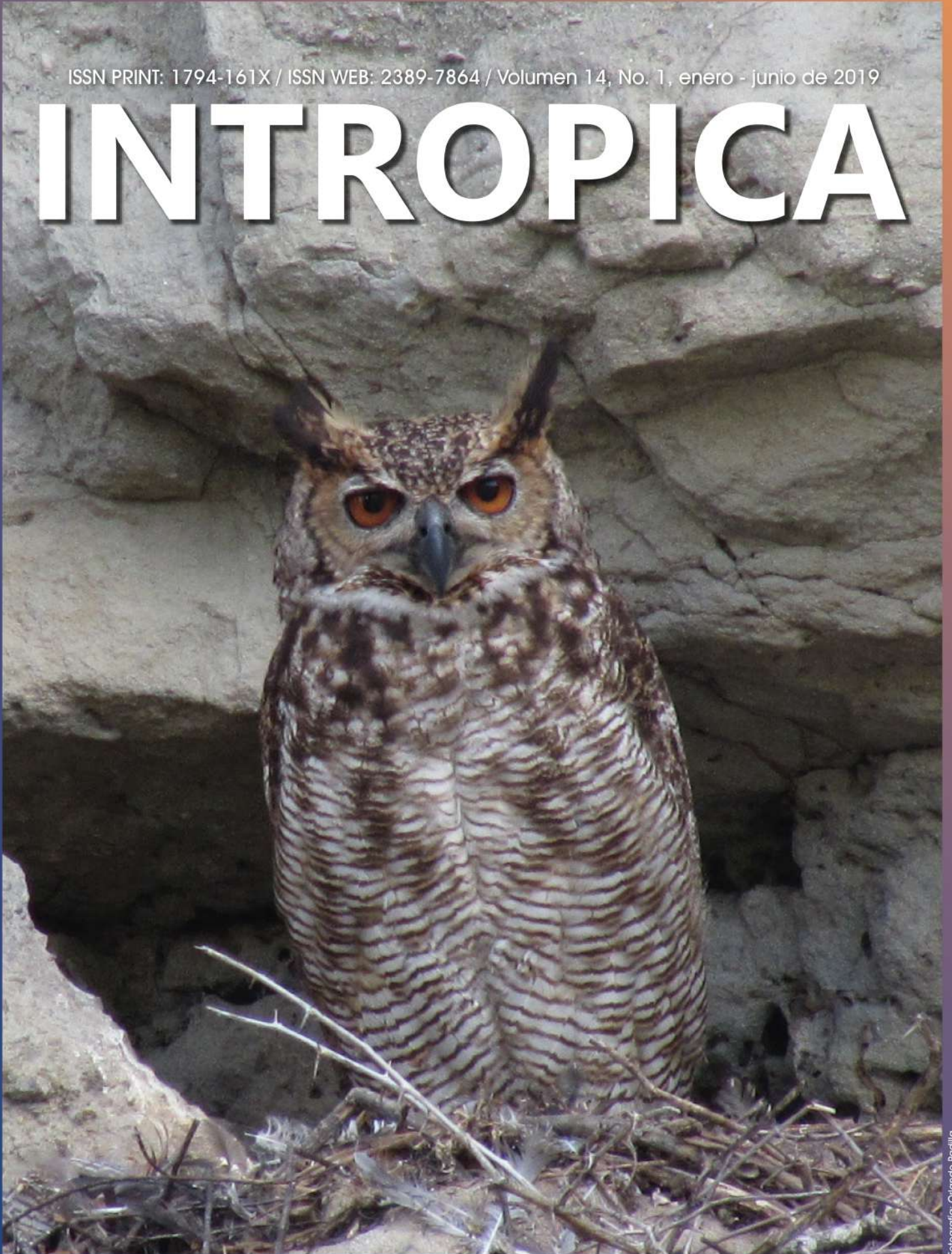


ISSN PRINT: 1794-161X / ISSN WEB: 2389-7864 / Volumen 14, No. 1, enero - junio de 2019

INTROPICA



INTROPICA

INTROPICA



Publicación seriada
Volumen 14, No. 1
julio - diciembre 2019
ISSN: 1794-161X - ISSN WEB: 2389-7864
Santa Marta - Colombia

INTROPICA

Volumen 14, No. 1 enero - junio 2019/ 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
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

Camila Longarete

Universidade do Vale do Itajaí

Carlos López

Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)

Celina Torres González

Universidad del Valle

Cristian Enrique Granados Martínez

Universidad de la Guajira

Everton Tirson

Universidade Estadual de Goiás

Gabriel Villegas

Universidad Autónoma Metropolitana

Guillermo Castañón Nájera

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

Héctor Cadena Ortíz

Instituto Nacional De Biodiversidad

Ivonne Angélica Rodríguez Cortés

Universidad Pedagógica Nacional

Jesús Alexander Rodríguez Arrieta

Universidad de Costa Rica

Johanna Carolina Vega Sequeda

Fundación Universidad Jorge Tadeo Lozano

José Saúl Padilla Ramírez

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias

Jorge Alexander Quiroz Rodríguez

Universidad de Córdoba

Julián Leonardo Ávila Jiménez

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

Juan David González Trujillo

Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá

Juan Jovel

University of Alberta

Maria Lujan

Universidad Nacional del Sur

Mariano Augusto Altamiranda Saavedra

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid

Olga Lucía Cabrera Quintero

Instituto Nacional de Salud

Ricardo Soto Agudelo

Universidad del Quindío

Ronald Fernando Quintana Arias

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Sergio Chaparro Herrera

Universidad de Antioquia

Contenido - Contents

Artículos de investigación científica y tecnológica

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

Describing a nesting event of great horned owl (*Bubo virginianus nacurutu* Vieillot, 1817) and mottled owl (*Ciccaba virgata virgata* Cassin, 1849) in Huila, Colombia

Orlando Padilla

8

Metabolismo de un tramo en la cuenca baja del río Cesar, departamento del Cesar, en una época de sequía, Colombia

Metabolism of a stretch in the lower basin of the Cesar River, department of Cesar, in a dry season, Colombia

Ana C. De la Parra-Guerra y Carlos A. García-Alzate

16

Efecto del nivel del agua sobre la dinámica trófica en un lago de inundación

Effect of water level on trophic dynamics in a flood plane lake

Manuel Tamara y Alcides Sampredo Pedro Caraballo

24

Estrategias de educación ambiental para promover la conservación del pato de torrente *Merganeta armatta colombiana* en dos instituciones educativas rurales del municipio de Salento, Quindío, Colombia

Environmental education strategies to promote the conservation of torrente duck

Merganeta armatta colombiana in two rural educational institutions

of the municipality of Salento, Quindío, Colombia

Juan Ernesto López-Londoño, Alvaro Botero-Botero

33

Nota científica

Cooperative foraging of *Paratemnoides nidificator* (Balzan, 1888) (Pseudoscorpiones: Atemnidae) on two species of ants (Hymenoptera:Formicidae) in the tropical dry Forest, Colombian Caribbean

Forraje cooperativo de *Paratemnoides nidificator* (Balzan, 1888) (Pseudoscorpiones: Atemnidae) sobre dos especies de hormiga (Formicidae) en el bosque seco tropical, Caribe colombiano

Richard Torres, Edwin Bedoya y José Tovar

43

Respuestas del maíz que indican que el paclobutrazol induce mayor actividad genética

Maize responses that indicate that the Paclobutrazol induces higher genetic activity

Teresa De Jesús Velázquez- Alcaraz, Tomás Díaz-Valdés, Felipe Ayala-Tafoya, Moisés Gilberto Yáñez Juárez, Leopoldo Partida- Ruvalcaba, Raymundo Medina López, y Carlos A López-Orona

51

Estudio preliminar de la fluctuación de *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) en cultivos de tomate y pimiento bajo cubierta, Tucumán, Argentina

Estudio preliminar sobre la fluctuación de *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) en cultivos de

tomate y pimiento bajo cubierta, Tucumán, Argentina

Eugenia S. Ortega, Cecilia A. Veggiani-Aybar, Ana L. Ávila, Carmen Reguilón

60

Patrón espacial de riqueza específica y vacíos de representatividad de flebotominos del género *Lutzomyia* (Diptera: Psychodidae) en Mérida, Venezuela

Spatial patterns of specific richness and gaps of representativeness of sandflies genus *Lutzomyia* (Diptera: Psychodidae) in Merida, Venezuela

Richard Torres, Edwin Bedoya y José Tovar

65

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

Describing a nesting event of great horned owl (*Bubo virginianus nacurutu* Vieillot, 1817) and mottled owl (*Ciccaba virgata virgata* Cassin, 1849) in Huila, Colombia

Orlando Padilla* 

*Autor de correspondencia: orlandopadillarivera@gmail.com

Recibido: 03 de septiembre del 2018

Aceptado: 6 de diciembre de 2018

Universidad del Atlántico, Barranquilla, Colombia

Resumen

Palabras clave:
comportamiento reproductivo;
nido; polluelos; Strigidae

En el presente estudio se registra por primera vez en Colombia un evento de anidación en especies de búhos *Bubo virginianus nacurutu* y *Ciccaba virgata virgata* en el departamento de Huila. Se describen aspectos como la época de anidación, tiempos de incubación de los eventos y la permanencia en sus nidos. Los resultados mostraron que *B. virginianus nacurutu* presentó un tiempo de incubación de 33 días, mientras que *C. virgata virgata* fue de 30 días. Respecto al tiempo de permanencia, se pudo evidenciar que la salida del polluelo de los organismos pertenecientes a *C. virgata virgata* ocurrió de 39-43 días a partir de la eclosión, en cambio, en *C. virgata virgata* se observó a los 50 días. La temporada de anidación documentada para ambas especies comprendió entre julio y noviembre de 2016, presentándose en una temporalidad más tardía a lo registrado en otros estudios en el continente americano.

Abstract

Key words:
breeding behavior; nest;
chick; Strigidae

The present study registers for the first time in Colombia a nesting event in two owl species, *Bubo virginianus nacurutu* and *Ciccaba virgata virgata* in the department of Huila, I describe aspects such as nesting season, incubation time and premanence in their nests. The results showed that *B. virginianus nacurutu* presented an incubation time of 33 days, while *C. virgata virgata* showed a time of 30 days. Regarding the permanence time on the nest it was possible to demonstrate that the exit of *C. virgata virgata* chick occurred 39-43 days after hatching and in *B. virginianus nacurutu* occurred at 50 days. The nesting season for both species included the months of July and November 2016, developing later in time than recorded in other studies in the Americas.

Introducción

A pesar de que las especies de búhos y lechuzas se encuentran ampliamente distribuidas en todo el mundo, la mayoría se distribuye en áreas tropicales y aproximadamente un tercio se distribuye en la región neotropical (Rangel y Enríquez, 2015). El conocimiento de los Strigiformes en Colombia es sumamente limitado, por ello existe la necesidad de realizar estudios que permitan comprender aspectos básicos como la variabilidad geográfica, estado poblacional, ecología reproductiva y comportamiento; ya que sin esta información es muy difícil conocer el estado actual, las tendencias poblacionales y los requerimientos ecológicos de los búhos (Chaparro-Herrera *et al.*, 2015). El orden de los Strigiformes incluye la familia Strigidae que cuenta con 27 especies a nivel nacional; sin embargo, existe muy poca información sobre su biología reproductiva ya que pocos son los hallazgos y oportunidades de seguimiento (Chaparro-Herrera *et al.*, 2015).

Particularmente, el búho real (*Bubo virginianus nacurutu*) es de amplia distribución que se encuentra en una gran variedad de hábitats, desde zonas de bosque, áreas abiertas, de crecimiento secundario y potreros. Es una especie estrictamente nocturna que se alimenta de diversas presas: pequeños mamíferos, aves, anfibios, reptiles, peces, insectos y otros invertebrados, así como conejos, ratones y aves acuáticas (Chaparro-Herrera *et al.*, 2015). Se ha reportado que la época reproductiva es de diciembre a julio. Al respecto, es también escasa la información de individuos en condición reproductiva; se cuenta solamente con un reporte en el mes de enero en el bajo Cauca colombiano y con un reporte de volantón en abril en Guárico, Venezuela (Hilty y Brown, 2001). Generalmente utiliza nidos abandonados por otras aves grandes, en cavidades amplias de troncos o cerca del suelo en depresiones o en la base de árboles e incuban de uno a tres huevos (König *et al.*, 2008; Holt *et al.*, 2018a) durante 28-37 días (Chaparro-Herrera *et al.*, 2015) y los juveniles vuelan a las 10 semanas (Holt *et al.*, 2018a).

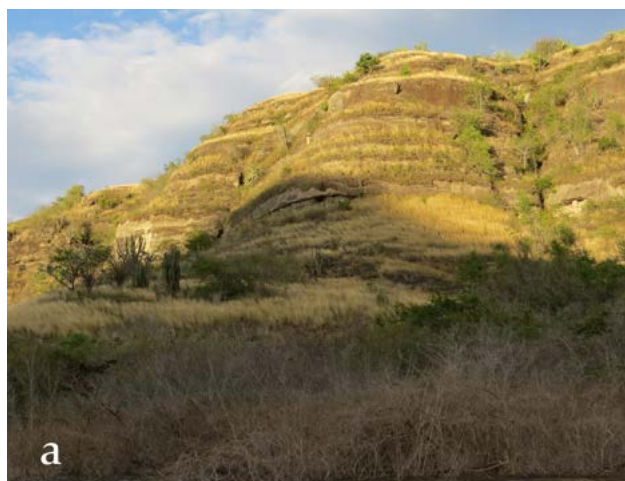
Por otro lado, del búho moteado (*Ciccaba virgata virgata*), solo existe información detallada sobre dieta, nidos y vocalizaciones de la zona de Petén en Guatemala (Gerhardt, 1991) y se reportan posturas de huevos entre febrero y mayo en Centroamérica (principalmente a finales de marzo en Guatemala) y entre septiembre y noviembre en el sur de su distribución, y juveniles entre febrero y marzo en el norte de Argentina (Holt *et al.*, 2018a). Ponen de uno a tres huevos, tienen un periodo de incubación entre 28-30 días y los primeros vuelos del juvenil ocurren entre los 27 y 33 días. Poco se conoce sobre su biología

reproductiva en Colombia, excepto por reportes de aves en estado reproductivo que fueron encontradas entre febrero a mayo desde La Guajira hasta Córdoba, un polluelo en abril en Sierra Nevada de Santa Marta y un juvenil en julio en la región Caribe colombiana (Hilty y Brown, 2001). También se ha documentado que anidan en cavidades o ramas gruesas entre epífitas o en nidos abandonados de otras aves más grandes y ponen entre uno y tres huevos blancos (Gerhardt *et al.*, 1994; König *et al.*, 2008; Holt *et al.*, 2018b). En este trabajo se describe un evento de anidación de *Bubo virginianus nacurutu* y de *Ciccaba virgata virgata* como contribución al escaso conocimiento de estas especies.

Materiales y métodos

Área de estudio

Realizando observaciones de aves en el sur del departamento del Huila, se detectaron dos nidos de las especies *Bubo virginianus nacurutu* - búho real y *Ciccaba virgata virgata* - búho moteado. La ubicación del nido de búho real fue a 3,6 km al sur del corregimiento de Río Loro del municipio de Gigante en una zona de escarpes rocosos con vegetación herbácea y cactáceas, a 50 m de la vía nacional entre Gigante y Garzón; mientras que el nido de búho moteado se encontró en el municipio del Agrado, en inmediaciones de zonas de pastoreo en la vereda Cabuyal dentro de un estrecho cañón rocoso con paredes verticales que sirve de curso a un arroyo (afluente del río Magdalena) rodeado de vegetación de rastrojo. Ambos nidos se encontraban alejados de centros poblados, a una altitud de 720 m y se hallaban encima de la cota de inundación del embalse el Quimbo. Toda la región comprendía originalmente ecosistemas de matorral xerófilo y bosque seco tropical (Pizano y García, 2014) (figura 1 a y b).



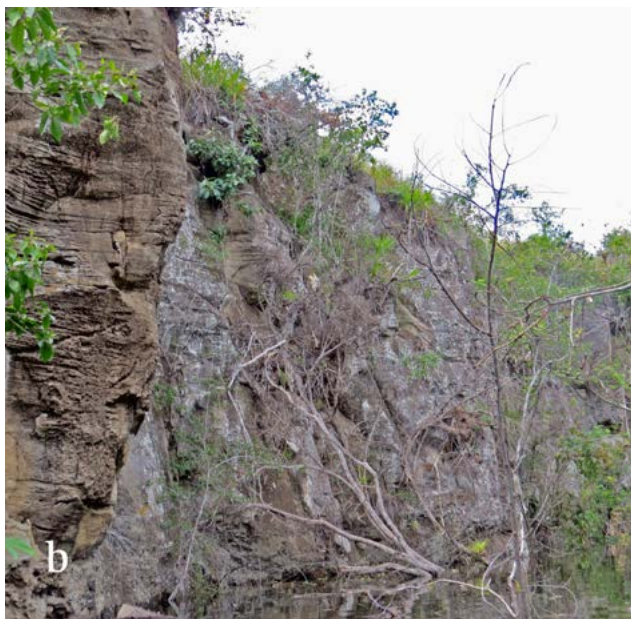


Figura 1. a. Aspecto de la localidad del nido de búho real y b. del nido de búho moteado.

Las observaciones de campo se realizaron entre agosto y octubre de 2016, durante la transición de época seca en agosto-septiembre a época lluviosa de octubre-noviembre. Para establecer el seguimiento de los nidos se registró la fecha, hora, presencia del parental, número de huevos, número de polluelos, fotografía y observaciones. Se evitó la manipulación del nido, de huevos y polluelos para garantizar la mínima intervención en el ciclo de cría.

Las visitas a los nidos de los búhos ($n = 21$ para el búho real y $n = 15$ para el búho moteado) siempre se realizaron durante las horas de luz entre las 6:00 y las 18:00 h.

Resultados

Descripción de los nidos

Bubo virginianus nacurutu

Estuvo constituido por trozos de ramas secas, era de forma ovalada y medía 80 cm de longitud. Se ubicaba a tres metros sobre el nivel del agua y debido a lo elaborado y el tamaño de la estructura del nido, se cree que se trataba de un nido abandonado por bandurrias (*Theristicus caudatus* (Boddaert, 1783)), especie que construye nidos similares que se han registrado en la misma zona (O. Padilla obs. pers.) (figura 2).



Figura 2. Aspecto del nido y evidencia de la postura de huevos.

Ciccaba virgata virgata

El nido de búho moteado no tenía material vegetal acumulado. Se ubicaba en una cavidad de 26 cm de diámetro, abierto en la parte superior y situado a cuatro metros de altura en un acantilado de tal manera que no se podía ver desde el suelo el contenido del mismo (figura 3).



Figura 3. Aspecto del nido y polluelo.

Observaciones en el seguimiento de los nidos

Bubo virginianus nacurutu

El hallazgo del nido de búho real se produjo el 2 de agosto de 2016. Contenía dos huevos blancos y a partir de las fechas de eclosión de los polluelos (el primero, el 20 de agosto; el siguiente, entre el 23 y 25 de agosto) se calcula una fecha de postura de los huevos a mediados de julio de 2016, con un periodo de incubación aproximado de 33 días comprendido entre el 18 julio y 21 agosto. Al eclosionar

los polluelos, presentaron su característico diente de huevo en el extremo de la ranfoteca, el cual desapareció entre los 33 y 37 días (entre el 25 y 29 de septiembre). Se registró la presencia de presas en el nido en dos ocasiones que correspondieron a plumaje de *Crotophaga ani* (Linnaeus, 1758) (Aves: Cuculiformes: Cuculidae) y dos *Sigmodon hirsutus* Burmeister, 1854 (Mammalia: Rodentia: Cricetidae) (figura 4).

Uno de los polluelos desapareció entre el 25 de agosto y el 5 de septiembre. El tiempo del polluelo sobreviviente en el nido fue de 52 días hasta su salida del área del nido (entre el 20 de agosto y 11 de octubre; 6,9 semanas de vida). En general, el ciclo de cría desde la puesta calculada hasta la salida del nido fue de 116 días (16,5 semanas) (figura 5).

Por otro lado, durante el 90 % de las visitas (n= 21) se observó cuidado parental cada vez que se aproximaba el observador al nido, pues el parental se posaba en una percha cercana a observar (figura 6).



Figura 4. Evidencias de eclosión e ítems alimenticios.



Figura 5. a. Polluelo a las dos semanas y b. 10,1 semanas.



Figura 6. Presencia del parental durante las observaciones.

Ciccaba virgata virgata

El nido de búho moteado se encontró el 10 de agosto de 2016 y contenía un huevo que eclosionó entre el 16 y el 24 de agosto. Se estima que la postura del huevo ocurrió entre el 16 y el 24 de julio y que la salida del volantón debió ocurrir a los 30 días entre el 16 y 24 de septiembre; sin embargo, este último evento ocurrió el 3 de octubre, de 9 a 13 días más tarde.

En el ejemplar no se evidenció diente de huevo desde que se observó por primera vez. El día 21 de septiembre

de 2016 se observó evidencia de alimentación de un ave pequeña no identificada alrededor del polluelo (figura 7).

En general, el ciclo de cría desde la incubación hasta la fuga del nido comprendió 76 días (10,8 semanas) (figura 8). En el 66 % de las visitas al nido ($n = 12$) el parental estuvo presente y permaneció en la vegetación cercana al nido (figura 9). Por último, se visitó el área circundante con reproducción de llamado el 10 y el 15 de octubre, sin obtener registros ni respuesta a los llamados reproducidos.



Figura 7. Evidencia del nido e ítem alimenticio. En el círculo se evidencian restos de un ave no identificada.

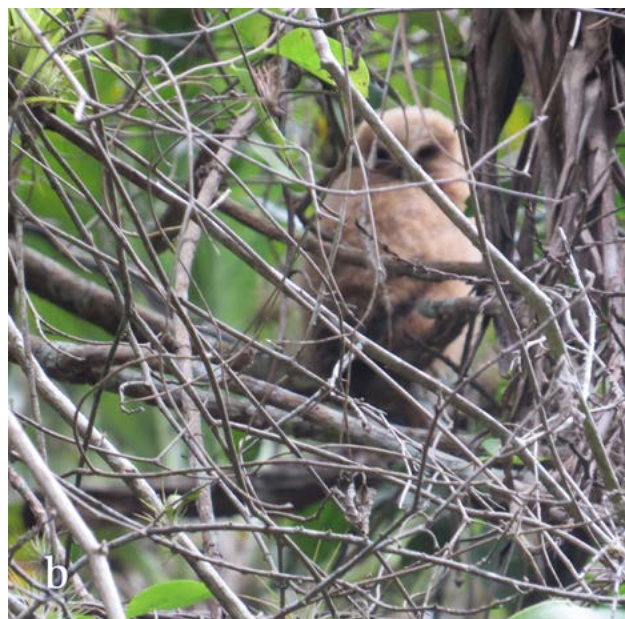


Figura 8. a. Volantón de *Ciccaba virgata virgata* fuera del nido (3 de octubre 2016); b. Volantón fuera del nido (4 de octubre 2016).



Figura 9. Presencia de parental de *Ciccaba virgata virgata* durante las observaciones.

Discusión

Bubo virginianus nacurutu

Según un registro en Canadá, los huevos de búho real son incubados por la hembra entre 30 y 37 días, y es alimentada por el macho durante este período (Stuart *et al.*, 1998). En Colombia se ha reportado un periodo de incubación entre 28 y 35 días (Chaparro *et al.*, 2015), rangos que corresponden a lo registrado en este trabajo. Después de la eclosión, los pichones permanecen en el nido entre seis y siete semanas (Stuart *et al.*, 1998) y comienzan a volar en las semanas 10 y 12 de edad (König y Weick, 2008). Este tiempo de abandono del área del nido corresponde con lo observado en la localidad de Gigante donde el polluelo se observó fuera del nido el 6 de octubre de 2016 a la edad de 6,5 semanas (figura 10) y lo abandonó el 11 de noviembre a las 12 semanas.



Figura 10. Evidencia salida de la estructura del nido a las 6,5 semanas (Fotografía J. Zúñiga).

En Norteamérica el inicio de la puesta se reportó más cerca a la mitad del año en la medida que aumenta la latitud y la altitud. En poblaciones norteñas ponen huevos más tarde que las sureñas; y en las de tierras altas, más tarde que las de tierras bajas (Holt y Drasen, 2001). En Colombia se han encontrado individuos en condición reproductiva en el mes de enero (Hilty y Brown, 2001); adicionalmente existen registros fotográficos de juveniles en los departamentos de Córdoba (5 de mayo de 2018), Bolívar (17 de febrero de 2018) y Antioquia (18 de octubre de 2017) (e-Bird, 2018). También, el 8 de agosto de 2015 se observó un volantón de aproximadamente 50 días en el departamento del Huila, cerca del municipio de Gigante (O. Padilla obs. pers.) En el departamento del Atlántico en área rural del municipio de Polonuevo se encontró un volantón el 21 de abril de 2017 en un nido sobre una palma amarga (*Sabal mauritiiformis* autor) (O. Padilla obs. pers.). En este reporte se evidencia la postura de huevos a mediados de julio y abandono del nido en noviembre, lo que permite inferir que estos búhos pueden reproducirse en cualquier época del año.

En otros países neotropicales y del Cono Sur se tienen reportes fotográficos de inmaduros y juveniles entre 2010 y 2018; por ejemplo, en México hay reportes de mayo y abril, en Honduras de mayo, en Brasil de julio, septiembre y octubre; Chile en noviembre y en Argentina en agosto y octubre (e-Bird, 2018) y en el norte de Venezuela se observaron 2 volantones en noviembre de 2014 (O. Padilla obs. pers.). De acuerdo a lo anterior, la primera parte del año se perfila como época de cría en el hemisferio norte en contraste con el hemisferio sur, exceptuando el caso de Venezuela.

Ciccaba virgata virgata

El nido estuvo ocupado desde el inicio por un solo huevo y, según se conoce, el tamaño de la postura oscila entre uno o dos huevos y se cree que si pone un huevo o no pone ninguno podría ser por la escasez de alimento (Enríquez, 2006). En Colombia se han registrado polluelos en el mes de abril, individuos en condición reproductiva en febrero y mayo, y jóvenes en julio (Hilty y Brown, 2001). Similarmente ocurrió en México donde se han hallado nidos en mayo y junio (Enríquez, 2006). En Guatemala se han documentado posturas a finales de marzo y en Costa Rica un nido con dos huevos en febrero y sus respectivos polluelos en abril (Astorga, 2017). En el caso del nido monitoreado en este estudio, se encontró el polluelo entre 3 y 5 meses más tarde respecto a los anteriores referentes.

Otros registros fotográficos de volantones fuera de nido provienen de Centroamérica y Suramérica (Ecuador,

Guatemala, Honduras, Costa Rica y México) en abril, mayo, junio y julio entre los años 2016 y 2018 (e-Bird, 2018), lo que confirma el primer semestre del año como temporada de cría. La incubación se reporta en un promedio de 30 días para *Ciccaba nigrolineata* autor (especie afín) (Pernis y Middleton, 1985). También se conocen tiempos de eclosión en Guatemala de 28 días para *Ciccaba virgata* (Gerhardt *et al.*, 1994), lo que concuerda con los 30 días calculados en el nido observado.

Cuando el período de incubación ha finalizado, la hembra permanece cerca del nido mientras que el macho continúa alimentando a la hembra y a los polluelos (Enríquez, 2006). En este caso no se observó eventos de alimentación, en contraste, se observó escasa presencia de parentales (con 33 % de las visitas con padres presentes después de alrededor de 16 días de vida del polluelo), lo que podría indicar que estos pueden dejar el nido simultáneamente para realizar otras actividades o vigilar desde perchas ocultas. Finalmente, los juveniles empiezan a volar aproximadamente al mes de nacidos, entre los 27 a 33 días de edad (Enríquez, 2006). En este caso el polluelo no se mostró dentro del rango esperado, ya que permaneció en el nido entre 9 y 13 días más.

Conclusiones

La fenología reproductiva de las especies estudiadas fueron eventos más tardíos con respecto a la información publicada sobre otras localidades de Colombia. El *B. virginianus* podría ser una especie con un amplio espectro temporal para la reproducción en Colombia y la *C. virgata* igualmente podría exhibir amplio espectro temporal. Además, el tiempo adicional de permanencia del polluelo en el nido de este último puede indicar alguna variante del comportamiento reproductivo por corroborar.

Finalmente, es importante destacar que es pertinente monitorear, describir y cuantificar otros eventos de anidación en diferentes regiones del país para comparar el comportamiento, desarrollo de polluelos y temporalidad del ciclo de cría de ambas especies.

Referencias

Astorga, J. 2017. Primer registro de nidificación sobre el suelo del Búho café (*Ciccaba virgata*), en Grecia, Costa Rica Huitzil. *Revista Mexicana de Ornitología* 18(2): 242-245.

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.

E-Bird. 2012. eBird: *Una base de datos en línea para la abundancia y distribución de las aves* [aplicación de internet]. eBird, Ithaca, New York. Disponible: <http://www.ebird.org>. Consultado: 14 de agosto de 2018.

Enríquez-Rocha, P. 2006. Ficha técnica de *Ciccaba virgata*. En: Escalante-Pliego, P., Editor. *Fichas sobre las especies de Aves incluidas en el Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-ECOL-2000. Parte 2*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO Proyecto No. W042. México, D.F.

Gerhardt, R.P. 1991. "Mottled Owls (*Ciccaba virgata*): Response to Calls, Breeding Biology, Home Range, and Food Habits. Boise State University Theses and Dissertations. <http://scholarworks.boisestate.edu/td/736>. Consultado: 14 de agosto de 2018.

Gerhardt, R., Bonilla, N., Mcannis, D. y Flattens, C.J. 1994. Breeding Biology and Home Range of two *Ciccaba* owls. *Wilson Bulletin* 106 (4): 629-639.

Hilty, S.L. y Brown, W.L. 2001. *A Field Guide to the Birds of Colombia*. Princeton University Press, New Jersey.

Holt, D. y Drasen, S. 2001. Early nesting by great horned owls in Montana. *Journal of Raptor Research* 35(1): 66-67.

Holt, D., Berkley, R., Deppe, C., Enríquez Rocha, P., Petersen, J., Rangel, L., Segars, K., Wood, K. y Marks, J. 2018a. Great Horned Owl (*Bubo virginianus*). En: Del Hoyo, J., Elliott, A., Sargatal, J., Christie, D.A. y De Juana, E., Editores. *Handbook of the Birds of the World Alive*. Lynx Edicions, Barcelona.

Holt, D., Berkley, R., Deppe, C., Enríquez Rocha, P., Petersen, J.L., Rangel Salazar, J.L., Segars, K., Wood, K., Kirwan, M., Marks, J. y Boesman, P. 2018b. Mottled Owl (*Ciccaba virgata*). En: Del Hoyo, J., Elliott, A., Sargatal, J., Christie, D.A. y De Juana, E. Editor. *Handbook of the Birds of the World Alive*. Lynx Edicions, Barcelona.

König, C. y Weick, F. 2008. *Owls of the World*. Christopher Helm Publishers, London.

Pernis, C. y Middleton, A. 1985. *Owls*. In enciclopedia of birds. Facst on file publications, New York.

Pizano, C. y García, H. 2014. *El Bosque Seco Tropical en Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D.C.

- Rangel, J.L. y Enríquez, P. 2015. Aves en la región Neotropical. En: Enríquez, P. Editor. *Los Búhos Neotropicales: Diversidad y Conservación*. ECOSUR, México.
- Stuart, C., Smith, G. y Rohner, C. 1998. Great horned owl (*Bubo virginianus*). En: Poole, A. Editor. *The Birds of North America Online*. Cornell Lab of Ornithology, Ithaca.

Citar como: 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: <https://doi.org/10.21676/23897864.2696>

Metabolismo de un tramo en la cuenca baja del río Cesar, departamento del Cesar, en una época de sequía, Colombia

Metabolism of a stretch in the lower basin of the Cesar River, department of Cesar, in a dry season, Colombia

Ana C. De la Parra-Guerra*^{id} y Carlos A. García-Alzate^{id}

*Autor de correspondencia: acdelaparra25@gmail.com

Recibido: 22 octubre de 2018

Aceptado: 6 de febrero de 2019

Grupo de investigación Biodiversidad del Caribe colombiano, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad del Atlántico

Resumen

Palabras clave:
estado trófico; curva diaria;
fotosíntesis; respiración

Las funcionalidades de los sistemas acuáticos son el resultado de interacciones biológicas, condiciones fisicoquímicas del agua y el ambiente terrestre. Estas relaciones son afectadas por acciones antrópicas, como deforestación, minería, agricultura, vertimientos de residuos sólidos y líquidos domésticos e industriales, en general prácticas nocivas para los ecosistemas acuáticos. Este trabajo se realizó con el fin de estimar la variación del metabolismo y las variables fisicoquímicas en la cuenca baja del río Cesar durante la época de máximo estiaje. Se determinó el estado trófico de la cuenca baja del ecosistema acuático por observaciones en los cambios del consumo de O₂ y acumulación de CO₂, y se cuantificaron los procesos de fotosíntesis y respiración. Se realizaron dos muestreos en cuatro estaciones, entre febrero-abril de 2013, durante el periodo seco. Se midieron las variables fisicoquímicas *in situ* y algunos nutrientes. Se aplicó el protocolo del metabolismo, utilizando el método de Winkler (botellas clara y oscura), con mediciones cada hora durante 24 h (curva diaria). El metabolismo neto fue de 10 732,23 O₂/m³-h, el oscuro de -10 731,41 O₂/m³-h y la producción primaria bruta de toda la comunidad acuática de -10 736,91 O₂/m³-h. Estos resultados sugieren que las variaciones en el metabolismo neto y oscuro, así como la productividad primaria de la comunidad fueron casi nulas. Adicionalmente, el oxígeno producido durante el día fue consumido rápidamente en la noche. Nuestros datos demuestran que el estado trófico de la cuenca baja del río Cesar es eutrófico-heterotrófico. La respiración excede la producción de O₂, lo que genera déficit de este y una disminución de la calidad del ecosistema, resultados que se corroboran con los análisis de las variables fisicoquímicas medidas en el sitio.

