenta relictos notables ubicados en los municipios de Aipe, Campoalegre, Colombia, Neiva, Palermo, Rivera y Villavieja (Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena, 2016). Es importante resaltar que este es el sector con bosque seco más fragmentado en Colombia (Etter, 1998). Por esta razón, es de gran importancia conocer la diversidad biológica en los hábitats de la región y cómo responden estos a los diferentes escenarios de transformación. Particularmente, este ecosistema ocupó las tierras bajas áridas del alto valle del río Magdalena, hasta los rápidos del municipio de Honda, situados a 229 msnm. La cobertura vegetal que crecía originalmente en lo profundo del valle, conformada principalmente por el bosque seco tropical, ha sido afectada de forma considerable por las actividades agropecuarias y la demanda de leña (Corporación Autónoma Regional del Río Grande de la Magdalena, 2007).

En términos biogeográficos, el valle interandino del río Magdalena ha sido considerada como una región aislada (Chapman, 1917; García-Delgado y Losada-Prado, 2013), y actualmente existe un conocimiento parcial sobre la avifauna. La región más estudiada pertenece al departamento del Tolima (Losada-Prado y Molina-Martínez, 2011; García-Delgado y Losada-Prado, 2013), y hacia el sur, en el departamento del Huila, los estudios de Miller (1947; 1952) en Villavieja fueron de los pocos trabajos documentados en este departamento, junto con el estudio realizado por Gómez y Robinson (2014) acerca de los patrones ecológicos de las aves de este bioma. Existiendo por lo tanto, un vacío regional en el conocimiento de la avifauna.

En general, las comunidades avifaunística de esta región presentan una alta intervención debido a la presión económica generada por la producción agropecuaria, respaldada en parte por políticas de Estado basadas en la creencia de que los bosques secos propios de la región son poco útiles y pueden ser eliminados para expandir la producción agrícola (Díaz-Merlano, 2006), lo que provoca la explotación masiva de productos maderables y no maderables abundantes en el bosque seco (Gómez y Robinson, 2014). Además,

la inundación de áreas amplias para el establecimiento de hidroeléctricas ha generado patrones de homogenización de la diversidad vegetal, con conocidos efectos en las comunidades bióticas asociadas (Kattan *et al.*, 2019). De acuerdo a lo anterior, el presente estudio tuvo como objetivo registrar novedades en la distribución de la avifauna presente en el alto valle árido del río Magdalena, donde se hallaron especies que han superado la barrera de los Andes orientales y otras que amplían sus localidades, aprovechando amplios contextos de transformación. Este fenómeno es de interés ecológico, ya que la variación del ensamblaje de la avifauna puede ser un indicador pertinente en los monitoreos de recuperación de hábitats o de su tendencia a permanecer alterados en virtud de la conexión creada por la deforestación de los piedemontes y el represamiento de grandes masas de agua en los embalses.

Materiales y métodos

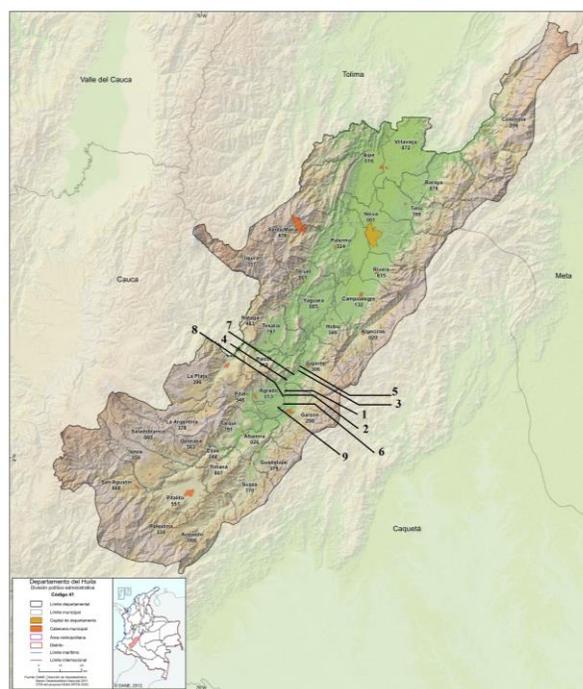


Figura 1. Localidades del departamento del Huila (Colombia) donde se realizó el muestreo de la avifauna (modificado de DANE, 2012).

El área de estudio se ubica en el centro sur del departamento del Huila, en cercanías al embalse El Quimbo, a 700 msnm (figura 1). Esta zona corresponde al ecosistema de bosque seco tropical (Gómez y Robinson, 2014), en una condición de completa desaparición del bosque o fragmentos altamente alterados por actividades agropecuarias. La región tiene

una precipitación promedio anual de 1200 mm y una temperatura media anual de 25 °C (Fundación Natura, 2010), bajo un régimen de lluvias bimodal que determina una temporada seca marcada, entre junio y agosto, y otra de lluvias, en los meses de marzo y abril (Gómez y Robinson, 2014).

Los muestreos se desarrollaron en un periodo de 11 meses, desde agosto hasta octubre de 2015 y de mayo a diciembre de 2016 (época de transición entre el periodo seco y el lluvioso), con 23 recorridos que significaron un tiempo total de observación de 92 h en nueve localidades notablemente transformadas y contiguas al embalse El Quimbo, ubicadas en los municipios de Garzón, El Agrado y Gigante (tabla 1).

Para las observaciones y fotografías se utilizaron binoculares de 10 x 50 y 7 x 35 y cámara fotográfica de 50x. En cada observación se registró, por un lado, la coordenada y altitud con un GPS Garmin precisión <10 m y, por otro lado, el número de individuos por especie. También se hicieron observaciones sobre el hábitat y el comportamiento con un grupo conformado por personas.

Para identificar las especies se emplearon las guías de de Hilty y Brown (2001), Restall *et al.* (2006) y MacMullan *et al.* (2010), y para todas las especies se siguió el orden lineal taxonómico y la nomenclatura de Remsen *et al.* (2020).

Finalmente, se contrastó la ubicación de estos registros con los publicados previamente en fuentes digitales nacionales e internacionales como data zone birdlife, IUCN redlist, macaulay library, y la red nacional de datos abiertos sobre biodiversidad (SiB, Colombia), así como con registros de especímenes catalogados en bases de datos de museos como los Museo del Instituto de Ciencias Naturales, de la Universidad Nacional, Museum of Vertebrate Zoology de la Universidad de Berkeley, American Museum of Natural History, Muséum National d'histoire Naturelle, Royal Ontario Museum, Museo de Ciencias Naturales de La Salle, The Field Museum Zoological Collection y Colección Zoológica de la Universidad del Tolima y con algunos registros fotográficos disponibles en la base de datos eBird del Laboratorio de Ornitología de la Universidad de Cornell.

Tabla 1. Definición y atributos geográficos de las localidades estudiadas

Localidad	Municipio	Vereda	Coordenadas	Altura (msnm)	Vegetación asociada
1	El Agrado	Arabia	02°12'59,59"N-75°40'25,72"O	710	Secund. baja
2	Garzón	Cabuyal	02°11'40,73"N-75°40'55,21"O	710	Secund. baja
3	Gigante	Veracruz	02°18'18,56"N-75°38'24,80"O	711	Pastos arbolados
4	El Agrado	Yaguilga	02°15'22,84"N-75°39'48,32"O	710	Secund. baja
5	Gigante	La Honda	02°23'14,11"N-75°34'48,99"O	750	Secund. baja
6	Garzón	Las Damas	02°11'59,27"N-75°39'56,70"O	710	Secund. alta
7	Gigante	Barzal	02°19'32,80"N-75°37'22,48"O	708	Pastos arbolados
8	El Agrado	Garañón	02°14'57,40"N-75°41'02,36"O	710	Pastos arbolados
9	Garzón	Las Brisas	02°10'59,24"N- 75°39'45,75"O	710	Secund. baja

Resultados

Se encontraron un total de 13 nuevos registros para en el en el valle alto del río Magdalena. De manera general, la mayoría de los nuevos registros presentados para el área de estudio son de especies con preferencia de hábitat acuático, como lo son *Cairina moschata*, *Heliornis fulica*, *Calidris bairdii*, *Leucophaeus atricilla*, *Rynchops niger*, *Egretta rufescens*, *Pitangus lictor*, *Atticora fasciata* y *Ammodramus aurifrons*, así como un grupo heterogéneo de cuatro especies de aves de presa (*Sarcoramphus papa*, *Accipiter striatus*, *Bubo virginianus* y *Asio stygius*), las cuales aprovechaban

zonas rurales de pastizales arbolados donde encontraban presas como roedores, aves y cadáveres (figura 2).

Cairina moschata (Stephens, 1824)

La especie se identificó por presentar plumaje de color negro con parche alar blanco prominente, de comportamiento esquivo y con gran distancia de fuga. Esta especie no presentaba registros para la zona y en el presente estudio para la fecha del 15 de septiembre del 2015 fueron observados cuatro individuos en pozos artificiales en la orilla del embalse El Quimbo, en la localidad 8. Si bien, no se obtuvo registro fotográfico,

se identificaron por su plumaje negro con parche alar blanco prominente y por su comportamiento esquivo y con gran distancia de fuga. Según los pobladores locales, se les ve de manera infrecuente; además, se considera que no se trata de individuos domésticos asilvestrados, ya que los especímenes domésticos observados en la región poseen plumajes con patrones desordenados de color blanco, negro y marrón, y su conducta es confiada.

***Heliornis fulica* (Boddaert, 1783)**

Se trata del primer registro para esta especie en la región árida del alto Magdalena. Se observaron dos individuos machos en dos quebradas cercanas, resguardadas por taludes rocosos e inundadas por el llenado del embalse El Quimbo (localidades 1 y 2), en

las fechas 6 y 21 de septiembre de 2016, respectivamente, ambos en horas de la tarde. Otras especies parecidas en la cuenca como algunos patos, fochas y zambullidores, no poseen su característica silueta de cabeza y cuello, ni tampoco su patrón rayado (figura 2a); además, son aves con un vuelo de corto alcance, durante el cual dejan ver su cola ancha con una banda terminal clara. Adicionalmente, se conocen reportes de eBird en Pitalito (en el sur del Huila), con registro fotográfico de 2017 en la laguna de Guaitipán, aproximadamente a 1400 msnm en la franja de bosque subandino y otro en el año 2019 en Doradal, Antioquia en Torrelavega *Wildlife Rescue Center* a 145 msnm. Estas localidades son ecosistemas notablemente húmedos, como los registrados por Hilty y Brown (1986) en gran parte de Colombia.

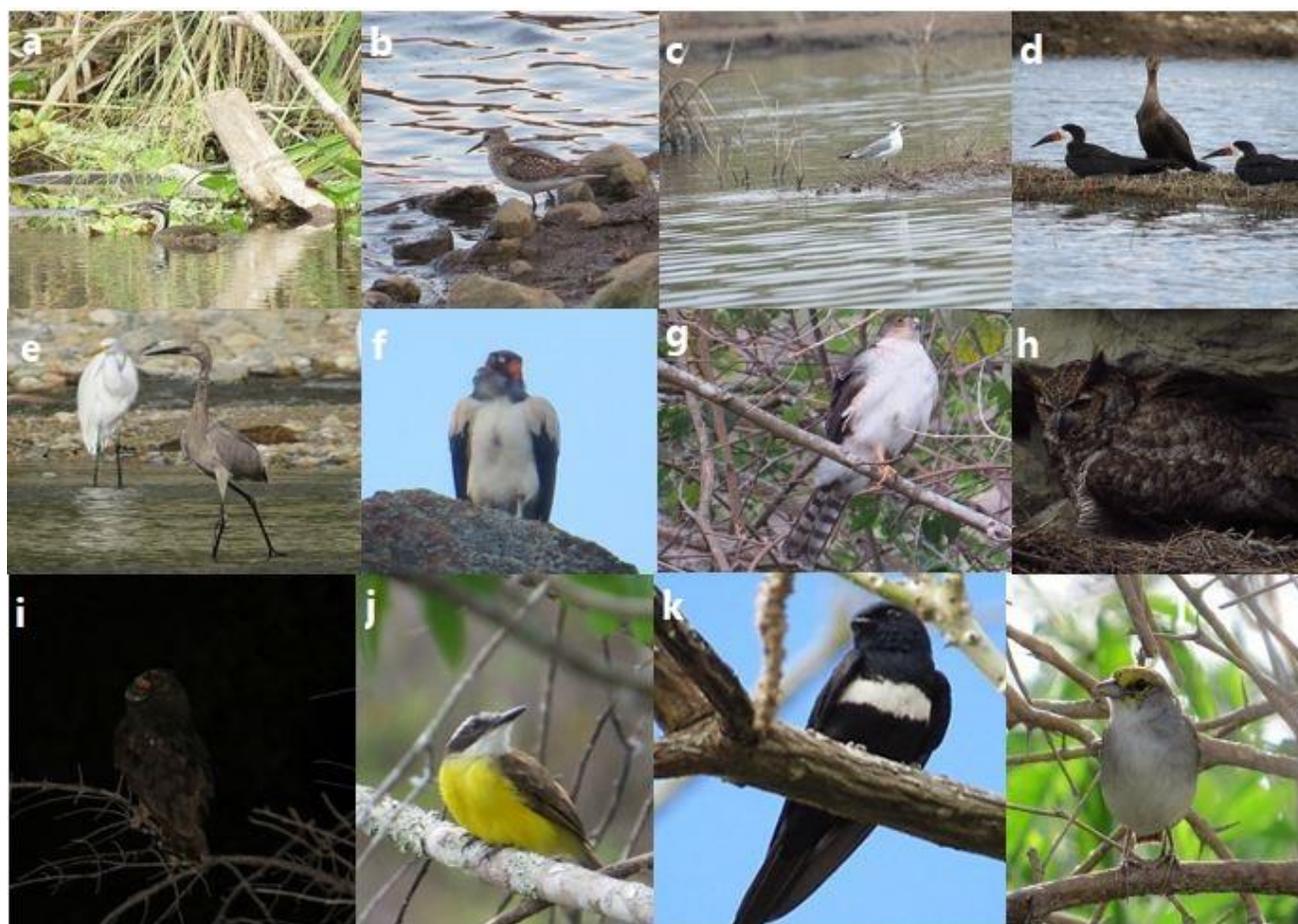


Figura 2. Aves registradas en el alto valle árido del río Magdalena en Huila, a) *Heliornis fulica* b) *Calidris bairdii*. c) *Leucophaeus atricilla*, d) *Rynchops niger* e) *Egretta rufescens*, f) *Sarcoramphus papa*, g) *Accipiter striatus*, h) *Bubo virginianus*, i) *Asio stygius*, j) *Pitangus lictor*, k) *Atticora fasciata*, l) *Ammodramus aurifrons*.

***Calidris bairdii* (Coues, 1861)**

Esta especie se caracteriza por tener patas y rabadilla negra y rémiges primarias que se proyectan más largas que la cola cuando está posada, por lo cual es fácil de diferenciar de los otros correlimos. Es un migratorio transcontinental y tiene registros en la cuenca baja del río Magdalena y en la franja costera Caribe y Pacífico (Naranjo *et al.*, 2012), y reportes en tierras del interior, hasta 3400 msnm y en los valles interandinos de los ríos Patía y Cauca (Hilty y Brown, 2001; Ayerbe-Quiñones *et al.*, 2008; Birdlife, 2016). Este es el primer registro de *C. bairdii* para el valle alto del río Magdalena en el Huila (figura 2a). Dos de los individuos registrados se hallaron en una bandada mixta con 24 correlimos pectorales (*Calidris melanotos*) y dos correlimos diminutos (*Calidris minutilla*) en el municipio de Gigante (localidad 3) durante el 21 de septiembre, y otros dos individuos el 5 de octubre de 2016, todos en horario de la tarde y a orillas del embalse El Quimbo, ocupando el mismo sector. Se asume que usa todo el territorio en su paso migratorio, pero sin localidades puntuales en la región (Ruíz-Guerra, 2012 (figura 2b).

***Leucophaeus atricilla* (Linnaeus, 1758)**

Esta gaviota es mayormente costera y su presencia en el Huila, es considerada como un nuevo registro en una de las localidades que pertenecen al valle del río Magdalena, ya que esta especie ha demostrado tener una buena adaptación en hábitats como lagos y ríos del interior del país en distintas altitudes (Hilty y Brown, 1986; Restall *et al.*, 2006; MacMullan *et al.*, 2010). Cabe anotar que además de El Quimbo, la región cuenta con el embalse Betania. Recientemente (enero de 2020), se obtuvo un registro fotográfico de *Leucophaeus atricilla* relativamente cercano a la ciudad de Popayán (ebird.org/checklist/S63215965). Durante este estudio, se lograron los primeros registros fotográficos en la región; inicialmente fue observado un individuo adulto el 8 de noviembre de 2016 (figura 2c) y otro con características de juvenil (plumaje de primer año) el 16 de noviembre de 2016; posteriormente siete individuos se registraron el 2 de diciembre de 2016, en horario de la tarde en la localidad 3, y otros 14 individuos el 3 de diciembre de 2016, en horario de la mañana en la localidad 4. Esta especie se diferencia de otras en la región, por su vocalización, silueta de vuelo y ausencia de marcas en las rémiges, por lo que no puede confundirse con *Phaetusa simplex*, una especie frecuente en todo el valle del Magdalena y cuyo pico es amarillo y largo.

***Rynchops niger* Linnaeus, 1758**

Se trata de una especie inconfundible por su aspecto y sus hábitos. A la fecha, es el primer registro con evidencias para el departamento del Huila. Se realizaron registros fotográficos de cinco individuos en la localidad 3, con aspecto de condición reproductiva, debido a la ausencia de banda nugal clara (Ayerbe-Quiñones, 2019), y agrupados en la orilla del embalse (figura 2d). Hasta la fecha se conoce un reporte en el valle alto del río Magdalena para el departamento de Tolima, en Ibagué (Naranjo *et al.*, 2012), complementado con otros registros fotográficos del año 2019 también en Ibagué (ebird.org/checklist/S54784609), aunque se le atribuye recientemente distribución histórica a lo largo del valle del Magdalena (Ayerbe-Quiñones, 2019).

***Egretta rufescens* (Gmelin, JF, 1789)**

El primer registro de esta especie en el alto Magdalena corresponde a un juvenil de morfo oscuro en la quebrada La Honda (localidad 5), detectado el 3 junio de 2016 en horas de la tarde. Luego, en ese mismo horario, pero del 24 de noviembre de 2016, se detectó un individuo en la quebrada La Yaguilga (localidad 4), cuyo aspecto llevó a considerar que se trataba del mismo individuo. Localmente, la especie más parecida es *Egretta caerulea* en edad adulta, la cual es de menor tamaño, tiene patas verdosas y cuerpo gris azulado con cabeza y cuello púrpuras; además, su conducta es tranquila, a diferencia de la de *E. rufescens*, la cual se desplaza constantemente durante el forrajeo (figura 2e).

***Sarcoramphus papa* (Linnaeus, 1758)**

Se trata de un registro fotográfico de un individuo con plumaje adulto, junto a un grupo de siete gallinazos negros (*Coragyps atratus*) sobre un peñasco alto a la orilla del río Magdalena, en cercanías a la localidad 5 (figura 2f). Este registro no corresponde a su distribución histórica conocida (McMullan, 2018; Ayerbe-Quiñones, 2019). En la etapa adulta esta especie es inconfundible y solo se asemeja en vuelo a *Mycteria americana*, cuyos pico y patas sobresalientes determinan la identificación. Existen registros de esta especie cerca de Villavieja, al norte del Huila (Hilty y Brown, 1986) y en ebird, siendo el más cercano el primero, correspondiente a enero de 2019 (ebird.org/checklist/S51537435).

***Accipiter striatus* Vieillot, 1808**

Un registro inusual tanto en altitud como en hábitat (McMullan *et al.*, 2010; McMullan, 2018; Ayerbe-Quiñones, 2019) correspondió a un individuo de morfo claro (figura 2g) el 22 de septiembre de 2016, posado a 10 m de altura y muy expuesto en una cobertura de árboles dispersos contiguos a las orillas del río Magdalena, en zona rural del municipio de Garzón (localidad 6), en horas de la tarde. Esta especie es de fácil distinción como morfo claro en comparación con otros rapaces afines, debido al plumaje rufo uniforme de sus tibias, su patrón bicolor contrastante y su cola larga. Hasta ahora no existían reportes documentados de la presencia de esta especie en las zonas áridas de esta región.

***Bubo virginianus nacurutus* (Vieillot, 1817)**

Se trata de una serie de registros fotográficos de una pareja en un nido (figura 2h) con actividad de cría en la localidad 5, entre los meses de agosto y octubre de 2016, cuyo ciclo de cría se detalla en Padilla (2019). Esta subespecie es un búho con coloración dorsal marrón cenizo, de tamaño grande e inconfundible por su barrado horizontal en su parte inferior. Su distribución conocida está asociada mayormente a las tierras bajas del Caribe y a las tres cordilleras (Chaparro-Herrera *et al.*, 2015). La distribución de este búho no había sido bien documentada en esta región, y se conoce su ocupación en la zona por la existencia de un espécimen de museo (ICN 8777), con fecha de 1947, referido por Hilty y Brown (1986) en el municipio de Baraya (departamento del Huila).

***Asio stygius* (Wagler, 1832)**

Para esta especie se obtuvo un registro de altitud comparativamente bajo (Chaparro-Herrera *et al.*, 2015), con un único avistamiento de un adulto en actitud activa y exploratoria (figura 2i) en arbustos bajos, el 18 de mayo de 2016 en la localidad 7. Es una especie de búho grande muy oscuro, con "orejas" muy juntas en el centro de la cabeza y patrón del plumaje ventral con franjas verticales, lo que lo diferencia de *B. virginianus*. Corroborando su ocupación del alto valle árido del Magdalena, existen un registro de Villavieja, Huila (Hilty y Brown, 1986) y otro de un individuo fotografiado en el municipio de Rivera, Huila, en diciembre de 2014 ([eBird \(ebird.org/checklist/S44006611\)](http://eBird.org/checklist/S44006611)).

***Pitangus lictor* (Lichtenstein, 1823)**

Esta especie fue reportada con evidencias por primera vez para la parte árida del valle árido de Magdalena en

septiembre 15 de 2015 y 22 de julio de 2016. Se encontraron dos individuos posados a menos de 1 m de altura sobre el agua en la orilla del embalse El Quimbo, en la localidad 8 (figura 2j). En la zona también se encuentra *Pitangus sulphuratus*, una especie que no tiene hábitos asociados al agua y cuya vocalización es diferente, además de que la forma del pico es más robusta y la tonalidad rojiza encendida en el dorso es muy distinta a la de *P. lictor*. En Colombia esta especie se reporta hasta los 600 msnm y regionalmente está registrada en el norte del Huila (Ayerbe-Quiñones, 2019). Se cuenta con especímenes colectados en los municipios de Neiva y Aipe (ICNAH 7 del año 1969 e ICNHR 4194 del 1982) y un registro fotográfico reciente en 2019, en Ibagué ([ebird.org/checklist/S53004216](http://eBird.org/checklist/S53004216)), lo que, en conjunto con este reporte, da cuenta de la presencia potencial de esta ave en la totalidad del valle del Magdalena en hábitats apropiados.

***Atticora fasciata* (Gmelin, 1789)**

Es una especie de distribución cisandina (Hilty y Brown, 1986; Ayerbe-Quiñones *et al.*, 2008), con expansión de rango transandino y nuevo registro de dispersión en el valle del Magdalena. Los registros se obtuvieron en las fechas 14 de mayo, 30 de agosto y 5, 22 y 24 de septiembre de 2016, correspondientes a cinco parejas detectadas a orillas del río Magdalena (localidades 1, 2 y 9), en vuelo o posadas en ramas secas y expuestas (figura 2k), una de las cuales entraba y salía de un agujero en un barranco rocoso en la localidad 9. Esta es un ave de apariencia característica totalmente diferente a otras residentes y migratorias, con un distintivo cinturón pectoral blanco que contrasta con su plumaje totalmente negro.

***Ammodramus aurifrons* (Spix, 1825)**

Especie de distribución cisandina (Hilty y Brown, 2001; Ayerbe-Quiñones *et al.*, 2008), con expansión de rango transandino. Se observó un individuo (figura 2l) en la desembocadura de la quebrada La Honda (localidad 5), el 21 de mayo de 2016. Este individuo se encontraba sobre bajos arbustales bajos, en la desembocadura de la quebrada sobre el río Magdalena. Otra especie similar en el área de estudio, *Ammodramus humeralis*, no tiene amarillo extendido en toda la cara, por lo cual es de fácil diferenciación. Existe un espécimen registrada en ROM bird 155009 para el área de Cajibío Cauca y en la cordillera occidental recolectada en 1972,

y tres ejemplares recolectados en 1912, Florida, Valle del Cauca (AMNH 117169, AMNH 117170, AMNH 117171). Asimismo, se ha registrado en la cordillera Central, lo cual ubica a la especie fuera de su rango cisandino, al igual que un reciente registro fotográfico en enero de 2019 en la bota caucana (ebird.org/checklist/S63567914).

Discusión

Respecto a la avifauna registrada en el alto valle árido del río Magdalena en el Huila, se puede reconocer tres grupos en las especies observadas en las nuevas localidades: especies cisandinas de hábitat ripario y áreas abiertas provenientes de la vertiente oriental de la cordillera Oriental, especies de hábitat acuático y “aves de presa” ampliamente adaptables a áreas abiertas o bordes. En cuanto a las especies cisandinas de hábitat ripario, cabe mencionar el registro de *A. fasciata* una golondrina de hábitats ribereños, cuyo límite altitudinal reportado es 1400 msnm (Hilty y Brown, 1986), que habita regiones de bordes de bosques, pasturas abiertas con arbustos en tierras bajas y estribaciones (Turner y Rose, 2010), por lo que su llegada al valle del Magdalena se puede relacionar con la pérdida de bosques en el piedemonte amazónico y en el valle alto del Magdalena en el rango de altitud mencionado. Por su parte, *A. aurifrons* es un gorrión de hábitats ribereños abiertos y con un rango altitudinal similar a *A. fasciata* (<1700 msnm) (op.cit), en las estribaciones de los Andes y, por consiguiente, sugiere un mismo patrón de dispersión.

En cuanto a las especies de hábitat acuático (*Cairina moschata*, *Heliornis fulica*, *Calidris bairdii*, *Leucophaeus atricilla*, *Rynchops niger*, *Egretta rufescens* y *Pitangus lictor*), su distribución está mejor documentada en las cuencas media y baja del valle alto del Magdalena. *H. fulica* probablemente esté establecida en todo el valle alto del Magdalena y ha sido subregistrada, una situación similar a la de *C. moschata*, aunque esta última es escasa por destrucción de hábitat y cacería. En este caso es pertinente anotar que ambas especies se distribuyen a ambos lados de la cordillera Oriental y en el resto del valle del Magdalena y tienen reportes altitudinales por encima de los 2600 msnm (Hilty y Brown, 1986; Ayerbe-Quiñones, 2019), por lo que su presencia es congruente con sus capacidades de supervivencia, de manera que los individuos establecidos en estos sistemas pueden tener orígenes inciertos. Paralelamente, el aumento de la superficie de grandes embalses eventualmente puede favorecer su presencia, al igual que la de las especies *C. bairdii*, *L.*

atricilla, *R. niger* y *P. lictor*, la mayoría de las cuales son de gran movilidad, y son reconocidas por su capacidad migratoria (Naranjo *et al.*, 2012); dado que la región ampliamente transformada en arrozales, embalses, áreas de producción piscícola y agropecuaria, provee variedad de recursos.

En el caso de *Egretta rufescens*, se trata de un registro inusual, ya que se considera una especie restringida a hábitats costeros, manglares y playones salinos (Hilty y Brown, 2001), que registra migraciones longitudinales en este mismo rango de hábitats (Falk-Fernández, 2012). De esta manera, puede interpretarse que el individuo observado era errático respecto a su distribución habitual, aspecto que no es novedoso, ya que existen reportes de eBird adicionales de individuos erráticos lejos de las costas en otros países: un registro fotográfico de un juvenil en morfo oscuro en Guatemala en 2019. Asimismo, también se registraron en México, Estados Unidos, Costa Rica y Ecuador (Registros recientes evidenciados en eBird).

Por su parte, las “aves de presa” como *Sarcoramphus papa*, *Accipiter striatus*, *Bubo virginianus* y *Asio stygius*, están distribuidas en bosques, bordes y áreas abiertas en un amplio rango altitudinal (Chaparro-Herrera *et al.*, 2015; Ayerbe-Quiñones, 2019). Para las dos especies de búhos, es evidente su capacidad de sobrevivir en zonas secas. Además, como lo evidencian los reportes, estas especies suelen criar en nidos abandonados de otras aves, al tiempo que en la región existen sectores con acantilados elevados que son sustrato de anidación de varias especies grandes, como por ejemplo *Theristicus caudatus*, y el paisaje heterogéneo de parches bosques, zonas agropecuarias y cultivos de la región genera un ambiente propicio de abundancia y diversidad de presas (Padilla, 2019)

En el caso de *Sarcoramphus papa*, puede tratarse de una especie subregistrada que presenta una gran habilidad de desplazamiento, aprovechando la dinámica de disposición de cadáveres de zonas rurales y boscosas aledañas, además de la disponibilidad de acantilados para sitios de anidación.

Paralelamente, otros estudios han encontrado algunos elementos faunísticos del piedemonte oriental en los bosques secos del alto Magdalena. Tal es el caso de Gómez y Robinson (2014) en Tolima y Miller (1947; 1952), quien sugirió que la similitud de la avifauna y los patrones morfológicos de las poblaciones de la región de la quebrada La Venta (Tesalia, Huila) y del piedemonte amazónico pueden ser explicadas por su cercanía al paso de Andalucía, Mana Dulce y Boquerón (Huila, Cundinamarca y Tolima, respectivamente).

Miller (1947) señala que la zona de Andalucía (Huila), a una escala geológica amplia y dada su condición de zona baja en la cordillera Oriental, puede funcionar como “punto de fuga” para algunas especies. En la misma escala, Cadena-Ortiz *et al.* (2016) concluyen que los valles interandinos generaron bloqueos y escapes de especies, perfilando las comunidades antes de los cambios antrópicos actuales. En el contexto de transformación actual del paisaje de la cordillera oriental, se presenta entonces una oportunidad de desplazamiento por parte de las especies cisandinas reportadas. Igualmente, en una escala temporal más cercana se reconoce a una zona baja de la cordillera Oriental, el sector de La Uribe, en el departamento del Meta, como otro posible punto de entrada de especies amazónicas al valle del Magdalena, como es el caso de los primates *Sapajus apella* y *Saimiri sciureus* (Defler, 2003). De esta forma, se espera que más especies tolerantes a las áreas transformadas lleguen del piedemonte oriental al valle del Magdalena y eventualmente se dispersen a lo largo de toda su cuenca; como por ejemplo, *Turdus fumigatus* una especie orinocense, actualmente se encuentra hipotéticamente distribuida en los valles interandinos (Ayerbe-Quiñones, 2019), así como también, recientemente ha sido confirmada por reportes confirmados en eBird, para zonas ubicadas Cali, Popayán y Manizales en tanto que la golondrina *Pygochelidon melanoleuca*, especie orinocense-amazónica, ha sido registrada en el extremo sur del valle del Magdalena (op. cit). Coincidentemente, ambas especies presentan límites altitudinales y hábitats similares a las especies cisandinas nuevas en el valle de Magdalena.

De manera equivalente, en el contexto de la antropización de la cordillera Oriental se ha reportado establecimiento transandino de especies cisandinas, como por ejemplo *Polytmus guainumbi*, *Turdus nudigenis*, *Quiscalus lugubris* y *Cissopis leveriana*, lo que genera cambios en la composición de la avifauna (Strewe *et al.*, 2006; Avendaño *et al.*, 2013). Esta dinámica posibilita incluso hibridaciones de especies similares anteriormente aisladas (Carantón-Ayala *et al.*, 2018). Por otro lado, es importante también tener en cuenta que la literatura de guías de campo y otras publicaciones impresas y digitales (por ejemplo: IUCN; BirdLife; Hilty y Brown, 1986; McMullan, 2018; Ayerbe-Quiñones, 2019) no tienen en sus mapas información uniforme de las distribuciones o localidades de ocurrencia de las especies, lo que podría indicar que en su elaboración se han omitido algunos registros de museos y publicaciones, como es el caso de

Ammodramus aurifrons, *Bubo virginianus*, *Asio stygius* y *Pitagus lictor*. Así, se evidencia un vacío de exploración ornitológica en la región, lo que hace necesario estimular estudios, inventarios y colectas para profundizar en el conocimiento del efecto de los cambios en el paisaje sobre la composición de las comunidades.

Conclusiones

La avifauna del alto valle del Magdalena ha sido poco explorada, y el hecho de que el presente reporte ofrezca resultados de nuevos registros con recorridos cortos de campo evidencian la baja representatividad de estudios ornitológicos a corto y mediano plazo en la región, incluyendo la recolecta científica.

Con estos registros se está mostrando un horizonte dinámico en cuanto a la entrada de especies, lo que da lugar a la expectativa de ampliaciones de distribución de especies tolerantes sobre un esquema de perturbación antrópica. Asimismo, la creación de grandes embalses fomenta el establecimiento de algunas especies acuáticas, por lo que es pertinente que se implemente una línea de monitoreo y colectas de la avifauna de la región para su actualización. Es preciso abordar las temáticas relacionadas con los flujos faunísticos naturales y artificiales dentro de este valle y sobre la cordillera Oriental, así como los escenarios específicos que los impulsen.

Agradecimiento

A los biólogos Jorge E. Avendaño, Paulo Pulgarín y Fernando Ayerbe-Quiñones, quienes revisaron varias versiones de este escrito; a Estefany Ramón, por ceder la fotografía de *Heliornis fulica*, a Juan Camilo Torres, por ceder la fotografía de *Leucophaeus atricilla*, a María José Serrano, Jorge Zúñiga, Iván Pinto, Eduardo Archila y Nora Pérez, por su entusiasmo y aportes en las salidas de observación.

Referencias

- Avendaño, J.E., Cortés-Herrera, J.O., Briceño-L, E.R. y Rincón-Guarín, D.A. 2013. Crossing or bypassing the Andes: A commentary on recent range extensions of cis-Andean birds to the West of the Andes of Colombia. Orinoquia 17: 207-214. Doi:<https://doi.org/10.22579/20112629.18>
- Ayerbe-Quiñones, F. 2019. *Guía ilustrada de la avifauna colombiana. Serie: Avifauna Colombiana*. Wildlife Conservation Society. Bogotá D.C.: Punto Aparte Bookvertising.

- Ayerbe-Quiñones, F., López, J. P., González, M. F., Estela, F., Ramírez, M., Sandoval, J. y Gómez, L. 2008. Aves del departamento del Cauca – Colombia. *Biota Colombiana* 9(1) 77-132.
- Cadena-Ortiz, H., Garzón, C.S., Villamarín-Cortéz, Pozo-Zamora, G.M., Echeverría-Vaca, G. Yáñez, J y J. Brito. 2016. Diet of the Burrowing Owl *Athene cunicularia*, in two locations of the inter-Andean valley Ecuador. *Revista Brasileira de Ornitología* 24(2): 122-128. Doi: <https://doi.org/10.1007/BF03544340>
- eBird, 2009. eBird - Discover a new world of birding. <https://ebird.org/home>. Consultado: 15 de junio de 2020.
- BirdLife International, 2016. Species factsheet: *Calidris bairdii*. <http://www.birdlife.org>. Consultado: 10 de julio de 2019.
- Carantón-Ayala, D., Avendaño, J.E. y Cadena, C.D. 2018. Hybridization in brushfinches (Atlapetes, Emberizidae) from the southeast Andes of Colombia: a consequence of habitat disturbance? *Journal of Ornithology* 159: 713-722. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10336-018-1544-1>.
- Corporación Autónoma Regional del Río Grande de la Magdalena (CORMAGDALENA). 2007. Atlas Cuenca del Río Grande de la Magdalena, Imprenta Nacional de Colombia, Bogotá, D.C.
- Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena, CAM. 2016. CAM y PNUD fortalecen alianza para conservar bosque seco tropical del Huila. PNUD, Bogotá, D.C.
- Chaparro-H, S., Córdoba, S., López, J.P., Restrepo, J.S. y Cortés, O. 2015. Los Búhos de Colombia. En: Enríquez, P., Editor. *Los Búhos Neotropicales: Diversidad y Conservación*. ECOSUR, México D.F.
- Chapman, F. 1917. The Distribution of Birdlife to a Biological Survey of South America. *Bulletin American Museum of Natural History* 31:139.
- Defler, T.R. 2003. *Primates de Colombia*. Conservación Internacional Colombia, Bogotá D.C.
- Díaz-Merlano, J. M. 2006. *Bosque Seco tropical*. Editorial I/M Editores, Bogotá D.C.
- Etter, A.1998. *El Bosque seco Tropical en Colombia*. Instituto Alexander von Humboldt, Programa de Inventario de la Biodiversidad Grupo de Exploraciones y Monitoreo Ambiental GEMA. Bogotá D.C.
- Falk-Fernández, P. 2012. *Calidris bairdii*. En: Naranjo, L. G., Amaya, J.D., Eusse-González, D. y Cifuentes-Sarmiento, Y. Editores. *Guía de las Especies Migratorias de la Biodiversidad en Colombia. Aves. Vol 1*. Ministerios de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible / WWF. Bogotá D.C.
- Fundación Natura. 2010. Propuesta Piloto de Restauración, Plan de Restauración Ecológica del Bosque Seco. Proyecto Hidroeléctrico El Quimbo. Natura, Bogotá D.C.
- García-Delgadillo, J. y Losada-Prado, S. 2013. Ensamblaje de Aves en Gradientes Bioclimáticos del Bosque Seco Tropical del Tolima. *Revista de la Asociación colombiana de Ciencias* 25:98-108.
- Gómez, J.P. y Robinson, S. 2014. Aves del Bosque seco Tropical de Colombia: Las Comunidades del Valle Alto del Río Magdalena. En: Pizano, C. y García, H. Editores. *El Bosque Seco Tropical en Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D.C.:
- Hilty, S. L. y Brown. W.L. 1986. *A Guide to the Birds of Colombia*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Hilty, S.L. y Brown, W.L. 2001. *Guía de las aves de Colombia. Cali, Colombia*. Princeton University Press, American Bird Conservancy-ABC, Universidad del Valle, Sociedad Antioqueña de Ornitología-SAO, Cali
- Kattan, G., Sánchez, H., Vélez, C., Ramírez C. y Celis, Marcela. 2019. Beta diversity and knowledge gaps of Colombia's dry forests: implications for their conservation. *Caldasia* 41(1): 5-11. Doi: <https://dx.doi.org/10.15446/caldasia.v41n1.76229>
- Losada-Prado, S. y Molina-Martínez, Y. G. 2011. Avifauna del bosque seco tropical en el Departamento del Tolima (Colombia): análisis de la comunidad. *Caldasia* 33(1): 271-294.
- Mac Mullan, M., Quevedo, A. y Donegan, T. 2010. Guía de Campo de las Aves de Colombia. Fundación Proaves, Bogotá D.C.
- MacMullan, M. 2018. *Field Guide to the Birds of Colombia*. Rey Naranjo Editores, Bogotá D.C.
- Miller, A.H. 1947. The Tropical Avifauna of the upper Magdalena valley, Colombia. *The Auk* 64: 351-381.
- Miller, A.H. 1952. Supplementary data on the Tropical Avifauna of the arid upper Magdalena valley of Colombia. *The Auk* 69: 450-457.
- Naranjo, L. G., J. D. Amaya, J.D., Eusse-González, D. y Cifuentes-Sarmiento, Y. (Eds.). (2012). Guía de las Especies Migratorias de la Biodiversidad en Colombia. Aves. Vol. 1. Bogotá, D.C.: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible / WWF Colombia.
- Padilla, O. 2019. Descripción de un evento de anidación del búho real (*Bubo virginianus nacurutu* Vieillot, 1817) y del búho moteado (*Ciccaba virgata virgata* Cassin, 1849) en Huila, Colombia. *Intropica* 14(1): 8-15. Doi: <http://dx.doi.org/10.21676/23897864.2696>.

- Remsen, J.V., Areta, Jr., J.I., Bonaccorso, Claramunt, E., Jaramillo, S.A., Pacheco, J.F., Ribas, C.M.B., Robbins F.G., Stotz, D.F. y Zimmer, K. J. 2020. A classification of the bird species of South America. American Ornithological Society. Sitio web <http://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCBaseline.htm>. Consultado: 01 enero del 2020.
- Restall, R., Rodner, C. y Lentino, M. 2006. *Birds of Northern South America. Vol.2*. Yale University Press, New Heaven,
- Ruíz-Guerra, C. 2012. *Calidris bairdii*. En: Naranjo, L. G., J. D. Amaya, D. Eusse-González y Cifuentes-Sarmiento, Y Editores. *Guía de las Especies Migratorias de la Biodiversidad en Colombia. Aves. Vol 1*. Ministerios de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible / WWF. Colombia. Bogotá, D.C.
- Strewe, R., Villa-De León, C., Lobatón, G., Morales Rozo, A. y Ayerbe Quiñones, F. 2006. Ampliación del Rango de Distribución del Chango Llanero *Quiscalus Lugubris* (Icteridae) en Colombia. *Revista Intropica* 3: 109 – 112.
- Turner, A. y Rose, C. 2010. *A Handbook to the Swallows and Martins of the World*. Christopher Helm Publishers. London, U.K.
- Citar como:** Padilla, O. 2020. Nuevos registros de avifauna en el alto valle árido del río Magdalena, Huila, Colombia. *Intropica* 15(1): 24-33 .Doi: <http://dx.doi.org/10.21676/23897864.3395>

Uso de hábitats y recursos florales de *Chalybura buffonii caeruleogaster* (Aves: Trochilidae) en un sector del piedemonte llanero, Villavicencio, Colombia
Habitats use and floral resources of *Chalybura buffonii caeruleogaster* (Aves: Trochilidae) in a sector of the piedemonte llanero, Villavicencio, Colombia

Óscar E. Morales-González^{*}, Gerson Peñuela-Díaz y Juan E. Carvajal-Cogollo

Grupo de Investigación Biodiversidad y Conservación, Museo de Historia Natural Luis Gonzalo Andrade, Programa de Biología, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja, Colombia

*Autor de correspondencia: oskr2399@hotmail.com

Recibido: 01 de junio de 2020

Aceptado: 21 de julio del 2020

Publicación en línea: 30 de junio de 2020

Resumen

Palabras clave:
selección de hábitats; recurso trófico;
colibrí; hábitat fragmentado

El colibrí *Chalybura buffonii caeruleogaster* es una subespecie de cuya ecología se conoce poco, incluidos aspectos tróficos. Por esto se buscó aportar al conocimiento de uso de hábitats y especies vegetales usadas como alimento por *C. b. caeruleogaster*. Con ese fin se realizaron muestreos de marzo a septiembre de 2018 en las épocas secas y de lluvia en localidades del piedemonte llanero. Se obtuvieron registros de 16 individuos adultos, 10 machos y seis hembras, de los cuales 11 se observaron en la época de lluvias, y cinco, en la época seca. Los hábitats más usados fueron el tejido urbano, la vegetación secundaria y el mosaico de cultivos. Asimismo, se registraron 10 especies que formaron el recurso floral de *C. b. caeruleogaster*, entre las que se incluyen plantas ornamentales y nativas de la región. Esto brinda información sobre el aprovechamiento de recursos generalizados por parte de la especie. Los resultados expuestos aportan al conocimiento de la ecología de la especie (subespecie), de su carácter elusivo y del potencial de amplitud de su espectro dietario. Se propone como recomendación evaluar los procesos y mecanismos ecológicos que moldean el tamaño poblacional (su rareza o carácter elusivo) y la capacidad de detección en ambientes naturales.

Key words:
Habitat selection; trophic resource;
hummingbird; fragmented habitat

Abstract

The hummingbird *Chalybura buffonii caeruleogaster* is a subspecies of which little is known about its ecology, including trophic aspects. For this reason, we seek to contribute to the knowledge of the use of habitats and plant species used as food by *C. b. caeruleogaster*. We carry out samplings from March to September 2018, in the dry and rainy seasons in localities of the Piedemonte Llanero. We registered 16 adult individuals, 10 males and six females, of which 11 were observed in the rainy season and five in the dry season. The most used habitats were the urban fabric, the secondary vegetation and the mosaic of crops. We registered 10 species that formed the floral resource of *C. b. caeruleogaster*. Within these plant species ornamental and native plants of the region were registered. This provides information on the use of generalized resources by the species. The exposed results contribute to the knowledge of the ecology of the species (subspecies), its elusive nature and the potential of amplitude of its dietary spectrum. Recommendations are proposed to evaluate the ecological processes and mechanisms that shape the population size (its rarity or elusive nature) and the detection capacity in natural environments.

Introducción

El uso de los recursos (*eg.* alimentario, hábitat) por parte de las especies depende de múltiples factores, entre los que cuentan las condiciones ambientales y climáticas, el tipo de hábitat y la abundancia, así como la disponibilidad de recursos alimentarios (Smith, 1990; Nosedal, 1994; Brown y Rannala, 1995; Codesido y Bilenca, 2004). Este último factor, tiene un rol importante en el establecimiento de poblaciones de colibrís (Trochilidae), los cuales son reconocidos polinizadores del neotrópico, que se encuentran desde ecosistemas costeros hasta altoandinos (Medina-van Berkum *et al.*, 2016). En esta amplia gama de ambientes, estas aves visitan cientos de flores en busca de néctar, el cual es su fuente alimentaria, y a la vez cumplen su papel ecológico de polinizadores (Solano-Rodríguez y Mercado-Gómez, 2020). Así, el hecho de que su principal alimento sea el néctar de determinadas flores hace que estas especies se encuentren restringidas a las áreas de floración de ciertas plantas (Wolf *et al.*, 1976), lo que moldea directamente el uso o utilización que hacen de un hábitat o cobertura determinada.

El colibrí de Buffon (*Chalybura buffonii*) se distribuye ampliamente desde Centroamérica hasta Ecuador, en rangos altitudinales entre 0 y 2 000 m (García y Botero, 2013). La especie habita áreas de bosques húmedos, secos y muy húmedos y áreas abiertas con cierto grado de perturbación (Hilty y Brown, 2009). Dentro de este grupo se distingue la subespecie *Chalybura buffonii caeruleogaster*, que se distribuye en el piedemonte llanero de Colombia y sobre cuya ecología se conoce poco sobre su ecología, incluidos aspectos tróficos. Esta es un área potencial que podría ofrecer una gran variedad de recursos florales para los colibrís dada su alta riqueza de plantas con flores (Rangel-Ch y Minorta, 2014) y, particularmente para el caso del colibrí de Buffon, se puede presentar competencia interespecífica por el recurso alimenticio (García y Botero, 2013), la cual se ve influenciada por la temporalidad climática (Schuchmann, 1999). Esta competencia se podría dar de manera interespecífica, por ejemplo con *Chrysuronia oenone*, y para otras regiones del país con especies del mismo género (*ej. C. urochrysiá*) (Hilty y Brown, 2009).

Si bien *Chalybura buffonii caeruleogaster* es común, los aportes sobre el uso del hábitat y del aprovechamiento de recursos florales son necesarios para conocer aspectos de su ecología e historia natural. Por tal motivo, con el fin de brindar dicha información, se documentaron el uso de hábitats y las especies

vegetales empleadas como alimento por el colibrí de Buffon en dos épocas climáticas, en los meses de marzo y septiembre de 2018.

Materiales y métodos

El área muestreada se ubicó en la ecorregión de piedemonte llanero en dos sectores: El Carmen (04°08'N 73°39'W) y Buenavista (04°10'N 73°40'W), del municipio de Villavicencio, Meta, y cada uno cubrió un bloque de área de 300 ha. Estos sectores se encuentran en una altitud de entre 740 y 1 260 m, que corresponde a la formación de bosque húmedo tropical (Stile, 1980; Holdridge, 1996), y presentan formaciones vegetales ribereñas (figura 1) (*ej.*, bosques riparios), que se caracterizan por la presencia de especies arbóreas como *Pourouma guianensis*, *Rinorea macrocarpa* y *Cassia moschata* y pastizales de *Melinis minutiflora* y de *Paspalum carinatum* (Rangel-Ch y Minorta-Cely, 2014). Cada bloque de área muestreado se caracterizó por ser presentar un mosaico de coberturas, que incluyen fragmentos de bosque, bosques riparios, en buen estado de conservación, pastizales, áreas urbanas y rurales, como las más importantes (Rangel-Ch, 2015).

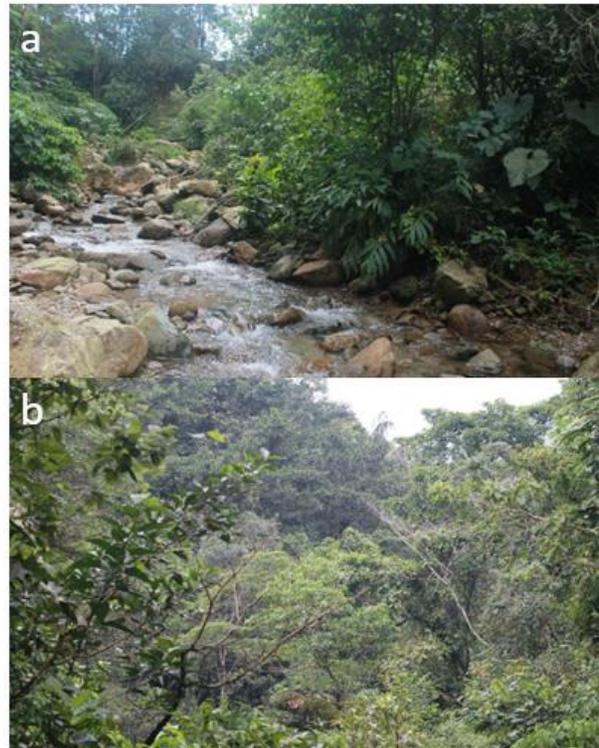


Figura 1. Coberturas presentes en el área muestreada en sectores del piedemonte llanero, municipio de Villavicencio-Meta, a) bosque de galería; b) bosque abierto alto.

El régimen de precipitación del área de estudio se ubica en la unidad climática G (>3 000 mm de precipitación

anual), de clima súper húmedo pluvial con régimen de distribución de las lluvias unimodal biestacional. El monto promedio anual es de 3 766 mm, con una media mensual de 313 mm. La concentración de las lluvias se presenta a lo largo de siete meses (abril a octubre), y constituyen el 79 % del total anual. En el año la precipitación alcanza su nivel máximo en el mes de mayo, desciende un poco y retoma otro pequeño aumento en el mes de octubre, para descender gradualmente a noviembre y alcanzar luego niveles mínimos en los meses de diciembre a febrero, con enero como el mes más seco (Minorta-Cely y Rangel, 2014).

En el área de estudio se distinguieron cinco coberturas por su dominancia en: 1) bosques riparios con dosel semicerrado, aledaños a cuerpos de agua; 2) pastos arbolados, con estructura vegetal simple, dedicados al pastoreo de ganado; 3) tejido urbano discontinuo, que corresponde a veredas y caseríos del área, sin una infraestructura urbana marcada; 4) vegetación secundaria, fragmentos de bosque, estratificados y con dosel cerrado, y 5) mosaico de cultivos, pequeños parches de sembradíos de pancoger.

Diseño de la investigación y muestreos

Se realizaron cuatro salidas de campo, todas con una duración de 15 días efectivos de muestreos, en las épocas de sequía (marzo y julio) y de lluvias (mayo y septiembre) de 2018. En cada una de estas salidas se muestrearon las dos áreas, con levantamiento de 20 transectos para Buenavista y 15 para El Carmen, para un total de 35 transectos. Estos se distribuyeron de a siete para cada tipo de cobertura, esto es, bosque ripario, pastos arbolados, tejido urbano discontinuo, vegetación secundaria y mosaico de cultivos. Cada transecto tuvo una longitud que osciló entre 1 y 2,5 km y se recorrió a una velocidad aproximada de 0,7-1,0 km/h en las horas de mayor actividad de la especie, que generalmente son entre las 05:30 y 10:30 horas y, en la tarde, desde las 15:00 hasta las 18:00 horas (Ralph *et al.*, 1997).

En el momento en que se detectó a la especie se tomaron datos como la hora, el sexo, la abundancia, la actividad realizada y la especie de planta visitada. Adicionalmente, en cada área se dispusieron 10 puntos de observación, en sitios que no se abarcaron en los transectos, para complementar el muestreo. De las plantas visitadas por las especies, se tomó una muestra botánica que se trasladó al herbario de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia para su identificación.

Análisis de datos

Se registró el número de detecciones de *Chalybura buffonii caeruleogaster* y se calculó el índice de abundancia relativa (IAR) (Goulart *et al.*, 2009). El IAR se estimó para la especie *i*, en el sitio *j* durante la temporada *k* del año (lluvia y sequía) en cada cobertura. La fórmula que permitió obtener dicho índice fue:

$RAI = A / N \times 100$, donde *A* es el número total de detecciones de una especie por todas las coberturas, *N* es el número total de horas de muestreo en toda el área de estudio, y 100 es igual al factor de corrección estándar.

A partir de los valores de abundancia relativa de cada cobertura vegetal, se realizaron estimaciones para verificar si existían diferencias significativas entre ellos, a través de un análisis de varianza (ANOSIM) en el programa Past (Hammer y Rian, 2001).

El uso del hábitat se determinó a través del número de individuos en cada una de las coberturas vegetales identificadas. Se calcularon los índices de Bonferroni con intervalos de confianza (Cherry, 1996), para inferir si la especie prefería, usaba o evitaba un determinado hábitat y/o cobertura, así como el índice de preferencia de Jacob (1974) (Montenegro y Acosta, 2008). Por otra parte, para el cálculo a escala espacial de la amplitud de nicho con respecto al hábitat se utilizó el índice estandarizado de Levins (BA) (Hurlbert, 1978): $BA = (B - 1) / (n - 1)$, donde *B* es el índice de amplitud de nicho de Levins ($B = 1 / \sum p_i^2$, donde p_i corresponde a los tipos de hábitat que componen el espacio utilizado por la especie *i*). Estos análisis se hicieron en el programa HaviStat v2 (Montenegro y Acosta, 2008).