Abstract

Key words:
trophic status; daily curve;
photosynthesis; respiration

The functionalities of aquatic systems are the result of biological interactions, the physicochemical conditions of water and the terrestrial environment, these relationships are affected by anthropic actions, such as: deforestation, mining, agriculture, solid waste discharges and domestic and industrial liquids, general harmful practices for aquatic ecosystems. This research was carried out with the purpose of estimating the variation of the metabolism and physicochemical variables in the lower basin of the Cesar River, during the period of maximum dry season, the trophic state of the lower basin of the aquatic ecosystem was determined by observations in the changes of the O₂ consumption and CO₂ accumulation, the processes of photosynthesis and respiration were quantified. Two samplings were carried out in four stations, between February-April 2013, equivalent to the dry period. Physicochemical variables *in situ* and some nutrients were measured. The metabolism protocol was applied, using the Winkler method (clear and dark bottles), with measurements every hour for 24 h (daily curve). The net metabolism was -10 732.23 O₂/m³-h, the dark one of -10 731.41 O₂/m³-h and the gross primary production of the entire aquatic community of -10 736.91 O₂/m³-h. These results suggest that the variations in the net and dark metabolism, as well as the primary productivity of the community were almost nil. Additionally, the oxygen produced during the day was consumed quickly at night. Our data show that the trophic state of the lower basin of the Cesar River is eutrophic-heterotrophic, the respiration exceeds the production of O₂, which generates deficit of the same and a decrease in the quality of this ecosystem, results that are corroborated with the analyzes of the physicochemical variables measured at the site.

Introducción

En los ecosistemas acuáticos, los resultados de las interacciones biológicas junto con las condiciones fisicoquímicas del agua y el medio terrestre son de importancia para comprender sus funcionalidades (Roldán y Ramírez, 2008). En los últimos años, las fuentes hídricas han sido sometidas a numerosas perturbaciones, tales como actividades de deforestación, minería, agricultura, ganadería, vertimientos de residuos sólidos y líquidos de origen doméstico e industrial, los cuales son fuentes de contaminación, además de ser las principales causas de cambios en la estructura de las comunidades biológicas existentes (García-Alzate *et al.*, 2007; 2008; De la Parra *et al.*, 2017). Para conocer los deterioros que inducen dichas perturbaciones sobre los cuerpos de agua, se han empleado diversas medidas de monitorización, en las variables fisicoquímicas, microbiológicas, nutrientes, entre otras. Sin embargo, hasta la fecha los estudios asociados al metabolismo han sido poco considerados, siendo una variable de gran importancia, ya que permiten conocer los cambios que ocurren entre las variaciones de producción/consumo de O₂ y CO₂ en el agua. Por lo tanto, el metabolismo es considerado un parámetro vital para estimar el estado trófico de los sistemas acuáticos.

El metabolismo se define como la suma de todas las reacciones químicas que se producen en los ecosistemas acuáticos de tipo lénticos y lóticos, que usa como variable global el consumo de oxígeno (Mulholland *et al.*, 2001). Sin embargo, el metabolismo es altamente sensible a cambios en la cobertura de ribera y estrés hídrico (Bunn *et al.*, 1999), debido al consumo de O₂ y liberación de CO₂ (Dodds 2006; 2007; Dodds y Cole 2007; García-Alzate *et al.*, 2008).

Los análisis de metabolismo son indicadores importantes de autotrofia (lo que se produce en el día no es consumido totalmente en la noche) y heterotrofia (lo que se produce en el día es consumido en la noche) en cuerpos de agua, que pueden ser productores o consumidores netos de materia orgánica (Roldán y Ramírez, 2008). Actualmente, los estudios sobre el metabolismo y la productividad primaria en los ríos tropicales de Colombia son escasos y los pocos que existen son en ríos de alta montaña (Ramírez, 2001; Montoya y Aguirre, 2009; 2013; Donato *et al.*, 2014).

Considerando lo anterior, en el presente trabajo se determinó el metabolismo y las variables fisicoquímicas de la cuenca baja del río Cesar, durante la época seca (período de máximo estrés hídrico), con el fin de clasificar el estado trófico de la cuenca baja, de gran importancia para la población de Valledupar y los municipios, en el departamento del Cesar, Colombia.

Materiales y métodos

Área de estudio

La investigación se llevó a cabo en cuatro estaciones (E1, E2, E3 y E4) en la cuenca baja del río Cesar, distribuidas desde el río Surivaca hasta la confluencia de la quebrada Pata de Vaca y Caño de Hoyo (figura 1). La cuenca presenta un régimen pluviométrico de tipo ecuatorial bimodal con un período de altas lluvias y bajas lluvias. La época seca está marcada para los meses enero-marzo y julio-agosto (IDEAM, 2006). Los dos muestreos correspondieron al período seco del año 2013.

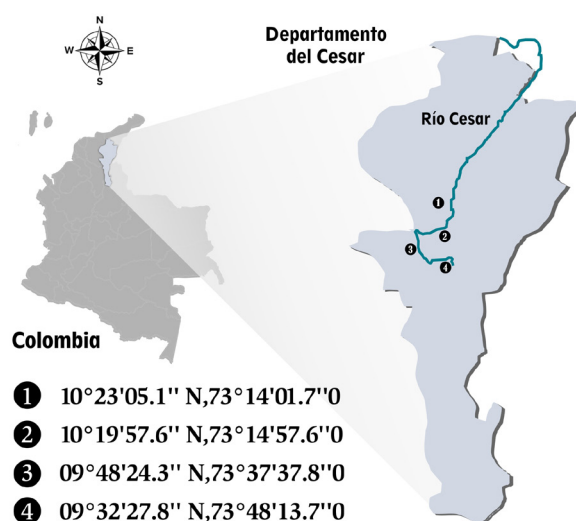


Figura 1. Mapa ubicación del departamento del Cesar, referenciándose las estaciones y coordenadas de muestreo en la cuenca baja del río Cesar.

Fase de Campo

Variables fisicoquímicas. Se midieron *in situ* variables como el pH, con un potenciómetro WTW 3210, precisión de 0,001; el oxígeno disuelto, (mg/L), la temperatura del agua y el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto, con un Oxímetro WTW 3205, precisión de 0,001; la conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$), con un Conductímetro WTW 3130 con precisión de 0,001; el caudal con un Flujómetro, y la turbidez con un Turbidímetro HACH-2100 Q. Se tomaron muestras de agua en frascos de vidrio de 250 mL, llevadas inmediatamente en cavas de Icopor refrigeradas al laboratorio de química de la Universidad del Atlántico para los análisis de nutrientes: nitritos (NO₂-N), nitratos (NO₃-N), nitrógeno total (NT), fosfatos (PO₄-P), Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅) y

sólidos suspendidos totales (SST), siguiendo las técnicas descritas y recomendadas por el APHA (2005).

Metabolismo. El metabolismo se calculó por el método de Winkler (botella clara y botella oscura; Wetzel y Likens, 2000; Gutiérrez, 2006). Los valores de oxígeno disuelto (OD), porcentaje de saturación de oxígeno disuelto (% OD), pH y conductividad fueron medidos cada hora, durante 24 h, con el fin de diseñar una curva del déficit de oxígeno (curva diaria), la cual se realizó en la estación 2.

Clorofila-a (Cl-a). Adicionalmente, se recolectaron muestras de fitoperifiton, para determinar Cl-a. Las muestras se envasaron en frascos oscuros forrados con papel aluminio para su conservación y llevadas refrigeradas al laboratorio de química de la Universidad del Atlántico, en la ciudad de Barranquilla, Colombia.

Fase de laboratorio

Variabes fisicoquímicas. Se midieron nitritos, nitratos, nitrógeno y fosfatos por espectrofotometría (Genesis-5) y DBO₅ (incubación cinco días a 25 °C), siguiendo las técnicas del APHA (2005).

Metabolismo. Se estimó de acuerdo con la metodología de Wetzel y Likens (2000) y por la ecuación modificada por García-Alzate *et al.* (2010): $Q = p-r \pm d + a$. Donde: $Q =$ % de cambios de oxígeno en g O₂/m³-h, $p =$ % de productividad primaria bruta, $r =$ % de respiración, $d =$ % de difusión de oxígeno a través de la interfaz aire-agua y $a =$ % de acumulación del drenaje. La corrección para la difusión o re-aireación d se estimó a través del promedio del déficit de oxígeno que cubre la cuenca baja del río como sitio de estudio. La medida del déficit de oxígeno es entonces multiplicada por una constante de difusión $K = 0,9$. El metabolismo se estimó con la diferencia de los datos de la estación elegida. Metabolismo neto = cambio del DO luz-Difusión. Metabolismo oscuro = cambio del DO oscuro-Difusión. Productividad primaria bruta de la comunidad (GPP) = Metabolismo neto respiración luz. Respiración de la comunidad (CR24) = promedio día noche, respiración escala 24 h (Dodds, 2006; 2007; Dodds y Cole, 2007; García-Alzate *et al.*, 2008; García-Alzate *et al.*, 2010).

Clorofila a (Cl-a). La determinación de Cl-a del fitoperifiton, se realizó por el método espectrofotométrico (T80 + UV/VIS, Spectrometer PG Instruments) propuesto por APHA (2005), realizándose un filtrado al vacío con filtros de microfibras de vidrio (GF/C- Glass Fiber Filter) de 47 mm de diámetro. La extracción de los pigmentos se hizo con solución de acetona al 90 %. Durante este proceso se realizó

una maceración mecánica de los filtros en tubos de 15 mL con 5 mL acetona; se mantuvo el montaje a 4 °C durante 24 h y finalmente se sometió a centrifugación durante 15 min a 3000 rpm. Se midió la absorbancia longitudes de ondas (750; 665; 664; 647; 630; 610). Todo el proceso se realizó con luz tenue para proteger las muestras de interferencia. Esta técnica fue hecha en el laboratorio Museo Colecciones Biológicas de la Universidad del Atlántico.

Análisis de los datos. Los datos son representados por medias aritméticas como medida de tendencia central; se calculó el coeficiente de variación (CV) y la desviación estándar (DE) como medidas de dispersión relativa, acompañada de la amplitud (valor máximo y mínimo). Se comprobaron los supuestos de homogeneidad de varianza (Prueba de Bartlett) y prueba de normalidad de los datos (Bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov: K-S), lo cual arrojaron que los datos no poseen una distribución normal ($p > 0,05$). Por consiguiente, las comparaciones estadísticas se desarrollaron con base en el análisis no paramétrico de Kruskal-Wallis: K-W. Además, para el análisis del metabolismo, se calculó el déficit de oxígeno (DO = Oxígeno final - Oxígeno inicial): tanto para la botella clara como para la oscura se midió producción y consumo del mismo. Los análisis se realizaron con ayuda de los Software estadísticos de PAST 3.0 (Hammer *et al.*, 2001).

Resultados

Variabes fisicoquímicas

La temperatura del agua osciló entre 27,40 °C y 31,80 °C; promedio = 29,58 °C. El OD fue bajo en general (promedio = 4,66 mg/L). El pH fue básico con valores entre 7,3 a 8,1 respectivamente. Las saturaciones del % DO fueron bajas, entre 16 % y 105 % (promedio = 69,50 %; DE = 26,88; CV = 1039,67). La turbidez (promedio = 108,05 NTU; DE = 73,03; CV = 4899,65) y los SST (promedio = 125,96 mg/L; DE = 70,52; CV = 3948,12) fueron variables. La conductividad general fue alta (promedio = 333,00 µS/cm; DE = 89,84; CV = 2423,94).

El caudal disminuyó en la época seca (promedio = 36,24 m³/s; DE = 11,45; CV = 361,50) (tabla 1). Con respecto a los nutrientes, se observaron bajas concentraciones durante los muestreos: el nitrito presentó un promedio = 2,10 µg/L; DE = 2,16; CV = 223,01, el nitrato un promedio = 29,35 µg/L; DE = 21,24; CV = 1581,1 con mayores concentraciones en la E1, tendencia similar observada para el nitrógeno (promedio = 31,46 µg/L; DE = 21,0; CV = 1408,6) y los fosfatos (promedio = 209,44 µg/L; DE = 58,92; CV = 1657,7). La DBO₅ presentó los mayores registros en esta época con un promedio = 11,18 mg/L; DE = 7,24; CV = 465,1 (tabla 1).

Tabla 1. Estadística descriptiva de las variables fisicoquímicas medidas en la cuenca baja del río Cesar; mínimo (MIN), máximo (MÁX), media geométrica (MG), promedio (X), varianza (VA), desviación estándar (DE) y coeficiente de variación (CV).

Variables	MIN	MÁX	MG	X	VA	DE	CV
Temperatura del agua (°C)	27,4	31,8	29,5	29,6	3,7	1,9	12,4
Oxígeno disuelto (mg/L)	3,4	6,4	4,6	4,7	1,3	1,1	27,1
Porcentaje de saturación de oxígeno (%)	16,0	105,0	62,1	69,5	722,6	26,9	1039,7
pH	7,4	8,1	7,8	7,8	0,1	0,4	1,6
Conductividad (µS/cm)	262,0	447,0	323,1	333,0	8071,7	89,8	2423,9
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	8,7	188,6	92,6	126,0	4973,2	70,5	3948,1
Caudal (m³/s)	22,9	58,4	34,8	36,2	131,0	11,5	361,5
Turbidez (NTU)	9,7	193,0	70,3	108,9	5333,1	73,0	4899,7
Nitrito (NO ₂ -N) (µg/L)	0,1	6,1	1,0	2,1	4,7	2,2	223,0
Nitrato (NO ₃ -N) (µg/L)	0,0	73,8	8,2	29,4	464,1	21,5	1581,2
Nitrógeno (N ₂) (µg/L)	0,5	73,9	19,3	31,5	443,1	21,1	1408,6
Fosfato (PO ₄ -P) (µg/L)	133,5	322,0	202,2	209,4	3472,0	58,9	1657,7
DBO ₅ (mg/L)	2,5	21,0	8,7	11,3	52,4	7,2	465,1

Tabla 2. Datos obtenidos del metabolismo en la cuenca baja del río Cesar en su máximo estiaje. * = promedio ± Desviación estándar

Variables	*Época seca
Altitud (m.s.n.m.)	2257
Sustrato	Arenoso
Ancho (m)	15
Profundidad (m)	1,85
Velocidad de la corriente (m/s)	1,37
Caudal (m³/s)	2,55
Temperatura ambiente (°C)	26,4-33,9 (29,70 ± 2, 23)
Temperatura del agua (°C)	30,6-35,6 (32,67 ± 1,38)
Oxígeno disuelto (mg/L)	2,55-5,35 (3,58 ± 0,84)
Porcentaje saturación de oxígeno (%)	26,2-79,2 (51,62 ± 13,36)
pH	7,3-10,8 (8,05 ± 0,69)
Conductividad (µS/cm)	469-489 (478 ± 6,25)
Salinidad (UPS)	0,1-0,2 (0,18 ± 0,03)
Nitritos (NO ₂ -N) (mg/L)	0,05 - 008 (0,07 ± 0,01)
Nitratos (NO ₃ -N) (mg/L)	0,39 - 0,60 (0,46 ± 0,09)
Fosfatos (PO ₄ -P) (mg/L)	11,64 - 14,52 (13,39 ± 1,25)
Amonio (mg/L)	0,4
Alcalinidad (mg/L)	210 - 290 (250 ± 38,62)
Cl-a (mg/m³)	8,058
Botella oscura	
Oxígeno disuelto (mg/L)	1,4 - 3,8 (2,51 ± 0,66)
Porcentaje saturación de oxígeno (%)	19,5 - 64,8 (35,07 ± 10,42)
pH	7,3 - 10,7 (8,01 ± 0,77)
conductividad (µS/cm)	483 - 511 (501, 72 ± 8,34)
Botella clara	
Oxígeno disuelto (mg/L)	2,8 - 6 (4,12 ± 0,81)
Porcentaje saturación de oxígeno (%)	39,2 - 89,1 (58,62 ± 12,98)
pH	7,5 -10,8 (8,05 ± 0,68)
Conductividad (µS/cm)	475 - 582 (558, 08 ± 41,37)

Metabolismo

Los valores mínimos, máximos, promedios y desviación estándar de cada una de las variables medidas durante la curva diaria, se muestran en la tabla 2. En términos generales, en la elaboración de la curva diaria, la cuenca baja del río Cesar presentó un sustrato arenoso con un ancho de 15 m y una profundidad promedio de 1,85 m, un caudal de 2,55 m³/s con una velocidad de corriente de 1,34 m/s. No se detectaron diferencias significativas entre el OD de las botellas claras y las botellas oscuras, durante el ciclo diario ($H': p > 0,05$), ambas botellas presentaron sus máximos valores de oxígeno disuelto durante las 10:00 h hasta las 20:00 h. A partir de las 21:00 h los valores de OD de ambas botellas disminuyeron a 1,4 mg/L y 2,8 mg/L, respectivamente. El OD registrado fluctuó, pero, a pesar de ello, se observó una notable disminución a las 21:00 h en ambas botellas (figura 2a).

El % OD en la botella clara registró el valor más alto (39,2 %) en comparación con la botella oscura (19,5 %), durante las 09:00 h (figura 2b). No hubo diferencias significativas del pH entre las botellas (K-W: $p > 0,05$). El pH aumentó en las primeras horas del ciclo diario hasta obtener valores máximos de 10,8 en la botella oscura, y en la botella clara

de 10,8 durante las 12:00 h. A partir de esa hora hubo una disminución del pH desde las 13:00 h hasta las 09:00 h (figura 3a).

La conductividad mostró diferencias significativas entre las botellas ($H': p < 0,05$). Se pudo apreciar que desde las 10:00 h hasta las 14:00 h la conductividad fue similar en ambas botellas; sin embargo, a partir de las 15:00 h, la botella clara aumentó hasta 580 $\mu\text{S}/\text{cm}$, valor que se mantuvo constante hasta las 09:00 h (figura 3b) y en la botella oscura se apreció un leve incremento. Finalmente, en relación con el déficit de oxígeno (DO), en la botella oscura fue alto $\text{DO} = 3,35$ en comparación con la botella clara $\text{DO} = 2,53$. El comportamiento de ambas botellas evidenció que hay poca producción de oxígeno y mayor consumo del mismo en la cuenca baja del río Cesar, lo que demuestra que en este sistema acuático se consume más oxígeno del que se produce. Por lo tanto, se determinó el metabolismo neto $-10\,732,23 \text{ O}_2/\text{m}^3\text{-h}$, metabolismo oscuro $-10\,731,41 \text{ O}_2/\text{m}^3\text{-h}$ y la producción primaria bruta de la comunidad acuática $-10\,736,9 \text{ O}_2/\text{m}^3\text{-h}$. El DO para esta época tuvo una tendencia a disminuir (valores negativos) y fluctuó con mayor intensidad entre las 17:00 h y 18:00 h, y menor intensidad entre las 23:00 h a las 01:00 h (figura 4).

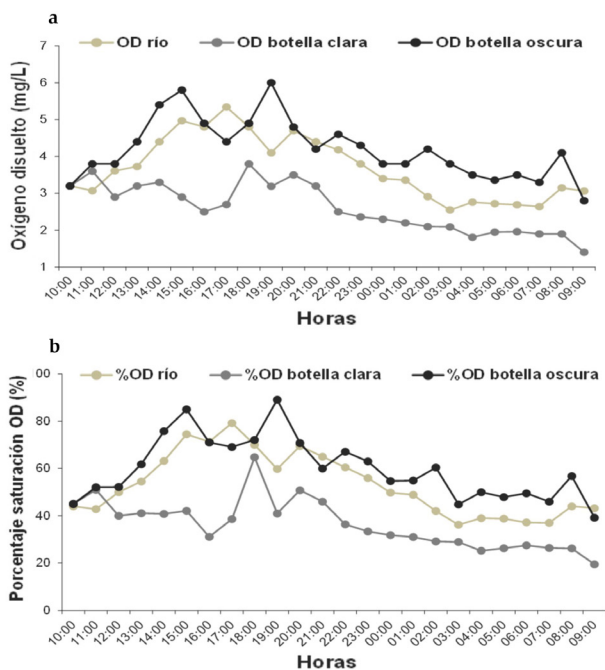


Figura 2. a. Tendencia del OD en la botella oscura y botella clara. b. Tendencia del % DO en las botellas claras y botellas oscuras, durante la curva diaria.

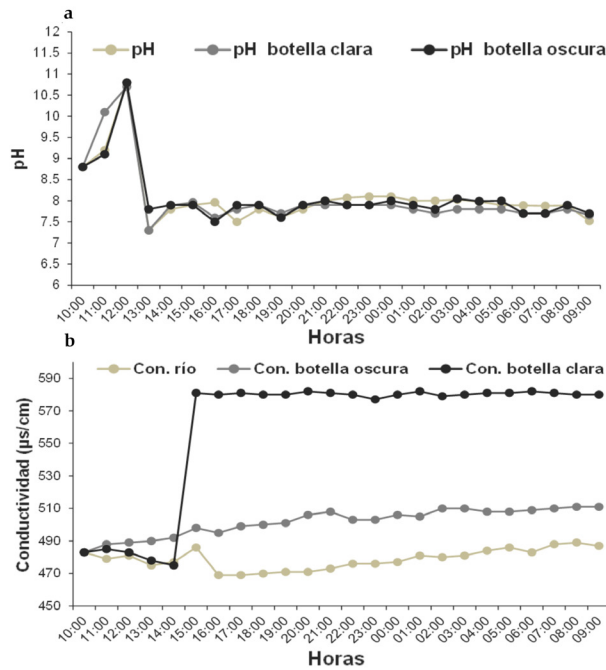


Figura 3. a. Tendencia del pH en las botellas oscuras y botellas claras. b. Tendencia de la conductividad en las botellas oscuras y botellas claras, durante la curva diaria.

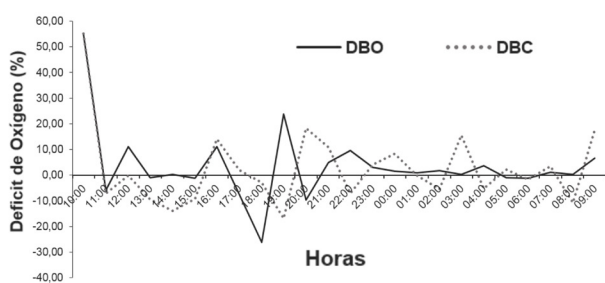


Figura 4. Déficit de oxígeno en la curva diaria de la cuenca baja del río Cesar (DBC = déficit de oxígeno día y DBO = déficit de oxígeno noche).

Discusión

Los valores de temperatura observados en la cuenca baja del río Cesar durante la época seca, indican el comportamiento térmico caracterizado por aguas cálidas con altas temperaturas correspondientes con la época de sequía y zonas con poca vegetación (arbustivas), limitando la sombra sobre el espejo de agua, lo que probablemente contribuye a la radiación directa del sol, y con esto al incremento de la temperatura en este tramo del río. Las concentraciones bajas de OD se atribuyeron a la zona baja del río, donde la temperatura es mayor con respecto a los otros tramos. Otras posibles fuentes que influyeron en los valores de oxígeno son la acumulación de materia orgánica, aumento de nutrientes, aguas residuales de las comunidades ribereñas y vertimientos procedentes de la ganadería, agricultura y zonas industriales (Roldán y Ramírez, 2008).

Estos vertimientos se acumulan con el tiempo en el fondo de las aguas contaminantes y, al llegar la sequía, son mezclados y resuspendidos de la columna de agua, aumentando las partículas en suspensión, sedimento, la turbidez y los SST (De la parra *et al.*, 2017). La cuenca baja del río Cesar es un ecosistema ligeramente básico, condición propia de un sistema tropical (Roldán y Ramírez, 2008). Se pudo observar una DBO_5 relacionada al máximo estrés hídrico.

Todas las características fisicoquímicas mencionadas anteriormente en este sistema lótico son soportadas y corroboradas en la teoría del río continuo (Vannote *et al.*, 1980), y en investigaciones relacionadas con la limnología Neotropical de Dodds (2007); Dodds y Cole (2007) y Roldán y Ramírez (2008), donde se manifiesta que cada tramo o sector del río tiene condiciones diferentes ya sea por cambios sucesionales o graduales de las comunidades y las variables ambientales. El caudal, al bajar los niveles de agua, disminuyó en comparación con reportes en

épocas de lluvia (Rivera y Donato, 2008) lo que favorece la acumulación de materia orgánica provenientes del área terrestre, incrementándose los nutrientes en el agua. Asimismo, las zonas secas del lecho del río, durante el período de sequía concentran la materia orgánica que contribuye al aumento del sedimento, que es arrastrado posteriormente cuando aumenta el caudal. Descripciones similares han sido observadas en otras cuencas de sistemas naturales tropicales (Rivera y Donato, 2008).

Los altos valores registrados de conductividad eléctrica posiblemente estén asociados a la resuspensión de materiales del fondo del agua, que a su vez entran a jugar un papel activo en la dinámica de nutrientes en el sistema. Otra posible explicación puede estar relacionada con factores como la geoquímica del terreno, la erosión del cauce, el arrastre de sedimentos por la entrada de caños o canales al sistema, la actividad agrícola y los vertimientos domésticos sin previo tratamiento, por presencia de algunas lluvias locales o sectorizadas (Fontalvo y Tamaris-Turizo, 2018).

La cuenca baja del río presentó un estado trófico relacionado con la materia orgánica, además de todas las variables antes discutidas y mencionadas. La cuenca baja es clasificada como eutrófica, lo que conlleva a un predominio de la producción y, además, junto con la Cl-a del fitoperifiton $8,05 \text{ mg/m}^3$ (tabla 3), se le suma un carácter mesotrófico, rango establecido por sistemas de calificación trófica (OECD, 1982).

El metabolismo en los ecosistemas acuáticos se refiere a procesos de producción, consumo y descomposición. Estos procesos ocurren de forma simultánea, balanceada y sincronizada (Oseguera *et al.*, 2015). Sin embargo, cuando el equilibrio es alterado dada a la contaminación por materia orgánica, procesos de descomposición y fotosíntesis son acelerados en el ciclo día-noche, causando un desbalance en la estabilidad del ecosistema y las comunidades que allí habitan (García-Alzate *et al.*, 2010; Oseguera *et al.*, 2015). Por ello, el estado trófico en estos sistemas acuáticos puede determinarse a partir de la actividad metabólica.

La cuenca baja del río Cesar se clasifica como un ecosistema eutrófico-heterotrófico, donde la respiración excede la producción, relación producción/respiración (P/R) < 1. Esto sugiere que la producción autóctona es completada por aportes de materia orgánica alóctona procedente de los ecosistemas terrestres, por tanto, se considera que la comunidad biótica depende de la materia orgánica que llega del lavado de la cuenca y de los materiales arrastrados por

escorrentía, además de las variables fisicoquímicas medidas durante la época, que corroboran el estado de eutrofización que presenta el cuerpo de agua. Es importante resaltar en esta investigación la sectorización del río, pues se presentan condiciones diferentes ya sea por cambios continuos de las comunidades o cambios fisicoquímicos, además de que estas condiciones se ven afectadas por variaciones climáticas y fenómenos ambientales que se observan en la actualidad (Dodds y Cole, 2007; Roldán y Ramírez, 2008).

Agradecimientos

Al programa de Maestría en Biología y Grupo de Investigación Biodiversidad del Caribe colombiano de la Universidad del Atlántico. A la Corporación Autónoma Regional del Cesar (CORPOCESAR) por la financiación de la investigación, convenio N° 19-7002-0-2013 del 2 de mayo del 2013 proyecto: Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico del Río Cesar. A la beca Apoyo Institucional de Maestría y Doctorado de la Universidad del Atlántico. A COLCIENCIAS, (Convocatoria No. 727 de 2015. Res. 513, julio de 2015). A Jenny Morales, Katy Retamoza y Renzy Medrano por su colaboración. A todos los habitantes de los municipios ribereños del río Cesar por sus conocimientos empíricos.

Referencias


- APHA. 2005. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, American Public Health Association, EE.UU.
- Bunn, S., Davies, P. y Mosisch, T. 1999. Ecosystem measures of river health and their response to riparian and catchment degradation. *Freshwater Biology* 4 (12): 333-345.
- De la parra, A., García-Alzate, C., Rodelo, K. y Gutiérrez, L. 2017. Fitoperifiton composition and structure of the middle and lower basin of the river Cesar, Cesar Department-Colombia. *MVZ Córdoba* 22(2): 5938-5950.
- Dodds, W. 2006. Eutrophication and trophic state rivers and streams. *Limnology Oceanography* 51: 671-680.
- Dodds, W. 2007. Trophic state, Eutrophication and nutrient criteria in streams. *Trends in Ecology and Evolution* 22 (12): 669-676.
- Doods, W. y Cole, J. 2007. Expanding the concept of trophic state in aquatic ecosystems: It's not just the autotrophs. *Aquatic Sciences* 69 (4): 427-439.
- Donato, J., Abuhatab, Y. y Sabater, S. 2014. Epilithic biofilm metabolism during the high water flow period in an Andean Neotropical stream. *Hydrobiologia* 728 (1): 41-50.
- Fontalvo, F. y Tamaris-Turizo, C. 2018. Calidad del agua de la parte baja del río Córdoba (Magdalena, Colombia), usando el ICA-NSF. *Intropica* 13(2): <http://dx.doi.org/10.21676/23897864.2510>.
- García-Álzate, C., Román-Valencia, C., Vanegas-Ríos, A., y Arcila-Mesa, D. 2007. Análisis fisicoquímico y biológico comparado en dos quebradas de alta montaña Neotropical. *Revista de Investigaciones Universidad del Quindío* 17: 57-80.
- García-Alzate, C., Román-Valencia, C., Lopera, D., González, M. y Simunovic, M. 2008. Physico-chemical and Biological variables of San José creek, Otun river drainage/upper Cauca, Colombia. *Revista de Investigaciones Universidad del Quindío* 18 (240): 38-48.
- García-Alzate, C., Román-Valencia, C., Taphorn, D. y González, M. 2010. Physicochemical and Biological Characterization of de Roble River, Upper Cauca, western Colombia. *Museo Argentino Ciencias Naturales* 12(1): 4-16.
- Gutiérrez, J. 2006. Caracterización del metabolismo y de la oferta de recursos de materia orgánica para la fauna de macroinvertebrados bentónicos en una quebrada de montaña de orden menor. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Hammer, Q., Harper, D.A. y Ryan, P.D. 2001. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Paleontología Electrónica* 4(1): 1-9.
- IDEAM, 2006. Aprovechamiento y protección integral del agua subterránea en los valles del río Cesar y valle del río Magdalena. Informe final del convenio 047 de 2004.
- Montoya, Y. y Aguirre, N. 2009. Estado del arte de la limnología de lagos de planos inundables (ciénagas) en Colombia. *Gestión y Ambiente* 12 (3): 85-106.
- Montoya, Y. y Aguirre, N. 2013. Estado del arte del conocimiento del fitoperifiton en Colombia. *Gestión y Ambiente* 16(3): 91-117.
- Mulholland, P., Fellows, C., Tank, J., Grimm, N., Webster, J., Hamilton, S., Marti, E., Ashkenas, L., Bowden, W., Doods, W., McDowell, W., Paul, M. y Peterson, B. 2001. Inter-biome comparison of factors controlling stream metabolism. *Freshwater Biology* 46 (11): 1503-1517.
- OECD (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico). 1982. Eutrophication of Waters. Monitoring, Assessment and Control. Cooperative Programmers on Monitoring of Inland Waters (Eutrophication Control), Environment Directorate, OECD Paris, Final Report. France.

- Oseguera, L., Alcocer, J., Quintero, V. y Einye, Y. 2015. Metabolismo lacustre de un lago tropical profundo: ¿fuente o sumidero de carbono?. *Hidrobiológica* 25(3): 391-399.
- Roldán, G. y Ramírez, J. 2008. *Fundamentos de Limnología Neotropical*. Segunda Edición. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín.
- Ramírez, A. 2001. Algas del perifiton, productividad y materia orgánica de un río de alta montaña tropical. Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
- Vannote, R., Minshall, G., Cummins, K., Sedell, J. y Cushing, C. 1980. The River Continuum Concept. *Canadian journal of fisheries and aquatic sciences* 37(1): 130-137.
- Rivera, C. y Donato, J. 2008. Influencia de las variaciones hidrológicas y químicas sobre la diversidad de diatomeas bénticas. Donato, J. Editor. *Ecología de un río de montaña de los Andes Colombianos* (Río Tota, Boyacá). Colombia.
- Wetzel, R. y Likens, G. 2000. *Limnological analyses*, 3 Ed Editorial Springer-Verlag New York.