Resultados

Uso de hábitats

Se obtuvieron registros de 16 individuos adultos, 10 machos y seis hembras (figura 2a y b). La mayor frecuencia de detecciones se tuvo para la época de lluvias (IAR= 0,68), seguida de la época seca (IAR = 0,31). Los individuos se registraron cerca o libando algún recurso floral y en movimientos repetitivos en un territorio determinado. Para el área de El Carmen se registraron siete individuos, mientras que en Buenavista se observaron nueve. Se identificaron 11 áreas territoriales, ubicadas principalmente en cercanías a los tejidos urbanos, los bordes de la vegetación secundaria y las áreas de cultivos, la mayoría de ellas custodiada por un ejemplar.



Figura 2. Colibrí de Buffon (*Chalybura buffonii caeruleogaster*) registrado en sectores del Piedemonte llanero, municipio de Villavicencio-Meta; a) hembra, b) macho.

El colibrí de Buffon se registró en tres de las cinco coberturas cubiertas por el muestreo. En orden decreciente, las coberturas más usadas fueron el tejido urbano con 13 individuos (IAR=0,81), seguido de bosque ripario (n=2, IAR=0,12) y mosaico de cultivos (n=1, IAR=0,06), cercanos a asentamientos humanos, en borde de bosque o cerca de lugares con plantas ornamentales. Los valores dados por el análisis de preferencia de hábitat son correspondientes a los valores de abundancia relativa por tipo de cobertura. Asimismo, se mostraron diferencias significativas en general entre las abundancias relativas del tejido urbano discontinuo ($p < 0,05$) con relación al bosque ripario y al mosaico de cultivos.

Los valores generales de la amplitud de nicho (BA)

indicaron una elección generalista (0,72) del hábitat para el periodo de muestreo, que abarcó las épocas seca y de lluvias del año. Este valor es congruente con la presencia de la especie en tres de las cinco coberturas evaluadas (tabla 1).

Recurso floral

Se identificaron 10 especies vegetales (figura 3) como recurso alimentario del colibrí de Buffon (*C. b. caeruleogaster*): tres de la familia Acanthaceae, dos de Fabaceae y una de Musaceae, Heliconiaceae, Malvoideae, Anacardiaceae y Myrtaceae. Todas ellas presentaron flores llamativas y de colores vistosos que forman parte de la disponibilidad de alimento no solo para el colibrí, sino para otras especies libadoras con quien comparte hábitats.

Tabla 1. Análisis de preferencia de hábitat del colibrí de Buffon (*Chalybura buffonii caeruleogaster*)

Nombre	Bosque ripario	Pastos arbolados	Tejido Urbano	Vegetación secundaria	Mosaico de Cultivos
Índice de bonferroni	5,69	-	5,89	-	1,96
Índice de Jacobs	-1	-	0,8	-	-0,4

Tabla 2. Número de visitas observadas a cada especie de planta por *Chalybura buffonii caeruleogaster*

Familia	Especie	# Visitas
Musaceae	<i>Musa paradisiaca</i>	1
Heliconiaceae	<i>Heliconia</i> sp.	2
Malvoideae	<i>Malvaviscus arboreus</i>	4
Fabaceae	<i>Brownea ariza</i>	2
	<i>Erythrina peoppigiana</i>	1
Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i>	1
Myrtaceae	<i>Syzygium malaccense</i>	2
Acanthaceae	<i>Megaskepasma erythrochlamys</i>	2
	<i>Pachystachys lutea</i>	1
	<i>Trichanthera gigantea</i>	4

Entre estas 10 especies de flora se observaron 19 visitas, la mayoría de ellas a *Malvaviscus arboreus* (Malvaceae) y a *Trichanthera gigantea* (Acanthaceae), donde se observó a las aves libar (60 %), revolotear (30 %) y acicalarse (10 %) (tabla 2).

Discusión

El colibrí de Buffon mostró bajas abundancias relativas (bajas detecciones) en el área de estudio. Este resultado contrasta con lo documentado para la especie, donde se le considera un ave común en diversas áreas naturales, seminaturales, transformadas y urbanas (Schuchmann, 1999; Hilty y Brown, 2009). No obstante, estas investigaciones no muestran valores de abundancia con los cuales se puedan contrastar las abundancias relativas encontradas en esta investigación, considerando que se ha reportado que las observaciones y frecuencias de capturas son bajas para muchas especies de colibrís. Por ejemplo, Restrepo-Zuleta (2017) encontró que la máxima

abundancia de *Florisuga mellivora* fue de 16 individuos y la de *Colibri delphinae* fue de 10 individuos en un periodo de muestreo similar al que se abarcó en esta investigación (abril-noviembre).

La abundancia de los colibrís puede verse influenciada por varios factores ambientales como la estructura del hábitat, las condiciones climáticas y la disponibilidad de los recursos alimentarios (Partida *et al.*, 2012), y también cabe considerar las épocas de migración o los movimientos locales de las poblaciones (Rappole y Schuchmann, 2003). De cualquier forma, una posible explicación de la baja abundancia del colibrí de Buffon en el área de estudio puede ser la presencia de 17 especies de trochilidos (Peñuela-Díaz, 2017), con las cuales comparte recursos, principalmente de los bosques, bordes de bosque de ribera, entre otros, lo que lo lleva a utilizar la vegetación de tipo arvense de los tejidos urbanos discontinuos, similar a lo documentado por Schuchmann (1999)



Figura 3. Especies de plantas visitadas por el colibrí de Buffon (*Chalybura buffonii caeruleogaster*) en sectores del piedemonte llanero, municipio de Villavicencio-Meta: a) *Trichanthera gigantea*, b) *Heliconia* sp., c) *Malvaviscus arboreus*, d) *Brownea ariza*, e) *Syzygium malaccense*, f). *Megaskepasma erythrochlamys*, g) *Pachystachys lutea*, h) *Erythrina poeppigiana*.

Uso de hábitats

Las mayores detecciones observadas en las áreas urbanas se pueden deber a la simplicidad de su estructura vegetal y a la facilidad para la obtención de recursos florales en jardines y bordes de camino, lo que

en general aumenta el desempeño de la especie al llevar a cabo algunas de sus funciones vitales (Wetmore, 1957). Este comportamiento es considerado como generalista y ha sido documentado para otras especies de trochilidos tales como *Chlorostilbon*

lucidus, *Amazilia fimbriata* y *Anthracothorax nigricollis*, entre otras (Maruyama *et al.*, 2019).

Otro aspecto que influye en el uso y preferencia de los hábitats del colibrí de Buffon es la configuración del paisaje, donde la dominancia de bosques riparios y tejidos urbanos provee sitios necesarios para la alimentación de la especie, como se evidenció en este trabajo. De tal manera, las áreas urbanas promueven una mayor generalización y dominio de los colibrís más agresivos (Maruyama *et al.*, 2019), como es el caso del colibrí de Buffon, que se ha documentado puede ocupar un amplio espectro de hábitats, establecer sus territorios y defenderlos de forma agresiva (Schuchmann, 1999; Hilty y Brown, 2009; García y Botero, 2013; Torres y Torres, 2016).

Por otro lado, la ausencia de nidos e individuos juveniles en las áreas donde se le observó libar puede ser un indicativo de que la especie hace uso diferencial de las áreas, como se ha documentado para la mayoría de los miembros de la familia Trochilidae (Fierro-Calderón y Martín, 2007). Estas aves construyen nidos en áreas con coberturas boscosas densas (Ordoñez, 1994; Hilty y Brown, 2009; Sandoval y Escalante, 2010), tal como se ha demostrado para el colibrí de Buffon (García y Botero, 2013), el cual anida en áreas que brinden protección frente a los cambios drásticos de temperatura, que pueden afectar la eclosión de los huevos y/o el desarrollo de los polluelos (Arizmendi y Berlanga, 2014).

Recurso floral

El hecho de que el colibrí de Buffon visitara 10 especies florares diferentes, da a entender que esta especie tiene un amplio rango alimenticio y tolerancia para su establecimiento, particularmente si se tiene en cuenta que las zonas donde se registraron especies vegetales ornamentales se encuentran próximas a viviendas y carreteras. Se puede afirmar que el recurso floral es amplio y generalizado debido a que *C. b. caeruleogaster* visita flores de formas, tamaños y colores diferentes, lo que muestra poca preferencia por alguna característica específica. Esto también se ha documentado para muchas especies de colibrís, quienes incluso realizan visitas florales ilegítimas, comportamiento relacionado con un ladrón de néctar (Amaya *et al.*, 2001).

Por otro lado, la presencia de *C. b. caeruleogaster* en tejidos urbanos se puede inferir por las observaciones en campo, que fueron influenciadas en gran medida por la oferta alimenticia permanente que brindan algunas plantas ornamentales como *Heliconia* sp. y

Malvaviscus arboreus. Las cuales eran frecuentes en jardines y otras áreas específicas dentro de las áreas urbanas. En estas zonas el colibrí utiliza los recursos disponibles y que estén próximos a su área de ocurrencia, algo que podría resultar ventajoso ya que no limita la presencia de la especie a un área única y aporta a su conservación y prevalencia (Bürchet y Mogens, 2001; Gutiérrez-Zamora, 2008). Asimismo, este hallazgo resulta beneficioso para las plantas ya que la ausencia del colibrí no limita la persistencia del recurso floral, como ocurre en algunas especies vegetales con síndrome de ornitofilia muy estrecho (Feinsinger, 1978; Gill, 1987; Fenster, 1991).

Como conclusión, puede afirmarse que los resultados expuestos aportan al conocimiento de la ecología de las especies (subespecie), de su carácter elusivo y del potencial de amplitud de su espectro dietario. Por otro lado, se propone como recomendación evaluar los procesos y mecanismos ecológicos que moldean el tamaño poblacional (su rareza o carácter elusivo) y la capacidad de detección en ambientes naturales.

Agradecimientos

Expresamos nuestros agradecimientos al Consorcio Vial Andino (Conandino) y a la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC) por la financiación de esta investigación a través del macro-proyecto "Formulación de Planes de Manejo para especies focales de vertebrados en la región del Piedemonte, Villavicencio-Colombia, Convenio Específico de Cooperación 0057 de 2017". Los profesionales María Isabel Bautista y Diógenes Arrieta, apoyaron aspectos logísticos durante la fase de campo. El biólogo William Bravo colaboró en la identificación de las muestras botánicas en la UPTC.

Referencias

- Amaya-Márquez, M., Stiles, F.G. y Rangel, J.O. 2001. Interacción planta-colibrí en Amacayacu (Amazonas, Colombia): una perspectiva palinológica. *Caldasia* 23: 301-322.
- Arizmendi, M.C. y Berlanga, H. 2014. *Colibrís de México y Norteamérica*. Hummingbirds of Mexico and North America. CONABIO. México D.F.
- Brown, C.R. y Rannala, B. 1995. Colony choice in birds: models based on temporally invariant site quality. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 36(4): 221-228. Doi: <https://doi.org/10.1007/s002650050143>.
- Bürchet, A. y Mogens, J. 2001. The Fragility of Extreme

- Specialization: *Passiflora mixta* and its Pollinating Hummingbird *Ensifera ensifera*. *Journal of Tropical Ecology* 17: 323-329.
- Cherry, S.A. 1996. Comparison of Confidence Interval Methods for Habitat Use-Availability Studies. *The Journal of Wildlife Management* 60: 653-658. Doi: <https://doi.org/10.2307/3802084>.
- Codesido, M. y Bilenca, D. 2004. Variación estacional de un ensamble de aves en un bosque subtropical semiárido del Chaco Argentino. *Biotropica* 36(4): 544-554. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2004.tb00349.x>.
- Feinsinger, P. 1978. Ecological interactions between plants and hummingbirds in a successional tropical community. *Ecological Monographs* 48: 269-287. Doi: <https://doi.org/10.2307/2937231>.
- Fenster, C. 1991. Selection on floral morphology by hummingbirds. *Biotropica* 23: 98-101. Doi: <https://doi.org/10.2307/2388696>.
- Fierro-Calderón, K. y Martín, T.E. 2007. Reproductive biology of the Violet-chested Hummingbird in Venezuela and comparisons with other tropical and temperate hummingbirds. *The Condor* 109: 680-685. Doi: <https://doi.org/10.1093/condor/109.3.680>.
- García, J.M. y Botero, E.D. 2013. Descripción del nido, huevos y polluelos del colibrí bufón *Chalybura buffonii* y notas sobre su biología reproducción en Colombia. *Cotinga* 35: 94-98.
- Gill, F.B. 1987. Ecological fitting: use of floral nectar in *Heliconia stilesii daniels* by three species of hermit hummingbirds. *The Condor* 89: 779-787. Doi: <https://doi.org/10.2307/1368525>.
- Goulart, F.V.B., Cáceres, N.C., Graipel, M.E., Tortato, M.A., Ghizoni, Jr. IR. y Oliveira-Santos, L.G.R. 2009. Habitat selection by large mammals in a southern Brazilian Atlantic Forest. *Mammalian Biology* 74:182-190. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.mambio.2009.02.006>.
- Gutiérrez-Zamora, A. 2008. Las interacciones ecológicas y estructura de una comunidad altoandina de colibríes y flores en la cordillera oriental de Colombia. *Ornitología Colombiana* 7: 17-42.
- Hammer, Ø., Harper, D.A. y Ryan, P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia electronica* 4(1):9.
- Hilty, S.L. y Brown, W. L. 2009. *Guía de las aves de Colombia*. Asociación Colombiana de Ornitología ACO. Bogotá D.C.
- Holdridge, L. 1996. *Ecología basada en zonas de Vida*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Cuarta reimpresión. San José, Costa Rica.
- Hurlbert, S.H. 1978 The measurement of niche overlap and some relatives. *Ecology* 59: 67-77. Doi: <https://doi.org/10.2307/1936632>.
- Jacob, J. 1974. Quantitative measurement of food selection. A modification of foraging ratio and Ilev's electivity index. *Oecologia* (Berlin) 14: 413-417. Doi: <https://doi.org/10.1007/BF00384581>.
- Maruyama, P.K., Bonizário, C., Marcon, A.P., D'Angelo, G., da Silva, M.M., da Silva Neto, E.N. y Dos Anjos, L. 2019. Plant-hummingbird interaction networks in urban areas: Generalization and the importance of trees with specialized flowers as a nectar resource for pollinator conservation. *Biological conservation* 230: 87-194. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.12.012>.
- Medina-Van Berkum, P., Parra-Tabla, V.P. y Leirana-Alcocer, J.L. 2016. Recursos florales y colibríes durante la época seca en la Reserva de la Biosfera Ría Lagartos, Yucatán, México. *Huitzil* 17(2): 244-250. Doi: <https://doi.org/10.28947/hrmo.2016.17.2.254>.
- Minorta-Cely, V. y Rangel, J.O. 2014. El clima de la Orinoquia colombiana. En: Rangel-Ch, J.O. Editor. *Colombia Diversidad Biótica XIV, La región de la Orinoquia de Colombia*. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C.
- Montenegro, J. y Acosta, A. 2008. HaviStat© v1. 0. Aplicación para evaluar uso y preferencia de habitat. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences* 3(2): 337-3339. Doi: <https://doi.org/10.11144/Javeriana.SC19-3.haea>.
- Nocedal, J. 1994. Local migrations of insectivorous birds in western Mexico: implications for the protection and conservation of their habitats. *Bird Conservation International* 4(2-3): 129-142. Doi: <https://doi.org/10.1017/S0959270900002720>.
- Ordoñez, E.Z. 1994. Historia natural del tominejo, *Colibri coruscans coruscans* (gomm) (Aves, Trochilidae). *Universitas scientiarum* 2(1): 65-85.
- Partida Lara, R., Enríquez, P.L., Rangel-Salazar, J.L., Lara, C. y Martínez-Ico, M. 2012. Abundancia de colibríes y uso de flores en un bosque templado del sureste de México. *Revista de Biología Tropical* 60(4): 1621-1630. Doi: <https://doi.org/10.15517/rbt.v60i4.2155>.
- Peñuela-Díaz, G.M. 2017. Aves de un sector del Piedemonte Llanero. Informe técnico final. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia-CONANDINO. Tunja.
- Ralph, C.J., Geupel, G.R., Pyle, P., Martin, T.E., De Sante, D.F. y Milá, B. 1997. Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. General Technical Report, PSW-GTR-159, Pacific Southwest Research Station, Forest Services, U.S. Department of Agriculture, California.
- Rangel-Ch, J.O. 2015. La biodiversidad de Colombia:

- significado y distribución regional. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 39(151): 176-200.
- Rangel-Ch, J.O. y Minorta-Cely, V. 2014. Los tipos de vegetación de la Orinoquia colombiana. En: Rangel-Ch, J.O. Editores. *Colombia Diversidad Biológica XIV. La región de la Orinoquia de Colombia*. Bogotá, Colombia. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Rappole, J.H. y Schuchmann, K.L. 2003. Ecology and evolution of Hummingbird population movements and migration. In: Berthold, P., Gwinner, E., Sonnenschein, E. Editor. *Avian Migration*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin.
- Restrepo-Zuleta, M.F. 2017. Cambios en la composición de especies en una comunidad de colibríes (Trochilidae), asociada a un recurso alimenticio fijo en el tiempo en un bosque nublado de Chicoral. Trabajo de grado, Universidad Icesi. Cali, Colombia.
- Sandoval, L. y Escalante, I. 2010. Nest description of the Garden Emerald (*Chlorostilbon assimilis*) from Costa Rica. *Wilson Journal Ornithology* 122: 597-599. Doi: <https://doi.org/10.1676/09-129.1>.
- Schuchmann, K.L. 1999. Family Trochilidae (hummingbirds). En: del Hoyo, J., Elliott, A. y Sargatal, J. Editor. *Handbook of the birds of the world, Vol. 5*. Lynx Edicions. Barcelona, España.
- Smith, T.B. 1990. Resource use by bill morphs of an African finch: evidence for intraspecific competition. *Ecology* 71 (4): 1246-1257. Doi: <https://doi.org/10.2307/1938261>.
- Solano-Rodríguez, C.C. y Mercado-Gómez, J.D. 2020. Análisis de la lluvia de polen en un fragmento de bosque subandino en Colombia. *Rodriguésia* (71): e00182018. 2020. Doi: <https://doi.org/10.1590/2175-7860202071015>.
- Stiles, F.G. 1980. The annual cycle in a tropical wet forest hummingbird community. *Ibis* 122(3): 322-343.
- Torres-Zambrano, N.N., y Torres-Zambrano, D.R. (2016). Macroinvertebrados acuáticos de la quebrada Los Alisos, Firavitoba - Boyacá. *Intropica*, 11(1): 47-56
- Wetmore, A. 1957. *Las aves de isla Coiba, Panamá*. Colecciones Diversas del Smithsonian. Washington D.C.
- Wolf, LL., Stiles, F.G. y Hainsworth, F.R. 1976. Ecological organization of a tropical highland community. *Journal Animal Ecology* 45: 349-379. Doi: <https://doi.org/10.2307/3879>.
- Citar como:** Morales-González, O.E., Peñuela-Díaz, G. y Carvajal-Cogollo, J.E. 2020. Uso de hábitats y recursos florales de *Chalybura buffonii caeruleogaster* (Aves: Trochilidae) en un sector del piedemonte Llanero, Villavicencio, Colombia. *Intropica* 15(1): 34-41. Doi: <https://doi.org/10.21676/23897864.3525>.

Minería, comercio internacional e impactos ambientales en el páramo El Rabanal de Samacá, Boyacá

Mining, international trade and environmental impacts in the páramo El Rabanal de Samacá, Boyacá

Jeffer Darío Buitrago Betancourt* 

1. Programa de Maestría en Medio Ambiente y Desarrollo, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C., Colombia

*Autor de correspondencia: jdbeitragob@gmail.com

Recibido: 30 septiembre del 2019

Aceptado: 23 de enero del 2020

Publicación en línea: 30 de junio de 2020

Palabras clave:

minería; comercio internacional;
impacto ambiental

Key words:

mining; international trade;
environmental impact

Resumen

La minería es una actividad económica que se ha desarrollado por más de un siglo en el páramo El Rabanal, principalmente en Samacá (Boyacá), uno de los seis municipios que tienen jurisdicción en este ecosistema y que cuenta con apreciables reservas de carbón mineral. Es innegable que la minería ha contribuido a la generación de empleo, al impulso del comercio regional y a la financiación de algunas obras sociales para beneficio de la población local. No obstante, durante la última década (2009-2018), debido al repunte de los precios internacionales del carbón y del coque, las actividades de exploración y de explotación se han intensificado, ocasionando una alta presión antrópica al páramo. Por tal razón, desde la perspectiva del pensamiento ambiental, con base en un análisis de la literatura disponible, en el presente artículo se analizan algunos efectos e impactos ambientales derivados del incremento coyuntural de la producción carbonífera en el páramo El Rabanal durante la última década.

Abstract

In El Rabanal Páramo mining is an economic activity developed for more than a century, mainly in Samacá (Boyacá), one of the six municipalities that has jurisdiction in this ecosystem and has appreciable reserves of mineral coal. It is undeniable that mining has contributed to the generation of employment, the promotion of regional trade and the financing of some social works for the benefit of the local population. However, during the last decade (2009-2018), due to the rebound in international prices of coal and coke, exploration and exploitation activities have intensified, causing high anthropic pressure to the Páramo. For this reason, from the perspective of environmental thinking and based on an analysis of the available literature, this article analyzes some environmental effects and impacts derived from the cyclical increase in coal production in the El Rabanal Páramo during the last decade.



Introducción

Durante los primeros años del siglo XXI, la internacionalización del comercio ha estado marcada por el alza en los precios de las materias primas, el incremento en la demanda de *commodities* y la acumulación de capitales transnacionales en países que hacen parte del grupo de potencias económicas, o en camino de serlo, como es el caso de China, India, Rusia y Corea del Sur, entre otros (Economic Commission for Latin America and the Caribbean, 2016). Dentro de ese contexto, la minería ha desempeñado un papel preponderante, especialmente en los países latinoamericanos, que desde tiempos coloniales se han caracterizado por la provisión de minerales hacia los mercados europeos, anglosajones y asiáticos, principalmente.

Colombia no ha sido ajena a esta dinámica de comercio internacional, que ha incidido en el aumento de la explotación de minerales. Esta circunstancia ha puesto en riesgo a numerosos ecosistemas estratégicos del país; entre ellos a los páramos andinos, algunos de los cuales cuentan con importantes reservas de minerales exportables, especialmente carbón (Castellanos, 2017). La situación para estos ecosistemas resulta alarmante puesto que la intensificación de la actividad minera en tiempos de "bonanza", con el repunte de los precios internacionales, incrementa la presión antrópica, acrecentando la deforestación, la erosión del suelo, la contaminación atmosférica y el deterioro de las fuentes hídricas, entre otros.

Es por esto que resulta oportuno llamar la atención sobre el estado actual del páramo El Rabanal, localizado en zona limítrofe de los departamentos de Boyacá y Cundinamarca, el cual constituye un ecosistema de alta montaña que brinda servicios ambientales a escalas local y regional. Este páramo cuenta con importantes reservas de carbón mineral, que es explotado y transformado en coque, en municipios como Samacá, Ráquira y Guachetá, lo cual ha llevado a que un número cada vez mayor de personas se vinculen a esta actividad económica y a que los efectos ambientales generados se hagan evidentes en los ecosistemas y en los cursos de agua de la región (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca *et al.*, 2008).

El análisis de los efectos e impactos que la explotación minera ha venido extendiendo en el páramo El Rabanal trasciende el ámbito socioeconómico o físico-biótico y pone de manifiesto la relación cada vez más conflictiva que se genera entre sociedad y naturaleza. En otras

palabras, como lo señala Ajara (1993), el deterioro ambiental es consecuencia del modelo de desarrollo que rige actualmente y que hemos concebido como constructo social, el cual materializamos a través de patrones de conducta y sistemas de valores que cada vez resultan más contradictorios y se convierten en generadores de problemáticas ambientales.

Por tal razón, el presente artículo de reflexión tiene como objetivo analizar algunos efectos e impactos derivados del incremento coyuntural de la producción carbonífera en el páramo El Rabanal, estrechamente vinculados con el aumento de los precios del carbón durante la última década (2009-2018). Dicho análisis se aborda desde la perspectiva del pensamiento ambiental, que se funda en el desarrollo de una ética de la sustentabilidad y una ética del cuidado de la vida, tal y como lo plantea Kusch (2000). Para ello se llevó a cabo una revisión de la literatura disponible, con la identificación de información relevante referida a minería, comercio internacional e impactos ambientales, hallada en documentos técnicos, informes y artículos especializados, la cual contribuye a dar sustento a las elaboraciones conceptuales y al ejercicio analítico del tema desde la perspectiva abordada.

Globalización y desarrollo económico

El siglo XX será recordado como un periodo de profundas transformaciones, cambios, crisis y avances en diversos campos de la vida humana, algunos de los cuales produjeron impactos considerables a nivel económico, político, social y ambiental (Bertola y Ocampo, 2010). Dentro de los aspectos más relevantes que enmarcaron las dinámicas y tensiones ocurridas durante este siglo, se encuentra, por una parte, el aumento en la explotación de los recursos naturales a nivel global y, por otra, la creciente interdependencia política y económica entre las naciones del mundo, configurando el fenómeno conocido como globalización.

Diversas organizaciones internacionales, preocupadas por la protección ambiental, han señalado recientemente que la demanda de recursos naturales ya sobrepasó la capacidad de resiliencia y regeneración del planeta, con lo cual las posibilidades de producir alimentos y energías de bajo costo se ven cada día más limitadas. Esto no solo constituye una amenaza directa a la estabilidad y al buen funcionamiento de los sistemas ecológicos, sino que además supone un alto riesgo de extinción para numerosas especies y formas de vida en el planeta, incluida la humana (Ortiz y Ortega, 2016).

Ante este panorama, la cuantificación del consumo humano y las medidas formuladas para promover su reducción cobran relevancia como parte de la definición de políticas públicas. Desde la perspectiva macroeconómica, el consumo humano suele ser medido de manera agregada y periódica, por lo que se constituye en una de las variables comúnmente utilizadas dentro del análisis del crecimiento económico de un país y forma parte del indicador conocido como producto interno bruto (PIB). A la par con esta variable, se encuentran también la inversión privada, el gasto del Gobierno nacional y las compras causadas en el exterior y el interior del país, las cuales complementan dicho indicador. Como lo señala Almagro Vásquez (2007), infortunadamente, ninguna de ellas incorpora o toma en cuenta los costos ambientales asociados a las actividades económicas, que derivan en efectos e impactos ambientales, por lo que los resultados que arroja el PIB distan mucho de reflejar la situación real de esfuerzo y desgaste ambiental que ocasiona la explotación de recursos naturales dentro de la cadena de producción de bienes y servicios.

Por otra parte, la acelerada integración comercial entre las diferentes regiones y países del mundo ha propiciado la mejora en las tecnologías de la información, las comunicaciones y los sistemas de transporte. No obstante, las posibilidades de acceso y aplicación de estos adelantos no son iguales en todos los continentes, entre otras razones porque el avance científico y tecnológico de los países "desarrollados" marcha a un ritmo más acelerado que el de los países en "vía de desarrollo", lo cual profundiza la desigualdad entre cada grupo de países y termina sobrepasando el ámbito tecnológico, trascendiendo a los ámbitos económico y social (Serrano, 2014). Esta situación se ve empeorada por los altos costos que les representa a los países del "tercer mundo" la aspiración de disminuir esa brecha, puesto que sus economías se basan en la exportación de materias primas (principalmente minerales e hidrocarburos), y el esfuerzo por superar el rezago tecnológico y económico los obliga a incrementar su producción y exportación de estos bienes, provocando así una explotación intensiva de los recursos naturales y el consecuente deterioro de los ecosistemas.