Citar como: De la parra, A. y García-Alzate, C. 2019. Metabolismo de un tramo en la cuenca baja del río Cesar, departamento del Cesar, en una época de sequía, Colombia. *Intropica* 14(1): 16-23. DOI: <http://dx.doi.org/10.21676/23897864.2719>.

Efecto del nivel del agua sobre la dinámica trófica en un lago de inundación

Effect of water level on trophic dynamics in a flood plane lake

Manuel Tamara, Alcides Sampedro  y Pedro Caraballo *

* Autor de correspondencia: pedro.caraballo@unisucra.edu.co

Recibido: 30 octubre de 2018

Aceptado: 02 de abril de 2019

Universidad de Sucre, Sucre, Colombia

Resumen

Palabras clave:
redes tróficas; limnología;
detritus; ciénagas

Con el objetivo de definir las interacciones tróficas en el complejo cenagoso de Caimito (municipio de Caimito, departamento de Sucre, 8°47'42,29"N- 75°06'48,59"O) y entre este y los ecosistemas adyacentes, se estudiaron las comunidades biológicas presentes. Se utilizó la información obtenida en estudios previos, dos en períodos de aguas altas y uno en período de aguas bajas, en cada uno de ellos, se estudió la riqueza biótica del cuerpo de agua y el ambiente aledaño, los grupos bióticos estudiados fueron: aves, macrófitas acuáticas, macroinvertebrados acuáticos, peces, zooplancton y reptiles. Se hizo una lista de las especies y de grupos taxonómicos hallados y se establecieron trofoespecies, con las que se realizó una matriz binaria de datos, que sirvió de base para construir la red trófica. Se evidenció el papel importante del detritus, como una fuente de energía en este tipo de ecosistemas. Los grupos más representativos fueron los peces omnívoros y el conjunto de macroinvertebrados acuáticos, cuyo amplio espectro trófico y mecanismos de obtención del alimento, los convierte en grupos vitales en el aprovechamiento de materia y energía y transporte a los niveles tróficos superiores. Las redes tróficas que representan los períodos de sequía e inundación son funcional y estructuralmente diferentes. En el período de sequía, la comunidad es dependiente del detritus y en la inundación participan los productores primarios.

Abstract

Key words:
food webs; limnology;
detritus; plan lakes

Biological communities were studied in order to define the trophic interactions in the Caimito swamp complex (municipality of Caimito, department of Sucre, 8°47'42.29"N-75°06'48.59"O), and between this swamp complex and adjacent ecosystems. Information obtained in previous studies was used, one of them carried out in the high water period and another one in the low water period, as well as a sampling done by the authors during the high water period. In each of them, the biotic richness of the body of water and the surrounding environment was studied: the biotic groups were: birds, aquatic macrophytes, aquatic macro invertebrates, fish, zooplankton and reptiles. A list was made of the species and taxonomic groups found, and trophic species were established, which served as the basis for the construction of the food web. The important role of detritus as a source of energy was evidenced in this ecosystem. Most representative groups were the omnivorous fish and the aquatic macro invertebrates. Their broad trophic spectrum and mechanisms for obtaining food make them vital groups in terms of the use of matter and energy, and transport to higher trophic levels. The food webs that represent the periods of drought and flood are functionally and structurally different. In the drought period, the community depends on detritus, and primary producers participate during.

Introducción

Los lagos de inundación, localmente conocidos como ciénagas, son cuerpos de agua asociados directa o indirectamente con un río, y su dinámica biológica e hidráulica depende del pulso anual de inundación del río (Junk *et al.*, 1989). Esta conexión genera en los lagos de inundación cuatro períodos limnológicos diferentes entre sí (seca, inundación, llena y bajante) descritos con detalle por Rai y Hill (1984). Estos períodos, son eventos de gran magnitud en los que incluso la contribución relativa de materia orgánica autóctona y alóctona puede cambiar (Caraballo *et al.*, 2012; 2014). Esta variabilidad ambiental, ocasionada por el pulso de inundación produce variaciones, entre otras, en las dinámicas poblacionales (Bayley *et al.*, 2018) y en los procesos reproductivos (Callil *et al.*, 2018). Por ejemplo, en la ciénaga de Ayapel, asociada al río San Jorge al igual que la de Caimito, la dinámica hidrológica y la conectividad al río (Ochoa-Orrego *et al.*, 2015), determinan el ingreso o salida de peces y les provee de zonas seguras de desove y desarrollo. En general es de esperarse que la interrelación entre la estructura de la comunidad ecológica, la estabilidad y los procesos que ocurren dentro del ecosistema que constituyen la base de las relaciones tróficas, también cambien en esos períodos.

De acuerdo con Schindler y Scheuerell (2002), existe un vacío acerca de las causas y consecuencias del acoplamiento ecológico entre los hábitats pelágicos, bentónicos y ribereños. Este vacío puede ser abordado mediante el análisis de las relaciones tróficas, definidas por los recursos alimenticios y la depredación, que son algunos de los factores limitantes del crecimiento poblacional de cualquier especie por efecto del control ascendente y descendente (Lynam *et al.*, 2017). Así, las interacciones tróficas son componentes esenciales para entender la dinámica de las comunidades y, consecuentemente los modelos emergentes de coexistencia y diversidad en los ecosistemas (Giacomini y Petrere, 2010).

Se trata de la forma más elemental y efectiva de visualizar una comunidad, ya que las interacciones alimenticias permiten mapear el flujo de materiales y nutrientes, identificando las relaciones tróficas importantes a fin de definir una estructura que pueda ser comparada con otros ecosistemas (Jepsen y Winemiller, 2002; Vanni, 2002), porque son representaciones gráficas de las relaciones que existen entre predadores y presas de una comunidad.

Entre los recursos alimenticios de un ecosistema, los productores primarios ocupan un lugar muy importante. En general, para los lagos de inundación se han definido cuatro grandes grupos de productores primarios: las macrófitas acuáticas, la floresta inundable, el fitoplancton y el perifiton (Araujo-Lima *et al.*, 1986); a partir de los cuales se genera gran parte del carbono que sustenta la producción pesquera. A lo anterior se agrega el detritus, que se incluye como una trofoespecie especial por su aporte energético (Pimm *et al.*, 1991), su influencia en la composición de la red alimentaria y dinámica, aumentando la estabilidad y la persistencia del sistema, y los efectos sustanciales que tiene sobre la estructura trófica y la diversidad (Moore *et al.*, 2004).

El análisis de las redes tróficas se desarrolla con base en el número de especies (o trofoespecies), la densidad de uniones, que expresa la estabilidad de la red (Dunne *et al.*, 2002) y la conectancia, que define la proporción de conexiones existentes, en función del número total de conexiones posibles (Pimm *et al.*, 1991). Por su parte, Bersier *et al.* (2002) proponen un análisis cuantitativo, relacionado con el grado de centralidad el cual se refiere al número de contactos directos que tiene una especie en la red, divididos en grados de entrada y grados de salida que dependen de la dirección del flujo.

Otro tipo de análisis que puede hacerse es simular diversas situaciones o escenarios que alteren la disposición y el número de trofoespecies en la red, lo que permite explorar lo que pasaría en un determinado ecosistema ante distintos escenarios ambientales. Por ello se planteó como objetivo comparar las estructuras tróficas de la Ciénaga de Caimito en épocas de aguas altas y bajas, considerando la enorme fluctuación que se presenta entre estos períodos limnológicos contrastantes.

Materiales y métodos

Área de estudio

El municipio de Caimito se encuentra ubicado al sur del departamento de Sucre, Colombia (figura 1). Presenta dos períodos climáticos marcados: pluviosidad alta, que va desde abril hasta diciembre, y pluviosidad baja, que comprende los meses de diciembre a abril. La temperatura promedio de la región es de 28 °C (www.clima.com). Este territorio se halla en la cuenca del río San Jorge, y su casco urbano limita con un complejo cenagoso conformado por tres ciénagas: Zarzal, Hoja Ancha y la Ciénaga de Caimito (IGAC, 1991) (figura 1).



Figura 1. Ubicación geográfica de Caimito y del complejo cenagoso de Caimito. (Imagen tomada y modificada de: Google Earth).

Fase de campo

Se realizaron dos recorridos de dos días: uno en período de aguas bajas, en octubre de 2014 y uno en aguas altas, en abril de 2015. En ambos se enlistaron distintos grupos de organismos que habitan la Ciénaga de Caimito: aves, zooplancton, peces, macroinvertebrados acuáticos, reptiles, macrófitas acuáticas, vegetación ribereña y adyacente. En un segundo momento, se hizo uso de información secundaria para complementar los datos obtenidos. Con ello se consiguió añadir los mamíferos voladores y no voladores al inventario previamente establecido, así como saber el hábito alimenticio de cada taxón. Para ello se recurrió a los trabajos de Lamadrid y Paternina (2003),

Geney y Benedetti (2003) y Durán y Canchila-Pérez (2015). Para la definición de las trofoespecies, se hicieron las agrupaciones basadas en la similitud de presas y depredadores dentro del ecosistema (Pimm *et al.*, 1991), por lo que se le otorgó más relevancia a la función dentro del ecosistema de un determinado organismo que a su posición taxonómica. Los datos de los dos muestreos se unieron para obtener la mejor visión posible de los grupos tróficos presentes en la ciénaga.

Después de definir el grupo de trofoespecies, se realizó una matriz binaria de datos (1: relación trófica, 0: no relación), la cual fue ingresada en el software Gephi 0.9.1 donde se generó la red trófica gráfica. En ella se evidenciaron de forma más clara, las interacciones entre los organismos. Luego se analizó la red construida en términos de su topología, conectancia y densidad de uniones (Pimm *et al.*, 1991; Dunne, 2009), así como descriptores cuantitativos propuestos por Bersier *et al.* (2002).

Por último, se hicieron simulaciones en el software Gephi 0.9.1 de diferentes escenarios posibles donde se recrearon el pulso de inundación del río y la desaparición de distintos grupos de productores (desde el período de inundación, donde se contó con la totalidad de las trofoespecies definidas). Luego se llevó a cabo, la primera simulación en descenso de aguas, que ocasiona la desconexión del cuerpo de agua con los cultivos y vegetación ribereña establecidos a su alrededor y en la zona de transición acuático terrestre (ATTZ, por sus siglas en inglés) y demás plantas terrestres ubicadas en las cercanías, la salida de las macrófitas flotantes del río y de las macrófitas enraizadas a la ATTZ por la pérdida de agua de la ciénaga. La ausencia de macrófitas conllevaría a la escasez del perifiton, por lo que, en la segunda simulación, este fue retirado de la red. En la tercera se eliminó el fitoplancton, debido a que la transparencia disminuye (Hernández-Atilano *et al.*, 2008) y con ello, la incidencia de luz, dejando solamente al detritus como fuente primaria de energía en el ecosistema. Al final se analizaron y compararon los descriptores ya mencionados.

Resultados

En período de aguas altas, los hábitos alimenticios fueron distribuidos en distintos niveles tróficos, entre los que se hallaron: productores (detritus, perifiton, fitoplancton, macrófitas acuáticas, vegetación riparia, cultivos, árboles frutales y de fruto seco), detritívoros (macroinvertebrados acuáticos raspadores, colectores-raspadores, raspadores y trituradores como Chironomidae), filtradores (peces

filtradores), herbívoros (peces herbívoros, aves herbívoras, reptiles herbívoros e insectos herbívoros), carnívoros (aves y reptiles carnívoros, zooplancton carnívoro), granívoros (aves granívoras), piscívoros (peces piscívoros, aves piscívoras, murciélagos piscívoros, mamíferos piscívoros,

reptiles piscívoros), insectívoros (peces insectívoros, aves insectívoras y reptiles insectívoros), omnívoros (peces omnívoros, aves omnívoras, mamíferos omnívoros, reptiles omnívoros *Macrobrachium* sp.) y nectarívoros (insectos polinizadores) (figura 2).

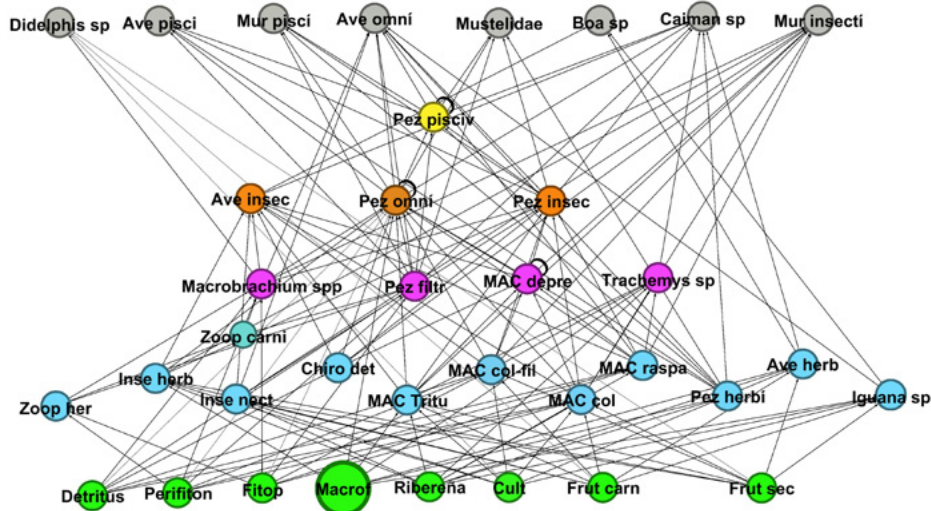


Figura 2: Red trófica de la Ciénaga de Caimito en periodo de aguas altas con todas las fuentes de producción primaria disponibles para el sistema.

Se conformaron 14 categorías tróficas, distribuidas en 36 trofoespecies, 166 conexiones nueve niveles tróficos, máximo densidad de uniones de 4,6 y conectancia interespecifica de 0,12. Las trofoespecies y sus proporciones se distribuyeron de la siguiente

manera: ocho son de tope, lo que equivale al 22,2 %, 20 intermedias (55,5 %) y ocho basales, que serían el 22,2 % de los nodos. Las mediciones de estos parámetros y de los índices cuantitativos producto de las simulaciones se encuentran en la tabla 1.

Tabla 1. Parámetros medidos en las simulaciones hechas para observar el efecto de condiciones ambientales adversas sobre la red.

	Trofoespecies	Conexiones	Densidad	Conectancia
Aguas altas	36	166	4,6	0,12
Salida de aguas	25	97	3,8	0,15
Sequía	23	82	3,5	0,15
Extrema sequía	20	72	3,6	0,18

En período de aguas altas, resaltan los peces omnívoros, debido a que tienen 10 conexiones de entrada (presas) y 6 de salida (predadores). También se observa que los macroinvertebrados acuáticos transportan gran cantidad de materia y energía hacia los niveles tróficos superiores, sumando el conjunto de interacciones de estos grupos y no por individual.

En la primera simulación (figura 3), donde se propone la ausencia de las macrófitas acuáticas y la separación de la ciénaga del medio terrestre, se observó que desaparecieron 15 trofoespecies, el valor de la densidad de uniones disminuyó y la conectancia aumentó. Los organismos filtradores, detritívoros colectores y raspadores se convirtieron en los únicos encargados de ser los puentes entre el nivel trófico basal y los superiores.

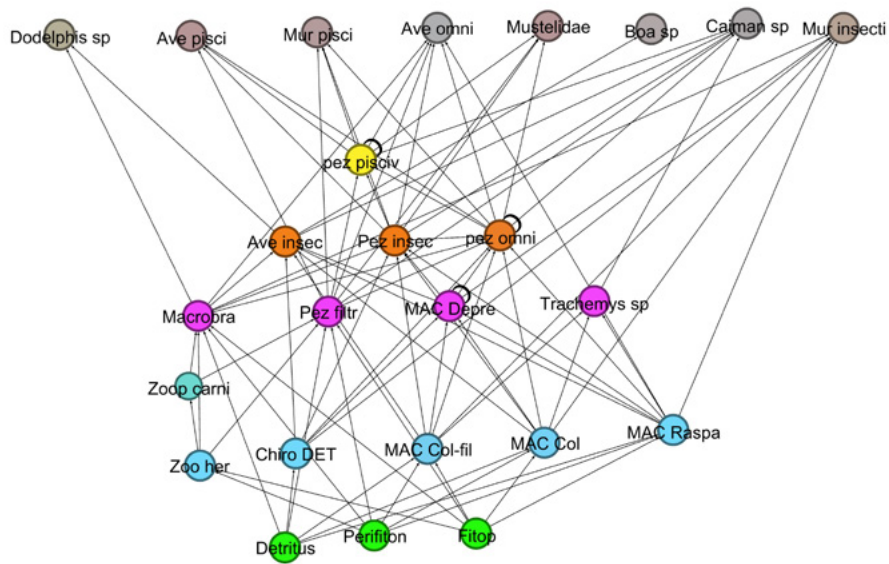


Figura 3. Red trófica de la Ciénaga de Caimito, al inicio de la sequía, sin las macrófitas acuáticas, vegetación riparia y árboles maderables.

En el segundo supuesto (figura 4), la falta del perifiton conlleva a un efecto de extinción en cascada mínimo, en el que desaparece solo una trofoespecie. Sin embargo, la densidad de uniones se mantuvo a la baja, pero la conectancia se mantuvo casi en el mismo valor que en el supuesto anterior. En la última situación simulada (figura 5), siendo el detritus

la única fuente de producción primaria, el número de niveles tróficos disminuyó a ocho, los peces filtradores se convirtieron en los principales transportadores de nutrientes, debido a que presentaron siete depredadores dentro de la red, y la densidad de uniones se comportó distinto a las simulaciones anteriores, subiendo levemente, igual que la conectancia.

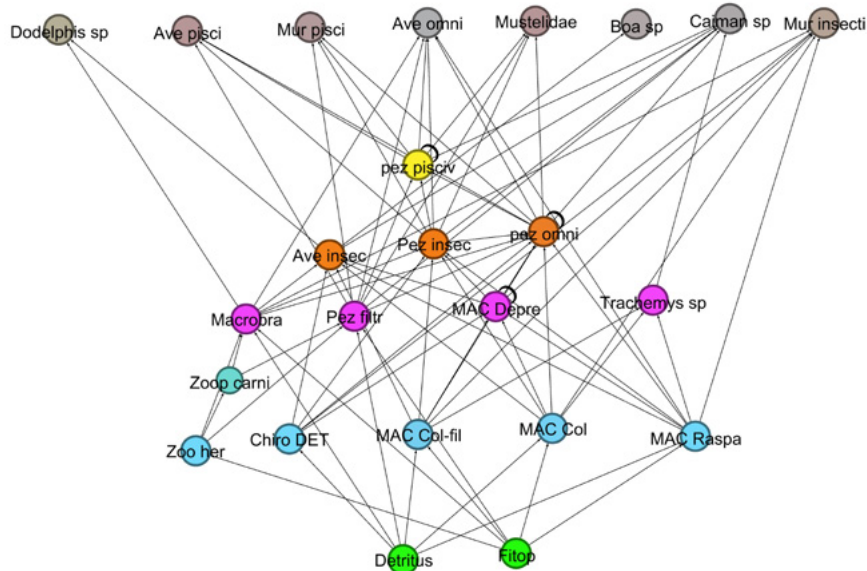


Figura 4. Red trófica de la Ciénaga de Caimito en condición de aguas bajas, sólo con el fitoplancton y el detritus como fuentes de energía y los efectos que esto provoca sobre la red.

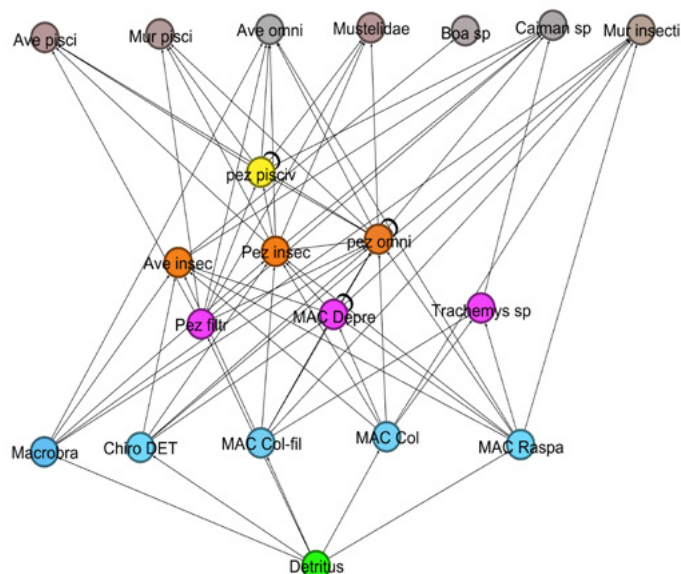


Figura 5. Red trófica de la Ciénaga de Caimito, en las condiciones ambientales de sequía extrema, baja profundidad y mucha turbidez. La red se hace totalmente dependiente del detritus y la fragilidad de las conexiones aparece mayor.

Discusión

Un modo de hacer una comparación clara referente a la estabilidad de una red trófica respecto a otras, es mediante el uso de parámetros y descriptores topológicos. Otra, es analizándolas funcionalmente e identificando uno o varios grupos de importancia en el funcionamiento de la misma, teniendo siempre en cuenta la influencia del nivel del agua de la ciénaga, definida fuertemente por el pulso de inundación (Junk *et al.*, 1989).

El número de trofoespecies definidas en una red trófica, está ligado al nivel de resolución en la agrupación de organismos decidido por el investigador. En este estudio se establecieron 39 trofoespecies, número que contrasta con un estudio enfocado en las relaciones entre peces y macroinvertebrados (López van Oosterom *et al.*, 2013), donde se definieron 23 trofoespecies, lo que sugiere que el número de grupos definidos podría estar influenciado también por los taxones específicos con los que se decida trabajar (Andramunio-Acero y Caraballo, 2012).

Las proporciones entre trofoespecies basales, intermedias y de tope en la red trófica en periodo de aguas altas, es congruente con la descripción de Bersier *et al.* (2002), quienes indicaron que generalmente, la suma de las proporciones entre presas y consumidores (N:P) se agrupan en valor cercano a uno. En

este caso fue igual a uno, patrón que parece ser inevitable en las redes grandes (Closs *et al.*, 1993) con mayor proporción de trofoespecies intermedias (Martínez y Lawton, 1995). En la práctica, este valor sugiere que todas las trofoespecies productoras tienen la misma cantidad de presas que los consumidores. Esta proporción también es descrita como constante en las redes tróficas, indistintamente del número de trofoespecies y del hábitat (Pimm, 2002), y es importante en el flujo de energía, ya que se relaciona con una elevada redundancia funcional, por lo que, en caso de pérdida de algunos nodos, el flujo de materia y energía hacia los niveles superiores de la red, está asegurado (Covich *et al.*, 1999), tal como se observó en las simulaciones.

En período de aguas altas (figura 2 y tabla 1), el valor de la densidad de uniones de 4,6 indica que, en promedio, las trofoespecies están relacionadas con 4,6 trofoespecies, distribuidas igualmente entre presas y depredadores (Bersier *et al.*, 2002); sin embargo, otros autores han hallado que la proporción de presas es mayor a la proporción de depredadores de una trofoespecie (Lindeman, 1942; Odum, 1971; Menzie, 1980), como se observó en este estudio. Esta característica puede ser importante en la dinámica trófica del ecosistema debido a la pérdida de materia y energía de un nivel a otro, por lo que tener el mismo número de relaciones de presa-depredador podría acarrear un flujo menos eficiente y una red más corta y menos estable.

La densidad de uniones disminuyó progresivamente mientras se retiraban trofoespecies de la red, pasando de 4,6 en inundaciones a 3,6 en la sequía (tabla 1), esto puede deberse a que los grupos retirados contribuyeron ampliamente en la producción de energía en la comunidad, y su ausencia produce a una disminución en la interrelación de los grupos tróficos. El valor de 0,12 en la conectancia, en el período de inundación, sugiere estabilidad en la red (Dunne, 2009), distinto a lo que se va observando en las simulaciones (tabla 1), donde llega a 0,18 y la hace inestable. Estos valores contrastaron con el de otros estudios, debido a que es común que al aumentar el número de trofoespecies, disminuya el valor de la conectividad. Por otro lado, Pimm *et al.* (1991) sugieren que incluir al detritus como trofoespecie funcional, ocasionará un aumento de la conectividad. Esto es más evidente cuando, como en este estudio, se incluyen las relaciones tróficas con organismos externos al cuerpo de agua. Además, la naturaleza de las trofoespecies, así como su alto o bajo grado de relaciones alimenticias, puede jugar un papel importante a la hora de estimar estos parámetros.

El porcentaje de omnívora encontrado fue de 53,5 % de nodos consumidores, lo que puede ser una respuesta de los organismos a las condiciones fluctuantes de sus hábitats (Jepsen y Winemiller, 2002). Uno de los grupos más representativos son los peces omnívoros y los macroinvertebrados acuáticos, cuyo amplio espectro alimenticio y modos de obtención de alimento, los lleva a consumir organismos en todos los niveles tróficos inferiores a los suyos (Andramunio-Acero y Caraballo, 2012; Atencia- Gandra *et al.*, 2017). Esta cualidad hace que los pasos entre un nivel trófico y otro, sean menores a los que serían si el transporte de materia y energía se diera pasando por todos los niveles de la red, lo que en última instancia significaría un transporte más eficiente de recursos que se perderían por la llamada "espina de Lindeman" (Lindeman, 1942).

El detritus, resalta su importancia en período de sequía, debido a que en lagos de inundación puede tener fuertes influencias en la estructura y dinámica de la red (Polis *et al.*, 1997), suministrando energía que puede sostener mayores densidades de consumidores de lo que se mantendría si estos consumidores se alimentaran exclusivamente con energía producida por el fitoplancton. De este modo los detritívoros se mantienen en la red mediante el consumo de detritus de origen alóctono y autóctono (Schaus y Vanni, 2000; Vanni, 2002).

Las redes alimenticias varían en la medida en que el detritus se deriva de fuentes alóctonas o autóctonas y la forma particular en que se producen. Para integrar el detritus en la comprensión de los factores que impulsan la función y la diversidad de organismos, poblaciones y ecosistemas, se deben reconocer los vínculos íntimos entre detritus y otros componentes de los sistemas vivos, así como la heterogeneidad y ontogenia de los recursos detritícos (Moore *et al.*, 2004).

Para este estudio, se consideran al conjunto de macroinvertebrados acuáticos y a los peces omnívoros, como trofoespecies clave. Esta postura es nueva respecto a la tendencia de siempre nombrar un solo grupo, por lo que esta posición deberá ser evaluada a futuro con estudios dirigidos al flujo específico de energía de dichas trofoespecies y cuantificar su importancia dentro del sistema. El número de trofoespecies tope encontradas y persistentes a lo largo de los periodos hidrológicos simulados, indican que el ecosistema exporta gran cantidad de energía, lo que es coherente con la dinámica expresada por el pulso de inundación.

La vegetación ribereña, las aves acuáticas, los insectos emergentes, entre otros, sirven como rutas bidireccionales de materia y energía entre los ecosistemas acuático y terrestre. La reducción del tamaño de la ciénaga, hace que aumente la intensidad y frecuencia de las interacciones tróficas, fenómeno que quedó evidenciado al mostrar el aumento de la conectancia, luego de haber realizado las simulaciones.

Referencias

- Andramunio-Acero, C. P. y Caraballo, P. 2012. Análisis de las relaciones tróficas en un lago de inundación de la Amazonia colombiana. *Revista Colombiana de Ciencia Animal-RECIA* 4(1): 102-120.
- Araujo-Lima, C., Forsberg, B., Victoria, R. y Martinelli, L. 1986. Energy sources for detritivorous fishes in the Amazon. *Science* 234(4781): 1256-1258.
- Atencia Gándara, P., Conde, Ó. y Solano, L. 2017. Uso de recursos biológicos por *Elachistocleis pearsei* (Ruthven, 1914) (Anura: Microhylidae) en un ecosistema léntico del departamento de Sucre, Colombia. *Acta zoológica mexicana* 33(1): 130-132.
- Bayley, P., Castello, L., Batista, V. y Fabré, N. 2018. Response of *Prochilodus nigricans* to flood pulse variation in the central Amazon. *Royal Society Open Science* 5(6): 1-15.

- Bersier, L.F., Banašek-Richter, C. y Cattin, M.F. 2002. Quantitative descriptors of food-web matrices. *Ecology* 83(9): 2394-2407.
- Callil, C., Leite, M., Mateus, L. y Jones, J. 2018. Influence of the flood pulse on reproduction and growth of *Anodontites trapesialis* (Lamarck, 1819) (Bivalvia: Mycetopodidae) in the Pantanal wetland, Brazil. *Hydrobiologia* 810(1): 433-448.
- Caraballo, P., Fosberg, B. y Leite, R. 2012. Papel trófico del *microbial loop* en un lago de inundación en la Amazonía Central. *Acta Biológica Colombiana* 17(1): 103-116.
- Caraballo, P., Forsberg, B. y Leite, R. 2014. Seasonal variation in the distribution and isotopic composition of phytoplankton in an Amazon floodplain lake, Brazil. *Acta Biológica Colombiana* 19(2): 291-304.
- Closs, G., Watterson, G.A. y Donnelly, P.J. 1993. Constant Predator-Prey Ratios: An Arithmetical Artifact?. *Ecology* 74(1): 238-243.
- Covich, A, Palmer, M. y Crowl T. 1999. The role of benthic invertebrate species in freshwater ecosystems: zoobenthic species influence energy flows and nutrient cycling. *BioScience* 49(2): 119-127.
- Dunne, J, Williams, R., y Martínez, N. 2002. Food-web structure and network theory: the role of connectance and size. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 99(20): 12917-12922.
- Dunne, J. 2009. Food webs. En: Meyers, R.A., Editor. *Encyclopedia of complexity and systems science*. Springer, Nueva York.
- Durán, A., y Canchila-Pérez, S. 2015. Ensamblaje de murciélagos (Mammalia: Chiroptera) en dos zonas del departamento de Sucre, Colombia. *Acta zoológica mexicana* (31)3: 358-36.
- Geney, G. y Benedetti, C. 2003. Análisis de la extracción pesquera artesanal en el complejo cenagoso del municipio de Caimito (Sucre) durante la época de aguas altas. Trabajo de pregrado, Universidad de Sucre, Sucre, Colombia.
- Giacomini, H. y Petrere, M. 2010. A estrutura de teias tróficas. *Boletim da Sociedade Brasileira de Limnologia* 38(1): 1-33.
- Hernández-Atilano, E., Aguirre, N., Palacio, J. y Ramírez, J. 2008. Variación espacio temporal de la asociación fitoplanctónica en diferentes momentos del pulso hidrológico en la ciénaga de Ayapel (Córdoba), Colombia. *Actualidades Biológicas* 30(88): 67-81.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). 1991. *Carta Catastral*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Jepsen, D.B. y Winemiller, K.O. 2002. Structure of tropical river food webs revealed by stable isotope ratios. *Oikos* 96: 46-55.
- Junk, W., Bayley, P.B. y Sparks, R.E. 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems. En: Dodge, D.P., Editor. *Proceedings of the International Large River Symposium (LARS)*. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences, Ottawa - Ontario.
- Lamadrid, P. y Paternina, A. 2003. Macroinvertebrados bentónicos y su relación con el “pulso” de inundación del río San Jorge en el complejo lagunar de Caimito (Sucre). Trabajo de pregrado, Universidad del Atlántico, Atlántico.
- Lindeman, R. 1942. The trophic-dynamic aspect of *ecology*. *Ecology* 23(4): 399-417.
- López van Oosterom, M.V, Ocón, C.S, Brancolini, F., Maroñas, M.E, Sendra E. D, Rodríguez Capítulo, A. 2013. Trophic relationships between macroinvertebrates and fish in a pampean lowland stream (Argentina). *Iheringia. Série Zoologia* 103(1): 57-65.
- Lynam, C., Llope, M., Möllmann, C., Helauouët, P., Bayliss-Brown, G. y Stenseth, N. 2017. Interaction between top-down and bottom-up control in marine food webs. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114(8): 1952-1957.
- Martínez, N., y Lawton, J. 1995. Scale and food-web structure - from local to global. *Oikos* 73(2): 148-154.
- Menzie, C.A. 1980. Potential significance of insects in the removal of contaminants from aquatic systems. *Water, Air, and Soil Pollution* 13(4): 473-479.
- Moore, J., Berlow, E., Coleman, D., Ruitter, P. y Dong, Q., Hastings, A. y Nadelhoffer, K. 2004. Detritus, trophic dynamics and biodiversity. *Ecology letters* 7(7): 584-600.
- Ochoa-Orrego, L., Jiménez, L. y Palacio, J. 2015. Ictioplancton en la ciénaga de Ayapel, río San Jorge (Colombia): cambios espacio-tempo. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural* 19(1): 103-114.
- Odum, E. 1971 *Fundamentals of ecology*. Saunders, Philadelphia, Pennsylvania.

- Pimm, S. 2002. *Food Webs*. The University of Chicago Press, Londres.
- Pimm, S., Lawton, J. y Cohen, J. 1991. Food web patterns and their consequences. *Nature* 350: 669-674.
- Polis, G., Anderson, W. y Holt, R. 1997. Towards an integration of landscape and food web ecology: the dynamics of spatially subsidized food webs. *Ecology System* 28: 289-316.
- Rai, H. y Hill, G. 1984. *Primary production in the Amazonian aquatic ecosystem*. In *The Amazon*, Springer, Dordrecht.
- Schaus, M. y Vanni, M. 2000. Effects of gizzard shad on phytoplankton and nutrient dynamics: Role of sediment feeding and fish size. *Ecology* 81: 1701-1719.
- Schindler, D.E. y Scheuerell, M.D. 2002. Habitat coupling in lake ecosystems. *Oikos* 98(2): 177-189.
- Vanni, M. 2002. Nutrient cycling by animals in freshwater ecosystems. *Ecology System* 33: 341-370

Citar como: Tamara, M., Sampedro, A. y Caraballo, P. 2019. Efecto del nivel del agua sobre la dinámica trófica en un lago de inundación. *Intropica* 14(1): 24-32. DOI: <http://dx.doi.org/10.21676/23897864.2871>

Estrategias de educación ambiental para promover la conservación del pato de torrente *Merganeta armatta colombiana* en dos instituciones educativas rurales del municipio de Salento, Quindío, Colombia

Environmental education strategies to promote the conservation of torrente duck *Merganeta armatta colombiana* in two rural educational institutions of the municipality of Salento, Quindío, Colombia

Juan Ernesto López-Londoño¹ y Álvaro Botero-Botero*¹

*Autor de correspondencia: abotero@uniquindio.edu.co

Recibido: 30 octubre de 2018

Aceptado: 02 de abril de 2019

Grupo de investigación Biodiversidad y Educación Ambiental - BIOEDUQ Universidad del Quindío, Armenia, Colombia

Resumen

Palabras clave:
alto Cauca; educación ambiental;
educación básica; educación
para el desarrollo sostenible;
enseñanza de las ciencias

El pato de torrente (*Merganetta armata*) se encuentra distribuido en la región Andina en todo el continente suramericano. Esta especie presenta requerimiento específico de hábitat, como aguas libres de contaminación, vegetación ribereña abundante y baja presencia de humanos, lo que lo hace altamente vulnerable a los impactos antrópicos. Esto hace que las comunidades ribereñas cumplan un papel importante en la conservación de la especie y de los ecosistemas ribereños. Por ello, se diseñó e implementó una estrategia de educación ambiental para promover la conservación del pato de torrente *M. armata colombiana* en dos sedes rurales de la Institución Educativa Boquía, en el municipio de Salento (Quindío). Se trabajó con niños y niñas hijos de campesinos de las veredas Cocora y Palo Grande, donde se realizó un diagnóstico previo sobre los conocimientos básicos de los niños acerca de la especie. Se encontró que, en general, los niños desconocían el pato de torrente y solo estaban familiarizados con el estereotipo de los patos asociados a lagos. A partir de dicho diagnóstico, se diseñó una cartilla base de trabajo sobre diversos aspectos de la ecología, la biología y la conservación del pato de torrente, la cual acompañó la realización de cuatro jornadas en cada centro educativo. Asociado a esto, se implementaron como refuerzos educativos carteleras, infografías y pato-desafíos (juegos). Al evaluar la estrategia, se concluyó que los niños reconocieron la especie, su ecología y sus amenazas. Solo se presentó dificultad en la comprensión de la dieta de la especie.

Abstract

Key words:
upper Cauca; environmental
education; basic education;
education for sustainable
development; science education

The torrent duck (*Merganetta armata*), inhabit the Andes, in South America. This species needs specific habitat requirements such as pollution-free water, abundant riverine vegetation and low human presence, making torrent duck highly vulnerable to anthropic impacts. This causes riparian communities to play an important role in the conservation of species and ecosystems. Therefore, an environmental education strategy was designed and implemented to promote the conservation of torrent duck in two (2) rural facilities of the *Institución Educativa Boquía*, in the municipality of Salento (Quindío). The work was developed with children of peasants from the villages of Cócora and Palo Grande, where a preliminary diagnosis was made on the basic knowledge of the children about the species, finding that most of the children were unaware of the duck and they were only familiar with the stereotype of ducks associated with lakes. Based on this diagnosis, a work primer was designed on various aspects of the ecology, biology and conservation of the duck. This primer supported the realization of four workdays in each educational center. In addition, billboards, infographics and duck challenges (games) were implemented as educational reinforcements. When evaluating the strategy, it was concluded that the children recognized the species, its ecology and its threats but they had difficulty in understanding the diet of the species.

Introducción

Los patos, los gansos y los cisnes pertenecen a la familia Anatidae y son aves que se encuentran en ambientes fluviales. Sólo cinco de estas especies en sistemas acuáticos lóticos (ríos y quebradas); las demás se encuentran en ecosistemas lénticos (Madge y Burn, 1988). El pato de torrente *Merganetta armata* se distribuye en Suramérica, y dentro de esta zona es clasificado en las siguientes subespecies: *M. armata colombiana*, en Venezuela, Colombia y norte de Ecuador; *M. armata leucogenis*, en Ecuador y Perú; *M. armata turneri*, en Perú; *M. armata garleppi*, en Bolivia; *M. armata fraenata*, en Chile; *M. armata armata*, en Argentina y Chile, y *M. armata berlepschi*, en Argentina (Fjeldsá y Krabbe, 1990; Carboneras, 1992).

La subespecie *M. armata colombiana* se distribuye en los ríos y quebradas andinas de Venezuela, Colombia y Ecuador. En Colombia se encuentra a lo largo de los tres ramales de la cordillera (Occidental, Central y Oriental), entre 1 467 y 3 500 m (Hilty y Brown, 2001; Carboneras, 1992; Ramírez *et al.*, 2014). Estas aves se hallan asociadas exclusivamente a los ríos de corriente rápida de alta montaña (Carboneras, 1992; Naranjo y Ávila, 2003; Cerón *et al.*, 2010), como en el caso del río Quindío, donde se distribuyen desde la zona alta (sector de Cócora, Salento) hasta 1 415 m en el sector de Chaguala, municipio de Armenia (Ramírez *et al.*, 2014).

Los patos de torrentes son aves vistosas y se caracterizan por tener cabeza y cuello blancos con líneas negras, dorso negruzco con estrías claras, pico rojo y cola ancha, larga y rígida (en el macho); las hembras presentan corona y cuello grises, y las partes ventrales son de color canela (Carbonell *et al.*, 2007) La especie forma parejas monógamas permanentes que defienden un mismo territorio durante todo el año (Moffett, 1970).

Merganetta armata se ve afectada por factores naturales y antrópicos, como son el turismo poco planificado, la pérdida de vegetación ribereña, la contaminación de las fuentes hídricas, la expansión de la frontera agrícola y los asentamientos humanos cercanos al cauce (Ramírez *et al.*, 2014). Estas características son propias del lugar donde se realizó el presente trabajo; de allí la necesidad de involucrar a la comunidad aledaña a través de la Institución Educativa Boquía y sus sedes alternas, para lograr el reconocimiento y apropiación de la especie por parte de los lugareños y su participación activa en el cuidado de sus hábitats. Con este fin, se implementó una estrategia de educación ambiental para promover la conservación del pato de torrente en dos sedes rurales de la Institución Educativa Boquía, ubicada en el municipio de Salento (Quindío, Colombia).

Materiales y métodos

Área de estudio

El municipio de Salento se encuentra situado en el sector nororiental del Quindío, Colombia, sobre el flanco occidental de la cordillera central; presenta alturas que van desde los 1300 msnm hasta los 4750 msnm, en los farallones nevados del Quindío. El municipio es irrigado por el río Quindío, el cual nace al noreste del departamento, en la confluencia de las Quebradas Cárdenas y San José, en la vereda Cócora. Dicho afluente recorre de norte a sur el departamento hasta el valle de Maravélez, donde, junto con el río Barragán, forman el río La Vieja en límites con el departamento del Valle del Cauca (Botero-Botero *et al.*, 2016). En su recorrido, el río Quindío tiene una longitud de 58,56 km y abastece los acueductos municipales de Armenia, Circasia, Salento y La Tebaida (Corporación Autónoma Regional del Quindío, 2008).

En el municipio de Salento se seleccionaron para el presente trabajo dos sedes de la Institución Educativa Boquía, el centro docente (C.D.) “República de Colombia”, ubicado en la vereda Palo Grande, y el C.D. “San Gabriel”, localizado en la vereda Cócora. Boquía implementa un modelo pedagógico denominado Escuela Nueva, que consiste en convertir al niño en el centro del proceso de enseñanza y aprendizaje, mientras que el profesor deja de ser el punto de referencia fundamental para convertirse en un dinamizador de la vida en el aula, al servicio de los intereses y necesidades de los estudiantes (Villar, 1996). Este modelo, es dirigido a centros educativos multigrados a cargo de un solo docente y creado para las zonas rurales de Colombia (Ministerio de Educación Nacional de Colombia, 2010), es flexible e incluyente, con una pedagogía activa autoestructurante. En la institución también se aplica el Proyecto Ambiental Escolar (PRAE), el cual se fundamenta en el uso, conservación y manejo de los recursos naturales. Vale destacar que la institución está ubicada en la zona de distribución del pato de torrente en el río Quindío. Se trabajó con todos los niños presentes en los dos centros educativos: 12 en el C.D. República de Colombia y 16 en el C.D. San Gabriel. Ellos son hijos de campesinos de la zona, que heredarán el oficio o los predios, por lo cual se consideran actores claves en la conservación de la zona.

Diseño e implementación de la estrategia

La estrategia de educación ambiental se realizó en cuatro fases. La fase 1 consistió en el diagnóstico del estado actual del conocimiento de los niños acerca de la especie y la actitud hacia ella. A partir de esto se diseñaron las actividades por aplicar (fase 2), cada una de las

cuales fue evaluada en el terreno (fase 3). Con base en esta evaluación, se procedió al ajuste y rediseño de las actividades para el siguiente encuentro (fase 4) (figura 1).

Es de aclarar que, antes de iniciar cualquier actividad con los niños, se realizó una reunión de padres de familia donde se explicaron los pormenores del proyecto y se

solicitó la firma del consentimiento informado de acuerdo a las políticas de la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad del Quindío, siguiendo los formatos establecidos para tal fin. Además, se respetaron los códigos de ética en la investigación etnozoológica planteados por Costa Neto *et al.* (2009).

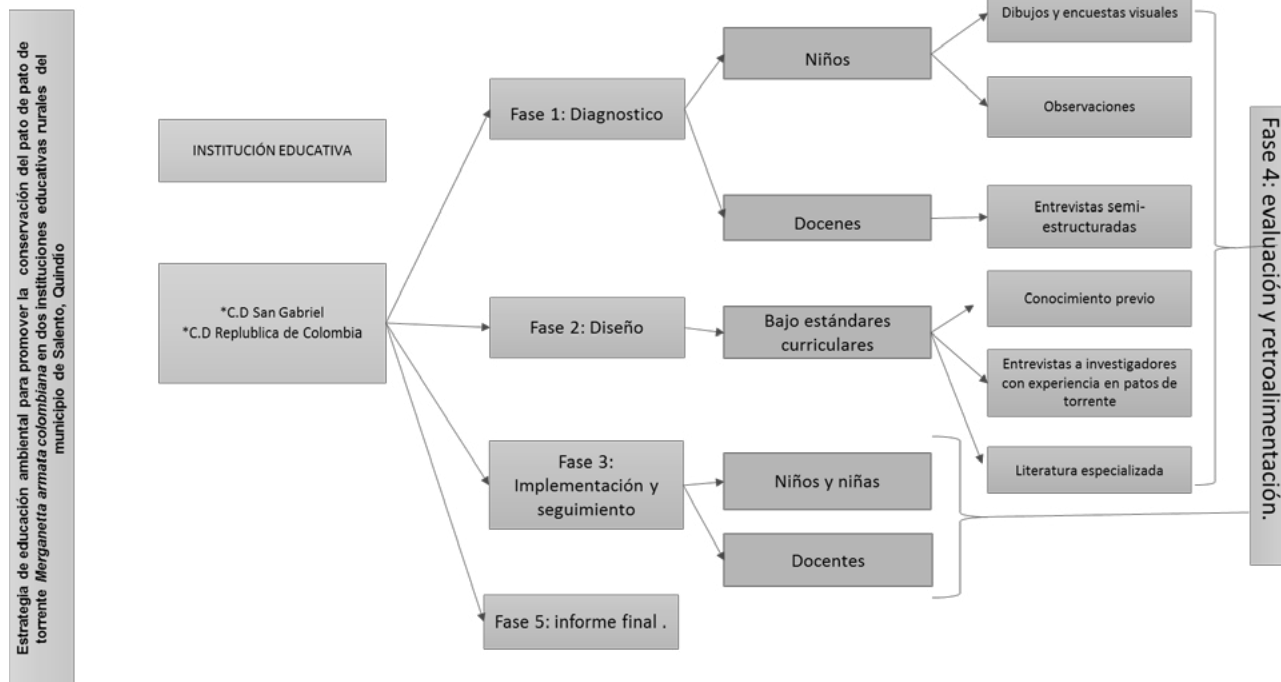


Figura 1. Diagrama de flujo del diagnóstico, diseño, implementación, evaluación y retroalimentación de la estrategia de educación ambiental.

Descripción de las fases

Fase 1. Diagnóstico

Se emplearon los dibujos como herramienta metodológica para los conocimientos etnozoológicos de los estudiantes. Se les solicitó a los niños que elaboraran dibujos sobre los patos del río, y para esto se les facilitaron lápices, colores y hojas de papel; una vez terminados dichos dibujos se les pidieron a los niños sus explicaciones, esperando, como lo plantea Santos-Baptista (2009), que mediante estas representaciones gráficas los estudiantes demostraran conocimiento sobre la morfología, la ecología y el comportamiento del animal, así como sobre su interrelación con otros seres vivos. Los dibujos fueron revisados y clasificados según dos criterios, así: el ave (pato) está dibujado en un lago, un río o un ecosistema terrestre; la forma del ave es un pato, un cisne u otra

ave. A partir de estos dos tipos de categorías, se aplicó estadística descriptiva. En lo que respecta a los docentes, se les realizó una entrevista semi-estructurada para evaluar el conocimiento sobre la historia natural del pato, los sitios de avistamiento, la presencia de nidos y las amenazas a los mismos.

Fase 2. Diseño

A partir de los datos obtenidos en la etapa 1 de diagnóstico, se seleccionaron los temas que presentaron mayor debilidad y los que necesitaban reforzamiento con miras a buscar las mejores estrategias didácticas por implementar y el mejor modelo pedagógico que debía seguir. Además, se esperaba que las estrategias fueran validadas previamente por expertos en la materia antes de ser implementadas. El modelo pedagógico seguido fue aprendizaje por cambio

conceptual, donde se identifica los conocimientos previos para luego implementar las estrategias didácticas y posteriormente, evaluar el cambio en los conceptos de los educandos (Ruiz, 2007).

Fase 3. Implementación y seguimiento

En esta etapa del proyecto se procedió a implementar las estrategias diseñadas en la fase 2. Para esto se contó con la participación de todos los niños de cada escuela y de sus profesores. Por medio de acciones indirectas, también se vinculó a los padres de familia.

Fase 4. Evaluación y retroalimentación

Se realizó una prueba de evaluación a los niños y se diseñaron un pendón y una infografía que fueron dejados en el colegio como retroalimentación final.

Resultados y discusión

Diagnóstico de conocimientos previos sobre el pato de torrentes

Como eje inicial de la estrategia, se evaluaron los conocimientos previos de los niños, pues ellos cuentan con un conjunto de ideas propias con respecto a las temáticas que cargan de subjetividad las observaciones y pueden producir concepciones erróneas (Bachelard, 1976), las cuales deben ser subsanadas en la estrategia para que esta sea considerada exitosa. Al evaluar los saberes previos sobre el pato de torrente en los niños de los dos centros docentes, se evidenció que en general desconocían la especie. En el C.D. San Gabriel el 68,75 % de los niños dibujaron patos en lagos, y solo unos pocos (6,25 %) mientras que el resto ubicó el ave en ecosistemas terrestres (25 %). En el C.D. República de Colombia los niños muestran el ave en lagos (22,22 %), en ríos (22,22 %) y mayoritariamente en ecosistemas terrestres (55,56 %) (figura 2).

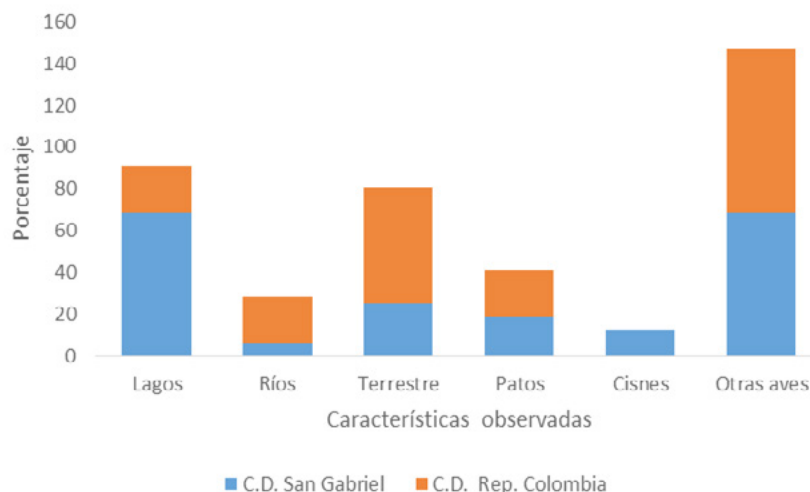


Figura 2. Diagnóstico sobre el conocimiento inicial que presentan los niños en dos centros educativos de la Institución Educativa Boquía (Salento, Quindío) acerca del hábitat y la morfología del pato de torrente.

Los resultados del diagnóstico evidencian que la mayoría de los estudiantes de las dos sedes educativas no conocen el pato de torrente, lo que puede estar asociado a la baja tasa de contacto con la especie, lo que se dificulta por la especialidad de hábitat de esta. Estos organismos viven solo en los cauces del río, hacen poco uso de las orillas (Ramírez *et al.*, 2014) y presentan una distancia mínima de tolerancia hacia las personas de 7,21 m; sin embargo, a partir de los 32 m y dependiendo de la intensidad de ruido emitido por las personas, los patos ya manifiestan

un comportamiento de alerta (Giraldo López y Botero-Botero, 2017), lo cual hace aún más difícil el contacto con la especie. A su vez, los ríos andinos torrentosos como el Quindío suelen ser sitios peligrosos para los niños de corta edad (como los estudiantes de los dos centros docentes), i lo que les impide ir a explorar, jugar o bañarse por sí solos, minimizando así la tasa de encuentro con los patos. A partir de esto, se evidencia la necesidad de reforzar en los niños los siguientes temas: particularidades del hábitat del pato de torrente, el uso que la especie hace del hábitat, su

dieta, aspectos básicos de su reproducción y su morfología básica, así como acciones humanas que ponen en riesgo su supervivencia.

Este resultado puede estar influenciado por el conocimiento popular de que los patos habitan en lagos, como es común en textos colegiados. En efecto, el 97 % de los patos evidentemente viven en este tipo de hábitat, siendo *M. armata* una excepción al caso. A nivel mundial, solo cinco de las 148 especies de patos (Anatidae) en el mundo presentan distribuciones restringidas a ríos de montaña (Madge y Burn, 1988). A su vez, se evidencia que los niños de la institución educativa República de Colombia posiblemente han tenido mayor contacto con el pato. En este caso, se evidencia la formación de base de la docente, la cual es licenciada en Biología y Educación Ambiental, además de que en este centro docente se implementaron los talleres diseñados por Botero-Botero *et al.* (2015). Por otro lado, existen diferencias en los tipos de dibujos realizados por los niños en relación con el tipo de ave: en el C.D. San Gabriel, el 19,75 % de los niños dibujaron patos; el 12,5 %, cisnes, y el 68,75 %, otras aves, mientras que en el C.D. República de Colombia aumentó el porcentaje de niños que dibujaron un pato (22,22 %); el resto (77,78 %) dibujó otras aves (figura 2).

Diseño

Para esta fase se planteó como elemento educativo la construcción de una cartilla que consta de 20 páginas, portada y contraportada, con gráficos a color y en blanco y negro, impresa de manera horizontal en hojas de papel de caña de azúcar Reprograf, de color amarillo y de tamaño final 16,5 x 21 cm. De este documento se generó un depósito digital en la Biblioteca CRAI Euclides Jaramillo Arango, de la Universidad del Quindío. En esta cartilla se incluyeron aspectos básicos de la taxonomía, la morfología y la ecología de la especie y las amenazas de las acciones antrópicas sobre los patos, con base en las deficiencias encontradas en la fase de diagnóstico previo y procurando tener en cuenta la condición multigrada de los centros docentes. Cada capítulo de la cartilla inicia con una pregunta motivacional: “¿Quién es el pato de torrente?”, “¿Cómo diferenciamos entre hembras, machos y crías?”, “¿En dónde viven los patos?”, “¿Cómo viven?”, “¿De qué se alimentan los patos?”, “¿Cómo es la gestación del pato de torrente?”, “¿Qué amenaza al pato de torrente y a su hábitat?”. A su vez, se creó un capítulo asociado a las acciones con las que podemos ayudar a esta especie y a su hábitat, así como un cuento llamado “Anita y Torrentico”, basado en el documento de Botero-Botero *et al.* (2015). Cada capítulo fue tratado en un encuentro con los niños.

Además, se incluyeron un glosario básico y las referencias bibliográficas usadas para la construcción del texto. La cartilla buscó apoyar el cumplimiento de los estándares básicos para la enseñanza de las ciencias naturales (Ministerio de Educación Nacional de Colombia, 2008), en temas relacionados con: proponer y verificar necesidades de los seres vivos; identificar patrones comunes a los seres vivos; explicar adaptaciones de los seres vivos al ambiente; identificar y describir la flora, la fauna, el agua y el suelo del entorno; describir características de seres vivos y objetos inertes; establecer semejanzas y diferencias entre ellos y clasificar; describir y verificar ciclos de vida de seres vivos.

Dentro de la cartilla se encuentran las actividades de refuerzo de cada uno de los temas. Para reforzar los conocimientos adquiridos sobre la morfología del pato, se incluyó una silueta del mismo para ser coloreada al finalizar del tema. Para reforzar el tema de hábitat del pato, la segunda actividad fue un laberinto. Para el refuerzo de los temas de alimentación y hábitat se usó una sopa de letras. Finalmente, para refuerzo general se utilizó un crucigrama.

Implementación

En esta fase se realizaron cuatro actividades, desarrollando todos los temas de la cartilla.

Primer encuentro

En esta etapa los niños se reunieron en mesa redonda. A cada estudiante se le entregó una cartilla en la cual se trabajó alrededor de la descripción morfológica del pato y las diferencias entre macho, hembra y pichones. Luego se les pidió que colorearan la silueta del pato.

Segundo encuentro

En esta actividad se reunieron los niños en mesa redonda y se trabajó la distribución global y local de la especie. Además, se usaron imágenes de apoyo del hábitat y de las subespecies de *M. armata*. Después se desarrolló el primer pato desafío, el cual fue el laberinto impreso en tamaño pliego de cartulina (70 x 100 cm) y cuyo objetivo era ayudarle al pato a buscar su hábitat.

Tercer encuentro

Se reunieron los niños en mesa redonda y se realizó la explicación sobre el tipo de alimentación que tiene el pato de torrente y por medio de diapositivas se les mostraron imágenes de invertebrados acuáticos bentónicos. Luego se les explicaron las características del pico para poder

alimentarse. Posteriormente, se desarrolló el segundo pato desafío, el cual consistió en una sopa de letras impresa en un pliego de cartulina, donde los niños buscaban las respuestas a las preguntas que se les formulaban.

Cuarto encuentro

En esta fase se explicó a los niños la gestación del pato, en dónde construyen los nidos, cuánto tiempo se demoran empollando los huevos y hasta qué tiempo cuidan a los pichones. También se les presentó el cortometraje “Biología reproductiva del pato de torrente río Quindío” (disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=X7rwfQdJdGE&t=6s>). Además, se les preguntó a los niños si conocían las amenazas que afectaban a la especie, y muchos de ellos mencionaron de manera intuitiva algunas de ellas. También se les mencionaron algunas acciones que pueden hacer para ayudar a conservar el pato y su hábitat. Entre todos los niños se leyó el cuento de Anita y Torrentico, después se entabló un diálogo sobre el contenido de la historia. Como refuerzo, se realizó el tercer pato desafío, consistente en llenar un crucigrama en mesa redonda, el cual fue también impreso en un pliego de cartulina y forrado en plástico para ser reutilizado.

Refuerzos educativos dejados en la institución

Como refuerzo permanente se dejó en la escuela una cartelera impresa a todo color de 70 x 100 cm sobre los patos de torrentes, aliados en la conservación de nuestros ríos, donde se presenta un texto corto sobre la importancia de los patos y nueve acciones que los niños pueden hacer para ayudar a la conservación de la especie. A su vez, se creó una infografía con la información ecológica de la especie, impresa a todo color (70 x 100 cm), la cual fue fijada en cada colegio. Antes de ser fijados, estos dos refuerzos fueron socializados con los niños y los docentes.

Evaluación

Para la evaluación de las actividades se utilizó una prueba de nueve preguntas que contenía ilustraciones para colorear y figuras para encerrar, entre otras modalidades. Este diseño permitió incluir a toda la población estudiantil. Para los niños que no sabían leer, los autores leyeron y explicaron las preguntas, y los alumnos coloreaban las respuestas que consideraban.

Con relación a la pregunta “¿De qué se alimenta el pato?”, en el C.D. San Gabriel el 69 % de los niños tuvieron

tres aciertos; el 15 %, dos aciertos, y otro 15 % tuvo un solo acierto. A su vez, el 90 % de los niños del C.D. República de Colombia tuvieron tres aciertos, y el 10 %, dos aciertos (figura 3). En este caso, la respuesta correcta fue la selección de tres aciertos, donde se alcanzaron resultados superiores al 60 % en ambas instituciones. El aprendizaje de este tipo de temas se dificulta en razón a que la dieta del pato consta de insectos acuáticos, los cuales se encuentran adheridos a rocas bajo el agua y constituyen formas inmaduras que son pobremente incluidas en los textos de colegio. Además, un posible obstáculo que se ha evidenciado en otros trabajos con población escolar es el asociado a la tendencia general hacia la repulsión de estos organismos, al ser tildados como feos y asquerosos (Robles-Piñeros, 2013).

Frente a la solicitud de señalar con un círculo la manera en que nacen los patos, todos los niños del C.D. San Gabriel acertaron, mientras que en el C.D. República de Colombia el 90 % acertaron y el 10 % fallaron (figura 3). Este es un tema que se puede manejar más fácil con población escolar dado que, a partir de experiencias propias, los niños tienen contacto con la eclosión de un ave a partir de un huevo. Por otro lado, el tema de la reproducción de las aves es ampliamente abarcado en los textos escolares y en las clases de ciencias naturales, pues según los estándares curriculares para la enseñanza de las ciencias naturales desde el grado primero hasta el grado tercero los niños se acercan a este tema al cumplir con el estándar “Describo y verifico ciclos de vida de seres vivos” (Ministerio de Educación Nacional de Colombia, 2008).

Cuando se evaluaron los aspectos básicos de la morfología de los patos, solo el 8 % de los niños del C.D. San Gabriel no acertaron los patrones de coloración; el 69 % tuvo un acierto, y el 23 % tuvo tres aciertos. El 20 % de los estudiantes del C.D. República de Colombia, por otra parte, no acertó la respuesta correcta, el 10% tuvo un acierto, y el 70 % tuvo dos aciertos. Respecto a la coloración del pico, el 62 % de los estudiantes del C.D. San Gabriel acertó, mientras que en el C.D. República de Colombia este porcentaje fue del 70 % (figura 3). Este tipo de pregunta resultó ser muy específica para los niños, lo cual los obligaba a hacer uso de la memoria, y esto dificultó el proceso de evaluación; sin embargo, más del 50 % de ellos retuvieron la información suministrada en el primer encuentro, lo cual es favorable dado el tiempo transcurrido entre la entrega de la información y la evaluación.

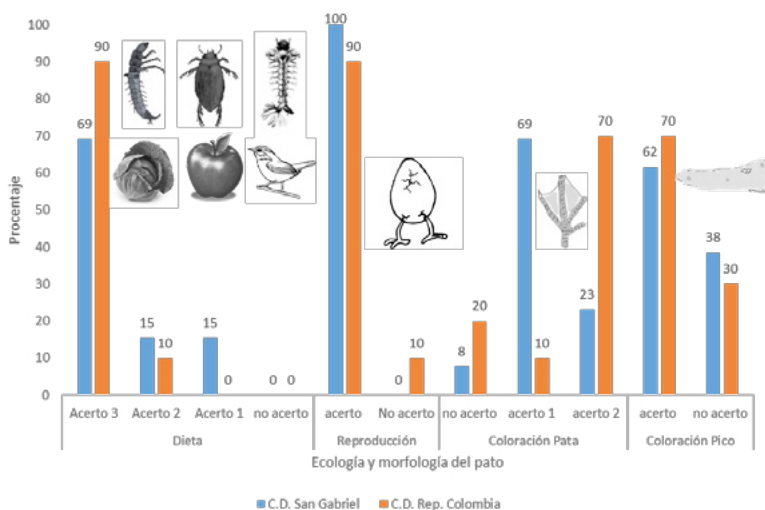


Figura 3. Resultado de la evaluación acerca de los temas de dieta, reproducción y morfología del pato de torrente.

Respecto a las preguntas sobre distribución y hábitat del pato de torrente, el 85 % de los niños del C.D. San Gabriel colorearon de forma acertada los países donde se encuentra la especie; el 15 % restante coloreó otras regiones asociadas a la cuenca del océano Atlántico. En el C.D. República Colombia el 100 % de los estudiantes colorearon de forma acertada los países donde se encuentra la especie. A la solicitud de encerrar el río donde se encuentra la especie en el departamento del Quindío, en el C.D. San Gabriel el 69 % de los estudiantes acertaron parcialmente y el 31 % acertaron totalmente. En el C.D. República de Colombia el 100 % de los estudiantes acertaron parcialmente (figura 4). En esta última pregunta cabe considerar que en muchos

casos la información suministrada a los niños (el mapa de ríos) no les resultó familiar y se les dificultó identificar tanto el departamento del Quindío como el municipio de Salento. Se observó que a los niños les fue más familiar el mapa de América Latina con la división política que el mapa de ríos, posiblemente por la forma de enseñanza de la cartografía, donde primero se ven los temas asociados a división política y luego los demás mapas temáticos. Además, el lenguaje simbólico de los mapas es un proceso que se inicia en el último ciclo de la educación primaria y se desarrolla en la educación secundaria, el cual al final genera el paso del pensamiento concreto al abstracto (Baquedano, 2014).

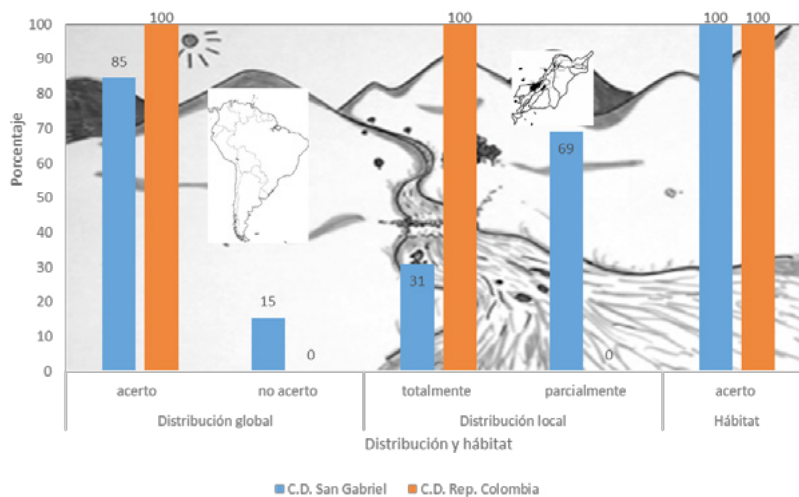


Figura 4. Resultado de la evaluación acerca de los temas de distribución y hábitat del pato de torrente.

Con relación a la pregunta sobre evaluación del conocimiento del hábitat de la especie, donde se les pidió a los niños que ayudaran a encontrar la casa del pato señalándola con un chulito, todos los niños de los dos centros educativos acertaron (figura 4). Esto significa que se logró llenar el vacío de conocimiento inicial de los niños acerca del hábitat de la especie (ríos cercanos a su casa). Al evaluar la competencia entre la especie y otra especie exótica (trucha arcoíris), se les solicitó a los estudiantes encerrar en un círculo el animal que compete con la especie por alimento. En el C.D. San Gabriel todos los niños acertaron, mientras que en el C.D. República de Colombia acertó el 90 % (figura 5). Con relación a este tema, es importante que los niños tengan claro que las truchas son una amenaza latente hacia la supervivencia de los patos, pues según Gómez-Zuluaga y Bernal (2013) las truchas compiten fuertemente por alimento con ellos y

pueden a futuro desplazarlos. Además, en el municipio de Salento la trucha es una especie exótica invasora imbricada fuertemente en la cultura y la economía del pueblo, lo que dificulta las acciones de conservación de las especies nativas (Botero-Botero y Torres-Mejía, 2010).