Adicionalmente, existe otra razón estructural por la cual, en términos globales, el balance comercial de este grupo de países resulta deficitario, y tiene que ver con el debilitamiento de la soberanía nacional, es decir, con la disminuida capacidad de los Gobiernos para ejercer dos funciones esenciales: la primera, regular las fuerzas

apabullantes del mercado internacional, y la segunda, invertir eficazmente en programas de carácter social y de conservación ambiental (Castillo de Galarraga, 2000). Estas contrariedades, sumadas a los problemas de desigualdad social, de dependencia financiera y de progresiva degradación ecológica, convierten a la globalización en un verdadero desafío para estos países y no en una oportunidad clara de avanzar hacia la superación de sus limitaciones.

En ese sentido, el fuerte interés del Estado colombiano por impulsar la práctica minera como fuente de desarrollo y crecimiento económico ha hecho que, en definitiva, la minería nacional se haya caracterizado por una serie de impactos que se han relacionado con "el carácter intensivo, prolongado y sistémico de las actividades extractivas y de las externalidades que generan en los territorios la exploración y explotación de minas" (Trujillo *et al.*, 2018).

Una de las características de este modelo extractivista, en su proceso de acumulación de capital, es su capacidad de reordenar la configuración del poder en el interior de los lugares donde se ejecutan los proyectos de este tipo, por la influencia de las relaciones de poder que transitan desde los lugares globales hacia los lugares locales. Esta dinámica genera incertidumbre frente a los posibles daños ecológicos que pueden ocasionar los proyectos extractivos en los territorios y da lugar a una contradicción de intereses entre las poblaciones asentadas en los territorios y los intereses económicos de las empresas estatales o privadas (Roa y Navas, 2014).

Efectos e impactos ambientales de la minería

Al igual que ocurre con muchas actividades económicas, los proyectos de minería se caracterizan por su diversidad y complejidad, pero también por la ocurrencia de impactos que pueden tener consecuencias positivas y/o negativas en los territorios y lugares donde se ejecutan, aspecto que va a estar determinado por la escala y la forma de explotación.

Para el caso de la minería en el páramo El Rabanal, los principales impactos son las afectaciones a las aguas subterráneas ocasionadas por los túneles, que alcanzan trayectorias de varios kilómetros y profundidades de hasta 500 m, y el manejo inapropiado de estériles, que afectan suelos y taponan cursos de agua. Adicionalmente, la industria del coque, estrechamente asociada a la minería, genera impactos importantes en términos de afectación de caudales por excesivo consumo de agua para el apagado de hornos y la contaminación del aire por uso de tecnologías

deficientes en los hornos de coquización (Güiza, 2011). Aunque estos son los efectos e impactos más notorios de la minería en El Rabanal, lo cierto es que existen otros (que serán descritos en un apartado posterior) cuya identificación y valoración resulta más compleja, por lo que se requiere llevar a cabo una evaluación técnica especializada para evitar que se conviertan en afectaciones “silenciosas” que probablemente deriven en acumulación de impactos sinérgicos y residuales.

Para dar una idea más clara acerca de este tipo de impactos ocasionados por la minería, los cuales pueden ocurrir prácticamente en cualquier área de influencia de un proyecto de explotación, es posible recurrir a la amplia información de la línea base ambiental con la que cuentan las autoridades ambientales en el país y que se alimenta de los estudios de impacto ambiental (EIA) presentados como requisito para solicitar una licencia ambiental. Con esta revisión se pueden

determinar los impactos más comunes que surgen como consecuencia de la ejecución de cada uno de los proyectos licenciados, con el fin de intentar caracterizar sus efectos y consecuencias en el ambiente.

Justamente, a partir de una revisión de 27 expedientes de tres autoridades ambientales, el Ministerio de Minas y Energía y la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) (2017) se dieron a la tarea de extraer la matriz de evaluación de impactos de los expedientes que contaban con dicha valoración, con la finalidad de identificar cuáles fueron los impactos más significativos y cuáles fueron los impactos reportados con mayor frecuencia dentro de los EIA de minería de carbón de pequeña y mediana escala, desde el año 2010 hasta el 2016. Esto facilitó la elaboración de una matriz de impactos para este tipo de minería (tabla 1), (Ministerio de Minas y Energía y Unidad de Planeación Minero-Energética, 2017).

Tabla 1. Matriz de impactos más frecuentes y significativos de la minería de pequeña y mediana escala en Colombia. Tomado de: Ministerio de Minas y Energía y Unidad de Planeación Minero-Energética (2017).

Componente	Elemento	Construcción y montaje	Explotación	
Abiótico	Agua	----	Deterioro de la calidad de agua por cambios físicoquímicos	
		----	Sedimentación de cuerpos de agua	
		----	Afectación de las dinámicas de escorrentía de cuerpos de agua superficial y subterránea	
		----	Disminución de caudales	
		----	Alteración del nivel freático	
	Suelo	Pérdida de suelo	----	Pérdida de suelo
		----	----	Compactación y desecamiento de suelos
		----	----	Modificación del relieve
		----	----	Desestabilización de pendientes
		----	----	----
Biótico	Paisaje	Afectación sobre la riqueza del paisaje	----	
	Flora	----	Impactos ambientales en biodiversidad	
	----	----	Alteración de hábitats	
Socioeconómico	Fauna	----	Disminución de fauna	
		----	Afectación de interacciones ecológicas (cadenas tróficas)	
	----	Cambios de uso de suelo agropecuario y forestal a minero		
	----	Generación de empleo		
	----	Incremento de uso de bienes y servicios		
	----	Afectación a la salud		
	----	Deterioro de infraestructura pública y privada		
----	Modificación del paisaje			
----	Afectación del patrimonio cultural y arqueológico	Generación de expectativas con migración de población		

La importancia de esta matriz radica en que permite reconocer los impactos que han sido frecuentemente prevenidos o corregidos a través de medidas de manejo, establecidas en los planes de manejo ambiental (PMA) y presentadas en los proyectos mineros de pequeña y mediana escala (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017). Sin embargo, también es probable que allí estén incluidos los impactos residuales, es decir, aquellos que no pudieron ser internalizados en determinados proyectos después de haber aplicado las medidas de manejo respectivas.

La aparición de este tipo de impactos puede ser bastante común en proyectos de esta naturaleza, y es por esto que se denominan residuales: porque permanecen después de que las medidas de prevención y mitigación se han implementado (Government of Western Australia, 2014). La importancia de estos impactos radica en que son contrarrestados por las compensaciones propuestas como parte de los PMA de los proyectos, obras o actividades que son objeto de licenciamiento ambiental (Ariza y Moreno, 2017).

La efectividad de las compensaciones radica no solo en su implementación, sino también en su formulación para asegurar la equivalencia ecosistémica (Sáenz, 2016). De todas maneras, existe un riesgo de ineficiencia en el manejo de las compensaciones e impactos residuales, que puede estar determinado por su omisión en el EIA, por su débil seguimiento durante la ejecución del proyecto y también por la manera inadecuada de valorar los costos económicos del deterioro y de la conservación de los recursos naturales renovables. Incluso también puede ocurrir que las medidas por tomar para compensar la pérdida total de uno o varios factores ambientales no sean pertinentes.

Para el caso de análisis, resulta oportuno reflexionar acerca de la persistencia de algunos impactos ambientales derivados de la explotación carbonífera en el páramo El Rabanal, pues a pesar de que la mayoría de proyectos mineros que allí se desarrollan aparentemente cumplen con el requisito legal de implementar los PMA, con la supervisión de la autoridad ambiental correspondiente, resulta desconcertante percibir que algunos de los efectos de esos impactos continúan extendiéndose tanto en magnitud como en duración, tal y como se explicará más adelante.

Pensamiento ambiental

El pensamiento ambiental considera al ambiente como un sistema en el cual se dan relaciones complejas entre elementos bióticos y abióticos, cuya estructura

corresponde al entramado de la vida, conformado por urdimbres del orden y urdimbres flexibles. En este sistema emergen de manera permanente y aparentemente contradictoria diferentes niveles de la realidad que van en un sentido diferente al sentido tradicional planteado por las exigencias económicas y sociales del mundo contemporáneo. El ambiente, desde el pensamiento ambiental, pretende relacionar de manera armoniosa la relación entre los ecosistemas y las culturas (Ramírez, 2015).

Sin embargo, como se trata de una forma de entender la vida, el pensamiento ambiental ha tenido unos desarrollos particulares y difusos, especialmente en los países latinoamericanos, donde se ha convertido en una compleja red de visiones y de prácticas sociales que emergen ante la necesidad de comprender y de actuar frente a la presencia de profundas contradicciones relacionadas con la disponibilidad de recursos naturales y la inequidad en su distribución, lo cual en últimas redundará en una disminución de la calidad de vida para un porcentaje importante de la población.

Desde el pensamiento ambiental se analizan las problemáticas ambientales del mundo moderno, que se conciben como la manifestación de las discordancias presentadas entre los dos ámbitos de la vida (cultura-naturaleza), inducidas por el modelo de desarrollo socioeconómico adoptado durante los últimos siglos. Al respecto, diversos autores sostienen que la superación de estas discordancias no se circunscribe únicamente al ámbito político o económico, ya que, de ser así, se correría el riesgo de caer en una forma de reduccionismo ontológico que llevaría a desconocer las múltiples dimensiones e interrelaciones que caracterizan las problemáticas mencionadas (Noguera, 2004).

Resulta oportuno mencionar que los cuestionamientos al modelo de desarrollo de la sociedad actual, sustentado en el crecimiento económico, no surgieron de manera repentina ni casual; en realidad, irrumpieron en la década de los sesenta del siglo pasado como parte de los valores y consignas del movimiento social conocido como Contracultura, lo que a la postre favoreció el nacimiento de una consciencia inédita sobre la importancia de conservar la naturaleza y de rechazar la explotación excesiva de los recursos naturales sobre la cual se había erigido la sociedad industrial (Berger *et al.*, 1979). A la par con la propagación internacional de este fenómeno social, en las décadas posteriores se fueron promulgando en el campo académico nuevas teorías, métodos de análisis y formas de entender lo ambiental desde múltiples perspectivas y con una mirada más amplia y global.

De esta manera, la elevada consciencia ecológica y las reflexiones sobre la vulnerabilidad del planeta crearon las condiciones objetivas para la gestación de un pensamiento ambiental, afincado en la aspiración de un cambio de paradigma, lo que dio lugar a un diálogo crítico entre las diversas concepciones filosóficas, referidas al mundo de la vida, conforme a la visión de Husserl (Herrera, 2010), develando además las contradicciones y antagonismos existentes en el modelo de desarrollo imperante. Como lo menciona Leff (2000), se demuestra que estamos ante una crisis ambiental que es el reflejo y el resultado de la crisis civilizatoria occidental, causada por sus formas de conocer, concebir y, por ende, transformar el mundo.

En ese sentido, la propuesta de un pensamiento ambiental se fundamenta en la concepción del ambiente de una manera amplia. Desde esta perspectiva, lo ambiental debe empezar en el mundo material y llegar hasta el mundo inmaterial y viceversa (Kusch, 2000). De manera tradicional, se considera que el ambiente está constituido y se refiere a los elementos físicos que dan soporte y rodean las actividades humanas. Sin embargo, la noción de ambiente no es ajena a la de sistema, y en este caso en particular va más allá de una consideración material (medio ambiente). Lo ambiental abarca elementos físicos (tierra y naturaleza) y procesos sociales, políticos, científicos y económicos (seres humanos y cultura), que están relacionados y que no deben ser revisados de manera aislada (Ramírez, 2015).

Bajo estas consideraciones, la existencia de un diálogo entre el mundo material y el inmaterial denota la dimensión cultural del tema analizado y pone de relieve las diferentes lógicas de relacionamiento con la naturaleza. A través de dinámicas económicas concretas, como la actividad minera y la concomitante apropiación del espacio y los territorios, se muestra la articulación de diferentes agentes, objetos y representaciones para usos particulares, los derechos de propiedad y el acceso (Göbel y Ulloa, 2014).

Es así como el pensamiento ambiental facilita la realización de análisis críticos sobre el territorio, puesto que el modelo extractivista origina reconfiguraciones relacionadas con el uso, el control y la significación del territorio, que modifican los espacios en los ámbitos local, regional, nacional y transnacional, de tal manera que da lugar a dinámicas de desterritorialización y reterritorialización debido al control político y simbólico de gentes, naturalezas y territorios (Göbel y Ulloa, 2014).

Los páramos en Colombia

Los páramos son ecosistemas estratégicos que ofrecen diversos servicios ambientales fundamentales para la supervivencia humana y de otras formas de vida. Colombia posee el 49 % de los páramos del planeta, alcanzando una superficie aproximada de 1 932 987 ha, que corresponden al 1,7 % de la extensión continental del país (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2010). Como lo menciona Ortiz (2012), el 60 % del área total de los páramos se encuentra en la cordillera Oriental; sin embargo, es justamente en esta formación montañosa donde se encuentran los páramos más intervenidos del país debido a la presencia de actividades como la ganadería, la agricultura, las quemas, el desarrollo de megaproyectos y la consecuente apertura de carreteras.

Uno de los aspectos más destacables de los páramos es su capacidad de retener y almacenar agua, razón por la cual se constituyen en el punto de origen de las cuencas hídricas que sustentan la mayoría de ríos y afluentes del territorio nacional, aportando el servicio de abastecimiento de agua para el 70 % de la población de Colombia (Vásquez Cerón y Buitrago Castro, 2011). Sin embargo, como lo señala la Procuraduría Delegada para Asuntos Ambientales y Agrarios (2007), los páramos del país han sido impactados de manera significativa con las actividades de minería, agricultura y ganadería extensiva e intensiva. Estos impactos ocasionan una alteración ecosistémica importante, y entre sus efectos se encuentran los siguientes: tala de árboles, cambio de uso del suelo, contaminación de acuíferos, lagunas, lagos, ríos, turberas y arroyos, pérdida de los bancos de semillas y del flujo genético de especies de fauna y flora, desecación de turberas, alteración del ciclo hidrológico, reducción y pérdida del cinturón paramuno y ampliación del efecto de borde, con lo cual muchas especies animales quedan expuestas a caer en un cuello de botella; adicionalmente, se señalan en este sentido la migración de las especies del bosque altoandino hacia cotas más altas, las pérdidas de la biodiversidad, la disminución de los cuerpos de agua y la alteración de los procesos de ciclado de nutrientes.

Tal situación plantea enormes desafíos en la gestión ambiental de los páramos del país. Además, dada la importancia de conservar estos ecosistemas, en particular por su capacidad de regulación del agua, resulta claro que su función ecológica debe primar sobre su capacidad económica. No obstante, este reconocimiento no puede obrar en detrimento de los

pobladores locales, para quienes el páramo, además de ser un espacio productivo, es su hogar y se constituye en el fundamento de su sustento e identidad (Riveros *et al.*, 2015).

El páramo El Rabanal

Se trata de un ecosistema que se localiza en los Andes colombianos, ubicado específicamente en jurisdicción de los departamentos de Cundinamarca y Boyacá, formando parte de los municipios de Guachetá, Lenguaque, Villapinzón, Ventaquemada, Samacá y Ráquira (figura 1). Este ecosistema constituye uno de los más importantes para el país, reconocido por su diversidad biológica y su oferta hídrica, así como por tener la explotación de carbón mineral con mayores reservas en el centro del país (Espitia, 2008).

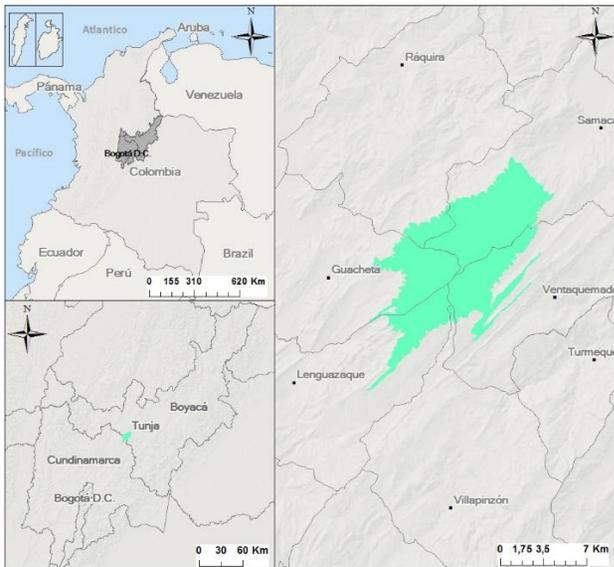


Figura 1. Localización geográfica del páramo El Rabanal. Fuente: <http://www.humboldt.org.co/>.

Como lo señalan Rubio *et al.* (2008), el páramo El Rabanal provee de recurso hídrico a los municipios mencionados, y alrededor de ellos se configura una región más amplia que involucra las cuencas abastecedoras del embalse La Esmeralda y de la Central Hidroeléctrica de Chivor (una de las primeras productoras de energía eléctrica del país), las cuencas que surten a la laguna de Fúquene, el río Suárez, el río Monquirá y el acueducto de la ciudad de Tunja por el trasvase del río Teatinos y la quebrada Cortaderal. Adicionalmente, sus aguas también irrigan la cabecera del río Chicamocha, a través del río Chulo o Jordán. Este sistema hídrico regional irriga más de 1,000,000 de hectáreas y aporta aguas a una población estimada de 300,000 habitantes, entre los que se cuentan los

pobladores de la ciudad de Tunja (Rubio *et al.*, 2008).

Por otra parte, mediante Resolución 1768 del año 2016, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible delimitó el páramo Rabanal-río Bogotá, en área limítrofe entre los departamentos de Boyacá y Cundinamarca, fijándole una extensión de 24,650 ha aproximadamente. Con base en dicha resolución, y en razón a que el municipio de Samacá hace parte de la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Boyacá (Corpoboyacá), esta entidad procedió a declarar y alinear un área de protección especial dentro del páramo, denominada Parque Natural Regional Rabanal, asignándole una extensión de 4,530 ha mediante el Acuerdo 0026 del 15 de diciembre del año 2009.

Como parte de este acuerdo, Corpoboyacá definió dos áreas dentro de El Rabanal: una zona de preservación y otra de recuperación. En esta última es donde se desarrollan actualmente trabajos de explotación minera, lo cual implica que la autoridad ambiental deba adoptar medidas e implementar acciones de aislamiento e intervención, dirigidas a la recuperación de las condiciones ecológicas e hidrológicas de este importante ecosistema.

Además de la minería, existen otras actividades económicas en el páramo. Sin embargo, dadas las características y el progresivo aumento de la explotación carbonífera durante los últimos años, resulta evidente que la expansión minera se ha convertido en la principal amenaza para su conservación y también para la calidad de vida de los habitantes locales (Zuleta, 2012). De esta manera, no deja de ser paradójico que mientras esta industria genera mayor empleo e ingresos económicos, al mismo tiempo, quienes habitan en sus inmediaciones deban padecer los efectos ambientales negativos que su operación genera debido a las prácticas inadecuadas del trabajo minero, el débil control de la autoridad ambiental y la tolerancia de las administraciones municipales.

Si bien a partir de la Resolución 1768 del 28 de octubre de 2016 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible las corporaciones autónomas regionales han intensificado la labor de elaboración de los PMA para los páramos del país, es probable que su implementación para el caso específico del páramo El Rabanal resulte insuficiente para detener las graves afectaciones causadas allí, ya que son varios los factores que pueden llegar a complicar los nobles propósitos incorporados en dichos planes. Por una parte, están los factores sociales, referidos principalmente al escaso sentido de pertenencia que tienen tanto pobladores y

empresarios como autoridades locales del cuidado del páramo, lo cual probablemente no sea algo deliberado, sino más bien la consecuencia directa del desconocimiento y la incuria, que en determinados casos termina favoreciendo la expansión de la frontera agropecuaria y el ascenso ilegal de la cota para explotación minera.

Otro de los factores es el geográfico, relacionado especialmente con la labor de delimitación, ya que, al igual que lo ocurrido con otros páramos y ecosistemas del país, se trata de un ejercicio técnico encaminado a la conservación de la integridad biofísica que en la mayoría de los casos termina siendo una tarea dispendiosa y llena de dificultades debido a la diversidad de factores, dinámicas y realidades asociadas al territorio del páramo, las cuales trascienden lo meramente físico y espacial para integrar claros elementos de conveniencia económica y política, en los que logran imponerse los intereses particulares que desafortunadamente, en la mayoría de casos, no se compadecen con la situación de deterioro que afronta este ecosistema.

En el trasfondo de esta situación conflictiva prevalece la histórica división entre el sistema social y el sistema natural o, lo que es lo mismo, la escisión entre sociedad y naturaleza, ampliamente explicada en otro aparte de este artículo. Esta situación no deja de ser lamentable ya que, además de la fauna y flora que posee este páramo, es posible encontrar allí lugares y espacios de alto valor histórico, como es el caso de la Antigua Ferrería y la Fábrica de Textiles de Samacá, declaradas Bien de Interés Cultural de Carácter Nacional, que en la actualidad presentan un evidente deterioro a causa del olvido, el desmantelamiento lento y la vibración que producen los vehículos de carga pesada que transitan en cercanías a estas edificaciones patrimoniales.

La necesidad de excluir a la minería de los páramos de Colombia es una de las principales razones por las cuales se promueve la delimitación geográfica. Sin embargo, con anterioridad a la expedición de la Ley 1382 de 2010 (declarada inexecutable en la sentencia C366/11), en algunos casos fueron aprobados títulos mineros en áreas que ahora, a la luz de las normas proferidas, se traslapan con zonas de páramo, hecho que plantea una situación confusa para las autoridades ambientales, por cuanto algunos de estos títulos continúan vigentes y los proyectos mineros podrían continuar ejecutándose al amparo de estos. En efecto, aunque el Acuerdo 031 de 2016, por el cual se adopta el Plan de Manejo del Parque Natural Regional Páramo de Rabanal, establece que las actividades de minería

quedan prohibidas en las zonas de preservación y de restauración, lo cierto es que esta industria continúa funcionando en la actualidad y algunos de los proyectos han traspasado el límite de explotación permitido.

Por otra parte, la confusión que generan en la población local los tecnicismos empleados en la socialización de los PMA, la escasa formación académica de los habitantes del páramo y la débil actuación de los gobernantes locales reducen la efectividad de los mecanismos de participación en aras de la búsqueda de soluciones de manera concertada, lo cual se agrava con el influjo de intereses particulares, que son antepuestos a los de la conservación y protección de ese ecosistema. Esta compleja realidad del páramo El Rabanal deja entrever un futuro incierto para miles de personas que se benefician directamente de esta importante reserva hídrica del centro del país.

La minería en Samacá

La explotación del carbón mineral y su transformación en coque constituyen las principales actividades económicas del municipio de Samacá. Allí tienen sede varias empresas de capital nacional y extranjero, así como también cooperativas y sociedades comerciales que generan alrededor de 3.000 empleos directos y 5.000 indirectos, de acuerdo con cifras de la Alcaldía Municipal de Samacá (2016). La mayoría de los yacimientos y hornos de coquización se encuentran localizados en las veredas La Chorrera, Loma Redonda y Salamanca, área de influencia del páramo El Rabanal.

El mineral extraído de los socavones es sometido a diversos procesos de transformación para luego ser comercializado, bien sea como mineral bruto o en forma de coque. Este último se obtiene gracias al arrastre de flujo de gases de combustión calientes, que permiten la eliminación del material volátil que contiene el carbón (Ministerio de Minas y Energía, 2009). A pesar de que durante la última década los precios del coque han fluctuado en los mercados internacionales, lo cierto es que durante el cuatrienio 2014-2017 se registró un crecimiento sostenido de su precio, lo que llevó a superar en los años 2016 y 2017 la cifra de 400,000 t anuales de carbón extraídas en Samacá, en su mayoría para transformarlas en coque (figura 2) (Agencia Nacional de Minería, 2017).

Con este nivel de producción alcanzado durante esta década, la forma de explotación pasó de ser principalmente artesanal a incorporar elementos tecnológicos, con aplicación de métodos sofisticados

de minería subterránea, a través de la construcción de túneles de extracción y la utilización de equipos mecanizados de transporte del carbón hacia la superficie.

Por otra parte, el mercado de *commodities* tiene la característica de estar sometido a la fluctuación de precios internacionales, y el carbón y el coque no son ajenos a esta circunstancia. Por tal motivo, en época de precios altos, la cantidad de hornos de coquización aumenta considerablemente. En ese sentido, de acuerdo con la Corporación Autónoma Regional de

Cundinamarca *et al.* (2008), en el año 2008 se contabilizaron 722 hornos, localizados en las veredas de Loma Redonda y Chorrera, y posteriormente, para el año 2013, fueron identificados 1,302 hornos en la misma jurisdicción (Ramos y Benítez, 2013). Esta cifra resulta preocupante debido a las emisiones de gases y al material particulado que es arrojado a la atmósfera a través de las chimeneas de estos hornos, y también debido a las condiciones ecológicas propias del páramo y a la cercanía geográfica de la población rural a estos hornos.

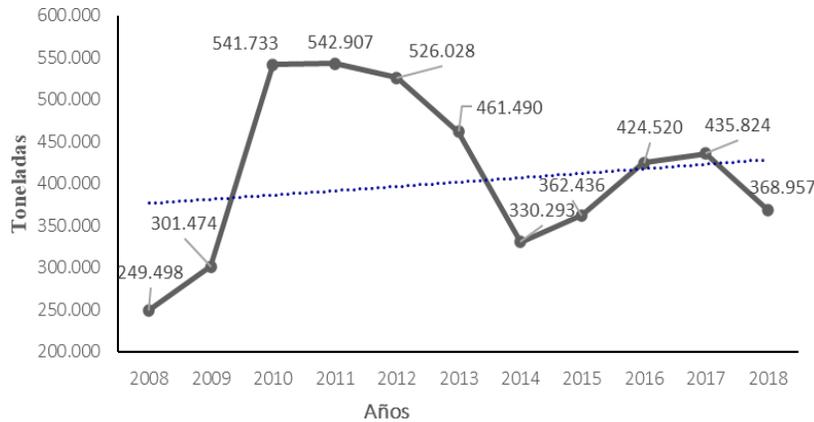


Figura 2. Producción anual de toneladas de carbón en Samacá, Boyacá. Fuente: elaborado con datos SIMCO, Unidad de Planeación Minero Energética de Colombia, 2019.

Aunque no se cuenta con cifras de construcción de hornos para los años posteriores al 2013, es muy probable que haya ocurrido un crecimiento sostenido después de este año pues, como lo muestra la figura 3, la participación del departamento de Boyacá en las exportaciones anuales de coque fue bastante significativa, contribuyendo en promedio al 40 % del total nacional. En ese sentido, dado que Samacá es el primer productor de carbón-coque del departamento (Agencia Nacional de Minería, 2017), es posible inferir que dicha producción conllevó al incremento de hornos de coquización en las veredas mencionadas.

Impactos físico-bióticos de la minería en Samacá

Tal como aparece mencionado en el Estudio sobre el estado actual del macizo del páramo de Rabanal (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca *et al.*, 2008) y en el Plan de Desarrollo Samacá 2016-2019 (Alcaldía Municipal de Samacá, 2016), este ecosistema ha estado sometido a largos procesos de intervención humana desde épocas precolombinas y sigue siendo un

área donde se ejerce una fuerte presión, especialmente sobre el recurso hídrico, utilizado para las actividades agropecuarias, la industria minera y el consumo humano.

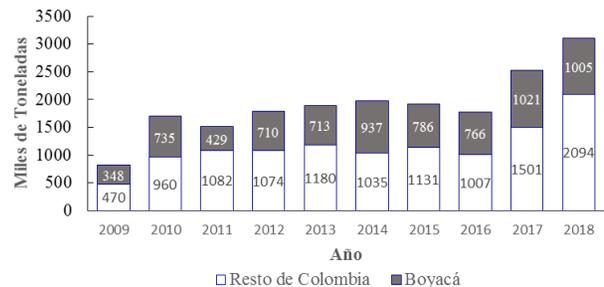


Figura 3. Participación del departamento de Boyacá en la exportación nacional de coque. Fuente: elaborado con datos SIMCO, Unidad de Planeación Minero Energética de Colombia, 2019.

Aunque a decir verdad la llegada de migrantes a este municipio no es reciente, se trata de un fenómeno que ha tenido un crecimiento sostenido durante las últimas décadas, como bien lo señalan Díaz y Junca (2012).

Al igual que Puerto Boyacá, el municipio de Samacá atrae población migrante de mano de obra no calificada para labores de su industria en la explotación del carbón. Se evidencia el crecimiento poblacional que tiene el municipio de Samacá en edad económicamente activa debido a su actividad minera y su cercanía a la capital del departamento, a tan solo 30 km. Esto se refleja en el censo de 1985, ya que mientras que en ese año el municipio contaba con 13,214 habitantes, en el año 1993 ascendió a 13,624, y para el censo del año 2005 la población se incrementó a 17,614 habitantes, registrando un crecimiento constante del 0,7 %.

La mayor parte de este crecimiento se concentra en la población adulta, que transita en el rango etario comprendido entre los 27 y los 59 años, como lo demuestra el análisis de situación de salud del año 2015, elaborado por el Hospital Santa Marta de Samacá, el cual establece que “el ciclo vital que concentra el mayor porcentaje de la población es la adultez con un 38,2 %; posiblemente este comportamiento se deba a los migrantes que ingresan al municipio por la oferta laboral minera” (Hospital Santa Marta de Samacá E.S.E., 2015).

La dinámica de migración que se presenta en este municipio ha obligado a reforzar la capacidad de las instituciones locales encargadas de brindar asistencia social, especialmente en lo referente a la atención en salud, pese a que no resulta fácil determinar el número de población que llega al municipio y, en consecuencia, tampoco su perfil sociodemográfico, debido a la alta rotación de personas y a la inexistencia de reportes de empleabilidad en el sector minero.

Si bien este municipio recibe recursos de presupuesto general y de regalías, su monto es insuficiente para atender la demanda en servicios, salud, educación, vivienda e infraestructura de la población ubicada en la zona minera y en el resto del municipio. Esto se refleja en los conflictos generados entre la comunidad, las empresas mineras y la administración local, que generan procesos de desarrollo desigual asociados a la degradación ambiental y a la falta de oportunidades de la población más vulnerable, situación que se agrava con la llegada de personas provenientes de otras regiones (Parra, 2013).

Por otra parte, el segundo fenómeno social que se presenta en este municipio tiene que ver con el desplazamiento de habitantes rurales, que de manera paulatina han abandonado sus parcelas o han tenido que cambiar de actividad económica debido a factores como la disminución en el caudal de las fuentes

hídricas, la pérdida de fertilidad de los suelos agrícolas y la reducción de la productividad ganadera, lo cual probablemente tenga relación con la contaminación del agua, el suelo y el aire explicada anteriormente.

Este impacto social que produce la minería es muy fuerte debido a que está ocupando tierras agrícolas fértiles, lo que obliga a los agricultores a convertirse en empleados de la industria minera y a dejar de lado sus prácticas tradicionales. Adicionalmente, los campesinos se ven abocados a vender sus propiedades o a ser expropiados, lo que genera procesos de desplazamiento de las comunidades, sin que existan planes, programas o mecanismos adecuados para evitar o minimizar la pérdida a la que estas están sometidas (Parra, 2013).

Infortunadamente, el fenómeno de desplazamiento no es extraño en lugares donde se registra actividad minera, pues, como lo mencionan Abdelgawad *et al.* (2015), a medida que las minas de carbón se expanden para que la producción de carbón aumente, las poblaciones humanas que se encuentran en las áreas de expansión de las minas son desplazadas de sus tierras y muchos de sus derechos humanos se ven irrespetados no solo en Colombia, sino en muchos de los países con extracción de carbón en aumento.

Conclusiones

Los procesos sociales y culturales desarrollados en nuestra sociedad han sido los propulsores del avance en diferentes ámbitos de la vida y también han creado una estructura de valores, creencias y actitudes que de una u otra forma han determinado las conductas humanas sobre las cuales se ha establecido una relación de dominio de los seres humanos sobre la naturaleza. Las consecuencias de esta pretendida superioridad han empezado a irrumpir de manera perturbadora en la sociedad actual, con la manifestación de problemáticas ambientales derivadas de dinámicas comerciales globales y actividades económicas como la minería, que generan efectos e impactos cada vez más graves y que afectan la vida de los ecosistemas.

Las actividades económicas en los páramos de Colombia se han desarrollado durante varios siglos. Sin embargo, la intensificación en la explotación de los recursos naturales, con ocasión de las dinámicas de comercio internacional, plantea un reto para la gestión pública y privada. La decisión de conservar y proteger estos ecosistemas no puede basarse en el simple

análisis de costos y beneficios económicos, ya que existen impactos ambientales que no se manifiestan en el corto plazo y pueden tener efectos irreversibles en los ecosistemas, especialmente en los páramos.

Acorde con las previsiones que establece la legislación ambiental, el objetivo trazado con la delimitación de los páramos es restringir la actividad minera dentro del área geográfica de páramos como el de El Rabanal. Sin embargo, el hecho de que hasta el momento no se hayan definido los mecanismos necesarios para garantizar que las empresas y personas que desarrollan esta actividad puedan realizar reconversión y sustitución económica constituye una amenaza latente para su preservación y salvaguarda, debido a que la minería sigue siendo una actividad rentable, más aún en tiempos de precios favorables de los minerales en los mercados internacionales.

Dadas las dinámicas ecológicas de los páramos, la exclusión de la minería a través de la delimitación geográfica puede resultar insuficiente debido a la prevalencia de esta actividad en cercanía a las zonas de preservación y restauración, lo cual configura una presión constante que de una manera u otra termina impactando los factores ecológicos del páramo, especialmente al recurso hídrico, que es el soporte de la vida y el factor determinante en el desarrollo económico y social de los territorios.

La expansión de la industria minera en el páramo El Rabanal ha venido generando una problemática ambiental debido a los efectos de una operación con indicios de control deficiente de impactos ambientales y escasa compensación de residuales, lo cual termina afectando la calidad de vida de los habitantes del municipio de Samacá. Adicionalmente, el poder ejercido por parte de algunos actores económicos y políticos ha hecho que la delimitación territorial de este páramo se haya desarrollado de manera ligera, con baja participación, lo cual restringe la búsqueda de alternativas para la superación de dicho conflicto. En ese sentido, la elaboración de planes de recuperación y conservación debe pasar necesariamente por el establecimiento de un diálogo abierto y la participación de todos los actores implicados, elementos que no han sido tenidos en cuenta en este caso.

Referencias

Abdelgawad, N., Bustos, C., Gómez, K., Ismail, F., Kaufman, E., Kaur, H., Lasonczyk, M., Mincwabe, N., Regaignon, G. y

Romero, A. 2015. *Digging Deeper: The Human Rights impacts of coal in the global south*. Center for Law, Justice and Society (De justicia) and Business and Human rights. Resource Centre, Gales.

Acosta, D. 2016. Impactos ambientales de la minería de carbón y su relación con los problemas de salud de la población del municipio de Samacá (Boyacá), según reportes ASIS 2005-2011. Tesis de posgrado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, D.C., Colombia.

Agencia Nacional de Minería (ANM). 2017. Informe de Producción de Carbón. URL: <https://www.anm.gov.co/?q=content/informe-de-producci%C3%B2n-carbon-toneladas> . Consultado: 3 de marzo 2019.

Ajara, C. 1993. A abordagem geográfica: suas possibilidades no tratamento da questão ambiental. En: Mesquita, O.V. y Silva, S.T. Editores. *Geografia e Questão ambiental*. Rio de Janeiro Instituto Brasileiro de Geografia e Estadística, Rio de Janeiro.

Alcaldía Municipal de Samacá. 2016. Plan de Desarrollo Municipal 2016-2019. Departamento de Boyacá.

Almagro Vásquez, F. 2007. Cuentas ambientales y análisis de indicadores ecológicos. El caso de México. *Investigación Administrativa* (99): 7-17.

Ariza, D. y Moreno, J. 2017. *Análisis comparativo sobre compensaciones ambientales por pérdida de biodiversidad en el contexto nacional e internacional*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá D.C.

Berger, P., Berger, B. y Kellner, H. 1979. *Un mundo sin hogar. Modernización y conciencia*. Editorial Sal Terrae-Santander, Bilbao.

Bertola L. y Ocampo J. 2010. Desarrollo, vaivenes y desigualdad: Una historia económica de América Latina desde la independencia. SEGIB, Madrid.

Castellanos, G. 2017. Las problemáticas socio-ambientales generadas por la explotación minera en los páramos de Colombia. *Misión Jurídica, Revista de Derecho y Ciencias Sociales* (13): 367-379. Doi: <https://doi.org/10.25058/1794600X.173> .

Castillo de Galarraga, B. 2000. Rol del Estado, libre mercado y soberanía nacional. *Revista Venezolana de Análisis de Coyuntura* 6(1): 71-80.

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), Corporación Autónoma Regional de Boyacá (Corpoboyacá), Corporación Autónoma de Chivor (Corpochivor) e Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAVH). 2008. Estudio sobre el estado actual del macizo del páramo de Rabanal. Convenio interadministrativo N.o 07-06-263-048 (000404).

- Díaz, L. y Junca, G. 2012. Cambios en la estructura demográfica de Boyacá y su impacto socioeconómico (1985-2005). *Revista CIFE: Lecturas de Economía Social* 14: 273-296. Doi: <https://doi.org/10.15332/s2248-4914.2012.0021.04> .
- Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC). 2016. Capital Flows to Latin America and the Caribbean. URL: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40088/S1600456_en.pdf?sequence=1&isAllowed=y . Consultado: 2 de marzo 2019.
- Espitia, M. 2008. *Caracterización de actores sociales en el Páramo de Rabanal*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá D.C.
- Garay, L. 2013. *Minería en Colombia. Derechos, políticas públicas y gobernanza*. Contraloría General de la República, Bogotá D.C.
- Göbel, B. y Ulloa, A. 2014. *Extractivismo minero en Colombia y América Latina*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C.
- Government of Western Australia. 2014. WA Environmental Offsets Guidelines. Government of Western Australia, Perth.
- Güiza, L. 2011. Perspectiva jurídica de los impactos ambientales sobre los recursos hídricos provocados por la minería en Colombia. *Opinión Jurídica* (Edición especial): 123-140.
- Herrera, D. 2010. Husserl y el mundo de la vida. *Franciscanum* 52(153): 247-274.
- Hospital Santa Marta de Samacá E.S.E. 2015. Análisis de situación de salud con el modelo de los determinantes sociales de salud, municipio de Samacá 2015. Municipio de Samacá, Boyacá.
- Kusch, R. 2000. *Esbozo de una antropología filosófica americana, en: obras completas tomo III*. Fundación Ross, Rosario.
- Leff, E. 2000. La complejidad ambiental. Editorial Siglo XXI, México D.F.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2010. Resumen ejecutivo SPI. Proyecto apoyo, ordenación, manejo y restauración de ecosistemas. Bogotá D.C.
- Ministerio de Minas y Energía. (2009). Así es la Minería. Informe. Bogotá D.C.
- Ministerio de Minas y Energía y Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME). 2017. Protocolo para la valoración económica de los impactos sociales y ambientales de los proyectos de construcción, montaje y explotación de minería de carbón. Documento de consultoría. URL: http://acmineria.com.co/acm/wp-content/uploads/normativas/b_protocolo_acb_carbon.pdf . Consultado: 9 de marzo 2019.
- Noguera, P. 2004. *El reencantamiento del mundo. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)*. - Oficina Regional para América Latina y el Caribe y Universidad Nacional de Colombia, IDEA, Bogotá D.C.
- Ortiz, P. 2012. Propuesta de lineamientos de conservación del cordón de páramos Las Burras, San José y El Atravesado y desarrollo territorial de su área de influencia. Tesis de Maestría, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá D.C, Colombia.
- Ortiz, C. y Ortega, P. 2016. Retomando fundamentos y paradigmas para el tránsito de la crisis ambiental hacia sociedades sustentables. *Revista Sociedad y Ambiente* (10): 113-131. Doi: <https://doi.org/10.31840/sya.v0i10.1655>
- Parra, M. 2013. Criterios para la reorientación del actual desarrollo territorial en el municipio de Samacá. Caso de estudio: zona minera municipio de Samacá. Tesis de Maestría, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá D.C.
- Procuraduría Delegada para Asuntos Ambientales y Agrarios. 2007. *Situación de los páramos en Colombia frente a la actividad antrópica y el cambio climático. Informe preventivo*. Procuraduría General de la Nación, Bogotá D.C.
- Ramírez, L. 2015. Sostenibilidad o pensamiento ambiental. II Congreso UPC Sostenible 2015. Cataluña.
- Ramos, A. y Benítez, D. 2013. Samacá, área fuente de contaminación atmosférica. Libro de memorias, IV congreso colombiano y conferencia Internacional de calidad del aire y salud pública. Universidad de la Salle, Bogotá D.C.
- Ramos, A. y Benítez, D. 2017. Modelamiento de material particulado emitido por coquización. *Revista Logos Ciencia & Tecnología* 8(2): 159-169 Doi: <https://doi.org/10.22335/rict.v8i2.303> .
- Riveros, A., Cuéllar, C.A., Ríos, C.M., Rodríguez, C.A., Castillo, C.R., Hortúa, R.C., Clavijo González, C., Polindara, C.J., Díaz, A.C., Duque, D., Cruz, D.L., Rodas, D.M., Aguirre D.V., Neira, D.A., Fraile Harvey, G.L., Gonzales, A., Molina, J., Raigozo, J.S., García, J.H., Rodríguez, J.M., Sánchez, J.C., Romero, J.M., Gómez, L.M., Cifuentes, L., Almanza Romero, L., Herrera, L., Vargas, L.F., Zapata L.P., Cano, M., Pinilla, M., Van Der Hammen, M.C., Quiñonez, M.P., León, M., Ruiz, N., Ballen, Cortez, P., Lozano, P., De la Pava, R., Galindo Tarazona, R., Romero, S., Rubiano, S., Sánchez, Y. y Cárdenas, Z.H. 2015. *Los páramos y su gente: agenda ciudadana para un territorio posible. Propuesta para la*

acción desde habitantes de los páramos de Chingaza, Sumapaz, Guerrero, Cruz Verde y Cerros orientales. Proyecto Comunidades de los páramos, fortaleciendo las capacidades y la coordinación para la adaptación a los efectos del cambio climático. Tropenbos Internacional Colombia & UICN Sur, Bogotá D.C.

Roa, T. y Navas, L. 2014. *Extractivismo. Conflictos y resistencias*. Asociación Centro Nacional Salud, Ambiente y Trabajo Agua Viva, Bogotá D.C.

Rubio, T., Tapia, C. y Urdaneta, M. 2008. Estudio sobre el estado actual del macizo del páramo de Rabanal. Informe técnico. Instituto Alexander Von Humboldt en el marco del Proyecto Páramo Andino "El Techo de los Andes" y el Convenio interadministrativo N.o 07-06-263-048 (000404).

Sáenz, M. 2016. Compensaciones por pérdida biodiversidad avances en Sudamérica y el caso en Colombia. <https://www.senace.gob.pe/wpcontent/uploads/2016/>

[10/3Compensaciones por pérdida de biodiversidad-SSAENZ-21-09-16.pdfm](#) . Consultado: 2 de marzo 2019.

Serrano, E. 2014. Desarrollo tecnológico y brecha tecnológica entre países de América Latina. Ánfora: *Revista Científica de la Universidad Autónoma de Manizales* 21(36): 43-67.

Trujillo, D., Rojas, D. y López, N. 2018. Desbordamiento del extractivismo minero en Colombia: el caso de Suárez, Cauca. *Revista CS* (26): 171-201.

Vásquez Cerón, A. y Buitrago Castro, A.C. 2011. *El gran libro de los páramos. Proyecto Páramo Andino*. Instituto Alexander Von Humboldt, Bogotá, D.C.

Zuleta, M. 2012. La ilusión llamada Páramo de Rabanal. *Revista Nómadas* 37: 55-70.

Citar como: Buitrago-Betancourt, J.D. 2020. Minería, comercio internacional e impactos ambientales en el páramo El Rabanal de Samacá, Boyacá. *Intropica* 15(1): 42-54. Doi: <https://doi.org/10.21676/23897864.3426>.

Extension of geographical distribution of three common species of diurnal butterflies (Lepidoptera: Papilionoidea) from the Colombian Caribbean

Ampliación del ámbito geográfico para tres especies comunes de mariposas diurnas (Lepidoptera: Papilionoidea) del Caribe colombiano

Daniela Ahumada-C.¹, Alejandro Segovia-Paccini², Candelaria Ortega-Echeverría², M. Gonzalo Andrade-C³ y Gabriel R. Navas-S¹

1. Programa de Biología, Grupo de Investigación Biología Descriptiva y Aplicada y Grupo de Investigación Hidrobiología, Universidad de Cartagena, Cartagena, Colombia

2. Programa de Biología, Grupo de Investigación Biología Descriptiva y Aplicada, Universidad de Cartagena, Cartagena, Colombia

3. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C., Colombia

*Autor de correspondencia: gnavas@gmail.com

Recibido: 30 de septiembre de 2019

Aceptado: 27 de enero de 2020

Publicación en línea: 30 de junio de 2020

Abstract

Palabras clave:
Bolívar; Colombia; distribution; records; HesperIIDae; Pieridae

In this document we extend the geographical distribution for three common species of diurnal butterflies from the Colombian Caribbean region (*Aides dysoni*, *Calpodetes ethlius*, and *Anteos clorinde*). The specimens were captured with an insect net in samplings conducted in the Arjona jurisdiction (Bolívar Department) in 2015, between 8:00 and 16:00 hours. For each of them we provide important morphological characters for their recognition, and complement their distribution in the Neotropic.

Key words:

Bolívar; Colombia; distribución; registros; HesperIIDae; Pieridae

Resumen

En este documento se registran tres especies comunes de mariposas diurnas de la región Caribe colombiana (*Aides dysoni*, *Calpodetes ethlius* y *Anteos clorinde*). Los especímenes fueron capturados con red entomológica en muestreos realizados en el municipio de Arjona (departamento de Bolívar) en el año de 2015 entre las 8:00 y 16:00 horas. Para cada una de ellas se proporcionan caracteres morfológicos útiles para su reconocimiento y se complementa su distribución en el Neotrópico.

Butterflies are one of the most studied groups of insects worldwide (e.g. Montero-A. *et al.*, 2009; Felízola *et al.*, 2010). Colombia is among the countries with the highest species richness, counting with a little more than 3274 species, of which 350 are endemic (Campos-Salazar *et al.*, 2011). Despite its high wealth, there are areas of the national territory such as the Atlantic Coast where information about the group is insufficient.

In the last two decades, efforts have been made to know the richness and ecology of the species that inhabit the departments of Atlántico and Cesar (e.g. Campos-Salazar y Andrade-C., 2009; Boom-Urueta *et al.*, 2013; Vargas-Zapata *et al.*, 2015), and recently Sucre and Bolívar (e.g. Mercado-Gómez *et al.*, 2018; Ahumada-C. *et al.*, 2019).

This study confirms the presence of three common species of diurnal butterflies for the Colombian

Caribbean located in the Bolívar Department: *Aides dysoni* Godman, 1900, *Calpodetes ethlius* (Stoll, 1782) (HesperIIDae), and *Anteos clorinde* (Godart, [1824]) (Pieridae). Also, important morphological characters for their recognition are provided, and their distribution in the Neotropic is complemented.

The specimens were captured with an insect net in samplings conducted in the Arjona jurisdiction (Bolívar, Department) in 2015, between 8:00 and 16:00 hours, with a sampling effort of 7h/day.

The species were identified from their comparison with photographs of type specimens from the illustrated list of American butterflies (Warren *et al.*, 2017), and the works of Lewis *et al.* (1975), and Le Crom *et al.* (2004). Taxonomic identities were verified by examination of specimens stored in the reference collection of the Natural Sciences Institute (ICN) of the National University of Colombia.



The morphological description of the species follows the nomenclature proposed by Miller (1970), and the description of the colors of the wings follows the color chart of Rigdway (1912). The examined material is stored in the research laboratories of the Biology Program at the University of Cartagena (CUDC-INS).

Aides dysoni, *Calpododes ethlius* (Hesperiidae) and *Anteos chlorinde* (Pieridae) are registered for the Colombian Caribbean (figure 1). The lack of knowledge about these species in the region is probably due to the few explorations in their ecosystems and the shortage of specimens deposited in biological collections, which has made it difficult to update the lists of species, mainly in the departments of Bolívar and Sucre. The morphological characteristics for identification, and geographical distribution aspects of each species are presented below.

Family Pieridae
***Anteos chlorinde* (Godart, [1824])**

Examined material: 1♂1♀. Colombia Bolívar. Arjona, Hacienda Condominio, 125 m, 10° 17' N and 75° 22' W, entomological net, 19. viii. 2015, Segovia-Paccini, A. Leg. CUDC-INS-192 and CUDC-INS-193.

Recognition characters: dorsal thorax "White" and abdomen "Maize Yellow". Head "White", with filamentous antennae with elongate palpi "Marguerite Yellow". Front wing apex hooked. Dorsal anterior wing "Pale Olivane", with oval mark "Bale Brown" in the medial area, between origin of cells M2 and M3. Dorsal posterior wing "Pale Olivane", with circular mark "Primuline Yellow" in the medial area in the origin of cell M2. Ventral anterior wing "Pale Fluorite Green", with ovate mark "Pale Ochraceous-Salmon" in the medial area in the superior part of distal cell. Ventral posterior wing "Pale Fluorite Green", with two contiguous marks "White" with contour "Pale Ochraceous-Salmon" in the superior part of the distal cell. Distal margin tip-shaped between cells M2 and Cu1.

Distribution: Southwestern United States of America, Jamaica, Cuba, Hispaniola (Warren *et al.*, 2017), from Mexico to Paraguay (Valencia *et al.*, 2005) and Argentina. In Colombia it has been registered in the Pacific region in the Valle del Cauca Department (Millán-J. *et al.*, 2009), and for the Andean region in the departments of Tolima (Ospina-López *et al.*, 2010), Santander (Torres, 2010) and Caldas (Ríos-Málaver, 2007). It is recorded for the Arjona locality, Bolívar Department.

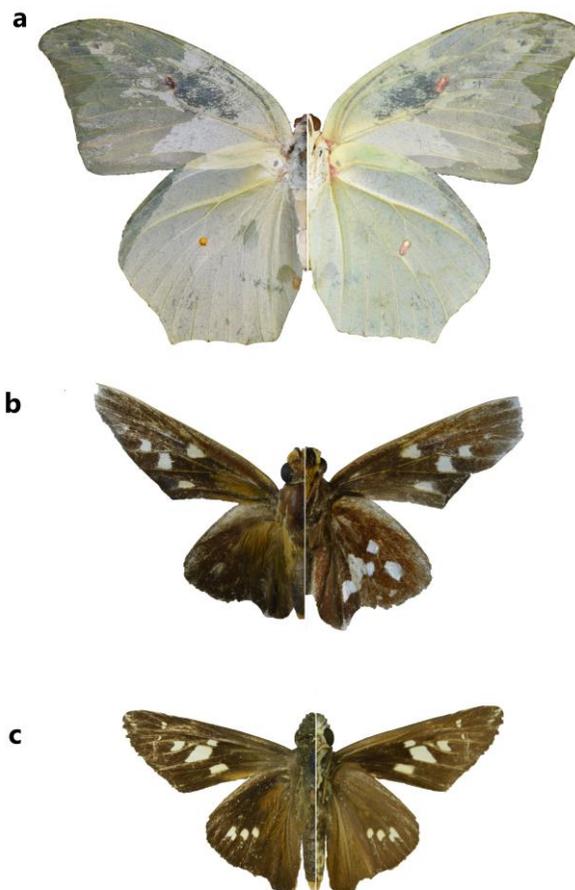


Figure 1. New records of daytime butterflies for the Colombian Caribbean. a. *Anteos chlorinde* (CUDC-INS 192), b. *Aides dysoni* (CUDC-INS 446), c. *Calpododes ethlius* (CUDC-INS 412).

Family Hesperiidae
***Aides dysoni* Godman, 1900**

Examined material: 1♀. Colombia Bolívar. Arjona, Hacienda Condominio, 125 m, 10° 17' N and 75° 22' W, entomological net, 4.x. 2015, Segovia-Paccini, A. Leg. CUDC-INS-446.

Recognition characters: dorsal thorax and abdomen "Sepia". Head "Sepia" with stout and curved antennae and palpi "Bone Brown". Dorsal anterior wing "Sepia" with four semi-hyaline marks "White": one semi-circular medial in the superior part of the distal cell; post medial semi-square mark near origin of cells M3 and Cu1; another one in the center of cell Cu1; and one ovate mark in the post medial area, near the torus, located in cell Cu2. Dorsal posterior wing "Sepia", "Mustard Yellow" in the center of basal and post-basal area.

Ventral anterior wing similar to dorsal anterior wing. Ventral posterior wing: "Isabella Color", with two circular marks "White", one in the sub medial area and other that covers the medial and post medial area; irregular mark "White" that covers the sub medial and medial areas; and two little ovate marks near the margin.

Distribution: from Mexico to Colombia (Warren *et al.*, 2017). This study confirms the presence of this species in the Colombian Caribbean.

***Calpododes ethlius* (Stoll, 1782)**

Examined material: 1♂. Colombia Bolívar. Arjona, Hacienda Condominio, 125 m, 10° 17' N and 75° 22' W, entomological net, 31.x. 2015, Segovia-Paccini, A. Leg. CUDC-INS-412.

Recognition characters: Dorsal thorax and abdomen "Deep Olive". Head "Deep Olive" with hooked antennae and palpi "Deep Olive". Dorsal anterior wing "Sepia", with seven semi-hyaline and semi-ovate marks "White" color: one in the center of distal cell; two contiguous small marks between cells R4 and R5, near their origin; one middle size in the center of cell M2; one big mark in the center of cell M3; and one median mark in the center of cell Cu2. Center of cells 1A+2A "Mustard Yellow" color. Dorsal posterior wing "Sepia", with the basal and part of the post basal areas with "Mustard Yellow" fine setae; with four semi-hyaline and semi-ovate marks "White", two contiguous in the center of cell Rs, one in the center of cell M1 and another in the center of cell M2. Ventral dorsal wing similar to dorsal anterior wing. Ventral posterior wing similar to dorsal posterior wing.