Al evaluar las acciones humanas que ponen en peligro al pato de torrente, se solicitó a los niños señalar con un círculo los dibujos que a criterio de ellos representaban amenazas para el pato de torrente. En el CD San Gabriel el 15 % tuvo dos aciertos, y el restante 85 %, tres aciertos. En el CD República de Colombia el 10 % registró cuatro aciertos; el 80 %, tres aciertos, y el restante 10 %, ningún acierto (figura 5). Dada la importancia de este tema, se decidió realizar el pendón titulado “Los patos de torrentes, aliados en la conservación de nuestros ríos”, donde se listan acciones positivas que favorecen a esta especie.

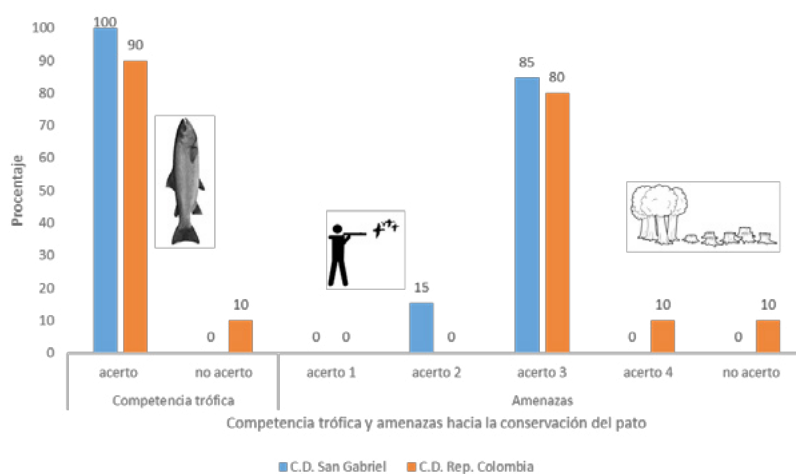


Figura 5. Resultado de la evaluación acerca de los temas de competencia trófica y amenazas humanas para el pato de torrente.

Conclusiones

La fase de diagnóstico inicial usando el dibujo como herramienta, arrojó que muy pocos niños tenían conocimiento básico sobre el pato de torrente, por lo que fue preciso diseñar una estrategia de intervención para contrarrestar este desconocimiento. Por otro lado, el mismo diseño de la estrategia de educación ambiental basada en estándares curriculares facilitó su aplicación, dado que apoya las labores de aula en el área de las ciencias naturales y suministra al docente material local para su enseñanza.

Se presentó dificultad en la enseñanza del tema dieta del pato de torrente, pues la interacción de los niños con insectos acuáticos es baja en virtud a los hábitats de

estos organismos. En efecto, estos macro invertebrados acuáticos no son frecuentemente observados, pues porque se encuentran dentro del cauce del río. En contraste, fue relativamente sencillo manejar el tema de la reproducción de las aves, dados los conocimientos previos de los niños en esta materia. Además, el hecho de ser un asunto ampliamente abarcado en los textos escolares y en las clases de ciencias naturales facilita su comprensión.

Las preguntas que se basaron en procesos memorísticos presentaron el más bajo porcentaje de acierto, lo cual demuestra que con el tiempo los niños van olvidando datos puntuales como el color de las patas o del pico de un ave. A los estudiantes les fue más familiar el mapa de América Latina con la división política que el mapa de

ríos; esto posiblemente se debe a la forma de enseñanza de la cartografía, donde primero se ven los temas asociados a división política y luego los demás mapas temáticos; asimismo, el lenguaje simbólico de los mapas es un proceso que se inicia en el último ciclo de la educación primaria y es complejo de aprender. En general, los niños comprendieron todos los temas socializados y solo presentaron dificultades en el tema de la dieta de la especie.

Referencias

- Bachelard, G. 1976. *La formación del espíritu científico*. Siglo Veintiuno Editores S.A., Ciudad de México.
- Baquedano, J. 2014. El mapa como instrumento didáctico en la Educación Primaria. Tesis de pregrado, Universidad de Valladolid, Valladolid, España.
- Botero-Botero, A., Correa-Viana, M., Torres-Mejía, A., M., Utrera, A. y Kattan G. 2016. Extensión de presencia y área de ocupación de la nutria neotropical (*Lontra longicaudis*) en la cuenca del río La Vieja, Alto Cauca, Colombia. *Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natural* 20 (1): 101-115.
- Botero-Botero, A., Guzmán-Valencia, C., Bernal, K., Gómez-Zuluaga, G., Ríos-Serna, M. y Sánchez-Palma, E. 2015. La lúdica y el juego en la conservación del Pato de torrentes (*Merganetta armata*, Gould, 1842): una experiencia en el departamento del Quindío, Colombia. *Biocenosis* 30 (1-2): 28-33.
- Botero-Botero, A. y Torres-Mejía, A.M. 2010. Caracterización de la comunidad de pescadores de la cuenca del río La Vieja, Alto Cauca, Colombia. *Memorias del III Congreso Colombiano de Zoología*, Medellín, Colombia.
- Carbonell, M., Kriese, K. y Alexander, K. 2007. *Anátidas de la Región Neotropical*. Ducks Unlimited INC, Memphis,
- Carboneras, C. 1992. Family: Anatidae. En: Del Hoyo, J., Elliot, A. y Sargatal, J. Editor. *Handbook of the birds of the World*. Vol 1. Lynx Editions, Barcelona.
- Cerón, G., Trejos, A. y Kun, M. 2010. Feeding Habits of Torrent Ducks (*Merganetta armata armata*) in Nahuel Huapi National Park, Argentina. *Waterbirds* 33: 228-235.
- Corporación Autónoma Regional Del Quindío (CRQ). 2009. *Plan de ordenación y manejo ambiental UMC río Quindío*.
- Costa Neto, E.M., Santos Fita, D. y Vargas-Clavijo, M. 2009. *Manual de etnozología. Una guía teórico-práctica para investigar la interconexión del ser humano con los animales*. Tundra Ediciones, Valencia.
- Fjeldså, J. y Krabbe, N. 1990. *Birds of the high Andes: A Manual to the Birds of the temperate zone of the Andes and Patagonia, South America*. University of Copenhagen, Copenhagen.
- Giraldo-López, T. y Botero-Botero, A. 2017. Efecto de la presencia humana sobre el comportamiento del pato de torrentes *Merganetta armata* (Anatidae) en el río Quindío, Boquía, Salento. *Revista Interamericana de Ambiente y Turismo – RIAT* 13 (2): 194-205.
- Gómez-Zuluaga, G. y Bernal, K. 2013. Interacciones tróficas entre la sardina de cola roja (*Carlastyanax aurocaudatus*), el pato de torrentes (*Merganetta armata*) y la trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) en la cuenca media-alta del río Quindío. Tesis de pregrado, Universidad del Quindío, Armenia, Colombia.
- Hilty, S.L. y Brown, W.L. 2001. Patos, Gansos: Anatidae. En: Hilty, S.L. y Brown, W.L. Editores. *Guía de las aves de Colombia*. Asociación Colombiana de Ornitología, Colombia.
- Madge, S. y Burn, H. 1988. *Wildfowl*. Christopher Helm, Londres.
- Ministerio de Educación Nacional de Colombia, 2008. *Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales*. Ministerio de Educación Nacional de Colombia, Bogotá.
- Ministerio de Educación Nacional de Colombia, 2010. *Escuela Nueva. Manual de implementación Escuela Nueva Generalidades y Orientaciones Pedagógicas para Transición y Primer Grado, Tomo I*. Ministerio de Educación Nacional de Colombia, Bogotá.
- Moffett, G.M. 1970. A study of nesting Torrent Ducks in the Andes. *Living Bird* 9:5-27.
- Naranjo, L. y Ávila, V. 2003. Distribución habitacional y dieta del pato de torrentes (*Merganetta armata*) en el parque regional Ucumarí en la cordillera central de Colombia. *Ornitología Colombiana* 1:22-28.
- Ramírez U., L.M., Botero, B.Á. y Kattan, G. 2014. Distribución y abundancia del pato de torrentes *Merganetta armata* (Aves: Anatidae) en el río Quindío (Colombia). *Boletín Científico del Centro de museos de la Universidad de Caldas* 18(2):172-180.
- Robles-Piñeros, J. 2013. Los insectos como estrategia didáctica en la enseñanza de la ecología, a través del cómic. *Bio-grafía* 6 (10):11-21.

- Ruíz, O.F. 2007. Modelos didácticos para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (Colombia)* 3(2):41-60.
- Santos-Baptista, G.C. 2009. Etnozoología y la enseñanza de las ciencias biológicas. En: Costa Neto, E. M., Santos Fita, D. y Vargas Clavijo, M. Editores. *Manual de etnozología. Una guía teórico-práctica para investigar la interconexión del ser humano con los animales*. Tundra Ediciones, Valencia.
- Villar, R. 1996. El programa Escuela Nueva en Colombia. *Revista Educación y Pedagogía* 14-15:357-382.

Citar como: López-Londoño, J.E. y Botero-Botero, A. 2019. Estrategias de educación ambiental para promover la conservación del pato de torrente *Merganeta armatta colombiana* en dos instituciones educativas rurales del municipio de Salento, Quindío, Colombia. *Intropica* 14(1): 34-42. DOI: <http://dx.doi.org/10.21676/23897864.2977>

Cooperative foraging of *Paratemnoides nidificator* (Balzan, 1888) (Pseudoscorpiones: Atemnidae) on two species of ants (Hymenoptera:Formicidae) in the tropical dry Forest, Colombian Caribbean

Forraje cooperativo de *Paratemnoides nidificator* (Balzan, 1888) (Pseudoscorpiones: Atemnidae) sobre dos especies de hormigas (Hymenoptera:Formicidae) en el bosque seco tropical, Caribe colombiano

Richard Torres^{1*}, Edwin Bedoya² y José Tovar¹

*Corresponding author: richardtorree@gmail.com

Received: 15 July 2018

Accepted: 06 December 2018

¹ Grupo de Investigación en Zoología y Ecología, Universidad de Sucre, Sucre, Colombia

² Grupo de Investigación en Biodiversidad Marina y Costera (BIODIMARC), Grupo de estudio en Aracnología, (PALPATORES), Universidad de Córdoba, Montería, Colombia

Abstract

Key words:
ecology; diet; Pseudoscorpiones;
ant, Sucre; Colombia

Two new cases of cooperative foraging by *Paratemnoides nidificator* (Balzan, 1888), in ants *Atta cephalotes* (Linnaeus, 1758) and *Dolichoderus bispinosus* (Olivier, 1792) are documented. These events were observed in the locality of Santa Inés, municipality of San Marcos, Department of Sucre, Colombian Caribbean. It is the first record of this kind of food-searching behavior in this social species of pseudoscorpions, that preys on the above-mentioned ant species. This means an increase in the number of species that are known as preys, and that constitute the diet of this pseudoscorpion.

Resumen

Palabras clave:
ecología; dieta; Pseudoscorpiones;
hormigas; Sucre; Colombia

Dos nuevos casos de forrajeo cooperativo por parte de *Paratemnoides nidificator* (Balzan, 1888) en hormigas *Atta cephalotes* (Linnaeus, 1758) y *Dolichoderus bispinosus* (Olivier, 1792) son documentados. Estos eventos se observaron en la localidad de Santa Inés, municipio de San Marcos, departamento de Sucre, Caribe Colombiano. Esto representa el primer registro de este comportamiento de búsqueda de alimento en estas especies de hormigas por esta especie social de pseudoescorpiones. Se incrementa el número de especies conocidas como presas y que forman parte de la dieta de este pseudoescorpion.

Social behavior and long-term cooperation among conspecifics are relatively rare, the best-known examples are social insects such as ants, bees, and termites (Wilson, 1971; 1975; Viera and Agnarsson, 2017). In such societies, individuals are often morphologically specialized, and most contribute to different tasks in the colony (Whitehouse and Lubin, 2005; Viera and Agnarsson, 2017). Generally, pseudoscorpions are solitary animals, but there are a few social species. Recently, social behavior was observed in *Paratemnoides nidificator* (Balzan, 1888) (Weygoldt, 1969; Tizo-Pedroso and Del-Claro, 2005, 2007; Fernandes *et al.*, 2018). Other animals can be strictly asocial; agonistic

interactions are more common than cooperation among conspecifics, most spiders are solitary and aggressive, often cannibalistic, and cooperation is absent (Avilés, 1997; Foelix, 2011; Bilde and Lubin, 2011; Viera and Agnarsson, 2017). Therefore, *P. nidificator* is a suitable model species to investigate the general characteristics of social pseudoscorpions (Tizo-Pedroso and Del-Claro, 2007). In this sense, subsociality is maternal care that includes several juvenile instars, rather than few (Agnarsson, 2004), and the sociability is characterized by the absence of dispersal of nestmates (Aguar and Bührnheim, 1998; Viera and Agnarsson, 2017; Tizo-Pedroso and Del-Claro, 2018).

Sociality is an uncommon phenomenon among arachnids (Avilés, 1997; Choe and Crespi, 1997; García *et al.*, 2016), the most complex cases of sociability occur among spiders and pseudoscorpions, where examples of cooperative species are found (Zeh and Zeh, 1990; Avilés, 1997; Del-Claro and Tizo-Pedroso, 2009; Yip and Rayor, 2014; Viera and Agnarsson, 2017). While cooperative behavior has evolved repeatedly in spiders, it is found only in a small fraction of species (less than 0.05 %), of spider species (Agnarsson *et al.*, 2006; Avilés, 1997; Bilde and Lubin, 2011; Viera and Agnarsson, 2017). In spiders, food is a critical determinant of sociability, as group size and structure are regulated by the prey size and availability (Whitehouse and Lubin, 2005; Lubin and Bilde, 2007; Guevara *et al.*, 2011; García *et al.*, 2016).

Pseudoscorpions are arachnids present in all terrestrial ecosystems, except polar zones, having cryptic sizes and habits (Weygoldt, 1969; Del-Claro and Tizo-Pedroso, 2009; Tizo-Pedroso and Del-Claro, 2018). Commonly, these animals can be found inhabiting the litter, under rocks, bark of trees and decomposing trunks (Hoff, 1959; Gabbutt, 1962; Weygoldt, 1969; Lee, 1979; Mahnert and Schuster, 1981; Del-Claro and Tizo-Pedroso, 2009; Harvey, 2009; Harvey, 2013; Mahnert, 2014; Bedoya-Roque, 2015; Judson, 2016). Pseudoscorpions can be found in many microhabitats such as bat guano, ants and bee nests, and parts of plants (like the Bromeliaceae); also, they are known by their phoretic behavior with birds, insects and mammals (Weygoldt, 1969; Zeh and Zeh, 1992a, b; Cole *et al.*, 1995; Poinar *et al.*, 1998; Aguiar and Bührnheim, 2003; Francke and Villegas-Guzmán, 2006; González *et al.*, 2007).

Likewise, they are generalist predators, they also take advantage of animals smaller than themselves, however, *P. nidificator* has developed hunting strategies to take advantage of large prey (Zeh and Zeh, 1990; Tizo-Pedroso and Del-Claro, 2007; 2018; Filgueiras *et al.*, 2018). Previous studies on diet and feeding behavior in *P. nidificator*, showed that this species can feed on larger prey and capture them (Brach, 1978; Zeh and Zeh, 1990). This species of pseudoscorpion prefers a large variety of prey, mainly insects, but also other arachnids, isopods, and myriapods; all these preys of variable size (table 1) (García *et al.*, 2016; Tizo-Pedroso and Del-Claro, 2007; 2018; Fernandes *et al.*, 2018). Currently, we only have a poor understanding of how *P. nidificator* forages and feeds on different prey items (table 1) (Tizo-Pedroso and Del-Claro, 2018). We described two different cases of foraging on two different ant species by *P. nidificator*.

Table 1. Ant species used as prey by *Paratemnoides nidificator* (Balzan, 1888) (Atemnidae). New reports of prey for the diet (*)

Order	Family	Species	References
Hymenoptera	Formicidae	<i>Acromyrmex octospinosus</i>	García <i>et al.</i> , 2016
		<i>Acromyrmex</i> sp.1	Tizo-Pedroso and Del-Claro, 2007
		* <i>Atta cephalotes</i>	This investigation
		<i>Camponotus</i> 3 spp.	Tizo-Pedroso and Del-Claro, 2007
		<i>Camponotus</i> cf. <i>brevis</i>	García <i>et al.</i> , 2016
		<i>Camponotus</i> cf. <i>substitutus</i>	García <i>et al.</i> , 2016
		<i>Camponotus crassus</i>	Filgueiras <i>et al.</i> , 2018
		<i>Camponotus mus</i>	Filgueiras <i>et al.</i> , 2018
		<i>Camponotus</i> sp.	García <i>et al.</i> , 2016
		<i>Cephalotes atratus</i>	Zeh and Zeh, 1990
		<i>Cephalotes</i> sp.1	Tizo-Pedroso and Del-Claro, 2007
		<i>Cephalotes clypeatus</i>	
		<i>Crematogaster</i> sp.	García <i>et al.</i> , 2016
		* <i>Dolichoderus bispinosus</i>	This investigation
		<i>Ectatomma tuberculatum</i>	García <i>et al.</i> , 2016
		<i>Odontomachus</i> sp.	García <i>et al.</i> , 2016
		<i>Pachycondyla</i> sp.	Tizo-Pedroso and Del-Claro, 2007
		<i>Pseudomyrmex</i> sp.	García <i>et al.</i> , 2016
		<i>Pseudomyrmex</i> sp.1	Tizo-Pedroso and Del-Claro, 2007

We observed and described a series of cases of cooperative foraging that took place in the Protective Forest Reserve “Bosque Santa Inés”, located at $8^{\circ}42'43,8''\text{N}$ and $75^{\circ}13'39,3''\text{W}$, municipality of San Marcos, Department of Sucre, Colombian Caribbean (figure 1a). Commonly, this area is part of the tropical dry forest’s ecosystem (figure 1b). Between the months of March and April of 2018, night sampling was carried out systematically (20: 00 - 23: 00 h).

For three days, the method of collecting unrestricted free was used for each sampling, the bark of live trees and of decomposing trunks was examined, in order to record cases of foraging by pseudoscorpions. The registered cases of foraging were photographed, and the specimens were collected and preserved in 70 % ethanol, and subsequently, examine them in the laboratory. Additionally ecological data was recorded.

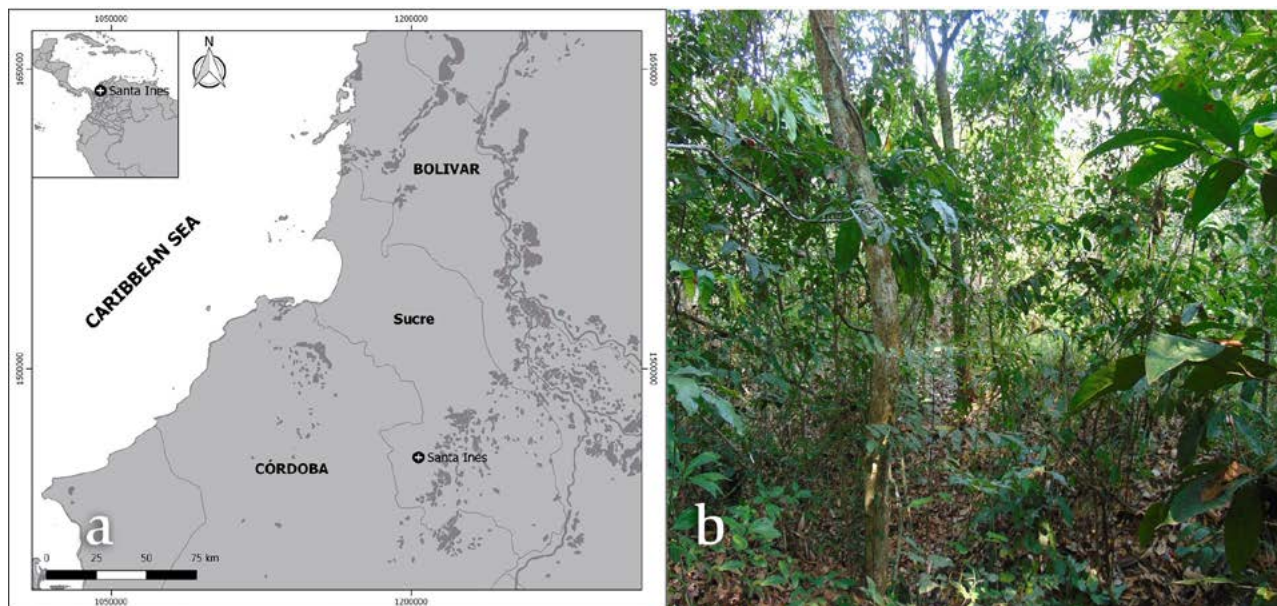


Figure 1. Cooperative foraging of *Paratemnoides nidificator* (Balzan, 1888): a. Locality where the cases of cooperative foraging were recorded. b. Dry forest of Santa Inés, Department of Sucre, Colombian Caribbean.

These cases were observed in the loose bark of five trees, with a diameter of 50 mm, in areas surrounding the tree where several colonies of pseudoscorpions were present. The specimens collected were dissected, a leg I and IV, a chelicera and a pedipalp, of which the chela was separated. The dissected portions were collected in a MicroVial and preserved in 70 % ethanol in the same vial as the rest of each specimen. The specimens were studied using temporary mounts on glycerin, a process carried out in the Entomology laboratory of the University of Sucre. The specimens were studied with the help of a microscope Carl Zeiss, plus Axiostar, Germany. Multifocal photographs were taken in the Microscopy laboratory of the Universidad de Cordoba, with an HD digital camera attached to the Carl Zeiss stereomicroscope, Axiostar, and then put together using the image stacking

software AxioVision Carl Zeiss (Rel.4.8.2. SP3). The specimens of pseudoscorpions collected were identified as *Paratemnoides nidificator* (figure 2 a y b), using the taxonomic keys for families and genera of Harvey (1992); Mahnert and Adis (2002) and the descriptions made by Balzan (1890); Beier (1932); Klausen (2005). The ants were identified as *Atta cephalotes* (Linnaeus, 1758) and *Dolichoderus bispinosus* (Oliver, 1792) (figure 3 a y b), using the taxonomic keys proposed by Mackay and Mackay (1989), Bolton (1994);(2003), Hölldobler and Wilson (1990), Palacio and Fernández (2003) and Ortíz and Fernández (2011). All collected specimens were deposited in the Collection of The Entomology Laboratory, Universidad de Sucre, Colombia (LEUS) with the voucher number LEUS-C010 (Pseudoscorpiones), and LEUS-F102 (Ants).

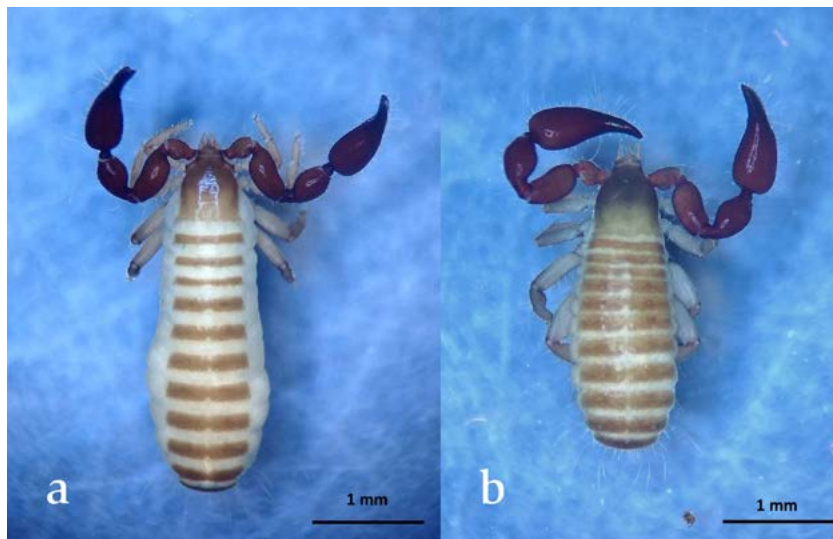


Figure 2. Specimens collected: a. Habitus, *Paratemnoides nidificator* female, dorsal view. b. Habitus, male, dorsal view.



Figure 3. Ants, specimens collected: a. Habitus, *Atta cephalotes*, lateral view. b. Habitus, *Dolichoderus bispinosus*, lateral view.

Ants are eusocial organisms, characterized by cooperative care of young, which coincides with generations of workers in the colony and the development of an advanced caste system (Wilson, 1971). In this sense, *A. cephalotes*, commonly known as pruning ant, forager or leaf cutter, is considered to be one of the most widely dispersed ants in Colombia's forests and agrarian systems (Villanueva *et al.*, 2016). It is considered to be a plague as it causes defoliation (Della Lucia, 2011; Montoya-Lerma *et al.*, 2012; Villanueva *et al.*, 2016). Its diet is varied and it uses the material of the plant for the growth of the fungus *Leucoagarycus gongylophorus* (Escobar *et al.*, 2002; Villanueva *et al.*, 2016). Likewise, *D. bispinosus* is one of

the most widely dispersed species of genus *Dolichoderus* in Colombia (Ortíz and Fernández, 2007), and it has a certain preference for canopies, which are particularly abundant in isolated areas, for instance, treetops (Harada and Adis, 1998; Cuezco, 2003; Chacón *et al.*, 2014). While these ants were gathering food, three *P. nidificator* males (located outside the bark) attacked an individual (ant) of *A. cephalotes*, (figure 4a), holding it strongly by the legs; once the prey was neutralized, it was dragged by its legs by two pseudoscorpions, and it was held by two more individuals who were under the bark (figure 4b). Finally, several pseudoscorpions came out from under the bark and began feeding on the ant; the colony was composed

by several individuals of different stages of nymph and adults (of different sex), 4 protonymphs, 5 tritonymphs, 5 females, and 5 males, respectively.

Likewise, it was observed in the loose bark of five trees, two to three colonies of *P. nidificator* on average (with 3 to

4 males out of colonies), they attacked several ants of the species *D. bispinosus*, holding them strongly by their legs, and finally when immobilizing the prey, it was dragged into the refuge (figure. 4 c-d). In the same tree where this event was observed, we observed between two to three colonies performing the same behavior.

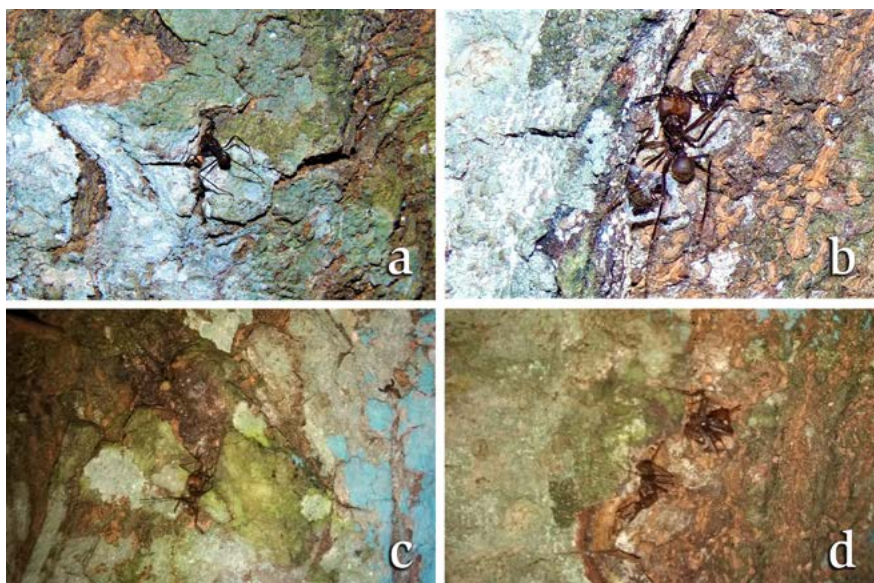


Figure 4. Cooperative foraging on *Atta cephalotes* L. and *Dolichoderus bispinosus* O.: a. Shot of the prey. b. Immobilization captured prey. c. Dragging the ant. d. Introducing the ant inside the colony.

The species *P. nidificator* is considered a widely dispersed species in America, and lives in Central and South America, in the bark of decomposing trunks and living trees (Harvey, 2013). It is considered to be the only social species of pseudoscorpions: it lives in large colonies maintained by a high intraspecific tolerance and exhibit cooperative behaviors (Hahn and Matthiessen, 1993; Tizo-Pedroso and Del-Claro, 2018; Fernandes *et al.*, 2018). In general, it exhibits cooperative parental care and division of labors in the colonies (Tizo-Pedroso and Del-Claro, 2005, 2007, 2011; Del-Claro and Tizo-Pedroso, 2009).

Some authors, such as Zeh and Zeh (1990), and Tizo-Pedroso and Del-Claro (2018), suggest that this species of pseudoscorpion is a generalist predator. It feeds on a great variety of prey and in contrast to other groups of pseudoscorpions, it includes large preys in their diet. In addition, the plasticity of food is directly related to the cooperative search (Tizo-Pedroso and Del-Claro, 2007; 2011); they can subdue and capture preys almost four times larger than them in body size. Some authors, such as Tizo-Pedroso and Del-Claro (2007), (2018); Fernandes

et al. (2018), and Filgueiras *et al.* (2018), who studied the foraging ecology and social life of *P. nidificator*, documented the use of more than 60 different preys in 15 taxonomic groups, including dangerous organisms, such as ants and spiders. Likewise, García *et al.* (2016), evaluated how selective *P. nidificator* is of its prey. He determined there are 14 preys in 7 taxonomic groups. Similarly, Fernandes *et al.*, (2018) evaluated the selectivity of prey using ants of the genus *Camponotus*. In spite of the above-mentioned information, the fact that the species *Atta cephalotes* and *Dolichoderus bispinosus*, is a part of the diet of *P. nidificator* (table 1).

Cooperative hunting not only increases the chances *P. nidificator* has of catching prey, but also its chances of catching a large prey, which allows mutual tolerance between individuals of the same colony, and is presented as an important step in the evolution of the prey, non-territorial permanent and social behavior (Zeh and Zeh, 1990; Tizo-Pedroso and Del-Claro, 2007). In small colonies, such as those observed in this research, it usually involves few individuals; the feeding process tends to favor the juveniles

because the prey is dragged to the colony (Tizo-Pedroso and Del-Claro, 2018). Adults are mainly dedicated to capturing and subduing small preys and then give them to the nymphs as food (Tizo-Pedroso and Del-Claro 2005, 2007, 2018). This behavior was evident in the documented cases of the two species of ants *A. cephalotes*, and *D. bispinosus*, which was dragged to the interior of the colony, under the bark. The adults remain in a defensive position, while the nymphs are feeding on the prey, and tend to wait for the nymphs to leave the prey to approach it and feed on it, as well (Tizo-Pedroso and Del-Claro 2005; 2007). The combination of tasks related to food and parental care is considered to be essential for the division of labor, and a key effort for maintaining the proper growth of the colonies and the development of new individuals who will act as workers in the colonies (Tizo-Pedroso and Del-Claro 2011; 2018).

This species of social pseudoscorpion has been classified as an euryphagous predator. Additionally, it has been noted that it feeds selectively on some species of ants of *Camponotus* and *Acromyrmex* genera (Zeh and Zeh, 1990; Hahn and Matthiesen, 1993; García *et al.*, 2016; Fernandes *et al.*, 2018; Tizo-Pedroso and Del-Claro, 2018), which suggests that ants are an important part of the diet of this social group of arachnids. Therefore, these cases, that were observed and documented, constitute the first case of cooperative foraging of individuals of *P. nidificator* in ants *A. cephalotes*, and *D. bispinosus*. This a new contribution to the knowledge of the diet of this social pseudoscorpion.

Acknowledgments

We express our gratitude to Pedro Luis Atencia, biologist from the Universidad de Sucre, Colombia, because of his assistance and help in the collection of the studied material. To the Entomology Laboratory of the University of Sucre, Colombia, and the Zoology Laboratory of the University of Córdoba, Colombia for their assistance and collaboration.

References

- Agnarsson, I. 2004. Morphological phylogeny of cobweb spiders and their relatives (Araneae, Araneoidea, Theridiidae). *Zoological journal of the Linnean Society* 141: 447–626.
- Agnarsson, I., Avilés, L., Coddington, J. A. and Maddison, W. P. 2006. Sociality in theridiid spiders: repeated origins of an evolutionary dead end. *Evolution* 60: 2342-2351.
- Aguiar N.O. and Bührnheim P.F. 1998. Phoretic pseudoscorpions associated with flying insects in Brazilian Amazonia. *Journal of Arachnology* 26: 452 – 459.
- Aguiar, N.O. and Bührnheim, P.F. 2003. Pseudoscorpiones (Arachnida) Da Vegetacao De Sub-Bosque Da Floresta Primaria Tropical De Terra Firme, (Coari, Amazonas, Brasil). *Acta Amazonica* 33: 515-526.
- Avilés, L. 1997. Causes and consequences of cooperation and permanent-sociality in spiders. In: Choe J.C. and Crespi, B.J. Editor. *The evolution of social insects and arachnids*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Balzan, L. 1890. Revisione dei Pseudoscorpioni del Bacino dei Fiumi Paranà e Paraguay nell'America meridionale. *Annali del Museo Civico di Storia Naturale di Genova* (2a) 9: 401-454.
- Bedoya-Roqueme, E. 2015. Una nueva especie de *Paraliochthonius* (Pseudoscorpiones: Chthoniidae: Tyrannochthoniini) de Colombia. *Revista Ibérica de Aracnología* 26: 49-54.
- Beier, M. 1932. Pseudoscorpionidea II. Subord. C. Cheliferinea. *Tierreich* 58: i-xxi, 1-294.
- Bilde, T. and Lubin, Y. 2011. Group living in spiders: cooperative breeding and coloniality. In: Brach, V. 1978. Social behavior in the pseudoscorpion *Paratemnus elongatus* (Banks) (Pseudoscorpionida, Atemnidae). *Insectes Sociaux* 25: 3-11.
- Bolton, B. 1994. *Identification guide to the ant genera of the world*. Harvard University, Massachusetts.
- Bolton, B. 2003. Synopsis and classification of Formicidae. *Memoirs of the American Entomological Institute* 71: 1-370.
- Brach, V. 1978. Social behavior in the pseudoscorpion *Paratemnus elongatus* (Banks) (Pseudoscorpionida, Atemnidae). *Insectes Sociaux* 25:3-11.
- Choe, J.C. and Crespi, B.J. 1997. *The evolution of social behaviour in insects and arachnids*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Chacón, de U.P., Valdés-Rodríguez, S., Hurtado-Giraldo, H. and Cleopatra, P.M. 2014. Hormigas arbóreas del Parque Nacional Natural Gorgona (Pacífico de Colombia). *Revista Biología Tropical* 62(1): 277-287.
- Cole, D.C., Elgar, M.A. and Harvey, M.S. 1995. Associations between Australian pseudoscorpions and ants. *Psyche (Stuttg)* 101: 221–227.
- Cuezzo, F. 2003. Subfamilia Dolichoderinae. In: Fernández, F., Editores. *Introducción a las hormigas de la región Neotropical*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, Bogotá, Colombia.

- Del-Claro, K. and Tizo-Pedroso, E. 2009. Ecological and evolutionary pathways of social behavior in Pseudoscorpions (Arachnida: Pseudoscorpiones). *Acta Ethologica* 12:13–22.
- Della Lucia, T.M.C. 2011. *Formigas-cortadeiras: da bioecologia ao manejo*. Viçosa, M.G: Ed. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa Minas Gerais.
- Escobar, D.R., García, C.F., Rentería, N.Y. and Neita, M, J.C. 2002. *Manejo y control de hormiga arriera (Atta spp. & Acromyrmex spp.) en sistemas de producción de importancia económica en el departamento del Chocó*. Cartilla 1 y 2. Ministerio de Agricultura- PRONATTA-Universidad Tecnológica del Chocó. CO.
- Fernandes, R.M., Tizo-Pedroso, E. and Del-Claro, K. 2018. Colony size, habitat structure, and prey size shape the predation ecology of a social pseudoscorpion from a tropical savanna. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 72:103.
- Filgueiras, R.R., Gomes, F.C., Ferreira, A.S.T., Tizo-Pedroso, E. and Del-Claro, K. 2018. Cooperative foraging in Neotropical pseudoscorpions: effects of prey changes on behavioral adjustments of colonies. *Acta Ethologica* 21(3): 153–161.
- Foelix, R.F. 2011. *Biology of spiders*. Oxford University Press, Oxford.
- Francke, O.F. and Villegas-Gúzman, G.A. 2006. Symbiotic relationships between Pseudoscorpions (Arachnida) and packrats (Rodentia). *Journal of Arachnology* 34: 289-298.
- Gabbutt, P. 1962. Nest of the marine false scorpion. *Nature London* 196: 97-98.
- García, L.F., Gonzalez-Gómez, J.C., Valenzuela-Rojas, J.C., Tizo-Pedroso, E. and Lacava, M. 2016. Diet composition and prey selectivity of Colombian populations of a social pseudoscorpion. *Insectes Sociaux* 63: 635-640.
- Gonzalez, V.H., Mantilla, B. and Mahnert, V. 2007. A new host record for *Dasychernes inquilinus* (Arachnida, Pseudoscorpiones, Chernetidae), with an overview of pseudoscorpion-bee relationships. *Journal of Arachnology* 35: 470-474.
- Guevara, J., Gonzaga, M.O., Vasconcellos-Neto, J. and Avilés, L. 2011. Sociality and resource use: insights from a community of social spiders in Brazil. *Behavioral Ecology* 22: 630-638.
- Hahn, N.S. and Matthiessen, F.A. 1993. Notas biológicas sobre *Paratemnus minor* (Pseudoscorpiones, Atemnidae). *Revista Brasileira de Biologia* 53: 571–574.
- Harada, A.Y. and Adis, J. 1998. Ants obtained from trees of a “Jacareúba” (*Calophyllum brasiliense*) forest plantation in central Amazonia by canopy fogging: first results. *Acta Amazonica* 28: 309-318.
- Harvey, M.S. 1992. The phylogeny and classification of the Pseudoscorpionida (Chelicerata: Arachnida). *Invertebrate Taxonomy* 6: 1373-1435.
- Harvey, M.S. 2009. The first Australasian species of the genus pseudoscorpion halophilic *Paraliochthonius* (Pseudoscorpiones: Chthoniidae). *Records of the Western Australian Museum* 25: 329-344.
- Harvey, M.S. 2013. Pseudoscorpions of the World, version 2.0. Western Museum Australian, Perth. _URL:_Http:www.museum.wa.gov.au/catalogs/pseudoscorpion. Consulted: June 15, 2018).
- Hoff, C.C. 1959. The ecology and distribution of the pseudoscorpions of north-central New Mexico. University New Mexico. *Publishing Biological* 8: 1-68.
- Hölldobler, B. and Wilson, E. 1990. *The Ants*. Harvard University, Massachusetts.
- Judson, M.L. 2016. Pseudoscorpions (Arachnida, Chelonethi) in Mexican amber, with a list of extant species associated with mangrove and Hymenaea trees in Chiapas. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 68: 57-79.
- Klausen, F.E. 2005. The male genitalia of the family Atemnidae (Pseudoscorpiones). *Journal of Arachnology* 33: 641-662.
- Lee, V.F. 1979. The maritime pseudoscorpions of Baja California, México (Arachnida: Pseudoscorpionida). *Occasional Papers of the California Academy of Sciences* 131:1-38.
- Lee, V.F. 1979. The maritime pseudoscorpions of Baja California, México (Arachnida: Pseudoscorpionida). *Occasional Papers of the California Academy of Sciences* 131:1-38.
- Lubin, Y. and Bilde, T. 2007. The evolution of sociality in spiders. *Advances in the Study of Behavior* 37: 83-145.
- Mahnert, V. and Adis J. 2002. Pseudoscorpiones. In: Adis, J., Editor Amazonian Arachnida and Myriapoda. Pensoft Publisher, Moscow.
- Mahnert, V. 2014. Pseudoscorpions (Arachnida: Pseudoscorpiones) from the Galapagos Islands (Ecuador). *Revue Suisse de Zoologie* 121: 135-210.
- Mahnert, V. and Adis, J. 2002. Pseudoscorpiones. Pp: 367-380, En: Adis, J. (eds), Amazonian Arachnida and Myriapoda. Pensoft Publisher, Sofía – Moscow.

- Mahnert, V. and Schuster, R. 1981. *Pachyolpium atlanticum* sp. nov., ein Pseudoskorpion aus der Gezeitenzone der Bermudas-Morphologie und Ökologie (Pseudoscorpiones: Olpiidae). *Revue Suisse de Zoologie* 88: 265-273.
- Mackay, W.P. and Mackay, E.E. 1989. *Clave de los géneros de hormigas en México (Hymenoptera: Formicidae)*. II Simposio Nacional de Insectos Sociales. México.
- Montoya-Lerma, J., Giraldo-Echeverri, C., Armbrecht, I., Farji-Brener, A. and Calle, Z., 2012. Leaf-cutting ants revisited: Towards rational management and control. *International Journal of Pest Management* 58 (3): 225-247.
- Ortíz, M.C. and Fernández, F. 2011. Hormigas *Dolichodeirus lund* (Formicidae: Dolichoderinae) en Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Ciencias Naturales, Bogotá, Colombia.
- Palacio, E. and Fernández, F. 2003. Clave para las subfamilias y géneros. In Fernández, F. Editores. Introducción a las hormigas de la región Neotropical). Instituto de Investigación de recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, Bogotá D.C.
- Poinar, G.O., Čurčić, B.P.M, Jr., and Cokendolpher, J.C. 1998. Arthropod phoresy involving pseudoscorpions in the past and present. *Acta Arachnology* 47: 79-96.
- Tizo-Pedroso, E. and Del-Claro, K. 2005. Matrophagy in the neotropical pseudoscorpion *Paratemnoides nidificator* (Balzan, 1888)(Atemnidae). *Journal of Arachnology* 33(3): 873-877.
- Tizo-Pedroso, E. and Del-Claro, K. 2007. Cooperation in the neotropical pseudoscorpion, *Paratemnoides nidificator* (Balzan, 1888): feeding and dispersal behavior. *Insectes Sociaux* 54: 124-131.
- Tizo-Pedroso, E. and Del-Claro, K. 2011. Is there division of labor in cooperative pseudoscorpions? An analysis of the behavioral repertoire of a tropical species. *Ethology* 117: 498-507.
- Tizo-Pedroso, E. and Del-Claro, K. 2018. Capture of large prey and feeding priority in the cooperative pseudoscorpion *Paratemnoides nidificator*. *Acta Ethologica* 21: 109-117.
- Viera, C. and Agnarsson, I. 2017. Parental Care and Sociality. In: Viera, C. and Gonzaga, M.O. Editor. *Behaviour and Ecology of Spiders, Contributions from the Neotropical Region*. Springer International Publishing, Gewerbestrasse, Cham, Switzerland.
- Villanueva, D. Rocío García, R. and James-Montoya, J.L. 2016. Nidos de *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Myrmicinae) en Sistemas Cafeteros Contrastantes, Departamento del Cauca, Colombia. *Boletín Científico del Centro de Museos de la Universidad de Caldas* 20(2): 138-150.
- Weygoldt, P. 1969. *The biology of pseudoscorpions*. Harvard University Press, Cambridge.
- Whitehouse, M.E. and Lubin, Y. 2005. The functions of societies and the evolution of group living: spider societies as a test case. *Biological Reviews* 80: 347-361.
- Wilson, E.O. 1971. *The insect societies*. Harvard University Press, Cambridge.
- Wilson, E.O. 1975. *Sociobiology: the new synthesis*. Harvard University Press, Princeton.
- Yip, E.C. and Rayor, L.S. 2014. Maternal care and subsocial behaviour in spiders. *Biological Reviews* 89:427-449.
- Zeh, D.W. and Zeh, J.A. 1992a. Dispersal-generated sexual selection in a beetle-riding pseudoscorpion. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 30: 135-142.
- Zeh, D.W. and Zeh, J.A. 1992b. On the function of harlequin beetle-riding in the pseudoscorpion, *Cordylochernes scorpioides* (Pseudoscorpionida: Chernetidae). *Journal of Arachnology* 20: 47-51.
- Zeh, J.A. and Zeh, D.W. 1990. Cooperative foraging for large prey by *Paratemnus elongatus* (Pseudoseorpionida, Atemnidae). *Journal of Arachnology* 18: 307-311.

How to cite: Torres, R., Bedoya, E. and Tovar, J. 2018. Cooperative foraging of *Paratemnoides nidificator* (Balzan, 1888) (Pseudoscorpiones: Atemnidae) on two species of ants (Hymenoptera:Formicidae) in the tropical dry Forest, Colombian Caribbean. *Intropica* 14(1): 43-50. DOI: <http://dx.doi.org/10.21676/23897864.2697>.

Respuestas del maíz que indican que el paclobutrazol induce mayor actividad genética

Maize responses that indicate that the Paclobutrazol induces higher genetic activity

Teresa Velázquez-Alcaraz^{ID}, Tomás Díaz-Valdés^{ID}, Felipe Ayala-Tafoya^{ID}, Moisés G. Yáñez-Juárez^{ID}, Leopoldo Partida-Ruvalcaba^{ID}*, Raymundo Medina-López^{ID} y Carlos A. López-Orona^{ID}

*Autor de correspondencia: parpolo@yahoo.com.mx

Recibido: 11 septiembre de 2018

Aceptado: 13 febrero de 2019

Universidad Autónoma de Sinaloa, Sinaloa, México

Resumen

Palabras clave:

ácidos nucleicos; síntesis de proteínas; rendimiento del grano de maíz

El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto que produce el paclobutrazol (PBZ) en la actividad genética de los cultivares de maíz Puma 1076, 30P49 y DK2020 a través de la evaluación de las variables de respuesta verdor, altura de planta, diámetro del tallo, longitud y ancho de hoja, peso y volumen de 1000, contenido de proteína y rendimiento de grano por hectárea. El diseño experimental fue de bloques completos al azar, con cinco repeticiones en dos experimentos realizados durante los ciclos agrícolas 2008-2009 y 2009-2010. En el primer ciclo se utilizaron parcelas de cuatro surcos de 40 m de largo, donde se aplicó 200 kg de N ha⁻¹, mientras que en el segundo experimento la longitud de las parcelas fue de 5,0 m y se fertilizó con 250 kg de N ha⁻¹. Las dosis de PBZ fueron 150, 300 y 450 mg L⁻¹ de agua al exponerse la cuarta, sexta y octava hoja verdadera, respectivamente. Los resultados indicaron que el PBZ indujo mayor actividad genética, ya que la síntesis de proteínas y de otros componentes de células, tejidos y órganos es un proceso que depende de la transcripción de mensajes del ADN en el ARNm, de la síntesis de aminoácidos, del transporte de aminoácidos por el ARNt y de la unión de aminoácidos por la enzima peptidil transferasa, lo que conlleva a la traducción de mensajes en proteínas estructurales y activas (enzimas), para formar más células y sustancias que constituyen a estas y, en consecuencia, ocasionar más rendimiento de grano por hectárea.

Abstract

Key words:

nucleic acids; protein synthesis; corn grain yield

The aim of the research was to determine the effect of Paclobutrazol (PBZ) in the genetic activity of the maize cultivars Puma, 30P49 and DK2020, through the evaluation of response variables greenness, height of plant, stem diameter, leaf length and width, weight and volume of 1000 grains, protein content and grain yield per hectare. The experimental used was randomized complete blocks design with five replicates in two experiments performed during the 2008-2009 and 2009-2010 agricultural cycles; in the first cycle plots of four row of 40 m of long were used, where 200 kg of N ha⁻¹ were applied; while in the second the length of plots was 5.0 m and fertilized with 250 kg of N ha⁻¹. The doses were 150, 300 and 450 mg of PBZ L⁻¹ of water until exposure of the fourth, sixth and eighth true leaf, respectively. The results indicated that PBZ induced greater genetic activity, since the synthesis of proteins and other components of cells, tissues and organs is a process that depends on the transcription of DNA messages in mRNA, amino acid synthesis, the transport of amino acids by tRNA and the binding of amino acids by the enzyme Peptidyl Transferase, which leads to the translation of messages into structural and active proteins (enzymes), to form more cells and substances that constitute them and consequently , cause more grain yield per hectare.

El paclobutrazol (PBZ) es un regulador del crecimiento del grupo de los triazoles que ha sido registrado como inhibidor de la biosíntesis del ácido giberélico que incrementa el contenido de citocininas y ácido abscísico. Además, aumenta considerablemente el total de fenoles en la especie *Ocimum sanctum* (Gopi *et al.*, 2009). En la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.), el PBZ incrementa la superficie epicuticular de las raíces, el color verde de las hojas y el contenido total de clorofila a 3,54 mg g⁻¹ de peso fresco (Nizam y Te-chato, 2009). Goulston y Shearing (1985) registraron que, en plantas de Nochebuena, aplicaciones de paclobutrazol dirigidas al suelo y follaje redujeron la altura de estas y produjeron especímenes más compactos, con un follaje verde oscuro.

Partida *et al.* (2007) observaron que el PBZ incrementó la biomasa de raíz y de la parte aérea en pimiento morrón y berenjena, con relación al testigo. En pimiento morrón, 150 mg L⁻¹ fue la dosis más adecuada al aumentar 1,1 veces la longitud de raíz, 3,7 veces la materia fresca y 13 veces la materia seca, y al incrementar en 1,5 y 6,7 veces la materia fresca y la seca de la parte aérea, respectivamente. En raíces de berenjena, el incremento fue de 1,3 veces la materia fresca y de 71 % la materia seca de raíz, y de 81 % la materia fresca y 89 % la materia seca de la parte aérea.

El PBZ es un retardante usado con frecuencia en plantas ornamentales para controlar su crecimiento y compactarlas, de tal manera que en plántulas de la especie *Nerium oleander* reduce significativamente todos los parámetros de crecimiento, lo que da lugar a plantas más compactas y de buen valor comercial cuando se aplica al suelo. Sin embargo, con este procedimiento suele ser persistente en el suelo (Ochoa *et al.*, 2009).

Mediante dosis de 12 y 24 mL L⁻¹ de PBZ, combinado con 75 y 150 kg de N ha⁻¹, respectivamente, esta sustancia disminuye la altura y madurez de las plantas de maíz, pero también incrementa el grosor del tallo y el rendimiento de materia seca. Así mismo ocurre con el contenido de la clorofila a y b con relación a las plantas testigo (Iremiren *et al.*, 2002).

En *Ficus benjamina*, la producción y el tamaño de la hoja fueron caracteres reducidos cuando el medio fue humedecido con PBZ (LeCain *et al.*, 1986). También en árboles de pecana (*Carya illinoensis* (Wangenh) C. Koch) se disminuyó el crecimiento de raíces y el área foliar durante cuatro años después que las plantas fueron tratadas (Wood, 1988).

El PBZ es un activo inhibidor de la biosíntesis del ácido giberélico (Tadao *et al.*, 2000) que ha sido usado para

retardar la elongación del tallo, y en ocasiones para promover la floración en plantas ornamentales leñosas (Wilkinson y Richards, 1988). En hojas de maíz (*Zea mays*), de los cultivares 3902 de Pioneer y Orgullo 5, el PBZ ocasionó que los cloroplastos fueran más grandes y, asimismo, que se incrementara el número de lamelas del estroma y de pilas de grana (Sopher *et al.*, 1999).

En diversos tipos de vegetales se pueden encontrar cloroplastos de diferente tamaño y formas (Possingham, 1980), los cuales cuando son jóvenes se dividen de forma activa, especialmente si el órgano que los contiene se expone a la luz. Por lo tanto, a menudo cada célula de una hoja madura posee cientos de cloroplastos que contienen estroma con enzimas que convierten el CO₂ en carbohidratos, sobre todo en almidón, tilacoides (lamelas) y grana (pilas de tilacoides), constituidos por dos membranas, en donde se almacena la clorofila (Salisbury y Ross, 2000).

Los mensajes contenidos en el ADN se transcriben en las moléculas de ARNm para traducirse en los ribosomas con actividad de los ARNt, los ARNr y enzimas como la endonucleasa, la peptidil transferasa, la aminoacil sintetasa, entre otras. De esta manera sintetizan las proteínas estructurales o activas (enzimas), que a su vez son transportadas a las partes celulares demandantes para formar parte de los orgánulos o estructuras celulares (Strickberger, 1978). De acuerdo con Freifelder (1988) y con Lea y Leegood (1993), el almidón, los aminoácidos y las proteínas forman parte de las células vegetales, las cuales para su síntesis necesitan de mensajes contenidos en el código genético que conforman los codones del ADN.

De acuerdo con Strickberger (1978), Conn y Stumpf (1980) y Ferreira *et al.* (2005), para metabolizar el nitrógeno y el magnesio en las moléculas de clorofila, se requirieron todas aquellas enzimas que sólo pudieron sintetizarse por la transcripción de mensajes del ADN en el ARNm y la traducción de éstos en los ribosomas, donde necesariamente también participó mayor cantidad de enzimas en la unión de aminoácidos, como la aminoacil-ARNt Sintetasa y la peptidil Transferasa, mismas que se constituyeron por la previa síntesis de los aminoácidos necesarios en su composición. El objetivo de esta investigación fue determinar si el Paclobutrazol promueve mayor actividad genética en el maíz.

La investigación se realizó en el campo experimental de la facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Sinaloa, ubicada en el kilómetro 17,5 de la carretera Culiacán-Eldorado, con coordenadas 24° 37' 29" N y 107° 26' 36" O. En el primer experimento, conducido en el ciclo

agrícola 2008-2009, solo se utilizó el cultivar Puma, y en el ciclo 2009-2010 se evaluaron, además, 30P49 y DK2020. Durante el ciclo 2008-2009, la siembra se llevó a cabo el 19 de diciembre de 2008, en tanto que en el ciclo 2009-2010 se hizo el 8 de diciembre de 2009. En los dos casos se formaron hileras sencillas y bajo condiciones de campo abierto, en un diseño experimental de bloques completos al azar con cinco repeticiones.

Para la variedad Puma en el ciclo 2008-2009, las parcelas experimentales constaron de cuatro surcos de 40 m de largo, y las parcelas útiles fueron los dos surcos centrales, con separación de 0,80 m entre sí. Sobre ellos se hizo la siembra a tierra venida, ya que el suelo es de textura arcillosa y se dió un riego por gravedad antes de la siembra, así como los riegos de auxilio por gravedad (tres) necesarios para inducir el crecimiento y desarrollo de las plantas. Todas las parcelas experimentales del primer ciclo se manejaron con 200 kg de N ha⁻¹ a partir de urea, aplicando el 100 % en el momento de la escarda, antes del primer riego de auxilio; además, las plantas se protegieron con el insecticida Paratión Metílico 720 para combatir el gusano cogollero. Previo a la siembra se hizo análisis del suelo para conocer algunas de sus propiedades físicas y químicas, tales como pH = 7,6, conductividad eléctrica (CE) = 0,92 dS m⁻¹, materia orgánica (MO) = 0,86, relación de adsorción del sodio (RAS) = 1,1, nitrógeno total (N) = 147 kg ha⁻¹ y fósforo total (P) = 28,7 kg ha⁻¹.

Por otra parte, en el ciclo 2009-2010 la siembra también se hizo en surcos separados a 0,80 m, pero en parcelas experimentales de 5,0 m de largo. El manejo en este caso incluyó la fertilización con 250 kg de N ha⁻¹ a partir de urea y la aplicación de cuatro riegos de auxilio por gravedad y de Paratión Metílico 720 para controlar el gusano cogollero.

En los dos ciclos, la densidad de población fue de 11 plantas por metro lineal, lo que ocasionó una población de 137.500 plantas por hectárea, lo cual resulta de multiplicar 11 plantas X 100 m de largo de los surcos X 125 surcos que se pueden construir en 100 m de ancho de la parcela.

Las variables de estudio fueron: contenido de clorofila, altura de planta, diámetro del tallo, longitud y anchura de hojas, peso y volumen de 1000 granos, contenido de proteína y rendimiento de grano por hectárea. En cuanto a los tratamientos aplicados, estas fueron las dosis de 0 (testigo), 150, 300 y 450 mg de PBZ L⁻¹ de agua. La dosis de 150 mg de PBZ L⁻¹ de agua se aplicó en una sola ocasión, mientras que las de 300 y 450 se completaron a través de dos y tres aplicaciones con 150 mg de PBZ L⁻¹ de agua, respectivamente, con una bomba manual. La primera

aplicación del PBZ se hizo cuando las plantas tuvieron cuatro hojas verdaderas, mientras que la segunda y la tercera se hicieron ocho días después de la que las precedió, de tal manera que las plantas tuvieron las respectivas seis y ocho hojas verdaderas.

Todas las variables, excepto el contenido de proteína, se evaluaron en una muestra de 20 plantas seleccionadas al azar. El contenido de clorofila se midió en unidades SPAD-502, en la parte media de la lámina foliar (específicamente, a un lado de la nervadura central), y los datos se recabaron ocho días después de cada aplicación (en aquellos casos donde se realizaron hasta tres aplicaciones, la medición se llevó a cabo antes de la siguiente aplicación). La altura se estableció a partir de la superficie del suelo hasta la base de la inflorescencia masculina. El diámetro del tallo se midió utilizando vernier en el entrenudo localizado entre la segunda y la tercera hoja verdadera, considerando la parte más ensanchada de este. La longitud y la anchura de las hojas se determinaron con cinta métrica en la octava hoja de abajo hacia arriba: la primera desde la vaina hasta el ápice de las hojas, y la segunda en la parte central de la lámina foliar.

El peso de 1000 granos se obtuvo con una báscula de precisión marca Ohaus con capacidad de 2610 g. El volumen se constató con una probeta de 500 mL, a través de la diferencia del total de mililitros de agua base y el valor observado después de depositar los 1000 granos. Para el contenido de proteína se utilizó el método Kjeldahl, y solo se hizo en el grano de la variedad Puma que se sembró en el ciclo agrícola 2009-2010, en tanto que el rendimiento se determinó con base en la producción obtenida en la cantidad de metros cuadrados de las parcelas útiles. Los datos se analizaron estadísticamente con el procedimiento PROC GLM del SAS Institute (1996), versión 6.12, utilizando la prueba de comparación múltiple de promedios Tukey, con $\alpha \leq 0,05$.

Las dosis de 150, 300 y 450 mg PBZ L⁻¹ de agua indujeron promedios de verdor (contenido de clorofila) que superaron respectivamente en 3,9, 4,8 y 5,9 % el promedio observado en el testigo (tabla 1). De tal manera que estos resultados coinciden con los de Iremiren *et al.* (2002), toda vez que estos autores observaron que las plantas de maíz tratadas con PBZ también fueron más verdes que las plantas testigo.

De manera general, la altura de las plantas fue de 2,26 m, con desviación estándar de 0,15 m y coeficiente de variación de 6,6 %. Los promedios de altura que se obtuvieron de las plantas tratadas con 150, 300 y 450 mg de PBZ L⁻¹ de agua fueron estadísticamente iguales y

fueron de 0,9 a 2 % superiores a las de las plantas testigo (tabla 1). De esto se deduce que las plantas con PBZ fueron más eficientes para formar materia seca, así como en el gasto de energía y la fijación de CO₂, y contribuyeron más en la conservación del medio ambiente y, en esa medida, en la disminución del calentamiento global. Además, la respuesta en la altura indica que el PBZ en las tres dosis que se utilizaron no disminuyó este carácter, lo que coincide con los resultados de Partida *et al.* (2007) y Velázquez *et al.* (2008), quienes observaron incrementos en la altura de plantas de tomate y chiles, respectivamente cuando aplicaron dosis de 250, 300 y 350 mg de PBZ L⁻¹ de agua. El diámetro del tallo se expresó con un promedio general de 2,6 cm, con desviación estándar de 0,4 cm y coeficiente de variación de 15,4 %. Con los promedios obtenidos con cada tratamiento, presentados en la tabla 1, se estimaron

incrementos de 5,5, 0,8 y 4,3 % en las plantas tratadas con 150, 300 y 450 mg de PBZ L⁻¹ de agua con respecto al diámetro de tallos de las plantas testigo.

La longitud de hojas presentó un promedio general de 97,8 cm, con una desviación estándar de 4,0 cm y un coeficiente de variación igual a 4,1 %. No obstante que en esta característica no se observaron diferencias estadísticas significativas (tabla 1), en las plantas tratadas con PBZ hubo incrementos que oscilaron de 0,5 a 1,5 cm en relación con la longitud de hojas en las plantas testigo. Los datos referidos indican mayor producción de materia seca y área foliar y, en consecuencia, mayor eficiencia en la fijación de CO₂, mejoramiento del proceso fotosintético y mayor influencia de las plantas en la disminución del calentamiento global.

Tabla 1. Verdor (V), altura (H), diámetro de tallo (DDT), longitud de hoja (L) y ancho de hoja (A) del cultivar Puma de maíz tratado con PBZ (ciclo agrícola 2008-2009), Diferencia Mínima Significativa (DMSH). Promedios con letras iguales en la misma columna son iguales.

Dosis de PBZ (mg L ⁻¹)	V (u. SPAD)	H (m)	DDT (cm)	L (cm)	A (cm)
0 (testigo)	35,4 a	2,2 a	2,5 a	96,9 a	8,7 a
150	36,8 a	2,2 a	2,7 a	97,4 a	8,3 a
300	37,1 a	2,2 a	2,5 a	98,3 a	8,5 a
450	37,5 a	2,2 a	2,6 a	98,3 a	8,4 a
DMSH	2,2	0,07	0,1	2,07	0,39

El ancho de las hojas tuvo un promedio general de 8,5 cm, con una desviación estándar de 0,7 cm y un coeficiente de variación de 8,2 %. Entre los promedios obtenidos de las poblaciones de plantas tratadas y no tratadas (testigo) no hubo diferencias estadísticas (tabla 1); no obstante, las hojas de las plantas con PBZ fueron ligeramente menos anchas (de 1,6 a 4,4 %) que las del testigo, lo que indica que el PBZ hizo más eficientes a las plantas por el contenido de clorofila y el proceso fotosintético que por el área foliar ya que, de acuerdo con Sopher *et al.* (1999), el PBZ ocasiona que en el maíz (en los cultivares 3902 de Pioneer y Orgullo 5) los cloroplastos se hagan más grandes y se aumente el número de lamelas del estroma y el de pilas de grana contenidos, según Salisbury y Ross (2000), en unos cuantos cientos de cloroplastos en

cada célula de la hoja madura. De tal manera que, en cloroplastos más grandes, con mayor número de lamelas y pilas de grana, se almacena más clorofila en la doble membrana de éstas.

Los incrementos observados en el verdor, la altura, el diámetro de tallos y la longitud de hojas en las plantas tratadas con PBZ también tienen relación con los resultados de Partida *et al.* (2007) y Velázquez *et al.* (2008): los primeros obtuvieron mayor verdor, altura y producción de materia seca en las raíces y en la parte aérea de las plantas de pimiento morrón y de berenjena tratadas con PBZ, mientras que los segundos reportaron mayor crecimiento del tallo en plantas de tomate que fueron asperjadas con dosis de 250, 300 o 350 mg de PBZ L⁻¹ de agua. Por otro

lado, los resultados en cuanto a las disminuciones de la anchura de hojas también tienen relación con los de Burch *et al.* (1996), toda vez que ellos observaron que el PBZ reduce la expansión de hojas en muchas especies de árboles.

Además, los incrementos antes referidos son importantes evidencias de que las plantas cultivadas con PBZ fueron más eficaces en la captura de CO₂ y así contribuyeron en la mejora del medio ambiente. Sin embargo, cabe anotar que dicha eficacia también fue consecuencia de la mayor actividad genética de las células, ya que, según lo señalado, para metabolizar el nitrógeno y magnesio entre otros nutrientes, e incrementar la cantidad de moléculas de clorofila, se requirieron más enzimas que solo pudieron sintetizarse, según Strickberger (1978), Conn y Stumpf (1980) y Ferreira *et al.* (2005), por la transcripción de mensajes del ADN en el ARNm y la traducción de estos en los ribosomas, donde necesariamente también participó mayor cantidad de enzimas en la unión de aminoácidos, como la aminoacil-ARNt sintetasa y la peptidil transferasa, que se constituyeron por la previa síntesis de los aminoácidos necesarios en su composición.

El peso de 1000 granos tuvo un promedio general de 358,4 g, con una desviación estándar de 26,9 g y coeficiente de variación de 7,5 %. Este carácter se incrementó 1,4, 1,4 y 3,2 % con las respectivas dosis de 150, 300 y 450 mg de PBZ L⁻¹ de agua (tabla 2). El promedio general del volumen de 1000 granos fue de 293 cm³; la desviación estándar, de 27,3 cm³; y el coeficiente de variación, de 9,3 %. Esta característica se incrementó 0,7, 4,9 y 3,5 con las dosis antes mencionadas en relación con el volumen

promedio observado en los granos del testigo (tabla 2). Por su parte, el rendimiento de grano nos mostró sin diferencias estadísticas, con un promedio general de 8,8 t ha⁻¹, desviación estándar de 1,9 t ha⁻¹ y coeficiente de variación de 19,8 %. En este carácter los incrementos fueron de 12,6, 9,0 y 12,6 % con las respectivas dosis de 150, 300 y 450 mg de PBZ en comparación con el testigo (tabla 2). De tal manera que las diferencias numéricas o en porcentajes indican que las plantas tratadas con PBZ fueron más eficientes para fijar CO₂ y acumular materia seca en el órgano de cosecha (grano), por lo que esta tecnología puede ser una alternativa para mejorar el rendimiento de los sistemas de producción agrícola de maíz, a la vez que, por inducir mayor fijación de CO₂, también puede ser una tecnología que indirectamente contribuya a que disminuya el deterioro del medio ambiente.