Distribution: Southeast of the United States of America, West Indies, from Mexico to Argentina, and Galapagos Island (Warren *et al.*, 2017). González y Andrade-C. (2008) record this species for the Colombian Andean region, without data on its collection location. We confirm the presence of this species in the Colombian Caribbean.

Tropical butterflies are one of the most spectacular and visually appealing organisms in the world. In the tropics evolved most of the butterfly diversity, and they play many vital roles in tropical ecosystems, with complex species interactions (e.g. mimicry, parasitism, predation), so they can have significantly influences on ecological and evolutionary processes in the tropics (Bonebrake *et al.*, 2010). Also, many species have potential in environmental monitoring as indicators of habitat quality (Montero *et al.*, 2009). This invaluable

biological resource is threatened in the Colombia Caribbean region by the progressive intervention and destruction of natural habitats, transformation in agricultural and livestock areas, fragmentation, and climate change (Orozco *et al.*, 2009).

The three species recorded here are common and with a broad geographical distribution in agro-ecosystems and conserved areas in Colombia. Strangely, that they had not been reported previously in the Caribbean region. This confirm that Bolívar Department remain as one of the geographical areas of the Colombian Caribbean Region in which is necessary concentrate efforts to estimate populations sizes and species richness. Fundamental information to determine the health of the ecosystems, and to formulate plans for their conservation, management and sustainable use, in this case for butterflies and other tropical insects, and the services that they can provide (e.g. pollination).

Acknowledgements

We thank to Juliana Mosquera, Efraín Henao, Michel Bejarano and Katherine Domínguez of the ICN for their support in identifying the material. To Adriana Bermúdez, Andrés Bermúdez, Margarita Tobón, Fernando Jiménez, Yeison Herrera and Carlos Lopez, for their support in the samplings. This study has been supported by University of Cartagena (Minute 024-2019).

References

- Ahumada-C., D., Segovia-Paccini, A. y Navas-S., G.R. 2019. Butterflies (Lepidoptera: Papilionoidea) of Montes de María sub-region: Preliminary list of species from El Carmen de Bolívar (Bolívar, Colombia). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales* 43(168):521-529. Doi: <https://doi.org/10.18257/raccefyn.808>.
- Bonebrake, T.C., Ponisio, L.C., Boggs, C. L. y Ehrlich, P.R. 2010. More than just indicators: A review of tropical butterfly ecology and conservation. *Biological Conservation* 143(8):1831-1841. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.04.044>.
- Boom-Urueta, C., Seña-Ramos, L., Vargas-Zapata, M. y Martínez-Hernández, N. 2013. Mariposas Hesperioidea y Papilionoidea (Insecta: Lepidoptera) en un fragmento de bosque seco tropical, Atlántico, Colombia. *Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natural* 17(1):149-167.
- Campos-Salazar, L.R. y Andrade-C., M.G. 2009. Lepidópteros (Hesperioidea - Papilionoidea) asociados

- a bosque seco tropical del Caribe colombiano, un estudio de caso en el bosque El Agüil, Aguachica, Cesar. En Rangel-Ch., J.O. Editores. Colombia Diversidad Biológica VIII Media y baja montaña de la Serranía de Perijá. Bogotá D.C.
- Campos-Salazar, L.R., Gómez, M. y Andrade-C., M.G. 2011. Mariposas (Lepidoptera: Hesperioidea Papilionoidea) de las áreas circundantes a las ciénagas del departamento de Córdoba, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales* 35(134):45-60.
- Felizola, J.A., De Marco Jr. P. y Hawkins, B. A. 2010. Defying the curse of ignorance: perspectives in insect macroecology and conservation biogeography. *Insect Conservation and Diversity* 3:172-179. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1752-4598.2010.00091.x>
- González, L. A. y Andrade-C., M. G. 2008. Diversidad y biogeografía preliminar de las mariposas saltarinas (Lepidoptera: Hesperioidea) de Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales* 32(124):422-433.
- Le Crom, J., Llorente, J., Constantino, L. y Salazar, J. 2004. *Mariposas de Colombia Tomo 2*. Pieridae. CARLEC Ltda. Bogotá D.C.
- Lewis, H.L. 1975. *Las Mariposas del Mundo*. Editorial Omega. Barcelona.
- Mercado - Gómez, Y.G., Mercado-Gómez, J.D. y Giraldo-Sánchez, C.E. 2018. Mariposas en un fragmento de bosque seco tropical en Montes de María (Colombia). *Ciencia en Desarrollo* 9(2): 35-45. Doi: <https://doi.org/10.19053/01217488.v9.n2.2018.7595> .
- Millán-J., C., Chacón, P. y Giraldo, A. 2009. Estudio de la comunidad de lepidópteros diurnos en zonas naturales y sistemas productivos del municipio de Caloto (Cauca, Colombia). *Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natural* 13(1): 185-195.
- Miller, L.D. 1970. Nomenclature of wing veins and cells. *The Journal of research on the lepidoptera* 8(2):37-48.
- Montero-A., F., Moreno-P., M. y Gutiérrez-M., L. C. 2009. Mariposas (Lepidoptera: Hesperioidea y Papilionoidea) asociadas a fragmentos de bosque seco tropical en el departamento del Atlántico, Colombia. *Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natural* 13(2): 157-173.
- Orozco, S., Muriel, S. y Palacio, J. 2009. Diversidad de Lepidópteros diurnos en un área de bosque seco tropical del occidente antioqueño. *Actualidades Biológicas* 31(90):31-41.
- Ospina-López, L. A., García-Pérez, J.F., Villa-Navarro, F. A. y Reinoso-Flórez, G. 2010. Mariposas Pieridae (Lepidoptera: Papilionoidea) de la Cuenca del Río Coello (Tolima), Colombia. *Actualidades Biológicas* 32(93):173-188.
- Rigday, R. 1912. *Color standards and color nomenclature*. Smithsonian. Washington D. C.
- Ríos-Málaver, C. 2007. Riqueza de especies de mariposas (Hesperioidea y Papilionoidea) de la quebrada "El Águila" Cordillera Central (Manizales, Colombia). *Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natural* 11:272-291.
- Torres, G. A. 2010. Diversidad de las mariposas (Lepidoptera: Papilionidae, Pieridae, Lycaenidae, Riodinidae, Hesperioidea) del enclave de bosque seco conformado por los cañones de los ríos Chicamocha, Suárez y Sogamoso, Santander, Colombia. (Tesis de pregrado). Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander.
- Valencia, C.A., Gil, Z.N. y Constantino, L.M. 2005. Mariposas diurnas de la zona central cafetera colombiana. Guía de Campo. Chinchiná, Colombia: Cenicafe.
- Vargas-Zapata, M.A., Boom-Urueta, C.J., Seña-Ramos, L.I., Echeverry-Iglesias, A.L. y Martínez, N.J. 2015. Composición vegetal, preferencias alimenticias y abundancia de Biblidinae (Lepidoptera: Nymphalidae) en un fragmento de bosque seco tropical en el departamento del Atlántico, Colombia. *Acta Biológica Colombiana* 20(3):1-16. Doi: <https://doi.org/10.15446/abc.v20n3.42545> .
- Warren, A.D., Davis, K.J., Stangeland, E.M., Pelham, J.P. y Grishin, N.V. 2017. *Illustrated lists of American Butterflies (North and South America) 21 XI-2017*. Butterflies of America. Washington D.C.

Citar como: Ahumada-C. D., Segovia-Paccini, A., Ortega-Echeverría, C., Andrade-C, M.G., y Gabriel R. Navas-S. 2019. Extension of geographical distribution of three common species of diurnal butterflies (Lepidoptera: Papilionoidea) from the Colombian Caribbean. *Intropica* 15(1): 55-58. Doi: <http://dx.doi.org/10.21676/23897864.3422>.

Variación anual de los parámetros hidrográficos en la confluencia del río Jamapa y arroyo Moreno (México)

Annual variation of hydrographic parameters at the confluence of the Jamapa river and Moreno stream (Mexico)

David Salas-Monreal¹, Alejandro Díaz-Hernández², José Antolín Áke-Castillo¹, Alejandro Granados-Barba¹ y Mayra Lorena Riverón-Enzástiga³

1. Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías, Universidad Veracruzana, Veracruz, México

2. Instituto tecnológico de México / Instituto Tecnológico de Boca del Río, Veracruz, México

3. Noordwijk International College, Blvd, Veracruz, México

*Autor de correspondencia: davsalas@uv.mx

Recibido: 29 de enero de 2020

Aceptado: 22 de mayo de 2020

Publicación en línea: 30 de junio de 2020

Palabras clave:

río Jamapa; arroyo Moreno; sistema arrecifal veracruzano; hipoxia; nitrógeno total; variación anual

Key words:

Jamapa River; Stream Moreno; Veracruz reef system; hypoxia; total nitrogen; Hydrologic annual variation

Resumen

Se utilizaron datos semanales de la temperatura de la superficie del mar, la salinidad, la densidad del agua, el oxígeno disuelto, el nitrógeno total y la clorofila-*a* para dilucidar las variaciones temporales de las condiciones ambientales del río Jamapa en su confluencia con arroyo Moreno (Boca del Río, Veracruz, México), así como para identificar cualquier condición desfavorable para los organismos, como la hipoxia o las altas concentraciones de nitrógeno. Con los datos obtenidos desde septiembre del 2017 hasta noviembre del 2018 se puede observar que los valores de oxígeno fueron mayores durante la temporada de frentes fríos (vientos sostenidos mayores a 60 km/h), debido a la oxigenación producida por el intercambio atmosfera-océano y disminuye drásticamente durante la temporada de lluvias, cuando las descargas del río son 10 veces mayores que durante el resto del año, y durante secas, cuando la temperatura atmosférica (bulbo seco) son al menos 5 °C mayores que durante el resto del año, con vientos típicos menores a los 20 km/h. Esto no afectó los niveles registrados de clorofila-*a* que fueron casi constantes durante el periodo muestreado. En cambio, la temperatura y la salinidad muestran un máximo (34 °C y 14 ppt, respectivamente) durante secas y disminuyen cuando inicia la temporada de lluvias.

Abstract

Weekly data of the sea surface temperature, salinity, water density, dissolved oxygen, total nitrogen, and chlorophyll-*a* were used to elucidate the temporal variations in the environmental conditions of the Jamapa River at its confluence with Arrollo Moreno (Boca del Río, Veracruz, Mexico), as well as to identify any unfavorable condition for organisms, such as hypoxia or high nitrogen concentrations. With the data obtained from September 2017 to November 2018, it can be seen that the oxygen values were higher during the northern season (sustained winds over 60 km/h), due to the oxygenation produced by the atmosphere-ocean exchange and decreases dramatically during the rainy season, when the river discharges were 10 times greater than during the rest of the year and during the dry season, when the atmospheric temperatures (dry bulb) are at least 5 °C higher than during the rest of the year, with typical winds below 20 km/h. This did not affect the registered levels of chlorophyll-*a*, since they were almost constant during the sampled period. In contrast, the temperature and salinity show a maximum (34 °C and 14 ppt, respectively) during the dry season and decrease when the rainy season begins.



Introducción

Los ríos son lugares de gran importancia para la biosfera al ser una de las fuentes más importantes de agua para los seres vivos y albergar hábitats con una elevada biodiversidad. De acuerdo con Jerves *et al.* (2020) y Zolfaghari *et al.* (2020) es de suma importancia conocer las variaciones temporales del ambiente (temperatura, salinidad y densidad), así como identificar si existen condiciones no favorables para el adecuado desarrollo de los seres vivos (hipoxia o concentraciones altas de nitrógeno total).

El aumento poblacional en las zonas costeras de Latinoamérica ha sido resultado de las relaciones económicas, sociales y políticas establecidas hacia el interior del continente desde la época prehispánica. Durante el periodo prehispánico, los recursos marinos no fueron un factor importante para el crecimiento de los centros poblacionales a lo largo de las costas Latinoamericanas; sin embargo, con la llegada de los europeos, se establecieron asentamientos litorales de gran importancia comercial (Morales y Pérez, 2006). Posteriormente, con la revolución industrial y la globalización, la industria aumentó el consumo del agua de manera exponencial y debido a ello, las ciudades asentadas al borde de los ríos y lagos incrementaron su población. El incremento de la población no solo aumentó el consumo del agua, sino que durante un tiempo la industria y las ciudades vertieron sus residuos y desechos tóxicos a los ríos, lo cual originó que en épocas recientes se tomaran medidas para observar la calidad del agua (Ayers y Westcot, 1987; Mexicana, 2001; Lozada *et al.*, 2009). El crecimiento industrial y económico, se ha visto reflejando en el crecimiento de las plantas hidroeléctricas, las cuales aumentan la temperatura del agua que es vertida en los ríos (Hernández-Tapia, 2017). El aumento de la temperatura del agua, modifica el hábitat del río y las áreas adyacente a su cauce. Con el crecimiento de la agricultura, cerca de los ríos, se construyeron presas reduciendo el flujo por unidad de volumen (gasto) de la mayoría de los ríos, hecho que aumentó la salinidad en la desembocadura de los ríos y por lo tanto, el ecosistema estuarino empezó a cambiar (Salas-Monreal *et al.*, 2019).

El litoral Veracruzano (México) cuenta con aproximadamente ~2,000 pescadores, los cuales obtienen un total de ~30,000 toneladas de producción pesquera al año (INAPESCA, 2017), motivo por el cual es de suma importancia conocer las variaciones temporales de los parámetros hidrográficos que pueden afectar o modular dicha producción. El litoral

Veracruzano (México) cuenta con numerosos estuarios que incluyen al del Río Jamapa (figura 1), el cual destaca por su importancia biológica y pesquera, así como por la generación de energía hidroeléctrica y la cercanía con el Puerto de Veracruz, una de las ciudades más antiguas de América (1519) con una población de aproximadamente 1,000,000 de habitantes (figura 1). Por ello, el objetivo de este trabajo es estudiar las variaciones hidrográficas de dicho río durante el periodo de septiembre del 2017 hasta noviembre del 2018.

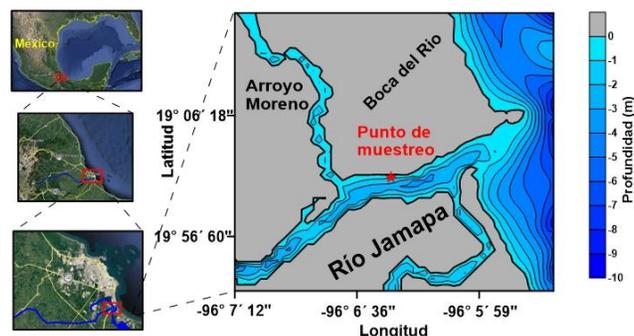


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio en el río Jamapa, Veracruz, México.

La importancia del río Jamapa radica en que es un sistema estuarino cuyas descargas y nutrientes llegan al Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV), el cual cuenta con 50 arrecifes de coral (Leaño-Carrera *et al.*, 2019). En este trabajo se realizó una comparación entre la tres temporadas climáticas de la región (Avendaño-Alvarez *et al.*, 2017), secas, lluvias y frentes fríos (localmente llamados "nortes"), con el fin de obtener series de tiempo que permitan conocer la calidad del ambiente acuático en la desembocadura del río Jamapa. Dada la poca información que se tienen de los parámetros ambientales de oxígeno disuelto (OD), nitrógeno total (N_2), clorofila-a (Cl^{-a}), temperatura y salinidad en la zona de la desembocadura del río Jamapa, se puso en marcha la creación de una base anual de estos parámetros. El Río Jamapa cuenta con un canal de navegación en la parte sur (figura 1) y debido al efecto que el canal de navegación genera sobre la dinámica del estuario (Salas-Monreal *et al.*, 2019), las variables hidrográficas son diferentes entre la parte sur (canal de navegación) y la parte norte (zona somera) del río. El canal de navegación produce corrientes más fuertes (>0.5 m/s) y un intercambio continuo del agua salobre con el océano (~ 12 h). El lado sur es más dinámico (el intercambio del agua del río y el océano es continuo) que el lado norte, donde el agua se puede quedar estática durante periodos mayores a 24 h, debido a sus bajas velocidades. Debido a que el lado norte es menos

dinámico y al aporte continuo de agua del Arroyo Moreno, esta parte del río debería mostrar más contaminación (Figura 1). Esto se debe en parte a que el cauce de Arroyo Moreno recibe descargas urbanas de forma directas. Dado lo anterior, este trabajo se enfocará en la parte norte del río, ya que ésta es la que puede generar una mayor problemática ambiental (altos índices de contaminación) dentro del sistema.

En la desembocadura del río Jamapa se han detectado episodios de hipoxia (Avendaño-Alvarez *et al.*, 2019), esto es una baja concentración de oxígeno disuelto en el agua menor a 2.0 ml/l (Díaz y Rosenberg, 1995). El oxígeno en forma de gas posee una baja solubilidad en el agua; además la cantidad de oxígeno contenido en el agua varía con la temperatura. La mayoría de los organismos acuáticos necesitan oxígeno para vivir y crecer. Algunas especies requieren niveles elevados de oxígeno disuelto (OD) como la trucha (*Salvelinus fontinalis*), mientras que otros pueden vivir con niveles mínimos como el bagre (*Bagre marinus*). Otro factor importante para los organismos es el nitrógeno, este es un nutriente importante para el desarrollo de los animales y las plantas acuáticas. Por lo general, en el agua se le encuentra formando amoníaco (NH_3), nitratos (NO_3^-) y nitritos (NO_2^-). El proceso de nitrificación depende entre otras cosas de la temperatura del agua y del contenido de oxígeno disuelto. Generalmente, los nitratos son solubles, por lo que son removidos con facilidad de los sedimentos, incrementando la cantidad de bacterias en la columna de agua, mismas que consumen oxígeno, logrando generar en algunas ocasiones ambientes hipóxicos o anóxicos (bajos o nulos niveles de oxígeno, respectivamente) (Altieri y Díaz, 2019). Todos los parámetros analizados en este trabajo fueron tomados a una distancia de 5 metros del borde del Río Jamapa (figura 1) del 1 de septiembre de 2017 al 25 de noviembre de 2018 de forma semanal. El nivel del río en su parte estuarina cuenta con una modulación micro-mareal (< 2 m) con una componente semidiurna (~12 h), diurna (~24 h) y lunisolar sinódica quincenal (~15 días), por lo que todos los datos se tomaron durante bajamar para evitar variaciones debidas al efecto de la marea entre muestreos sucesivos (Salas-Monreal *et al.*, 2019).

En la zona de estudio existen tres temporadas climáticas muy marcadas (Riveron-Enzastiga *et al.*, 2016), la temporada de frentes fríos, comúnmente conocida como nortes, la cual cuenta con vientos sostenidos mayores a los 20 km/h y cada 4 a 7 días dicha intensidad aumenta a >60 km/h (con rachas de

hasta 130 km/h), esta es la temporada más fría de la región debido a los vientos polares (vientos del norte o noreste). A la temporada de nortes le sigue la temporada de secas, que es cuando deja de llover, en esta temporada no existe mucha humedad en el ambiente, pero la radiación solar es mayor debido a la falta de nubes y humedad en el ambiente, por lo que las temperaturas al bulbo seco, son las más elevadas que se registran, a esta temporada también se le conoce como la temporada de estiaje. Finalmente, la temporada de lluvias, la cual se caracteriza por una gran descarga (gasto) de agua dulce de los ríos, al igual que mucha humedad en el ambiente (>60%) y nubosidad.

Con los datos medidos en este trabajo se puede ver que la temperatura más alta (figura 2) se registró durante la temporada de secas. La temperatura es muy importante en la degradación de la materia orgánica, afecta la velocidad de las reacciones químicas y biológicas en los ríos y mares, por lo cual se espera que exista una mayor degradación de la materia orgánica en esta temporada, como se puede observar con los valores del nitrógeno registrados en esta temporada. En aguas estuarinas del Golfo de México se espera mayor mezcla en invierno que en verano debido a los nortes (frentes fríos), por lo tanto, la temperatura del agua bajaría en esta temporada (figura 2). La temperatura más alta registrada en el río Jamapa fue en la temporada de secas y baja gradualmente hasta encontrar su mínimo durante la temporada de nortes. Durante la temporada de nortes la columna de agua se mezcla (Riverón-Enzástiga *et al.*, 2016), bajando el valor de la salinidad del fondo y aumentando el valor de la superficie (columna mezclada). En la zona de muestreo, la salinidad tiene valores altos comparados con lo esperado para un río y bajos comparados con la mayoría de los estuarios, esto se debe a la interacción del río Jamapa con la desembocadura de Arroyo Moreno (figura 1), el cual aporta agua dulce de forma continua al sistema. Como era esperado, en la temporada de secas se observaron los mayores valores de salinidad, dichos valores bajaron drásticamente durante la temporada de lluvias.

Todos los gases de la atmósfera son solubles en agua en diferente grado, dependiendo directamente de su presión parcial; el nitrógeno y el oxígeno son considerados gases con una baja solubilidad, siendo su concentración menor en agua con mayor salinidad y temperatura. En aguas con altos contenidos de materia orgánica disuelta los valores de oxígeno saturado son menores que en aguas "limpias", considerándose como

aceptables aquellas con un contenido mínimo de 5 ml/l de oxígeno disuelto, mientras que cuando dichas concentraciones bajan de 2 ml/l (hipoxia) esto puede resultar en una migración de organismos hacia otras regiones o en caso de no poder desplazarse, se puede traducir en la mortalidad de dichos organismos, sobre todo si el ambiente se torna anóxico. Al aumentar la temperatura, disminuye la cantidad de oxígeno disuelto en el agua, como se puede observar en la temporada de secas (figura 2), esto se observó en la confluencia del río Jamapa y Arroyo Moreno, pero también se observó en la desembocadura del río Jamapa (Avendaño-Alvarez *et al.*, 2017), donde existe un mayor intercambio del agua estuarina con el agua oceánica. La concentración más elevada de OD en el área de muestreo se registró durante la temporada de nortes, cuando se observaron las menores temperaturas; sin embargo, el aumento en la cantidad de oxígeno se puede deber en gran medida al intercambio de O₂ con la atmósfera, cuando la columna de agua se oxigena debido a los intensos vientos (frentes fríos) comúnmente registrados durante el invierno (Riverón-Enzástiga *et al.*, 2016) a lo largo de toda la cuenca. Las mayores concentraciones de oxígeno disuelto fueron de ~5.0 ml/l, mientras que para el resto del año (secas y lluvias) la zona de muestreo mostró características hipóxicas, no favorables para el adecuado desarrollo de la mayoría de los organismos. Esta no es una condición general para todo el río Jamapa, dichos valores se presentan en el punto de muestro debido a su cercanía con Arroyo Moreno, donde se localiza una de las áreas de desagüe de la zona conurbada del Puerto de Veracruz y las descargas de agua de una de las termoeléctricas (termoeléctrica de dos bocas, Veracruz) que descarga agua caliente en esta área. Debido a lo anterior y posiblemente a otros factores como el aporte de materia orgánica proveniente de la parte superior de la cuenca o el consumo del oxígeno por bacterias o productos químicos en la región, el oxígeno disuelto no era suficiente para mantener un sistema íctico altamente productivo, pudiéndose notar con la poca productividad pesquera con que se cuenta en esta área. El nitrógeno es uno de los elementos de mayor interés en los estudios ambientales debido a la importancia para la vida de plantas y animales (Carreón-Palau *et al.*, 2019). En el área de muestreo dichos valores superan los 8 ml/l a lo largo del año. Los valores altos de nitrógeno total observados durante la temporada de nortes se pueden deber a la resuspensión de la materia orgánica del fondo o al aporte N₂ cuenca arriba (lluvia en la zona montañosa), mientras que en la temporada de lluvias, esto se debe al aporte terrígeno producido

por el deslave de las zonas adyacentes al río a lo largo de toda la cuenca y drenajes pluviales urbanos. El nitrógeno puede pasar de ser abono y nutriente a contaminante de alto riesgo para los organismos acuáticos, cuando sus valores se elevan por encima de los 15 ml/l. Los índices elevados de nitrógeno total observados en esta área se pudieron haber generado por la falta de organismos nitrificantes o por descarga de aguas residuales que aportan una gran cantidad de materia orgánica en descomposición, entre otros factores; sin embargo, estos valores no rebasan los 11 ml/l.

La clorofila-*a* es el tipo de clorofila que se encuentra más frecuentemente entre las algas (Okolodkov *et al.*, 2011). Una de las características principales de la clorofila-*a* es su capacidad de absorber la radiación para crear la fotosíntesis. En la zona de muestreo los valores de clorofila-*a* se mantienen casi constantes debido al aporte continuo de nutrientes a lo largo del año, esto también se puede observar en la desembocadura del Río Jamapa (Avendaño-Álvarez *et al.*, 2017) y en el sistema arrecifal veracruzano, donde desemboca el Río Jamapa (Avendaño-Alvarez *et al.*, 2019). Durante la temporada de nortes existe una gran resuspensión de nutrientes del fondo (Riveron-Enzastiga *et al.*, 2016), lo cual provee de nutrientes la columna de agua, esto aunado a las lluvias esporádicas cuenca arriba (Salas-Monreal *et al.*, 2019), entre otros factores como las numerosas descargas antrópicas (aguas residuales) las cuales contienen una cantidad de nutrientes, suficiente para favorecer el crecimiento de microalgas, mantienen un alto nivel de nutrientes en la zona de estudio. Durante la temporada de lluvia dichos nutrientes vienen, en su mayoría, de las descargas del río. Dado lo anterior, es sorprendente que esta área no sea una de las más productivas del río en cuanto a pesquerías se refiere, dado que, en muchas ocasiones, las algas que contienen a la clorofila-*a* son la base de la cadena alimenticia en ecosistemas acuáticos. Esto puede deberse a que los niveles de oxígeno disuelto a lo largo de un año son muy bajos. Los niveles de clorofila-*a* que se tuvieron a lo largo del año, pudieron haber sido el resultado de las condiciones climatológicas. Una posibilidad pudo ser que tanto la lluvia con su aporte de CO₂ atmosférico, como el nitrógeno proveniente de la materia orgánica, y una temperatura promedio de 26 °C favorecieran el crecimiento y sustentabilidad de las microalgas en el área de muestreo.

Dado que el río Jamapa desemboca al sistema arrecifal veracruzano, un sistema con más de 50 arrecifes de

coral (Liaño-Carrera *et al.*, 2019), y que a su vez el río cuenta con un sistema estuarino en su desembocadura (Salas-Monreal *et al.*, 2019), el cual es usado por numerosas especies en su etapa de reproducción o crecimiento, es de suma importancia mantener un monitoreo periódico en este sistema y en general en todas las cuencas a nivel mundial, para garantizar que la calidad del agua es la adecuada para mantener un ecosistema acuático saludable. Las cuencas que cuentan con desarrollo urbano (ciudades) a lo largo de su cauce, como es el caso del río Jamapa, deberían de ser monitoreadas de forma periódica permanentemente, para tener una idea más clara de los efectos que las descargas urbanas pueden producirle al ambiente y de esta manera poder tomar medidas de mitigación o generar modelos preventivos que ayuden a mantener un sistema saludable en dichas áreas.