El peso, el volumen y el rendimiento de grano son características que están relacionadas con sustancias como el almidón, los aminoácidos y las proteínas que, según Freifelder (1988) y Lea y Leegood (1993), forman parte de las células vegetales y para cuya síntesis se necesita de mensajes contenidos en el código genético que conforman los codones del ADN. En este orden de ideas, para que los tres caracteres se incrementaran en la forma que se indica en la tabla 2, la demanda de nutrientes para la síntesis de aminoácidos y proteínas estructurales y enzimas fue mayor y, por tanto, la transcripción de mensajes del ADN en el ARNm y la traducción de estos tuvieron que darse muchas veces más para satisfacer la demanda de las células constituyentes de los granos más pesados, con más volumen y que ocasionaron mayor rendimiento por hectárea.

Tabla 2. Peso, volumen y rendimiento de grano de la variedad Puma Ciclo agrícola 2008-2009. Promedios con letras iguales en la misma columna son iguales.

Dosis de PBZ (mg L ⁻¹)	Peso de 1000 granos (g)	Volumen de 1000 granos (cm ³)	Rendimiento (t ha ⁻¹)
0 (testigo)	350,7 a	284 a	8,1 a
150	355,5 a	286 a	9,1 a
300	355,6 a	298 a	8,8 a
450	361,9 a	294 a	9,1 a
DMSH	50,6	51,3	1,3

Tabla 3. Verdor (unidades SPAD) de tres cultivares tratados con PBZ. Ciclo agrícola 2009-2010. Promedios con letras iguales en la misma columna son iguales.

Dosis de PBZ (mg L ⁻¹)	Cultivares		
	Puma	30P49	DK2020
0 (testigo)	34,8 b	34,8 b	34,4 b
150	38,1 a	38,1 a	36,7 a
300	35,9 a	-----	-----
450	37,8 a	-----	-----
DMSH	3,4	3,1	3,0

Al revisar nuevamente los efectos producidos por el PBZ en el contenido de clorofila de los cultivares Puma, 30P49 y DK2020, en el primero se observó una media general de 38,9 Unidades Spad con una desviación estándar de 3,4 unidades spad y un coeficiente de variación de 8,9 % (tabla 3), por lo que la clorofila sólo se incrementó 1,8% con 300 mg de PBZ en relación al testigo. En el cultivar 30P49 la media general fue de 36,3 Unidades Spad, una desviación estándar de 4,1 Unidades Spad y un coeficiente de variación de 11,3%; de tal manera que en este cultivar el contenido de clorofila no

se incrementó en comparación con el testigo. En el cultivar DK2020 la media general fue de 35,6 Unidades Spad con una desviación estándar de 5,7 Unidades Spad y un coeficiente de variación de 16,0 %, de tal manera que en este cultivar también se incrementó la clorofila en 6,7 % en las plantas con PBZ en relación al testigo. Los resultados obtenidos en los ciclos 2008-2009 y 2009-2010, permitieron observar que el PBZ indujo incremento del verdor (contenido de clorofila), pero la concentración de esta sustancia no se modificó conforme se incrementó la dosis de PBZ L⁻¹ de agua.

Tabla 3. Verdor (unidades SPAD) de tres cultivares tratados con PBZ. Ciclo agrícola 2009-2010. Promedios con letras iguales en la misma columna son iguales.

Dosis de PBZ (mg L ⁻¹)	Cultivares		
	Puma	30P49	DK2020
0 (testigo)	34,8 b	34,8 b	34,4 b
150	38,1 a	38,1 a	36,7 a
300	35,9 a	-----	-----
450	37,8 a	-----	-----
DMSH	3,4	3,1	3,0

La altura del genotipo Puma fue igual entre las plantas con 0 (testigo), 150, 300 o 450 mg de PBZ (tabla 4). En 30P49, la altura también fue similar entre las del testigo y las que solo recibieron 150 mg de PBZ. De igual forma ocurrió entre las plantas del cultivar DK-2020 tratado con la misma dosis de PBZ (150 mg) y las del testigo. Esto permitió confirmar

que el PBZ no disminuyó dicho carácter en los tres cultivares utilizados, aplicándolo a partir de la cuarta hoja verdadera, quizás porque las giberelinas existen en mayor concentración en plantas con las etapas fenológicas consideradas en esta investigación, aunque este regulador sea conocido como inhibidor de las giberelinas en los puntos de crecimiento.

La longitud de hojas en el cultivar Puma tuvo un promedio general de 94,8 cm con desviación estándar de 5,2 cm y coeficiente de variación de 5,5 %. No obstante solo ocurrieron diferencias numéricas, la longitud se incrementó de 3,1-3,2 % con 150 o 450 mg de PBZ en comparación con la longitud de hojas del testigo (tabla 5). El cultivar DK2020 presentó un promedio general de 94,4 cm con una desviación estándar de 4,1 cm y un coeficiente de variación de 4,4 %; sin embargo, esta variable disminuyó 1,6 % en las plantas tratadas con 150 mg de PBZ comparadas con el testigo. No obstante, 30P49 mostró un promedio de 84,3 cm, la desviación estándar fue de 4,2 cm, y el coeficiente de variación fue de 5,0 %, pero en las plantas tratadas con PBZ disminuyó 1,2 % con respecto a las del testigo.

La anchura de las hojas de Puma tuvo un promedio de 9,6 cm con desviación estándar de 1,3 cm y coeficiente de

variación de 13,5 %, mientras que en 30P49 el promedio fue de 10,2 cm con desviación estándar de 0,6 cm y coeficiente de variación de 6,3 %, en tanto que en DK2020 los valores fueron de 9,8, 0,8 cm y 8,4 %, respectivamente. Sin embargo, esta variable fue ligeramente menor en Puma y 30P49; en cambio, en DK2020 fue a la inversa.

Cuando se aplicaron diferentes dosis de PBZ (tabla 6), el contenido de proteína se observó sin diferencias significativas en el cultivar Puma, y el incremento máximo que se obtuvo fue de 6,1 % en el grano de las plantas en que se aplicaron 300 mg de PBZ, en comparación con el contenido proteico del testigo. Sin embargo, la correlación del contenido de proteína con el rendimiento de grano fue negativa ($r = -0,67$), lo cual coincidió con lo reportado por Löffler *et al.* (1985) en cuanto a la correlación negativa del contenido de proteína y el rendimiento de grano en trigo.

Tabla 4. Altura (m) de planta de tres cultivares de maíz tratado con PBZ en etapas de cuatro, seis y ocho hojas verdaderas en el cultivar Puma, y en la de cuatro para 30P49 y DK2020. Ciclo agrícola 2009-2010. Promedios con letras iguales en la misma columna son iguales.

Dosis de PBZ (mg L ⁻¹)	Cultivares		
	Puma	30P49	DK2020
0 (testigo)	1,9 a	2,0 a	2,0 a
150	1,9 a	2,0 a	2,0 a
300	1,9 a	-----	-----
450	1,8 a	-----	-----

Tabla 5. Longitud (L) y ancho (A) (cm) de hojas en tres cultivares de maíz. Ciclo agrícola 2009-2010. Promedios con letras iguales en la misma columna son iguales (Tukey $\leq 0,05$).

Dosis de PBZ (mg L ⁻¹)	Cultivares					
	Puma		30P49		DK2020	
	L	A	L	A	L	A
0 (testigo)	92,6 a	9,5 a	84,8 a	10,4 a	95,2 a	9,8 a
150	95,5 a	10,2 a	83,8 a	10,1 a	93,7 a	9,7 a
300	95,5 a	9,3 a	-----	-----	-----	-----
450	95,6 a	9,5 a	-----	-----	-----	-----
DMSH	3,8	1,0	2,7	0,4	2,7	0,5

Tabla 6. Contenido de proteína (%) del grano del cultivar Puma y rendimiento (t ha⁻¹) de grano de tres cultivares de maíz. Ciclo agrícola 2009-2010. Promedios con letras iguales en la misma columna son iguales (Tukey ≤ 0,05).

Dosis de PBZ (mg L ⁻¹)	Cultivares			
	Proteína	Rendimiento	Rendimiento	Rendimiento
0(testigo)	11,4 a	10,8 ab	9,7 a	11,0 a
150	11,7 a	8,2 b	9,9 a	11,1 a
300	12,1 a	9,6 ab	-----	-----
450	11,3 a	12,5 a	-----	-----
DMSH	4,3	3,4	3,4	4,8

El rendimiento del cultivar Puma tuvo un promedio general de 10,3 t, con desviación estándar de 1,8 t y un coeficiente de variación de 17,4 %, pero el mayor rendimiento se obtuvo con la dosis de 450 mg de PBZ, cuyo incremento fue 15,7 % más con relación al testigo. No obstante, con 150 y 300 mg de PBZ el rendimiento disminuyó 24,1 % y 11,1 %, respectivamente, lo que a su vez confirmó la correlación negativa entre el contenido de proteína y el rendimiento de grano mencionada por Loffler *et al.* (1985). Con el cultivar 30P49, el promedio general de rendimiento fue de 9,8 t, con una desviación estándar de 1,5 y coeficiente de variación 15,5 %; sin embargo, con los 150 mg de PBZ que se aplicaron solo se logró un incremento de 2,1 % con respecto al testigo. Finalmente, el cultivar DK2020 expresó un rendimiento promedio general de 11,1 t, con desviación estándar de 2,7 t y un coeficiente de variación de 24,8 %, pero con 150 mg de PBZ, única dosis aplicada, el incremento fue de apenas 0,9 % comparado con el testigo.

Lo anterior permitió deducir que la respuesta de los cultivares de maíz varió según la dosis de PBZ y el manejo que se les dió, como en el caso del cultivar Puma, pero también dicha respuesta fue diferente entre cultivares, lo cual es de comprenderse si se toma en cuenta que son genotipos diferentes, ya que los progenitores son distintos. Esto también conllevó a la deducción de que para que se incrementara el contenido de proteína y el rendimiento de grano, aún en las cantidades que se indican en la tabla 6, debió incrementarse la actividad genética para que la síntesis de proteínas se diera con mayor frecuencia al transcribirse mayor cantidad de mensajes del ADN en el ARNm y traducirlos en los ribosomas con la acción de los ARNt y ARNr, así como de todas las enzimas necesarias para la síntesis de

proteínas, como lo explica Strickberger (1978). Esto es, el PBZ activa al material genético no solo para la síntesis de proteínas estructurales, sino también para la síntesis de proteínas activas (enzimas), ya que estas últimas se requieren para la síntesis de las primeras y de los respectivos aminoácidos. Además, el incremento del rendimiento de grano dejó en evidencia que, para formar más granos y producir más kilogramos de grano por hectárea, fueron necesarias más moléculas proteicas, que luego formaron parte de las membranas y paredes, entre muchas otras partes celulares más.

Al considerar las toneladas de grano que produjo el cultivar de maíz Puma (tabla 6), se estimó que el 11,4 % de proteína en el grano del testigo fue equivalente a 1231,4 kg de grano, en tanto que el 11,3 % de proteína en el grano del mismo cultivar manejado con PBZ equivalió a 1412,5 kg de grano. Esto último correspondió a un incremento de 14,7 % con respecto al testigo, lo cual también es evidencia de que en el cultivar Puma se produjeron más proteínas como consecuencia de la mayor actividad genética que promovió el PBZ. Algo similar ocurrió en los cultivares 30P49 y DK2020, aunque en porcentajes de 2,1 y 0,9, respectivamente.

El PBZ ocasionó incremento en la mayoría de las variables evaluadas en los cultivares de maíz. Esto indicó que para que eso sucediera fue necesario un aumento de la actividad genética de las células de los cultivares y, por tanto, más transcripción de mensajes en el ARNm, síntesis de aminoácidos, transportación de estos por el ARNt, unión de aminoácidos por la enzima peptidil transferasa y traducción de mensajes en proteínas estructurales y activas (enzimas), para formar más células y sustancias que constituyen a estas, lo que genera más rendimiento de grano por hectárea.

Referencias

- Burch, P.L., Wells, R.H. y Kline W.N. 1996. Red maple and silver maple growth evaluated 10 years after application of paclobutrazol tree growth regulator. *Journal Arboriculture* 22: 61-66.
- Conn, E.E. y Stumpf, P.K. 1980. *Bioquímica Fundamental*. Editorial Limusa, S. A. México, D. F.
- Ferreira, V., Szpiniak, B. y Grassi, E. 2005. *Manual de Genética, Tomo I*. Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba.
- Freifelder, D. 1988. *Fundamentos de Biología Molecular*. Editorial Acribia S. A., Zaragoza.
- Gopi, R., Abdul, J.Ch., Divyanair, V., Azooz, M.M. y Panneerselvam, R. 2009. Effect of paclobutrazol and ABA on total phenol contents in different parts of Holy Basil (*Ocimum sanctum*). *Academic. Journal of Plant Sciences* 2(2): 97-101.
- Goulston, G.H. y Shearing, S.J. 1985. Review of the effects of Paclobutrazol on ornamental pot plants. *Acta Horticulturae* 167: 339-348.
- Iremiren, G.O., Adewumi, P.O., Aduloju, S.O. y Ibitoye, A.A. 2002. Effects of Paclobutrazol and nitrogen fertilizer on the growth and yield of maize. *Journal of Agricultural Science* 128: 425-430.
- Lea, P.J. y Leegood, R.C. 1993. *Plant Biochemistry and Molecular Biology*. Editorial John Wiley & Sons, Nueva York.
- LeCain, D.R., Schekel, K.A. y Walple, R.L. 1986. Growth retarding effects of paclobutrazol on weeping fig. *HortScience* 21: 1150-1152.
- Loffler, C.M., Rauch, T.L. y Busch, R.H. 1985. Grain and plant protein relationships in hard red spring wheat. *Crop Science* 25: 521-524.
- Nizam, K. y Te-chato, S. 2009. Optimizing of root induction in oil palm plantlets for acclimatization by some potent plant growth regulators (PGRs). *Journal of Agricultural Technology* 5(2): 371-383.
- Ochoa, J., Franco, J.A., Bañón, S. y Fernández, J.A. 2009. Distribution in plant, substrate and leachate of Paclobutrazol following application to containerized Nerium oleander L. seedlings. *Spanish Journal of Agricultural Research* 7(3): 621-628.
- Partida, R.L., Velázquez, A.T. de J., Acosta, V.B., Ayala, T.F., Díaz, V.T., Inzunza, C.J.F. y Cruz, O.J.E. 2007. Paclobutrazol y crecimiento de raíz y parte aérea de plántulas de pimiento morrón y berenjena. *Revista Fitotecnia Mexicana* 30(2): 145-149.
- Possingham, J.V. 1980. Plastid replication and development in the life cycle of higher plants. *Annual Review of Plant Physiology* 31: 113-129.
- Salisbury, F.B. y Ross, C.W. 2000. *Fisiología de las Plantas. Paraninfo Thomson Learning, Madrid, España. SAS Institute. 1996. SAS User's Guide: Basics, 5th Edition. SAS Institute Inc., Cary, N. C.*
- Sopher, C.R., Król, M., Huner, N.P.A., Moore, A.E. y Fletcher R.A. 1999. Chloroplastic changes associated with Paclobutrazol-induced stress protection in maize seedlings. *Canadian Journal Botany* 77(2): 279-290.
- Strickberger, M.W. 1978. *Genética*. Ediciones Omega, S. A. Imprenta Juvenil S. A. Barcelona.
- Tadao, A., Kin, M.Y., Nagata, N., Yamagishi, K., Takatsuto, S., Fujioka, S., Murofushi, N., Yamaguchi, I. y Yoshida S. 2000. Characterization of brassinazole, a triazole-type brassinosteroid biosynthesis inhibitor. *Plant Physiology* 123(1): 93-99.
- Velázquez, A.T. de J., Partida, R.L., Acosta, V.B. y Ayala, T.F. 2008. Producción de plantas de tomate y Chile aplicando Paclobutrazol al follaje. *Universidad y Ciencia* 24(1): 21-28.
- Wilkinson, R.I. y Richards, D. 1988. Influence of Paclobutrazol on growth and flowering of *Camellia x williamsii*. *HortScience* 23(2): 359-360.
- Wood, B.W. 1988. Paclobutrazol suppresses vegetative growth of large pecan trees. *HortScience* 23(2): 341-343.

Citar como: Velázquez-Alcaraz, T., Díaz-Valdés, T., Ayala-Tafoya, F., Yáñez-Juárez M.G., Partida-Ruvalcaba L., Medina-López, R. y López-Orona, C.A. Respuestas del maíz que indican que el paclobutrazol induce mayor actividad genética *Intropica* 14(1): 51-59. DOI: <http://dx.doi.org/10.21676/23897864.2765>.

Preliminary study on fluctuation of the *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in greenhouse tomato and pepper crops, Tucumán, Argentina

Estudio preliminar sobre la fluctuación de *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) en cultivos de tomate y pimiento bajo cubierta, Tucumán, Argentina

Eugenia S. Ortega¹, Cecilia A. Veggiari-Aybar¹, Ana L. Ávila² y Carmen Reguilón^{3*}

*Corresponding author: c_reguilon@yahoo.com.ar

Received: 12 October 2018

Accepted: 27 February 2019

1 Instituto Superior de Entomología "Dr. Abraham Willink", Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán, Tucumán, Argentina.

2 Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombes, Tucumán, Argentina.

3 Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina.

Abstract

Key words:
whitefly; abundance; pests
insect; *Solanum lycopersicum*;
Capsicum annuum

The aim of this study was to determine the abundance and population fluctuations of *Bemisia tabaci* (Gennadius) in greenhouse tomato and pepper crops in Lules department, Tucumán province (Argentina). Entomological sampling was carried out from July 2008 to March 2009. Adults were collected using sticky traps while immature individuals were collected from the leaflets of the different plant strata. A total of 121.075 individuals of *B. tabaci* were collected, from which 12.630 corresponded to eggs, 8.718 to nymphs, 262 to pupae, and 99.465 to adults. In general terms, the abundance of *B. tabaci* increased considerably from the third week of sampling and stayed high, with pepper crops showing the highest number of individuals.

Resumen

Palabras clave:
mosca blanca; abundancia;
insecto plaga; *Solanum*
lycopersicum; *Capsicum*

El objetivo del trabajo fue determinar la abundancia y fluctuación poblacional de *Bemisia tabaci* (Gennadius) en cultivos de tomate y pimiento bajo cubierta en el departamento Lules, provincia de Tucumán (Argentina). Los muestreos entomológicos se realizaron desde julio de 2008 a marzo de 2009, recolectándose adultos mediante trampas adhesivas e inmaduros en los folíolos de los diferentes estratos de las plantas. Se recolectó un total de 121,075 individuos de *B. tabaci*, de los cuales 12,630 corresponden al estado de huevo, 8,718 a ninfa, 262 a pupa y 99,465 a adulto. En líneas generales, la abundancia de *B. tabaci* aumentó considerablemente a partir de la tercera semana de muestreo y se mantuvo elevada, siendo el cultivo de pimiento el que presentó mayor número de individuos.

Bemisia tabaci (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) is among the most economically important pests in the world. In Latin America and the Caribbean, the whitefly has led to losses that have diminished the productivity of socioeconomically important crops, such as *Ipomea batatas* L. (sweet potato) (Convolvulaceae), *Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum and Nakai (watermelon), *Cucumis melo* L. (melon), *Cucumis sativus* L. (cucumber), *Cucurbita maxima* Duchesne (squash), *Cucurbita argyrosperma* Huber (cushaw

pumpkin), *Cucurbita moschata* Duchesne (crookneck squash) (Cucurbitaceae); *Glycine max* L., (soybean) and *Phaseolus vulgaris* L. (bean) (Leguminosae); *Gossypium hirsutum* L. (cotton), *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench (okra) (Malvaceae); *Capsicum annuum* L. (pepper), *Solanum lycopersicum* L. (tomato), *Solanum melongena* L. (eggplant), *Solanum tuberosum* L. (potato) and *Nicotiana tabacum* L. (tobacco) (Solanaceae) (Byrne *et al.*, 1990; Brown, 1993; Caballero and Pitty, 1995; Lourenção and Nagai, 1994).

Bemisia tabaci causes both direct and indirect damage to crops. It causes direct damage through the sucking of phloem sap causing the weakening of the plant, chlorosis, and foliage deformation (López-Ávila, 2005). And it also causes indirect damage due to the accumulation of excreted honeydew, which favors the development of sooty mold fungi, causing plant asphyxia, reduction of the photosynthesis process, and interference in the deposition of chemical products used for controlling whiteflies, ultimately leading to the loss of the commercial value of fruits (Vet *et al.*, 1980; Llorens Climent and Garrido Vivas, 1992; Salguero, 1993 López-Ávila, 2005). However, the more serious damage is the transmission of bacterial and virus-borne diseases, the most important being the geminivirus. Among them the tomato yellow mosaic virus (TYMV) and the tomato yellow leaf curl virus (TYLCV) are the most relevant (Vet *et al.*, 1980; Llorens Climent and Garrido Vivas, 1992; Salguero, 1993; García Marí *et al.*, 1994; Naranjo *et al.*, 2004; Polack, 2005).

In Argentina, *B. tabaci* was cited for the first time in 1943, on cotton crops in Chaco province (Mound and Halsey, 1978), and in 1955 it was registered in Tucumán province (Viscarret, 2000). However, in 1994 the first studies of the population dynamics of the white fly and its associated parasitoids in northern Argentina appeared (Viscarret, 2000), as well as studies of the presence of the geminivirus, associated to *B. tabaci* in soybean, tomato, bean and pepper crops (Mound and Halsey, 1978; Viscarret *et al.*, 2001).

In northwest Argentina, one of the main limiting factors for production of tomato and pepper crops is the attack of whitefly, whose population dynamics is poorly known. Thus, the aim of this study was to determine the abundance and population dynamics of *B. tabaci* in greenhouse tomato and pepper crops in Tucumán Province.

The study was carried out in Lules department (26°55'60" S 65°20'60" O; 382 AMSL), Tucumán province, Argentina. This area is part of the humid and per humid piedmont agrological region, whose main characteristic is its high soil fertility due to the presence of Lules river alluvial fan (Zuccardi and Fadda, 1992).

Sampling took place from July 2008 to March 2009 in four crop plots with Almeria type cover: two Temporada variety tomato crops (I and II) and two pepper crops APL-82 variety (III and IV), both under conventional pest management, but with rational use of insecticides: in tomato BIO SPAN was used, while pepper crops were treated with Lamdex. Plots I and II contained 2.200 and 2.180 plants respectively. Plots III and IV contained 2.080 and 2.140 pepper plants respectively. The whole production cycle of both crops was recorded.

Adults were sampled using yellow sticky traps 5 x 7 cm, replaced every 15 days. For their placement, the number of plants and rows of each plot was considered, and a diagonal pattern was followed, including the extremes and center of evaluated area. The immature forms (eggs, nymphs, and pupae) were collected fortnightly from the top, medium, and lower strata, extracting one leaflet per strata, established according to the size of each plot, and to the total number of plants. The sampling was carried out following the criterion of Bueno *et al.* (2005) to encompass all the developmental stages of *B. tabaci*. Subsequently, the leaflets were placed in individual plastic bags and transferred in cases to the Laboratory of Agricultural Zoology of the Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombes (EEAOC) (Las Talitas, Tucumán). The identification and quantification of the immature and adult stages was performed through stereoscopic microscopes following specific keys (Caballero, 1994, 1996; Caballero and Pitty, 1995), and the data was recorded into a spreadsheet where the date, plant number, stratum, crop, and producer were registered for immature forms; and the date, place, crop, producer, and trap number were registered for adults.

The relative abundance (%) of the different developmental stages of *B. tabaci* by crop type and sampled plot was determined, calculated as the abundance of each of stages in relation with total abundance of collected specimens. Additionally, population fluctuation of the different developmental stages throughout the sampling period was determined, obtaining abundance variation graphs by crop type and plot. Prior to the analyses, abundance values were transformed logarithmically ($\ln(n + 1)$), to improve data visibility. Finally, Spearman non-parametric correlation analyses were performed, using InfoStat statistic software (INFOSTAT, 2007), to determine the relation between number of eggs and number of adults.

A total of 121.075 specimens of *B. tabaci* were collected, of which 12.630 corresponded to eggs, 99.465 to adults, 8.718 to nymphs, and 262 to pupae. In tomato plot I, a higher number of adults (92.4 %) was recorded, followed by nymphs (5.6 %), eggs (1.7 %), and pupae (0.2 %). In Plot II, a higher abundance of adults (89.5 %) was also registered, followed by eggs (6.1 %), nymphs (4.2 %), and pupae (0.2 %). In pepper plot III, a higher number of adults (79.5 %) was also found, followed by eggs (12.8 %), nymphs (7.5 %), and pupae (0.2 %) and in plot IV a higher number of adults (75.7 %) was observed as well, followed by nymphs (13.1 %), eggs (11.1 %), and pupae (0.1 %).

In general, the behavior of different developmental stages of *B. tabaci* by plot showed variations throughout the

sampling period, and a population increase in the two last weeks was observed. In plot I, *B. tabaci* showed an increase in the number of eggs by week 15, and an increase of nymphs and adults by week 16, both corresponding to November 2018. In plot II, *B. tabaci* showed regular fluctuations throughout the sampling period, with egg and nymph abundance peaks mainly by week 11 and 13 (April, 2009); and two abundance peaks in adults, one during week 5 (March, 2009) and another in week 13 (April, 2009). Furthermore, week 13 had the highest number of specimens (figure 1 a, b).

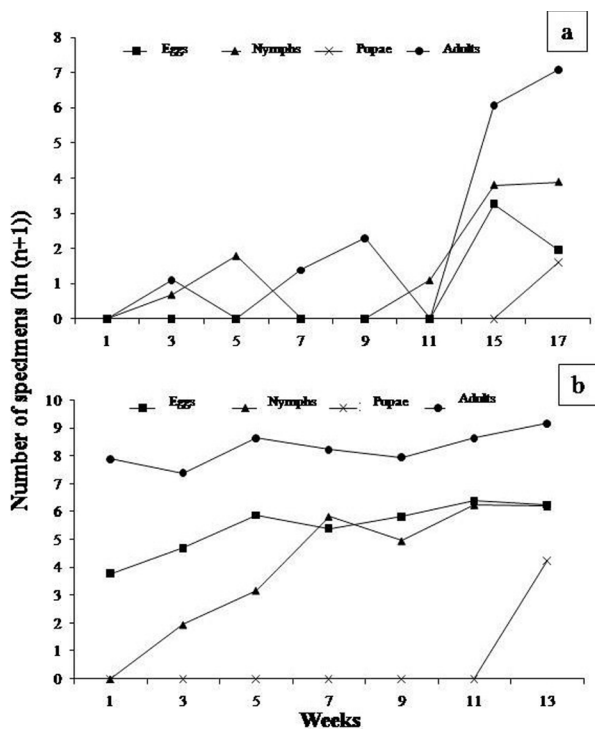


Figure 1. Population fluctuation of different stages of *Bemisia tabaci* collected in tomato crops under cover, a. Plot I; b. Plot II.

The population dynamics of *B. tabaci* in pepper crops showed a similar pattern of behavior to that observed in tomato crops. In plot III, *B. tabaci* fluctuated regularly, with an increase in the number of eggs and nymphs mainly by week 13 (January, 2008), followed by week 22 (March, 2009); and an increase in the number of adults by week 13 (January, 2008), and 18 (February, 2008). In plot IV, the different developmental stages of *B. tabaci* also showed regular distribution patterns, with an increase in number of eggs during week 27 (November, 2008), followed by an increase in number of nymphs by week 25 (November, 2008). In turn, adult specimens showed abundance peaks in week 27 (November, 2008) (figure 2 a, b).

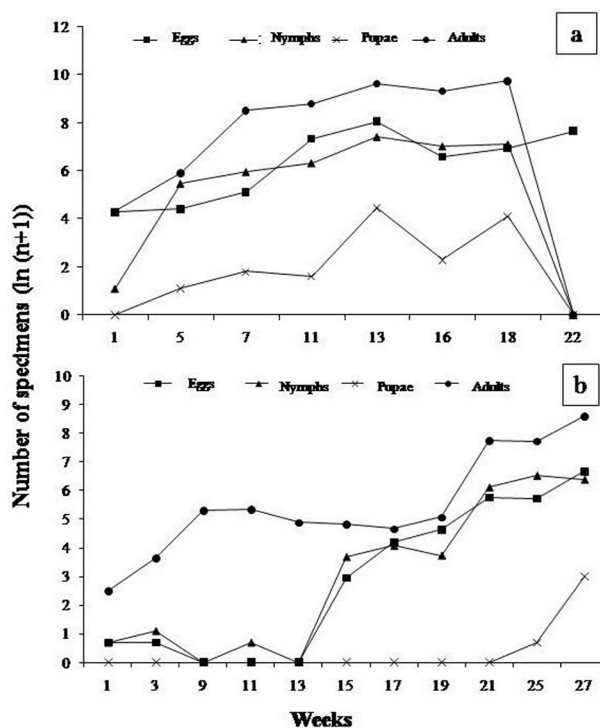


Figure 2. Population fluctuation of different stages of *Bemisia tabaci* collected in pepper crops under cover, a. Plot III; b. Plot IV.

It is worth mentioning that exploratory sampling of *B. tabaci* in the field was performed, in which a higher number of nymphs and adults was registered, and irregular fluctuations were found, with an increase in adult populations by week 6 (October, 2008). When comparing these findings with those observed in under cover crops, it can be suggested that *B. tabaci* populations behave differently, which might be due to the different temperature, humidity, and photoperiod conditions, which are controlled inside greenhouses.

Finally, the correlation analysis between the number of eggs and the number of adults of *B. tabaci* was significant both in tomato crops ($r = 0.94$; $p < 0.01$) and in pepper crops ($r = 0.87$; $p < 0.01$). Thus, *B. tabaci* adult sampling in under cover plots can give an approximation of crop egg density, which is in itself an important tool for decision-making aiming at controlling whiteflies in the region.

According to these results, we could say that the relative abundance of *Bemisia tabaci* differed according to the developmental stage, crop type, plot, and sampling week; and a higher abundance of *B. tabaci* was found in pepper crops. Certain studies report the existence of *B. tabaci* oviposition and nymph development preferences over

plants with pubescent leaves, such as the tomato (Morales and Cermeli, 2001; Sánchez *et al.*, 1997). However, in these studies it was observed that *B. tabaci* took longer to develop in tomato crops in relation to other host plants (*Phaseolus vulgaris* L., *Gossypium hirsutum* L., *Hibiscus rosa-sinensis* L. y *Euphorbia pulcherrima* Willd.).

Overall, the fluctuation of *B. tabaci* was regular in both crop types, and population increases occurred gradually since infestation, with a higher abundance of adults towards the last weeks of sampling. These results agree with those observed in populations of immature stages of *B. tabaci* in Almería, Spain where a gradual increase towards the end of the greenhouse pepper crop period was observed, and where adult populations exhibited three abundance peaks that might have been due to different generations (González Zamora and Moreno Vázquez, 1996). Likewise, in Maracaibo, Venezuela, under abiotic controlled conditions it was determined that *B. tabaci* can present 13 to 14 generations per year in tomato crops, and approximately four to five cycles in host plants in 120 days (Sánchez *et al.*, 1997).

Acknowledgments

We would like to thank the Agricultural Zoological Section of the Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC), Las Talitas, Tucumán, and especially give thanks to Eduardo Willink, Director of Special Disciplines.

References

Brown, J. 1993. Evaluación crítica sobre los biotipos de mosca blanca en América de 1989 a 1992. In: Hilje, L., Arboleda, O. Editor. *Las moscas blancas (Homoptera: Aleyrodidae) en América Central y el Caribe*. Informe Técnico n° 205. CATIE, Turrialba.

Bueno, J.M., Cardona, C. and Chacón, P. 2005. Fenología, distribución y desarrollo de método de muestreo para *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Homoptera: Aleyrodidae) en habichuela y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Colombiana de Entomología* 31 (2): 161-170.

Byrne, N., Bellows, T.S.Jr. and Parrella, M. 1990. 'Whiteflies in agricultural systems'. In: Gerling, D. Editor. *Whiteflies: their bionomics, pest status and management*. Intercept L.T.D., Andover.

Caballero, R. 1994. Calve de campo para inmaduros de mosca blanca de Centroamérica (Homoptera: Aleyrodidae). *Revista Ceiba* 35 (1): 47-51.

Caballero, R. 1996. *Identificación de moscas blancas*. L. Hilje *Metodologías para el estudio y manejo de moscas blancas y geminivirus*. CATIE, Turrialba.

Caballero, R. and Pitty, A. 1995. IV Taller Latinoamericano sobre moscas blancas y geminivirus. *Revista Ceiba* 36: 1.

García Marí, F., Costa Comelles, J. and Ferragut Perez, F. 1994. Plagas Agrícolas. *Phytoma España* 58: 63-72.

González Zamora, J. and Moreno Vázquez, R. 1996. Análisis de las tendencias poblacionales de *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) en pimiento bajo plástico en Almería. *Boletín Sanidad Vegetal Plagas* 22: 159-167.

INFOSTAT. 2007. *Infostat software estadístico, versión 2007*. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina: Grupo InfoStat.

López-Ávila, A. 2005. Biología y control: control biológico de las moscas blancas. Taller. Centro de Investigación Tibaitatá, Bogotá.

Lourenção, A.L. and Nagai, H. 1994. Surtos populacionais de *Bemisia tabaci* no estado de São Paulo. *Bragantia* 53 (1): 53-59.

Llorens Climent, J. and Garrido Vivas, A. 1992. *Homoptera III. Moscas Blancas y su Control Biológico*. PISA, Alicante.

Mound, L. and Halsey, S. 1978. *Whitefly of the World. A systematic catalogue of the Aleyrodidae (Homoptera) with host plant and natural enemy*. British Museum (Natural History), London, UK.

Morales, P. and Cermeli, M. 2001. Evaluación de la preferencia de la mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) en cinco cultivos agrícolas. *Entomotropica* 16 (2): 73-78.

Naranjo, S., Ellsworth, P. and Hagler, J. 2004. Conservation of natural enemies in cotton: role of insect growth regulators for management of *Bemisia tabaci*. *Biological Control* 30: 52-72.

Polack, A. 2005. *Manejo integrado de moscas blancas*. *Boletín Hortícola: Protección Vegetal*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, INTA San Pedro. Buenos Aires.

- Salguero, V. 1993. Perspectiva para el manejo del complejo mosca blanca-virosis. In: Hilje, L. and Arboleda, O. Editor. *Las moscas blancas (Homoptera: Aleyrodidae) en América Central y el Caribe*. Serie Técnica. Informe Técnico n° 205. CATIE, Turrialba.
- Sánchez, A., Gerud-Pouey, G. and Esparza, D. 1997. Biología de la mosca blanca del tabaco, *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) y potencial para desarrollar sus poblaciones sobre cinco especies de plantas hospederas. *Revista Facultad de Agronomía* 14: 193-206.
- Vet, L., Van Lenteren, J. and Woets, J. 1980. The parasite-host relationship between *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). IX. A review of the biological control of the greenhouse whitefly with suggestions for future research. *Journal of Applied Entomology* 90: 26-51.
- Viscarret, M. 2000. Estudios biológicos sobre Aleyrodidae de importancia económica (Insecta: Hemiptera) con énfasis en el complejo *Bemisia tabaci* (Gennadius) y su posible control biológico. Doctoral Thesis. Universidad Nacional de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.
- Viscarret, M., Lopez, S.N. and Botto, E. 2001. Estudios fitotóxicos y de tabla de vida y fecundidad sobre el biotipo ARG1 del complejo *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* 60 (1-4): 167-176.
- Zuccardi, R. and Fadda, G. 1992. Bosquejo agrológico de la provincia de Tucumán. Miscelánea N° 86. Facultad de Agronomía y Zootecnia - UNT, Argentina.

Citar como: Ortega, E.S., Veggiani-Ayba, C.A., Ávila, A.L. and Reguilón, C. Preliminary study of the fluctuation of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) in greenhouse tomato and pepper crops, Tucumán, Argentina. *Intropica* 14(1): 60-64. DOI: <http://dx.doi.org/10.21676/23897864.2766>.

Patrón espacial de riqueza específica y vacíos de representatividad de flebotominos del género *Lutzomyia* (Diptera: Psychodidae) en Mérida, Venezuela

Spatial patterns of specific richness and gaps of representativeness of sandflies genus *Lutzomyia* (Diptera: Psychodidae) in Merida, Venezuela

María Rujano^{1,2}, Mireya Sánchez¹, Yorfer Rondón¹, Maritza Rondón¹, Elsa Nieves^{1*}

* Autor de correspondencia: nievesbelsa@gmail.com

Recibido: 14 octubre de 2018

Aceptado: 26 marzo de 2019

1 Laboratorio de Parasitología Experimental, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela

2 Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Facultad de Arquitectura y Diseño, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela

Resumen

Palabras clave:

distribución espacial; riqueza potencial; flebotominos; MaxEnt; modelado

Los modelos de distribución de especies son una poderosa herramienta que presenta diferentes aplicaciones. El presente trabajo aporta los patrones de diversidad espacial de los flebotominos en el estado Mérida, Venezuela, por medio del modelado aplicando el algoritmo de máxima entropía MaxEnt, con el cual se generaron los mapas de distribución de riqueza específica y riqueza potencial del género *Lutzomyia* en dicha región. A partir de dichas distribuciones, se proyectan los vacíos de representatividad, que es la ocurrencia de flebotominos en áreas con insuficiente información. Para el análisis, se creó una base de datos de presencia con 30 especies del género *Lutzomyia* (Diptera: Psychodidae) capturadas en diferentes puntos georreferenciados de Mérida. Los resultados muestran que las regiones de alta riqueza específica y potencial correspondieron a la zona del valle del Mocotíes, seguida por áreas de la zona panamericana del estado Mérida, mientras que los municipios pertenecientes a los Pueblos del Sur y los municipios que comprenden al páramo merideño presentaron los valores más bajos en este sentido. El análisis identificó vacíos de representatividad, espacios probables de presencia de flebotominos del género *Lutzomyia* en zonas sin registro de captura, en los municipios de los Pueblos del Sur, de la zona metropolitana y del páramo merideño. Se aportan datos sobre la biodiversidad de los flebotominos en el estado Mérida importantes para los entes de control en la prevención contra la leishmaniasis.

Abstract

Key words:

spatial distribution; richness potential; sandflies; MaxEnt; modeling

Species distribution models are a powerful tool that presents different applications. This work contributes patterns spatial diversity of sandflies in the state of Mérida by applying modeling algorithm of maximum entropy MaxEnt generating maps specific richness distribution and potential richness of the genus *Lutzomyia* in the state Mérida Venezuela and from these distributions are projected gaps of representativeness sandflies occurrence in areas with insufficient record. For the analysis a database of presence with 30 species of the genus *Lutzomyia* (Diptera: Psychodidae) captured in different georeferenced points state Mérida Venezuela was created. The results show that the regions of high specific and potential richness corresponded to the zone of the Mocotíes valley, followed by areas of the Pan-American zone of Mérida state. While the municipalities belonging to the Towns of the South and municipalities that comprise the Páramo Mérida presented the lowest values of specific and potential richness. The analysis identified gaps of representativeness, probable spaces for the presence sandflies of genus *Lutzomyia* in areas without capture record detected in the municipalities of the Towns of the South, in municipalities of the metropolitan area and the Páramo Mérida. Data on the biodiversity of sandflies in the Mérida state are provided important for control agencies in the prevention of leishmaniasis.

Los flebotominos son insectos pertenecientes al género *Lutzomyia* (Diptera: Psychodidae) transmisores del parásito *Leishmania* (Kinetoplastida: Trypanosomatidae), causante de la leishmaniasis (Alexander y Maroli, 2003; Pinzón y Spence, 2013). Para comprender cómo estos responden a cambios inducidos por procesos naturales o antrópicos, de impactos climáticos y la distribución espacial de la biodiversidad, existen diferentes instrumentos de análisis, entre ellos el modelado (Chapman y Busby, 1994; Peterson y Vieglais, 2001; Nogues, 2003; Aguirre-Morales *et al.*, 2016).

Los modelos de distribución potencial de especies son una herramienta analítica para interpolar espacialmente información biológica importante de las áreas favorables para la presencia de especies (Peterson *et al.*, 2011). Es así como la distribución geográfica y potencial de los flebotominos en el estado Mérida ha sido estudiada con diferentes técnicas de modelado (Rujano *et al.*, 2015). Similarmente, se han observado la distribución de los flebotominos del estado Mérida con análisis de modelado bajo la premisa del impacto del calentamiento global con aportes importantes en la epidemiología y prevención de leishmaniasis (Nieves *et al.*, 2014a; Nieves *et al.*, 2015a). Comprender la biodiversidad y distribución de las especies en el tiempo y el espacio es imprescindible para entender y gestionar la manera más adecuada de la enorme diversidad biológica (Chapman y Busby, 1994; Nogues, 2003; Guisan y Thuiller, 2005; Mateo *et al.*, 2011; Plissock y Fuentes, 2011).

Desde una perspectiva de conservación, biodiversidad y control, el modelado permite predecir la ocurrencia de especies en áreas con insuficiente información (Pinzón y Spence, 2013). Esto resulta útil ante la dificultad de muestreo en extensas zonas y la escasa información sobre datos de presencia de especies de flebotominos, que hacen necesario predecir la ocurrencia con modelos matemáticos (Stockwell y Peters, 1999; Phillips *et al.*, 2006). Sin embargo, para que esos modelos se ajusten a la realidad y para disminuir errores de muestreo, es importante evaluar diferentes aspectos. Uno de ellos es la evaluación de los vacíos de representatividad (Plissock y Fuentes, 2011; Jacinto-Flores *et al.*, 2017), es decir, áreas desconocidas que no cuentan con registros de presencia (Guisan y Thuiller, 2005; Vargas *et al.*, 2010; Medina-Romero *et al.*, 2016). Con todo esto en mente, el objetivo de este trabajo es ampliar el conocimiento sobre la distribución de los flebotominos en el estado Mérida utilizando el modelado espacial de los patrones de distribución de la riqueza específica y potencial del género *Lutzomyia* e inferir los vacíos de representatividad. Limitaciones para inventariar la biodiversidad en áreas de gran extensión y

a la escasez de información sobre la presencia de muchas especies, se hace necesario poder predecir la ocurrencia de dichas especies en áreas de interés a partir de modelos matemáticos (Stockwell y Peters 1999; Phillips *et al.*, 2006).

Se elaboró una base de datos en archivo csv con la ocurrencia de 30 especies de flebotominos pertenecientes al género *Lutzomyia* (Diptera: Psychodidae) georreferenciadas y capturadas en diferentes zonas del estado y que se encuentran depositadas en la colección entomológica del LAPEX de la Universidad de Los Andes de Mérida. El área de estudio abarca dicho estado, localizado al occidente de Venezuela, entre las coordenadas 07°34'60,0" y 09°21'00" de latitud norte y los 70°30'0,0" y 72°0'0,0" de longitud oeste. La región presenta una gran variación bioclimática y altitudinal que va desde el nivel del mar hasta 4 978 msnm (Ataroff y Sarmiento, 2004), y se encuentra conformada por 23 divisiones geopolíticas, llamadas municipios, y zonas geográficas (figura 1).

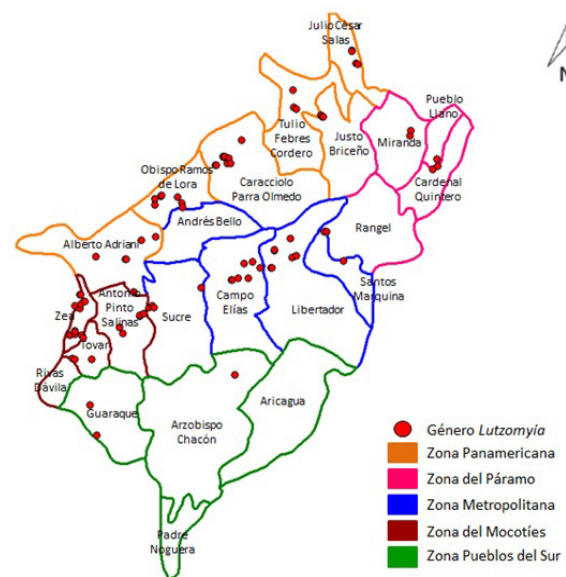


Figura 1. Ubicación espacial de los puntos georreferenciados de presencia de flebotominos del género *Lutzomyia* en el estado Mérida Venezuela.

Los flebotominos fueron capturados con trampas de Shannon, trampas CDC, trampas adhesivas y aspiración directa, como lo describen Nieves *et al.* (2014b). Los registros de los sitios de captura de los insectos se georreferenciaron con un equipo GPS-Garmin-Oregón 550, y los flebotominos se identificaron según las claves de Young y Duncan (1994),

mediante comparación de la morfología externa e interna, como se describe en Nieves *et al.* (2014b). Se emplearon las capas ambientales en formato ráster para la zona 23 con una resolución espacial de 1 km, 30 arcosegundos, derivadas de la interpolación de datos medios mensuales de precipitación y temperatura registrados en estaciones meteorológicas desde el año 1950 hasta el 2000, disponibles en la base de datos WorldClim (<http://www.worldclim.org>) (Hijmans *et al.*, 2005a). Las 19 variables bioclimáticas predictoras WorldClim utilizadas fueron la temperatura promedio anual (°C); el rango de temperatura diurna (°C); la isoterma (°C); la estacionalidad de temperatura (%); la temperatura máxima del período más caliente (°C); la temperatura mínima del período más frío (°C); el rango anual de temperatura (°C); la temperatura media en el trimestre más lluvioso (°C); la temperatura promedio en el trimestre más seco (°C); la temperatura promedio en el trimestre más caluroso (°C); la temperatura promedio en el trimestre más frío (°C); la precipitación anual (mm); la precipitación en el período más lluvioso (mm); la precipitación en el período más seco (mm); la estacionalidad de la precipitación (%); la precipitación en el trimestre más lluvioso (mm); la precipitación en el trimestre más seco (mm); la precipitación en el trimestre más caluroso (mm), y la precipitación en el trimestre más frío (mm).

Para el modelado se utilizó el algoritmo de máxima entropía MaxEnt, versión 3.3 (Phillips y Dudik, 2008). Los modelos se generaron sobre la base del total de registros disponibles para toda el área de distribución de cada especie del género *Lutzomyia* y las variables predictivas de datos climáticos. Una vez generados los rásteres binarios de las áreas de distribución para cada especie de *Lutzomyia*, se utilizó el programa DIVA-GIS (versión 7.5) (Hijmans *et al.*, 2005b) para sumar los mapas y así obtener un modelo final de consenso de predicción (Rujano *et al.*, 2015), que se materializa en un mapa que representa los patrones de distribución espacial del género *Lutzomyia* en el estado Mérida. El análisis de riqueza específica de registros puntuales georreferenciados y riqueza potencial con el modelado predictivo permitió inferir los vacíos de representatividad en la región, esto es, las áreas geográficas sin ningún registro de muestreo donde es probable encontrar diversas especies de *Lutzomyia* (Scheldeman y Van Zonneveld, 2011). Los resultados se representan en mapas con diferentes colores, que indican los patrones de distribución de riqueza específica, riqueza potencial y los vacíos en representatividad del género *Lutzomyia* en Mérida.

La figura 2 muestra la distribución de riqueza específica del género *Lutzomyia* en Mérida. La zona de mayor diversidad fue el suroeste del estado, con un rango de 15

a 17 especies, correspondiente a los municipios en el valle del Mocotíes, específicamente en el municipio Zea, que comprenden principalmente zonas montañosas, seguidos por los municipios de la zona panamericana, con una riqueza específica de entre 11 y 14 especies. Por otro lado, los menores valores de riqueza específica se presentan en los municipios ubicados en las zonas de mayor altitud, correspondiente a las áreas de páramo andino, principalmente los municipios Rangel y Cardenal Quintero.

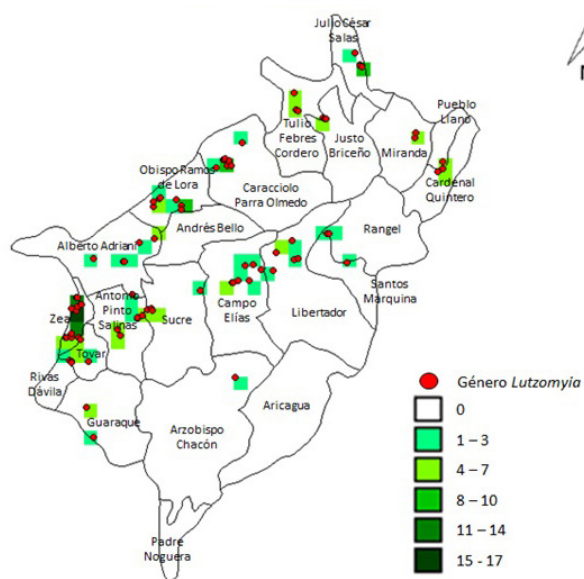


Figura 2. Patrón de distribución espacial de riqueza específica de flebotominos del género *Lutzomyia* en el estado Mérida Venezuela. Puntos rojos presencia del género *Lutzomyia*. El cuadrante de color indica el número de especies, el gradiente de especies va de 0 a 17, las zonas más oscuras representan mayor riqueza específica.

Los anteriores resultados muestran que los distintos municipios de Mérida presentan una gran biodiversidad de flebotominos. Se observa entonces que la heterogeneidad geográfica y ecológica del estado ofrece numerosos sitios de cría y de refugio que proveen las condiciones propicias para la propagación de estos insectos y su supervivencia en la región, lo que explica la gran biodiversidad de *Lutzomyia* y concuerda con una alta transmisión de leishmaniasis (Yarbu, 2011). Lamentablemente, es innegable que el aumento de las presiones antropogénicas sobre la biodiversidad, en particular el cambio de uso de suelo, la modificación de los ecosistemas, la extracción ilícita y mal planeamiento de los recursos naturales y el deterioro de los ecosistemas en general están conduciendo a una pérdida irreversible de especies o de sus poblaciones (Peterson,

2006; Ready, 2008). Estos cambios en la biodiversidad pueden tener una repercusión considerable en las áreas de transmisión de la leishmaniasis (Añez *et al.*, 1998; Nieves *et al.*, 2018).

Los patrones de distribución de riqueza potencial del género *Lutzomyia* en Mérida se presentan en la figura 3. Las áreas con alta riqueza potencial corresponden a los municipios del valle del Mocotíes y la zona panamericana, que presentan rangos de 24-28 y 19-24 especies, respectivamente. Así mismo se determinó una riqueza potencial media entre 15-19 especies en los municipios centrales del estado, como Campo Elías. En cuanto a otras zonas, los municipios de los Pueblos del Sur mostraron una riqueza potencial con 10-15 especies, mientras que los municipios pertenecientes a los Pueblos del Sur y aquellos correspondientes a la zona del páramo presentaron los valores más bajos de riqueza potencial, de 6-10 especies. A pesar del deterioro del hábitat por presiones ambientales (Rodríguez *et al.*, 2007) y/o antropogénicas (Nieves *et al.*, 2014a) que han llevado a la destrucción de los refugios naturales en la región, fenómeno que impacta en la abundancia y riqueza de flebotominos (Nieves *et al.*, 2015b; 2018), incrementando la dominancia y disminuyendo la diversidad y riqueza de la especie en las áreas intervenidas, lo que se deduce como una posible pérdida en la biodiversidad (Nieves *et al.*, 2014a), los resultados muestran mayores valores de la riqueza potencial en relación con la riqueza específica. Esto podría explicarse, tal vez, por un posible sesgo en el muestreo: la biodiversidad no se distribuye de manera homogénea, por lo que sus patrones espaciales han sido objeto de estudios en diferentes escalas o niveles, tipo hábitat o paisaje, hasta áreas de limitaciones geopolíticas (Almazán-Núñez *et al.*, 2013). Los mapas generados de distribución de riqueza específica y potencial expresan las áreas con variables climatológicas adecuadas para la diversidad de especies y también permiten relacionarla a los municipios del estado. Aunque las divisiones geopolíticas son arbitrarias, como los municipios de Mérida, los mapas obtenidos son relevantes a la hora de considerar estrategias de control contra la leishmaniasis por los entes competentes.

La figura 4 muestra los vacíos de representatividad del género *Lutzomyia* en el estado Mérida. Los resultados revelan que el análisis ajusta bien los valores de riqueza potencial y riqueza específica y predice vacíos de representatividad. De manera que las zonas probables de presencia de *Lutzomyia* en áreas no muestreadas del estado corresponden a los municipios de los Pueblos del Sur, de la zona metropolitana y de la zona del páramo.

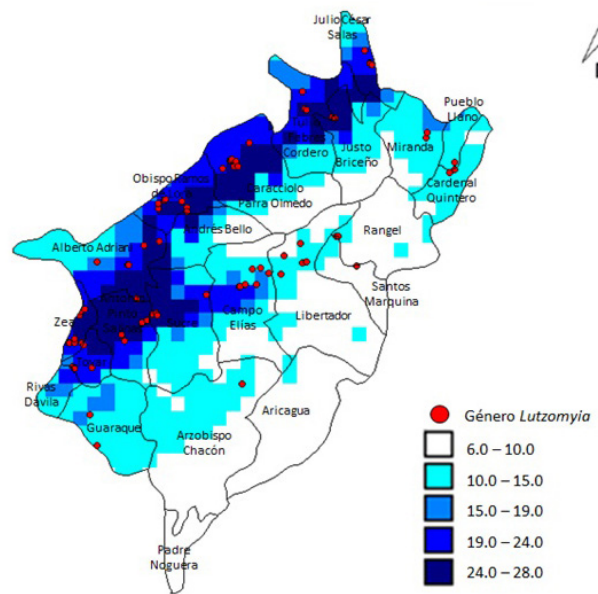


Figura 3. Patrón de distribución de la riqueza potencial de flebotominos del género *Lutzomyia* en el estado Mérida, Venezuela. Los puntos rojos indican la presencia del género *Lutzomyia*, mientras que el cuadrante de color indica el número de especies. El gradiente de especies va de 6 a 28, y las zonas más oscuras representan mayor riqueza potencial.

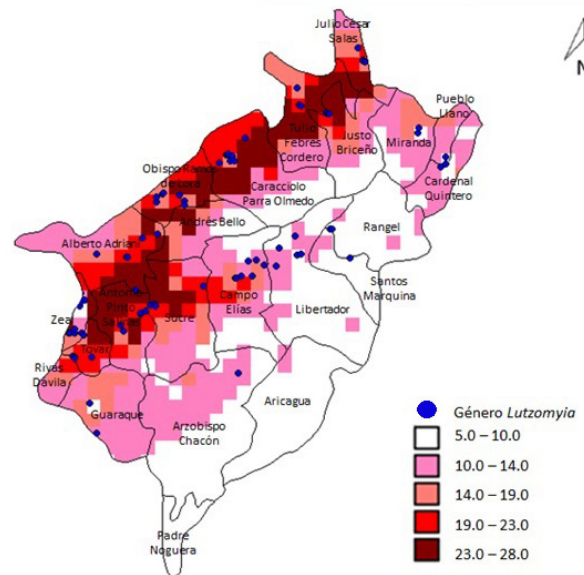


Figura 4. Patrón de distribución de vacíos de representatividad de flebotominos del género *Lutzomyia* en el estado Mérida, Venezuela. Se indican en azul los puntos de presencia del género *Lutzomyia*, mientras que el cuadrante de color indica el número de especies. El gradiente de especies va de 5 a 28, y las zonas más oscuras indican mayores áreas de vacíos de representatividad.

El modelado de riqueza específica y potencial de los flebotominos en Mérida sugiere que los municipios que comprenden ecorregiones de altas montañas del estado, correspondientes a zonas del páramo andino a alturas superiores a los 3000 msnm, caracterizadas por presentar temperaturas menores a 10 °C (Ataroff y Sarmiento, 2004), pueden ser considerados como espacios geográficos menos adecuados para estos insectos, lo que concuerda con la distribución de la casuística de leishmaniasis en la zona (Yarbu, 2011; Nieves *et al.*, 2014b). Sin embargo, hay que tomar en consideración que el análisis predijo vacíos de representatividad, es decir, espacios probables de presencia de *Lutzomyia*, en zonas no muestreadas en esas ecorregiones del páramo, lo que lleva a indicar que estas zonas altas merideñas presentan posibles condiciones climatológicas adecuadas a la presencia de estas especies. Estas predicciones no se deben menospreciar por más que no existan reportes de flebotominos capturados en Mérida a más de 2 800 metros de altitud (Young y Duncan, 1994; Rondón, 2014), pues las especies pueden adaptarse a los cambios del medio ambiente (Nieves *et al.*, 2018) y a diferentes condiciones ambientales, incluyendo zonas áridas y bajas o altas y heladas del planeta, e irse adecuando en el tiempo a ambientes o espacios que antes eran inadecuados (Sutherst, 2001). Además, se debe tener en cuenta la posible adaptación de las especies a las alteraciones del medio ambiente ocasionadas por el cambio climático (González *et al.*, 2014), en especial en estas zonas más vulnerables, que pueden afectar la distribución y adaptación de ciertas especies producto del calentamiento global, como lo plantea Nieves *et al.* (2015a) en cuanto a la distribución potencial de las principales especies de flebotominos en Mérida.

En definitiva, el modelado es una poderosa herramienta que permitió visualizar los patrones de distribución espacial del género *Lutzomyia* en el estado de Mérida y detectar vacíos de representatividad. Se espera que los resultados contribuyan en el diseño de estrategias y toma de decisiones más integrales en el control de la leishmaniasis.

Agradecimientos

A la Universidad de Los Andes por el apoyo financiero y parcial del Proyecto Estratégico Fonacit (Fondo Nacional de Ciencias, Tecnología e Innovación) n.º 2011000371, bajo la responsabilidad de la Dra. Elsa Nieves.

Referencias

- Aguirre-Morales, A.C., Bonilla-Morales, M.M. y Caetano, C.M. 2016. Evaluación de la diversidad y patrones de distribución de *Passiflora* subgénero *Astrophea* (Passifloraceae) en Colombia. Un reto para la investigación taxonómica, florística y de conservación de las especies. *Acta Agronómica* 65(4): 422-430.
- Alexander, B. y Maroli, M. 2003. Control of phlebotomine sandflies. *Medical Veterinary Entomology* 17: 1- 8.
- Almazán-Núñez, R.C., López, De A.S., Ríos-Muñoz C.A. y Navarro-Sigüenza, A.G. 2013. Áreas potenciales de riqueza, endemismo y conservación de las aves del estado de Querétaro, México. *Interciencia* 38: 1-34.
- Añez, N., Cazorla, D., Nieves, E., Chataing, M. y De Yarbu, A. 1998. Epidemiología de la *Leishmaniasis* tegumentaria en Mérida, Venezuela. Diversidad y dispersión de especies flebotominas en tres pisos altitudinales y su posible rol en la transmisión de la enfermedad. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz* 83(4): 455-463.
- Ataroff, M. y Sarmiento, L. 2004. Las unidades ecológicas de los Andes de Venezuela. En: La Marca, E. y Soriano, P., Editores. *Reptiles de Los Andes de Venezuela*. Fundación Polar, Codepre-ULA, Fundacite-Mérida-Venezuela y Biogeos, Mérida.
- Chapman, A.D. y Busby, J.R. 1994. Linking plant species information to continental biodiversity inventory, climate modeling and environmental monitoring. En: Miller, R.I., Editor. *Mapping the diversity of nature*. Chapman & Hall, Londres.
- González, C., Paz, A. y Ferro, C. 2014. Predicted altitudinal shifts and reduced spatial distribution of *Leishmania infantum* vector species under climate change scenarios in Colombia. *Acta Tropica* 129: 83-90.
- Guisan, A. y Thuiller, W. 2005. Predicting species distribution: Offering more than simple habitat models. *Ecology Letters* 8: 993-1009.
- Hijmans, R.J., Cameron, S., Parra, J., Jones, P. y Jarvis, A. 2005a. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal Climatology* 25(15): 1965-1978.
- Hijmans, R.J., Guarino, L., Jarvis, A., O'Brien, R. y Mathur, P. 2005b. DIVA-GIS, versión 7.5. <http://www.diva-gis.org/>. Consultado: 28 marzo de 2019.

- Jacinto-Flores, N.E., Sánchez-González, L.A. y Almazán-Núñez, R.C. 2017. Patrones de distribución y zonas prioritarias para la conservación de la avifauna de la costa del Pacífico de Guerrero, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 88: 960 -977.
- Mateo, R., Felicísimo, A. y Muñoz, J. 2011. Modelos de distribución de especies: Una revisión sintética. *Revista Chilena de Historia Natural* 84: 217-240.
- Medina-Romero, M., Castillo-Cerón, J. y Goyenechea, I. 2016. Riqueza herpetofaunística potencial y específica en la provincia biogeográfica de la Sierra Madre Oriental. *Ecología y Conservación de Anfibios y Reptiles de México Especial* 4: 1-26.
- Nieves, E., Oraá, L., Rondón, Y., Sánchez, M., Sánchez, Y., Rojas, M., Rondón, M., Rujano, M., González, N. y Cazorla, D. 2014a. Effect of environmental disturbance on the population of sandflies and *Leishmania* transmission in an endemic area of Venezuela. *Journal Tropical in Medicine* 2014: 1-7.
- Nieves, E., Oraá, L., Rondón, Y., Sánchez, M., Sánchez, Y., Rujano, M., Rondón, M., Rojas, M., González, N. y Cazorla, D. 2014b. Riesgo de transmisión de *Leishmania* (Kinetoplastida: Trypanosomatidae) en Mérida Venezuela. *Avances en Biomedicina* 3: 57-64.
- Nieves, E., Rujano, M., Ospino, H., Oraá, L., Rondón, Y., Sánchez, M., Sánchez, Y., Rondón, M., Rojas, M., González, N. y Cazorla, D. 2015a. Efectos del cambio climático sobre la distribución potencial de los flebotominos transmisores de leishmaniasis en Mérida, Venezuela. *Intropica* 10: 60-73.
- Nieves, E., Oraá, L., Rondón, Y., Sánchez, M., Sánchez, Y., Rujano, M., Rondón, M., Rojas, M., González, N. y Cazorla, D. 2015b. Distribution of Vector Sandflies *Leishmaniasis* from an Endemic Area of Venezuela. *Journal Tropical Disease* 3(2): 1-7.
- Nieves, B.E., Zambrano, A.E., Sánchez, M., Rondón, V.M. y Sandoval, R.C. 2018. Invasión de flebotomino transmisores de *Leishmania* en Mérida Venezuela. *Revista Duazary* 15(2): 129-142.
- Nogues, D.B. 2003. Estudio de la distribución espacial de la biodiversidad: conceptos y métodos. *Cuadernos de Investigación Geográfica* 29: 67-82.
- Peterson, A. y Vieglais, D. 2001. Predicting Species Invasions Using Ecological Niche Modeling: New Approaches from Bioinformatics Attack a Pressing Problem. *Bio Science* 51(5): 363-371.
- Peterson, A. 2006. Ecologic niche modeling and spatial patterns of disease transmission. *Emergen Infection Disease* 12: 1822-1826.
- Peterson, A.T., Soberón, J., Pearson, R.G., Anderson, R.P., Martínez-Meyer, E., Nakamura, M. y Araújo, M. 2011. *Ecological Niches and Geographic Distributions*. Monographs in Population Biology, Princeton University Press, Princeton, Nueva Jersey.
- Phillips, S., Anderson, R.P. y Schapire, R.E. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190: 231-259.
- Phillips, J. y Dudik, M. 2008. Modeling of species distributions with MaxEnt: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography* 31: 161-175.
- Pinzón, J. y Spence, J.R. 2013. Modelos de distribución de especies y hotspots de biodiversidad. In *Memorias 40° Congreso Socolen* 40: 281-319.
- Plissock, P. y Fuentes, T.C. 2011. Modelación de la distribución de especies y ecosistemas en el tiempo y en el espacio: una revisión de las nuevas herramientas y enfoques disponibles. *Revue Geograficaue Norte Gd* 48: 61-79.
- Ready, P.D. 2008. *Leishmaniasis* emergence and climate change. *Revue Scientifique Technique* 27(2): 399-412.
- Rodríguez, N., Carrero, J., De Lima H., Sandoval, I., Fernández, A. y Barrios, M. 2007. Impacto de fenómenos naturales (deslaves y vaguadas) sobre la epidemiología de la leishmaniasis cutánea en zonas del estado Mérida, Venezuela. *Revista de la Facultad de Ciencias de la Salud* 11: 43-47.
- Rondón, Y. 2014. Detección parasitológica y molecular de *Leishmania* en el Intestino de flebotominos vectores. Tesis de Grado, Universidad de los Andes, Mérida Venezuela.
- Rujano, M., Oraá, L., Rondón, Y., Sánchez, M., Rondón, M., Sánchez, Y., Rojas, M., González, N., Cazorla, D., Nieves, E. 2015. Modelo de distribución de *Lutzomyia* (Diptera: Psychodidae) vectores de leishmaniasis en Mérida Venezuela. *Intropica* 10: 37-51.
- Scheldeman, X. y Van Zonneveld, M. 2011. *Manual de Capacitación en Análisis Especial de Diversidad y Distribución de Plantas*. Bioersivity International, Roma.
- Stockwell, D. y Peters, D. 1999. The GARP modeling system: problems and solutions to automated spatial prediction. *International Journal of Geographical Information Science* 13(2): 143-158.
- Sutherst, R. 2001. Global change and human vulnerability to Vector-Born diseases. *Clinical Microbiology Reviews* 5: 136-73.

Vargas, A., Aguirre, L.F., Siles, L., Terán, M.F., Moya, I. y Zambrana-Torrelío, C.M. 2010. Patrones de riqueza potencial de especies y áreas importantes para la conservación de murciélagos (AICOMs) de Bolivia *Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental* 27: 9-24.

Yarbuh, U. 2011. Aspectos socio-ambientales de la leishmaniasis Cutánea en el estado Mérida. Tesis de Maestría, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.

Young, D. y Duncan, M. 1994. Guide to the identification and geographic distribution of *Lutzomyia* sandflies in México, the West Indies, Central and South America (Diptera: Psychodidae). *Memorial American Entomology* 54: 779-881.

Citar como: Rujano, M., Sánchez, M., Rondón, Y., Rondón, M. y Nieves, E. 2019. Patrón espacial de riqueza específica y vacíos de representatividad de flebotominos del género *Lutzomyia* (Diptera: Psychodidae) en Mérida Venezuela. *Intropica* 14(1): 65-71. DOI: <http://dx.doi.org/10.21676/23897864.2873>