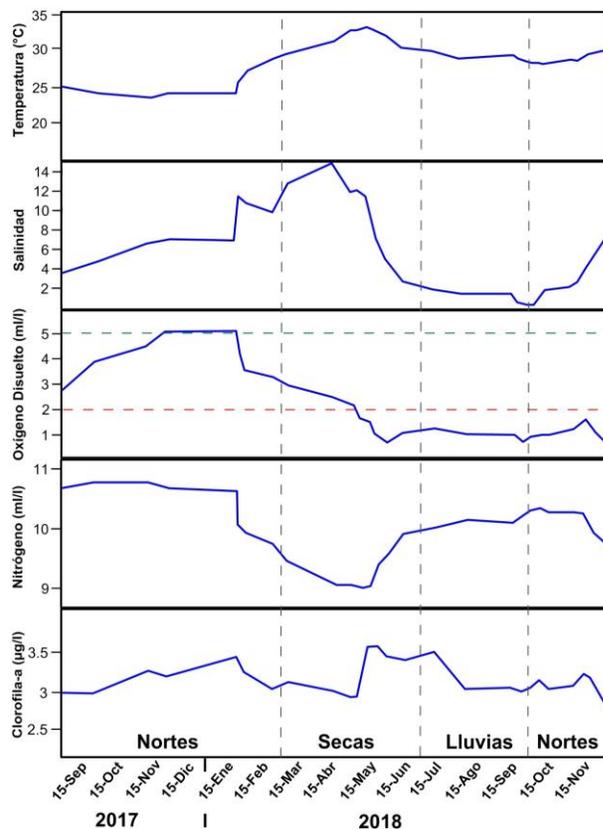


Figura 2. Temperatura, salinidad, oxígeno disuelto (OD), nitrógeno total (N_2) y Clorofila-a (Cl-a) obtenidas del 1 de septiembre de 2017 al 25 de noviembre de 2018, durante las tres temporadas climáticas de la región, nortes (frentes fríos), secas y lluvias.

Todos los gases de la atmósfera son solubles en agua en diferente grado, dependiendo directamente de su presión parcial; el nitrógeno y el oxígeno son considerados gases con una baja solubilidad, siendo su

concentración menor en agua con mayor salinidad y temperatura. En aguas con altos contenidos de materia orgánica disuelta los valores de oxígeno saturado son menores que en aguas "limpias", considerándose como aceptables aquellas con un contenido mínimo de 5 ml/l de oxígeno disuelto, mientras que cuando dichas concentraciones bajan de 2 ml/l (hipoxia) esto puede resultar en una migración de organismos hacia otras regiones o en caso de no poder desplazarse, se puede traducir en la mortalidad de dichos organismos, sobre todo si el ambiente se torna anóxico. Al aumentar la temperatura, disminuye la cantidad de oxígeno disuelto en el agua, como se puede observar en la temporada de secas (figura 2), esto se observó en la confluencia del río Jamapa y Arroyo Moreno, pero también se observó en la desembocadura del río Jamapa (Avenida-Alvarez *et al.*, 2017), donde existe un mayor intercambio del agua estuarina con el agua oceánica. La concentración más elevada de OD en el área de muestreo se registró durante la temporada de nortes, cuando se observaron las menores temperaturas; sin embargo, el aumento en la cantidad de oxígeno se puede deber en gran medida al intercambio de O_2 con la atmósfera, cuando la columna de agua se oxigena debido a los intensos vientos (frentes frío) comúnmente registrados durante el invierno (Riverón-Enzástiga *et al.*, 2016) a lo largo de toda la cuenca. Las mayores concentraciones de oxígeno disuelto fueron de ~5.0 ml/l, mientras que para el resto del año (secas y lluvias) la zona de muestreo mostró características hipóxicas, no favorables para el adecuado desarrollo de la mayoría de los organismos. Esta no es una condición general para todo el río Jamapa, dichos valores se presentan en el punto de muestreo debido a su cercanía con arroyo Moreno, donde se localiza una de las áreas de desagüe de la zona conurbada del Puerto de Veracruz y las descargas de agua de una de las termoeléctricas (termoeléctrica de dos bocas, Veracruz) que descarga agua caliente en esta área. Debido a lo anterior y posiblemente a otros factores como el aporte de materia orgánica proveniente de la parte superior de la cuenca o el consumo del oxígeno por bacterias o productos químicos en la región, el oxígeno disuelto no era suficiente para mantener un sistema íctico altamente productivo, pudiéndose notar con la poca productividad pesquera con que se cuenta en esta área. El nitrógeno es uno de los elementos de mayor interés en los estudios ambientales debido a la importancia para la vida de plantas y animales (Carreón-Palau *et al.*, 2019). En el área de muestreo dichos valores superan los 8 ml/l a lo largo del año. Los valores altos de nitrógeno total observados durante la temporada de

nortes se pueden deber a la resuspensión de la materia orgánica del fondo o al aporte N_2 cuenca arriba (lluvia en la zona montañosa), mientras que en la temporada de lluvias, esto se debe al aporte terrígeno producido por el deslave de las zonas adyacentes al río a lo largo de toda la cuenca y drenajes pluviales urbanos. El nitrógeno puede pasar de ser abono y nutriente a contaminante de alto riesgo para los organismos acuáticos, cuando sus valores se elevan por encima de los 15 ml/l. Los índices elevados de nitrógeno total observados en esta área se pudieron haber generado por la falta de organismos nitrificantes o por descarga de aguas residuales que aportan una gran cantidad de materia orgánica en descomposición, entre otros factores; sin embargo, estos valores no rebasan los 11 ml/l.

La clorofila-a es el tipo de clorofila que se encuentra más frecuentemente entre las algas (Okolodkov *et al.*, 2011). Una de las características principales de la clorofila-a es su capacidad de absorber la radiación para crear la fotosíntesis. En la zona de muestreo los valores de clorofila-a se mantienen casi constantes debido al aporte continuo de nutrientes a lo largo del año, esto también se puede observar en la desembocadura del Río Jamapa (Avendaño-Alvarez *et al.*, 2017) y en el sistema arrecifal veracruzano, donde desemboca el Río Jamapa (Avendaño-Alvarez *et al.*, 2019). Durante la temporada de nortes existe una gran resuspensión de nutrientes del fondo (Riveron-Enzastiga *et al.*, 2016), lo cual provee de nutrientes la columna de agua, esto aunado a las lluvias esporádicas cuenca arriba (Salas-Monreal *et al.*, 2019), entre otros factores como las numerosas descargas antrópicas (aguas residuales) las cuales contienen una cantidad de nutrientes, suficiente para favorecer el crecimiento de microalgas, mantienen un alto nivel de nutrientes en la zona de estudio. Durante la temporada de lluvia dichos nutrientes vienen, en su mayoría, de las descargas del río. Dado lo anterior, es sorprendente que esta área no sea una de las más productivas del río en cuanto a pesquerías se refiere, dado que, en muchas ocasiones, las algas que contienen a la clorofila-a son la base de la cadena alimenticia en ecosistemas acuáticos. Esto puede deberse a que los niveles de oxígeno disuelto a lo largo de un año son muy bajos. Los niveles de clorofila-a que se tuvieron a lo largo del año, pudieron haber sido el resultado de las condiciones climatológicas. Una posibilidad pudo ser que tanto la lluvia con su aporte de CO_2 atmosférico, como el nitrógeno proveniente de la materia orgánica, y una temperatura promedio de 26 °C favorecieran el

crecimiento y sustentabilidad de las microalgas en el área de muestreo.

Dado que el Río Jamapa desemboca al Sistema Arrecifal Veracruzano, un sistema con más de 50 arrecifes de coral (Liaño-Carrera *et al.*, 2019), y que a su vez el río cuanta con un sistema estuarino en su desembocadura (Salas-Monreal *et al.*, 2019), el cual es usado por numerosas especies en su etapa de reproducción o crecimiento, es de suma importancia mantener un monitoreo periódico en este sistema y en general en todas las cuencas a nivel mundial, para garantizar que la calidad del agua es la adecuada para mantener un ecosistema acuático saludable. Las cuencas que cuentan con desarrollo urbano (ciudades) a lo largo de su cauce, como es el caso del río Jamapa, deberían de ser monitoreadas de forma periódica permanentemente, para tener una idea más clara de los efectos que las descargas urbanas pueden producirle al ambiente y de esta manera poder tomar medidas de mitigación o generar modelos preventivos que ayuden a mantener un sistema saludable en dichas áreas.

Referencias

- Altieri, A.H. y Díaz, R.J. 2019. Dead zones: oxygen depletion in coastal ecosystems. En: Sheppard, C. Editor. *World Seas: An Environmental Evaluation, Vol. III: Ecological Issues and Environmental Impacts*. Elsevier and Academic Press, Warwick.
- Avendaño-Álvarez, O., Salas-Monreal, D., Marín-Hernández, M., Salas de Leon, D.A. y Monreal-Gomez, M.A. 2017. Annual hydrological variation and hypoxic zone in a tropical coral reef system. *Regional Studies in Marine Science* 9: 145-155. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2016.12.007>.
- Avendaño, O., Salas-Monreal, D., Anis, A., Salas-de-Leon, D.A., y Monreal-Gomez, M.A. 2019. Monthly surface hydrographical variability in a coral reef system under the influence of river discharges. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 222: 53-65. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2019.04.012>.
- Ayers, R.S. y Westcot, D.W. 1987. Calidad del agua para la agricultura (No. 04; S618. 45, A94.). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma.
- Camara, M. Jamil, N.R.B. y Abdullah, F.B. 2020. Variations of water quality in the monitoring network of a tropical river. *Global Journal of Environmental Science and Management* 6(1): 85 - 96. Doi: <https://doi.org/10.22034/gjesm.2020.01.07>.
- Carreón-Palau, L., del Ángel-Rodríguez, J.A., Parrish, C., Pérez-España, H., y Aguiñiga-García, S. 2019. Evaluación de

las fuentes naturales y antropogénicas de nitrógeno y carbono en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. En: Granados-Barba A., Ortiz-Lozano L., González-Gándara C. y Salas-Monreal, D. Editores. Estudios científicos en el corredor arrecifal del suroeste del golfo de México. Universidad Autónoma de Campeche. Campeche.

Díaz, R.J. y Rosenberg, R. 1995. Marine benthic hypoxia: A review of its ecological effects and the behavioural responses of benthic macrofauna. *Oceanography and Marine Biology an Annual Review* 33:245-303.

Hernández-Tapia, G.M. 2017. Ríos urbanos. Análisis de la relación entre el desarrollo urbano y la pérdida de los ecosistemas fluviales. En: Cortés-Lara, M.A. Editores. Planeación y desarrollo de tecnología. Visiones sustentables de la vivienda y la transformación urbana. ITESO, Ciudad de México

INAPESCA. 2017. La Pesca Ribereña de Escama Marina en el Litoral Veracruzano. <https://www.gob.mx/inapesca/articulos/la-pesca-riberena-de-escama-marina-en-el-litoral-veracruzano?idiom=es> . Consultado: 16 de diciembre de 2018.

Jerves-Cobo, R., Eurie Forio, M.A., Lock, K., Van Butsel, J., Pauta, G., Cisneros, F., Nopens, I. y Goethals, P.L. 2020. Biological water quality in tropical rivers during dry and rainy seasons: A model-based analysis. *Ecological Indicators* 18: 105769. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105769>.

Liaño-Carrera, F., Camarena-Luhrs, T., Gómez-Barrero, A., Martos-Fernández, F.J., Ramírez-Macias, J.I., y Salas-Monreal, D. 2019. New coral reef structures in a tropical coral reef system. *Latin american journal of aquatic research* 47(2): 270-281. Doi: <https://doi.org/10.3856/vol47-issue2-fulltext-7> .

Lozada, P.T., Vélez, C.H.C. y Patiño, P. 2009. Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Una revisión

Citar como: . Salas-Monreal, D., Díaz-Hernández, A., Áke-Castillo, J.A., Granados-Barba, A. y Riverón, M.L. Variación anual de los parámetros hidrográficos en la confluencia del río Jamapa y arroyo Moreno (México). *Intropica* 15(1): 59-65. Doi: <http://dx.doi.org/10.21676/23897864.3402>

crítica. *Revista de Ingenierías*. Universidad de Medellín, 8(15): 3.

Mexicana, N. 2001. NMX-AA-026-SCFI-2001. Análisis de agua. Determinación de nitrógeno total Kjeldahl en aguas naturales, residuales y residuales tratadas. Método de prueba". Secretaria de Comercio y Fomento Industrial.

Morales, J.G. y Pérez, J.L. 2006. Crecimiento poblacional e instrumentos para la regulación ambiental de los asentamientos humanos en los municipios costeros de México. Instituto Nacional de Ecología, México. *Gaceta ecológica* 79: 53-77.

Okolodkov, Y.B., Aké-Castillo, J.A., Gutiérrez-Quevedo, M.G., Pérez-España, H., y Salas-Monreal, D. 2011. Annual Cycle of the Plankton Biomass in the National Park Sistema Arrecifal Veracruzano, Southwestern Gulf of Mexico. En: Kattel, G. Editor. *Zooplankton and Phytoplankton: Types, characteristics and ecology*. Nova Science Publishers, New York.

Riveron-Enzastiga, M.L., Carbajal, N., y Salas-Monreal, D. 2016. Tropical coral reef system hydrodynamics in the western Gulf of Mexico. *Scientia Marina* 80(2): 237-246. Doi: <https://doi.org/10.3989/scimar.04259.15B>.

Salas-Monreal, D., Riveron-Enzastiga, M.L., de Jesús Salas-Perez, J., Bernal-Ramirez, R., Marin - Hernández, M., y Granados-Barba, A. 2019. Bathymetric flow rectification in a tropical micro-tidal estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 106562. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2019.106562> .

Zolfaghari, K., Wilkes, G., Bird, S., Ellis, D., Pintar, K.D.M., Gottschall, N., McNairn, H., y D.R. Lapen, 2020. Chlorophyll-a, dissolved organic carbon, turbidity and other variables of ecological importance in river basins in southern Ontario and British Columbia, Canada. *Environmental Monitoring Assessment* 192:67. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7800-x>.

Distribución potencial de la tortuga mesoamericana *Trachemys ornata* en México Potential distribution of ornate slider *Trachemys ornata* in Mexico

Fabio G. Cupul-Magaña* , Ubaldo Sebastián Flores-Guerrero  y Armando H. Escobedo-Galván 

Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara, Puerto Vallarta, México

*Autor de correspondencia: fabiocupul@gmail.com

Recibido: 24 de marzo de 2020

Aceptado: 29 de junio de 2020

Publicación en línea: 30 de junio de 2020

Resumen

Palabras clave:
Emydidae; Jalisco; Maxent; Nayarit;
Sinaloa; variables climáticas

La tortuga mesoamericana (*Trachemys ornata*) es una especie endémica de agua dulce que se localiza en el oeste de México. Su distribución va desde Culiacán, en el estado de Sinaloa, hasta Puerto Vallarta, en Jalisco. El objetivo de la investigación aquí descrita fue modelar y mapear la distribución potencial de esta especie utilizando registros de localidades y diez variables climáticas como predictoras ambientales. De acuerdo con el modelo, realizado mediante el software Maxent, la probabilidad de hallar a esta tortuga se incrementa hacia las llanuras costeras de Sinaloa, Nayarit y el noroeste de Jalisco, así como en los cauces de ríos. El mapa de distribución potencial puede ser de utilidad para enfocar esfuerzos efectivos de muestreo en áreas específicas de la región.

Abstract

Key words:
Emydidae; Jalisco; Maxent; Nayarit;
Sinaloa; climatic variables

The Ornate Slider (*Trachemys ornata*) is an endemic freshwater turtle that occurs in western Mexico. Its distribution ranges from Culiacán, in Sinaloa state, to Puerto Vallarta in Jalisco. Our goal was to model and map the potential distribution of Ornate Slider used localities records and ten climate variables as environmental predictors. The modeling was done using Maxent software. Based on the model, the probability to find the species is higher towards the coastal plains of Sinaloa, Nayarit and northwestern Jalisco, as well as in drainages. The potential distribution map, will be useful to focus effective sampling efforts in specific areas of the region.



Trachemys ornata (Gray, 1831) es una especie endémica de tortuga dulceacuícola de la planicie costera del Pacífico mexicano (Legler y Vogt, 2013) (figura 1). Su localidad de registro más norteña es la Laguna Río Viejo, ubicada a 2 km al norte de El Dorado, municipio de Culiacán, Sinaloa (Smith y Smith, 1979; Legler y Vogt, 2013; Turtle Taxonomy Working Group, 2017) (figura 2). El límite sureño de su distribución es la población de Ixtapa, municipio de Puerto Vallarta, Jalisco (Casas-Andreu et al., 2015) (figura 2).



Figura 1. Un adulto (sexo no determinado) de *T. ornata* de la localidad de Puerto Vallarta, Jalisco, México. (Fotografía de Frank McCann).

Durante algún tiempo el estado taxonómico de *T. ornata* o tortuga mesoamericana era incierto, pero a partir del estudio de análisis molecular de Parham *et al.* (2015) se estableció que la especie de la región tipo no está anidada filogenéticamente dentro de *Trachemys venusta*. Por tal razón los registros de ejemplares del estado de Guerrero (Legler y Vogt, 2013), en la costa del Pacífico mexicano, corresponden a posibles individuos introducidos de *T. venusta* y no a *T. ornata*, como se creía.

Para modelar la distribución potencial de la tortuga *T. ornata* se utilizó el programa Maxent, versión 3.4.1 (Phillips et al., 2006), a partir de 24 puntos de ocurrencia conocidos, obtenidos de registros de literatura (Hardy y McDiarmid, 1969; Smith y Smith, 1979; Casas-Andreu *et al.*, 2015). También se tomaron las localidades enumeradas para *T. ornata* en la base de datos en línea VertNet (<http://vertnet.org/>), de donde se obtuvieron algunas coordenadas directamente (figura 2).

Para la construcción del modelo de distribución potencial (MDP) se eligieron diez variables con base en los potenciales requerimientos o restricciones climáticas de la especie. Las diez superficies climáticas se recortaron para México, con resolución espacial de 1

km² y relativas a los promedios mensuales del periodo 1910-2009 (Cuervo-Robayo *et al.*, 2013). Además, para fortalecer la verosimilitud del MDP, se evaluó la multicolinealidad entre las diez variables climáticas a través del factor de inflación de la varianza (VIF) mediante el paquete "HH" del programa R 3.3.2 (Heiberger, 2017).

Posteriormente, se seleccionaron las variables cuyo valor de VIF fuera menor de 10 (Flores-Guerrero y Cupul-Magaña, 2018). Así, las variables idóneas para incorporar en el MDP fueron siete: intervalo (rango) diurno medio de la temperatura (BIO2), estacionalidad de la temperatura (BIO4), temperatura media del cuarto más seco (BIO9), temperatura media del cuarto más frío (BIO11), precipitación del mes más seco (BIO14), estacionalidad de la precipitación (BIO15) y precipitación del cuarto más cálido (BIO18).

El formato de salida fue la opción logística, como sugieren Phillips y Dudík (2008), con remoción de presencias duplicadas en un mismo pixel para evitar la autocorrelación espacial (Dormann *et al.*, 2007; Phillips, 2017). Además, 25 % de los registros se utilizaron en la calibración del MDP (Phillips, 2017).

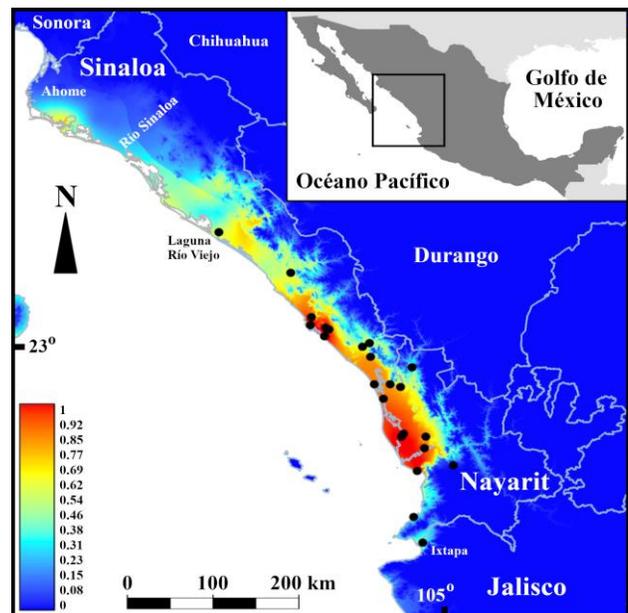


Figura 2. Mapa de distribución potencial de *T. ornata*. Círculos negros=localidades de registro.

Por su parte, aunque existe un registro publicado de *T. ornata* para la localidad de Mascota, Jalisco, México (Cupul-Magaña y Mountjoy, 2012), este no se consideró para el modelo por ser un registro arqueológico del año 800 a. n. e. Esta exclusión se debe al hecho de que los ejemplares probablemente provengan de otra

localidad, ya que no existen registros históricos y actuales que verifiquen la presencia de la especie en la región.

En total se efectuaron 1 000 iteraciones para el modelo. El MDP se evaluó estadísticamente analizando el área bajo la curva (AUC=Area Under the Curve) que arrojó Maxent. Los valores de AUC oscilan entre 0 y 1, donde un registro entre 0,80-0,90 es considerado bueno, mientras que uno mayor a 0,90 indica que el ajuste del modelo es excelente (Araújo y Guisan, 2006). Este último fue el caso del modelo de *T. ornata*, pues el valor de AUC fue de 0,998.

También se aplicó la prueba Jackknife para determinar la contribución independiente de las variables como indicadores de los requerimientos o restricciones ecológicas de la especie (Phillips, 2017). Así, las variables que más contribuyeron fueron BIO15 con el 35,2 % (la más importante), BIO14 con el 22,2 %, BIO18 con el 13,4 % y BIO3 con el 13,3 % (entre las cuatro agruparon el 84,1 %). Para la BIO15, la probabilidad de ocurrencia es más alta en sitios donde la estacionalidad de la precipitación es alta (por ejemplo, aquellos donde la época seca y la de lluvias son marcadas). Sobre la BIO14, se infiere que dicha probabilidad se relaciona con sitios con valores bajos de precipitación en el mes más seco. En el caso de la BIO18, la probabilidad de ocurrencia aumenta en sitios con precipitaciones altas en el cuarto más cálido (época de lluvias). Por su parte, la BIO2 explica que la probabilidad de ocurrencia disminuye cuanto más alto es el intervalo diurno de la temperatura; es decir, la especie prefiere sitios con poca variación térmica a lo largo del día (temperaturas muy estables).

Sin embargo, la anterior interpretación debe tomarse con reservas, especialmente con las variables BIO14 y BIO18. Ambas son un reflejo individual de lo que la BIO15 logra explicar por sí sola (estacionalidad climática asociada a la precipitación). Además, es común que las variables predictoras (en conjunto) en los MDP generados por Maxent en realidad funjan como factores de restricción ambiental que delimitan la distribución de una especie, mas no como factores que se asocian directamente con esta. De manera que pueden existir factores inherentes o particulares a nivel local que expliquen mejor la presencia, en este caso de *T. ornata*, pero que son difíciles de incorporar al estudiar áreas regionales (Mateo *et al.*, 2011).

Finalmente, el archivo generado por Maxent se procesó en ArcGIS 10.1 para obtener el mapa del MDP, donde los tonos fríos indican menor probabilidad de registrar la presencia de *T. ornata*, en contraste con los tonos

cálidos, relacionados con la mayor probabilidad de registro (la probabilidad oscila de 0 a 1) (figura 2).

El modelo predice que la probabilidad de registro de *T. ornata* se incrementa hacia las planicies costeras de Sinaloa, Nayarit y noroeste de Jalisco, así como en las zonas con cauces de ríos. Asimismo, indica que los límites para la especie son el norte de Sinaloa y la costa norte de Jalisco, así como la Sierra Madre Occidental (figura 2).

Legler (1990) mencionó que el límite de distribución norte se encontraba en el municipio de Culiacán, Sinaloa, pero al mismo tiempo sugirió que podría extenderse hasta el río Sinaloa. A su vez, la predicción del MDP sugiere que el municipio de Ahome, Sinaloa, es el límite norte de distribución con base en las variables seleccionadas. Por lo demás, en los estudios realizados sobre la herpetofauna del estado de Sonora no se ha reportado hasta la fecha la presencia de *T. ornata* en el sur de la entidad (Bogert y Oliver, 1945; Enderson *et al.*, 2009; Lemos-Espinal *et al.*, 2019).

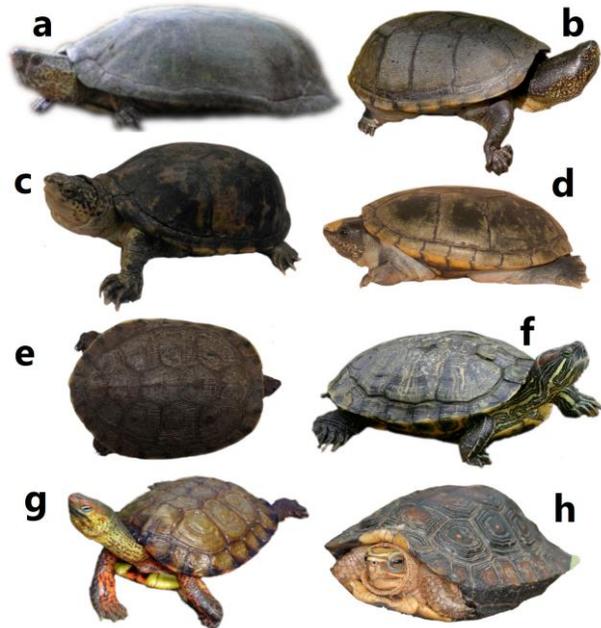


Figura 3. Especies adultas de tortugas dulceacuícolas (sexos no determinados en la mayoría) simpátricas con *T. ornata* (Legler y Vogt, 2013; Casas-Andreu *et al.*, 2015; Turtle Taxonomy Working Group, 2017; Cupul-Magaña *et al.*, 2020). Entre paréntesis se indica la zona de distribución de *T. ornata*, en donde se solapan. a) *Kinosternon alamosae* (zona norte); foto cortesía de J.A. Carrillo García. b) *Kinosternon chimalhuaca* (zona sur); foto cortesía de P. Myska. c) *Kinosternon integrum* (toda la zona). d) *Kinosternon vogti* macho (zona sur); foto cortesía de M.A. López Luna. e) *Trachemys nebulosa hiltoni* macho (zona norte); foto cortesía de C. Cunningham. f) *Trachemys scripta* (toda la zona); foto cortesía de F. McCann. g) *Rhinoclemmys pulcherrima* (toda la zona); foto cortesía de F. McCann. h) *Rhinoclemmys rubida* (potencialmente en la zona sur); fotografía cortesía de E. Ramírez.

En cuanto al límite de distribución sur, el MDP concuerda con el registro de Casas-Andreu *et al.* (2015) para la región de Bahía de Banderas, entre los municipios de Puerto Vallarta y Bahía de Banderas, Jalisco y Nayarit, respectivamente. Esto plantea la necesidad de realizar muestreos más allá de esos límites para conocer la distribución precisa de la especie y las regiones de simpatria con otras especies de tortugas de agua dulce (figura 3).

Agradecimientos

A Oscar Flores Villela, Facultad de Ciencias de la UNAM, por su apoyo con información bibliográfica. USF-G agradece el apoyo del Programa de Doctorado BEMARENA del Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara, y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca de doctorado otorgada. A Clare Cunningham, Enrique Ramírez, Frank Mc Cann, Jesús Alfredo Carrillo García, Marco Antonio López Luna y Petr Myska por facilitarnos las imágenes de tortugas. A los revisores anónimos por sus comentarios.

Referencias

Araújo, M.B. y Guisan, A. 2006. Five (or so) challenges for species distribution modeling. *Journal of Biogeography* 33: 1677-1688. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2006.01584.x>.

Bogert, C.M. y Oliver, J.A. 1945. A preliminary analysis of the herpetofauna of Sonora. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 83(6): 297-426.

Casas-Andreu, G., Cupul-Magaña, F.G. y Chávez-Avila, S.M. 2015. Primer registro preciso de *Trachemys ornata* (Gray, 1831) (Testudines: Emydidae) para el estado de Jalisco, México. *Acta Zoológica Mexicana* (nueva serie) 31(3): 477-479. Doi: <https://doi.org/10.21829/azm.2015.3131091>.

Cuervo-Robayo, A.P., Téllez-Valdés, O., Gómez, M.A., Venegas-Barrera, C., Manjarrez, J. y Martínez-Meyer, E. 2013. An update of high-resolution monthly climate surfaces for Mexico. *International Journal of Climatology* 34(7): 2427-2437. Doi: <https://doi.org/10.1002/joc.3848>.

Cupul-Magaña, F.G. y Mountjoy, J.B. 2012. *Trachemys ornata* (Gray, 1831) (Testudines: Emydidae) en un yacimiento arqueológico del occidente de México. *Acta Zoológica Mexicana* (nueva serie) 28(1): 222-226. Doi: <https://doi.org/10.21829/azm.2012.281829>.

Cupul-Magaña, F.G., Escobedo-Galván, A.H. y Carrillo-García, J.A. 2020. *Trachemys nebulosa hiltoni* (Carr 1942): nueva localidad y datos morfométricos del ejemplar depositado en la colección *Mayborn Museum Complex. Ciencia y Mar* XXIV (70): 47-50.

Dormann, C.F., McPherson, J.M., Araújo, M.B., Bivand, R., Bolliger, J., Carl, G., Davies, R.G., Hirzel, A., Jetz, W., Kissling, W.D., Kühn, I., Ohlemüller, R., Peres-Neto, P.R., Reineking, B., Schröder, B., Schurr, F.M. y Wilson, R. 2007. Methods to account for spatial autocorrelation in the analysis of species distributional data: a review. *Ecography* 30: 609-629. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.2007.0906-7590.05171.x>.

Enderson, E.F., Quijada-Mascareñas, A., Turner, D.S., Rosen, P.C. y Bezy, R.L. 2009. The herpetofauna of Sonora, Mexico, with comparisons to adjoining states. *Check List* 5(3): 632-672. Doi: <https://doi.org/10.15560/5.3.632>.

Flores-Guerrero, U.S. y Cupul-Magaña, F.G. 2018. Nuevos registros y distribución potencial del ciempiés *Scolopendra pomacea* Koch (Scolopendromorpha: Scolopendridae) en México. *Revista Chilena de Entomología* 44(3): 263-270.

Hardy, L.M. y McDiarmid, R.W. 1969. The amphibians and reptiles of Sinaloa, Mexico. *University of Kansas Publications, Museum of Natural History* 18(3): 39-252. Doi: <https://doi.org/10.5962/bhl.part.19990>.

Heiberger, R.M. 2017. HH: Statistical Analysis and Data Display: Heiberger and Holland. R package version 3.1-34. URL: <https://CRAN.R-project.org/package=HH>. Consultado: 10 de julio de 2019.

Legler, J.M. 1990. The genus *Pseudemys* in Mesoamerica: Taxonomy, distribution, and origins. En Gibbons, J.W., Editor. *Life history and ecology of the slider turtle*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.

Legler, J.M. y Vogt, R.C. 2013. *The turtles of Mexico: Land and freshwater forms*. University of California Press, Berkeley.

Lemos-Espinal, J.A., Smith, G.R. y Rorabaugh, J.C. 2019. A conservation checklist of the amphibians and reptiles of Sonora, Mexico, with updated species lists. *ZooKeys* 829: 131-160. Doi: <https://doi.org/10.3897/zookeys.829.32146>.

Mateo, R.G., Felicísimo, Á.M. y Muñoz, J. 2011. Modelos de distribución de especies: una revisión sintética. *Revista Chilena de Historia Natural* 84(2): 217-240. Doi: <https://doi.org/10.4067/S0716-078X2011000200008>.

Parham, J.F., Papenfuss, T.J., Buskirk, J.R., Parra-Olea, G., Chen, J.Y. y Simison, W.B. 2015. *Trachemys ornata* or not *ornata*: reassessment of a taxonomic revision for Mexican *Trachemys*. *Proceedings of the California Academy of Sciences* 62: 359-367.

Phillips, S.J. 2017. A brief tutorial on Maxent. URL: http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/. Consultado: 10 de julio de 2019.

Phillips, S.J. y Dudík, M. 2008. Modeling of species

distribution with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography* 31: 161-175. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.0906-7590.2008.5203.x>.

Phillips, S.J., Anderson, R.P. y Schapire, R.E. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190: 231-259. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>

Smith, H.M. y Smith, R.B. 1979. *Synopsis of the herpetofauna of Mexico. Vol. VI. Guide to Mexican Turtles. Bibliographic addendum III.* John Johnson, North

Bennington, Vermont.

Turtle Taxonomy Working Group [Rhodin, A.G.J., Iverson, J.B., Bour, R., Fritz, U., Georges, A., Shaffer, H.B. y van Dijk, P.P.]. 2017. *Turtles of the World: Annotated Checklist and Atlas of Taxonomy, Synonymy, Distribution, and Conservation Status* (8.a ed.). En Rhodin, A.G.J., Iverson, J.B., Van Dijk, P.P., Saumure, R.A., Buhlmann, K.A., Pritchard, P.C.H. y Mittermeier, R.A., Editores. *Conservation biology of freshwater turtles and tortoises: A compilation project of the IUCN/SSC Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Group. Chelonian Research Monographs* 7: 1-292.

Citar como: Cupul-Magaña F.G., Flores-Guerrero U.S. y Escobedo-Galván, A.H. 2020 Distribución potencial de la tortuga mesoamericana *Trachemys ornata* en México. *Intropica* 15(1): 66-70. Doi: <http://dx.doi.org/10.21676/23897864.3446>

GUÍA PARA AUTORES

Intropica es una revista científica de publicación semestral, arbitrada por evaluadores nacionales e internacionales que provee un espacio para la publicación de contribuciones originales e inéditas que estudien e interpreten de manera integrada los ecosistemas tropicales así como los problemas ambientales derivados de la intervención antropogénica sobre el territorio.

La revista *Intropica* está disponible en versión digital con acceso libre (<http://revistas.unimagdalena.edu.co/index.php/intropica>) y en versión impresa (ISSN 1794-161X) la cual se distribuye en bibliotecas especializadas de instituciones académicas, gubernamentales y no gubernamentales.

Envío:

Los manuscritos pueden ingresar al proceso editorial a través de la plataforma Open Journal System de la Revista (<http://revistas.unimagdalena.edu.co/index.php/intropica>) o a través del correo electrónico revistaintropica@unimagdalena.edu.co. La recepción de manuscritos es permanente. En el envío se deberán adjuntar las figuras en archivos independientes y una carta de aprobación de todos los autores, certificando su originalidad y que no ha sido remitida ni se ha publicado en otra revista. En la carta también deberá indicarse el tipo de contribución (artículo, artículo de revisión, artículo de reflexión o nota científica) y dos posibles evaluadores con sus respectivos datos de contacto. Aunque todas las contribuciones estarán sujetas a revisión previa, la responsabilidad por el contenido de las mismas recae sobre los autores y no sobre el editor, el comité editorial o la Universidad del Magdalena. El formato para elaborar esta carta remisoría puede descargarse del sitio de Internet de la Revista.

Tipos de contribuciones:

a) Artículo de investigación científica y tecnológica. Corresponden a resultados completos de estudios realizados sobre las temáticas que aborda la revista. Los manuscritos tendrán un máximo de 30 páginas, incluyendo las tablas y las figuras. El artículo de investigación deberá seguir el siguiente orden: Título, Autor(es), Dirección postal del (de los) autor(es), Resumen, Palabras claves, Abstract, Key words, Introducción, Materiales y Métodos, Resultados, Discusión, Conclusiones (opcional), Agradecimientos (opcional), Referencias, Tabla/s con su/s correspondiente/s leyenda/s, Lista de las leyendas de las figuras. Las figuras deben ser enviadas en archivos independientes en formato gráfico (tif, gif, eps).

b) Artículo de revisión. Se refieren a trabajos de revisión crítica que compilan y resumen adecuadamente el grado de avance o del conocimiento y señalan líneas de investigación a seguir. La extensión máxima del manuscrito será de 40 páginas, incluyendo tablas y figuras. Deben contener al menos 50 referencias bibliográficas. El artículo de revisión puede escribirse en un estilo libre, sin embargo deberá incluir Resumen, Palabras clave, Abstract, Key words, Agradecimientos (opcional) y Referencias.

c) Artículo de reflexión. Presenta la perspectiva del autor, fundamentada en literatura científica, como aporte al conocimiento de los temas propios de la revista. Los manuscritos tendrán un máximo de 30 páginas, incluyendo las tablas y las figuras. Se deberá incluir Resumen, Palabras clave, Abstract, Key words, Agradecimientos (opcional) y Referencias.

d) Nota científica. Son descripciones breves de investigaciones limitadas, procedimientos experimentales, operaciones técnicas o aplicadas. En cualquier caso, tienen que ser completamente documentadas, con referencia a la literatura, e indicando los procedimientos experimentales empleados. El manuscrito puede ocupar un máximo de 10 páginas, incluyendo las tablas y las figuras. La Nota científica no debe llevar subtítulos pero sí Resumen, Palabras clave, Abstract y Key words, Agradecimientos (opcional) y Referencias.

Procedimiento de evaluación/arbitraje de los manuscritos

Los editores realizarán una primera evaluación del manuscrito, conceptuando la pertinencia e idoneidad del mismo y lo someterán al proceso de arbitraje doble ciego de por lo menos dos especialistas nacionales (preferiblemente ajenos a la institución editora) o internacionales sobre el tema. En caso de controversia entre los evaluadores se recurrirá a un tercero. Estos especialistas actuarán como revisores del manuscrito, emitirán su concepto y podrán realizar recomendaciones o solicitar aclaraciones en un tiempo máximo de un mes. Posteriormente, las sugerencias de los editores y revisores serán comunicadas a los autores, quienes tendrán un plazo de un mes para responder dichas sugerencias. En caso contrario, el manuscrito será dado de baja y de ser remitido nuevamente se iniciará el proceso editorial desde el principio con un nuevo arbitraje. Los editores tomarán la decisión final de aceptar o no los manuscritos para su publicación. Para estas tareas los editores podrán apoyarse en el comité editorial, cuando así lo estimen pertinente.

Previo a la impresión final de los manuscritos aceptados para publicación, los editores enviarán las pruebas de galera al autor de correspondencia para que efectúe correcciones por errores de digitación únicamente. No se permiten mayores cambios o adiciones al manuscrito editado en esta fase. En caso de comprobación de plagio o de violación de derechos de autor, los editores ordenarán cancelar el proceso editorial. Para mayor información consulte la guía de ética y buenas prácticas editoriales: <http://revistas.unimagdalena.edu.co/index.php/intropica/about/editorialPolicies#custom-3>.

Formato del manuscrito:

El texto se debe enviar como documento en formato Word o RTF con un nombre corto que identifique al manuscrito y al primer autor (e.g. Hifomicetos_López.doc). El texto debe estar interlineado a doble espacio y numeradas las líneas a lo largo del texto (incluyendo tablas), con letra Times New Roman de 12 puntos y con todos los márgenes de 2 cm. Se aceptan manuscritos en español o en inglés. Las páginas deben numerarse consecutivamente. Las tablas se incluirán en formato tabla (no pegarlas como imagen) al final del texto del manuscrito. Las figuras no deben incluirse en el documento del manuscrito.

Para los nombres científicos y las locuciones latinas se utilizará cursiva. No incluya palabras subrayadas ni sangrías. En el caso de citar un taxón de nivel específico o inferior, se debe citar su nombre científico incluyendo el autor. Tanto los autores como los editores se guiarán por las reglas que gobiernan la nomenclatura biológica, de acuerdo a lo acordado en el “International Code of Botanical Nomenclature”, en el “International Code of Nomenclature of Bacteria” y en el “International Code of Zoological Nomenclature”. Se enfatiza que el autor del nombre y el año de publicación de cada taxón sólo deberán aparecer una vez, la primera vez que se mencione.

1. Título. Claro, descriptivo y no demasiado largo. Se solicita en español e inglés. El título del trabajo y los títulos de las secciones principales del manuscrito debe ubicarse en posición central y en mayúsculas; los títulos de segundo rango deben ubicarse en posición central en minúsculas y los de tercer rango alineado a la izquierda. Todos los títulos y subtítulos deben ir en negrita. Adicionalmente, debe suministrarse un título abreviado de máximo 80 caracteres incluyendo espacios.

2. Nombre(s) del (de los) Autor(es). Los nombres se deben escribir en mayúsculas y minúsculas. En el caso de varios autores, el primer nombre debe ser el del autor principal.

3. Dirección del (de los) autor(es). Se deberá anotar institución a la que pertenecen, dirección postal y teléfono de todos los autores. Se deberá agregar el correo electrónico para correspondencia.

4. Resumen y Abstract. Deberá escribirse un resumen en español y otro en inglés. En ambos casos, no deberá exceder las 300 palabras. El resumen debe contener de manera sintética los objetivos del trabajo, una descripción concisa de la parte experimental (incluyendo los tamaños de muestra), principales resultados y conclusiones generadas en el proceso de discusión de los mismos. En el resumen, no se debe incluir referencias bibliográficas y debe escribirse en un solo párrafo. El Abstract debe ser una traducción fiel del Resumen.

5. Palabras clave y Key words. Después del Resumen y del Abstract, deberán incluirse en español e inglés, respectivamente, 3 a 6 palabras clave que identifiquen el manuscrito.

6. Introducción. Se debe presentar una revisión actualizada de la bibliografía pertinente al trabajo (fuentes adecuadamente referenciadas), para fundamentar la hipótesis de trabajo y mostrar el o los objetivos propuestos.

7. Materiales y Métodos. Se deberá incluir, en forma clara y concisa, los principales materiales, así como también los métodos aplicados, de modo que, con esa información, otro investigador pudiese repetir la experiencia. Pueden utilizarse apartados diferentes bajo subtítulos adecuados. No debe describirse un método si ya está descrito en la bibliografía; basta con presentar la cita bibliográfica. Si utiliza un método modificado, debe señalarse claramente la modificación.

8. Resultados. Los resultados deben presentarse en forma clara y precisa, incluyendo tablas, figuras y, en caso necesario, análisis estadísticos.

9. Discusión. Los resultados deben ser contrastados con el conocimiento registrado en la literatura, destacando el aporte del artículo para el entendimiento del tema tratado. Las conclusiones que se extraigan del trabajo deberán ser consecuentes y relacionadas con los resultados expuestos.

10. Agradecimientos. De ser considerado necesario por los autores, se puede incluir algún agradecimiento por contribuciones económicas, asesorías, donaciones u otro tipo de colaboración que haya hecho posible el trabajo.

11. Referencias. Se debe listar la información completa de todas las referencias bibliográficas, las cuáles serán ordenadas alfabéticamente por el apellido del primer autor de cada cita del documento. La exactitud de las referencias bibliográficas es responsabilidad de los autores. *Intropica* utiliza el sistema Harvard de citación. Es necesario tener en cuenta el siguiente estilo de escritura:

- Debe revisarse cuidadosamente el manuscrito para verificar que el deletreado de los nombres de los autores y el año sean exactamente iguales en el texto y en la lista de referencias.
- En el texto se debe referir al (los) apellido(s) del (los) autor(es) y al año de publicación. Por ejemplo, "Rodríguez (1998) encontró que.....". "Una técnica multinomial ha sido descrita para estimar la varianza asociada con proporciones (Kent y Lane, 2004)".
- Cuando en el texto se citan publicaciones escritas por más de dos autores, se escribirá el nombre del primer autor seguido por "et al." sin cursiva. En la Bibliografía deben mencionarse los nombres de todos los autores.

- Si hay varios trabajos de un autor(es) en un mismo año, se citará con una letra en secuencia adosada al año (ejemplo: García et al., 1998a, b, c).
- Las citas en una misma frase del texto deben ser ordenadas cronológicamente. Por ejemplo, “Los indicadores biológicos son ampliamente usados para análisis ambientales (Platt, 1964; Arias y Pérez, 1980; Klimm et al., 2000)”.
- El nombre de las revistas científicas debe estar completo, no abreviado y en cursiva.
- El título de las referencias debe conservar el idioma original.
- Referencias concernientes a datos no publicados (doc. ined.) y “comunicaciones personales” (com. pers.) no deben ser incluidas en la lista de referencias pero si pueden ser citados en el texto.

Use el siguiente formato en la Bibliografía para citar las referencias:

- Publicaciones periódicas o revistas:

Pérez, R., Condit, R., Aguilar, S., Hernández, A. y Villareal, A. 1996. Inventario de la vegetación de la isla de Coiba, Panamá: Composición Florística. *Revista de Biología Tropical* 44: 31-40.

Cubides-Guerrero, P.A. y Ramírez-Franco, J.H. 2014. Adsorción de Cr VI sobre residuos de café. *Revista Mutis* 4(2): 18-25 <http://revistas.utadeo.edu.co/index.php/mutis/article/view/953/992>. Consultado: 2 de enero de 2015

- Libros:

Longhurst, A. y Pauly, D. 1987. *Ecology of tropical oceans*. Academic Press, San Diego.

- Capítulos de libro:

Bucker, D. 1989. Histology. En: Austri, D., Editor. *Methods for the Microbiological Examination of Fish and Shellfish*. Wiley, New York.

- Tesis:

Gil, A. 2000. Evolución bioquímica de los endosimbiontes en insectos asociados con el maíz en el sur de México. Tesis de Doctorado, Universidad Agrícola, Mérida, Yucatán, México.

- Sitios de Internet:

Alexander, J. y M.A. Tate. 2001. *Evaluando las Fuentes Electrónicas*. Widener University. URL: <http://www2.widener.edu/Wolfgram-MemorialLibrary/webevaluation/webeval.htm>. Consultado: 9 de octubre 2012.

12. Tablas

- Deben elaborarse en procesador de tablas de MS Word o MS Excel con la misma fuente y un punto menos que la del texto. No utilice la barra espaciadora o la tecla de tabulación.
- Las tablas deberán ser numeradas y citadas de acuerdo a su secuencia en el texto, en orden correlativo con números arábigos y llevarán una leyenda descriptiva y breve en la parte superior, que será la referencia

de la tabla. Se recomienda que la leyenda sea clara e informativa, de manera que se evite consultar el texto para entender la tabla.

- Las tablas pueden ser insertadas en el cuerpo del manuscrito o al final del mismo.
- La información presentada en las tablas no debe aparecer repetida en las figuras.
- Los encabezados de las columnas deben ser breves, pero explicativos. Usar negrillas solo en los encabezados (horizontales y verticales). Las abreviaturas estándar de las unidades de medida deben colocarse entre paréntesis.
- No deben usarse líneas verticales y horizontales para separar las columnas y filas. Las celdas no llevarán colores.
- Cualquier explicación adicional para el entendimiento de la tabla debe suministrarse como una nota de pie de tabla.
- En el cuerpo de la tabla, la información de texto debe alinearse la izquierda y la numérica a la derecha.

13. Lista de las leyendas de las figuras

- Al final del texto del documento y en hoja aparte se hará una lista con el texto de las leyendas de las figuras.
- No deben utilizarse negrillas y se acentuarán tanto las minúsculas como las mayúsculas.
- Se recomienda que las leyendas sean informativas para que el lector no necesite consultar el texto para entender lo que muestra la figura.
- Se recomienda que las explicaciones o las descripciones que se consideran necesarias se escriban en la misma leyenda para evitar texto dentro de las figuras.

14. Figuras

- Las figuras (dibujos, mapas, láminas, esquemas, gráficas de computador y fotografías) deben ser enviadas en archivos independientes, en formato digital gráfico de alta calidad (tiff, bmp, jpg o gif), con una resolución mínima de 300 dpi. De ser posible, se recomienda enviar archivos gráficos originales de tipo vectorial o en su defecto remitir el archivo original editable en MS Excel.
- El nombre del archivo correspondiente a la figura será el del primer autor seguido por el número de la figura, e.g. López fig.1.jpg.
- Las figuras se enumerarán secuencialmente, utilizando números arábigos.
- Las figuras deben diseñarse teniendo en cuenta el formato de la página de la revista. Su tamaño original debe permitir una reducción del 50 %, sin pérdida de claridad.
- Las figuras compuestas de varias imágenes, se enumerarán correlativamente ej. Figura 1a, 1b, 1c, etc. Los dibujos, fotografías de especímenes y mapas deben tener una escala para referenciar el tamaño.
- Los gráficos deben presentarse en un solo plano (No utilizar efectos 3D), sin líneas horizontales y con recuadro en su parte exterior.
- Use la misma clase de letra (Times New Roman) en todas las ilustraciones y siga el estilo de la revista. Utilice el tamaño de letra que considere necesario para asegurar la lectura del texto, aún en caso de reducción.

15. Anexos

- Los anexos solo estarán visibles en la versión digital de la revistas y éstos se listaran al final del manuscrito de forma secuencial (numerados como ANEXO I, ANEXO II, etc.). El formato de los anexos deben seguir los mismos lineamientos descritos anteriormente para las figuras y/o tablas, según sea el caso.

16. Unidades

Las medidas se deben expresar en unidades del sistema métrico decimal; se deja un espacio entre el número y la unidad de medida y no debe ir punto después de la abreviatura (15 m, 10 %, 20 °C, 7 kg). Las unidades de medidas abreviadas únicamente deben ser usadas cuando van precedidas de números. Los valores de salinidad deben expresarse sin unidades o símbolos.

17. Fórmulas

- Las ecuaciones matemáticas deben escribirse como texto editable y no como imágenes.
- Dé el significado de todos los símbolos inmediatamente después de la ecuación en la que son usados por primera vez.
- Para fracciones simples use el símbolo “/” en lugar de la línea horizontal; por ejemplo: Sy/Xm en lugar de $\frac{Sy}{Xm}$
- Las ecuaciones explícitamente referenciadas en el texto deben numerarse consecutivamente al lado derecho, entre paréntesis.
- El nivel de significancia estadística debe indicarse con la letra “p” minúscula y sin espacio entre el signo y el valor de significancia. Ejemplo: $p < 0,05$.

18. Cifras decimales

En lo que respecta a las cifras decimales, se deberá usar coma (,) en el caso de las contribuciones redactadas en español y punto (.) en aquellas redactadas en inglés.

Lista de comprobación de preparación de envíos

Como parte del proceso de envío, se les requiere a los autores que indiquen que su envío cumpla con todos los siguientes elementos:

1. El manuscrito no ha sido publicado previamente, ni se ha presentado a otra revista.
2. El archivo está en formato OpenOffice, Microsoft Word, RTF, o WordPerfect.
3. El texto tiene interlineado doble; el tamaño de fuente es 12 puntos; se usa cursiva en vez de subrayado y todas las tablas están al final del texto. Las figuras están en archivos aparte en los formatos apropiados.
4. El texto cumple con los requisitos bibliográficos y de estilo indicados en las instrucciones para los autores, que se pueden encontrar en Acerca de la revista. (Ver: <http://intropica.unimagdalena.edu.co>)
5. Se han añadido direcciones web para las referencias donde ha sido posible.

Derechos de Autor

Intropica de la Universidad del Magdalena se encuentra bajo licencia Creative Commons 4.0 de Colombia: Reconocimiento-No Comercial-Compartir Igual. Cuando el autor cite el trabajo de otro o reproduzca una figura o una tabla de un libro o un artículo de revista, debe asegurarse que no está violando derechos de producción.

Aunque en general un autor puede reproducir tablas, fotografías u otras ilustraciones deberá obtener permiso del propietario de los derechos. Si el propietario de los derechos no es el autor del material citado o reproducido, se recomienda obtener también el permiso del autor. El material extraído de cartas y manuscritos no publicados no

será aceptado a menos que se obtenga el permiso correspondiente. El autor siempre debe hacer un reconocimiento apropiado de cualquier material que le sea suministrado.

Declaración de privacidad

Los nombres y direcciones de correo-e introducidos en esta revista se usarán exclusivamente para los fines declarados por esta revista y no estarán disponibles para ningún otro propósito u otra persona.



CONTENIDO - CONTENTS

Artículos de investigación científica y tecnológica

Insectos asociados a ovisacos de *Argiope argentata* (Fabricius, 1775) (Arachnida: Araneae) en Panamá

Insects of parasitoid and predatory habits on eggs of *Argiope argentata* (Fabricius, 1775) (Arachnida: Araneae) in Panama

Roberto J. Miranda, Alonso Santos-Murgas, Diomedes Quintero y Jean C. Abrego L.

Reclutamiento de corales escleractinios en sustrato artificial en isla Fuerte, Caribe colombiano

Recruitment of scleractinian corals in artificial substrate in isla Fuerte, colombian Caribbean

Sandra Pareja, Lizette I. Quan-Young, Mario H. Londoño-Mesa y Alberto Acosta

Nuevos registros de avifauna en el alto valle árido del río Magdalena en Huila, Colombia

New avifauna records from the arid upper Magdalena river valley in Huila, Colombia

Orlando Padilla

Uso de hábitats y recursos florales de *Chalybura buffonii caerulogaster* (Aves: Trochilidae) en un sector del Piedemonte Llanero, Villavicencio, Colombia

Habitats use and floral resources of *Chalybura buffonii caerulogaster* (Aves: Trochilidae) in a sector of the Piedemonte Llanero, Villavicencio, Colombia

Oscar E. Morales-González, Gerson Peñuela-Díaz y Juan E. Carvajal-Cogollo

Artículos de reflexión

Minería, comercio internacional e impactos ambientales en el Páramo El Rabanal de Samacá, Boyacá

Mining, international trade and environmental impacts in the Páramo El Rabanal de Samacá, Boyacá

Jeffery Darío Buitrago Betancour

Notas Científicas

Extension of geographical distribution of three common species of diurnal Butterflies (Lepidoptera: Papilionoidea) from the Colombian Caribbean

Ampliación del ámbito geográfico para tres especies comunes de mariposas Diurnas

(Lepidoptera: Papilionidae) del Caribe colombiano

Daniela Alhumada-C., Alejandro Segovia-Paccini, Candelaria Ortega-Echeverría, M. Gonzalo Andrade-C y Gabriel R. Navas-S

Variación anual de los parámetros hidrográficos en la confluencia del río Jamapa y arroyo Moreno (México)

Annual variation of hydrographic parameters at the confluence of the Jamapa river and Moreno stream (Mexico)

David Salas-Monreal, Alejandro Díaz-Hernández, José Antolín Ake-Castill, Alejandro Granados-Barba y Mayra Lorena Riverón-Enzástiga

Distribución potencial de la tortuga mesoamericana *Trachemys ornata* en México

Potential distribution of ornate slider *Trachemys ornata* in Mexico

Fabio G. Cupul-Magaña, Ubaldo Sebastián Flores-Guerrero y Arnando Hiram Escobedo-Galván