

ISSN 0258-9702

E-ISSN 2710-7647

**REVISTA DE
INVESTIGACIÓN DE LA
UNIVERSIDAD DE PANAMÁ**



SCIENTIA

VOL.31, N° 2, junio-diciembre 2021



SCIENTIA
Journal of Basic Science and Technology
(SJBST)

ISSN: 0258-9702
E-ISSN: 2710-7647
Scientia (Panamá) 2021.
Vol.31, N°2



**REVISTA DE INVESTIGACIÓN DE LA
UNIVERSIDAD DE PANAMÁ**

VOL.31, N° 2

JULIO-DICIEMBRE 2021



**AUTORIDADES DE LA
UNIVERSIDAD DE PANAMÁ**

Dr. Eduardo Flores Castro
Rector

Dr. José Emilio Moreno
Vicerrector Académico

Dr. Jaime Javier Gutiérrez
Vicerrector de Investigación y Postgrado

Mgter. Arnold Muñoz
Vicerrector Administrativo

Mgter. Mayanin Rodríguez
Vicerrectora de Asuntos Estudiantiles

Mgter. Denis Javier Chávez
Vicerrector de Extensión

Mgter. Nereida Herrera
Secretaria General

Mgter. Carlos Bellido
Director General de los Centros Regionales Universitarios

COMITÉ EDITORIAL/EDITORIAL COMMITTEE

EDITOR EN JEFE/EDITOR-IN-CHIEF

Alfredo Lanuza-Garay

Universidad de Panamá, Facultad de
Ciencias Naturales, Exactas y
Tecnología, Departamento de Zoología,
CRU Colón,
Panamá. alfredo.lanusa@up.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0003-0480-5490>

EDITORES EMÉRITOS/EMERITUS EDITORS

Alfredo Figueroa Navarro

Universidad de Panamá, Departamento
de Sociología, Panamá.

<https://orcid.org/0000-0002-0982-1249>

Héctor Barrios

Universidad de Panamá, Programa
Centroamericano de Maestría en
Entomología, Panamá.

<https://orcid.org/0000-0002-0542-1731>

EDITORES CIENTÍFICOS/SCIENTIFIC EDITORS

Orlando O. Ortiz

Universidad de Panamá, Facultad de
Ciencias Naturales, Exactas y
Tecnología,
Panamá. orlando.ortiz@up.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0002-7805-0046>

Kalina Bermúdez Torres

Instituto Politécnico Nacional, Centro de
Desarrollo de Productos Bióticos-IPN,
México. kbermudes@ipn.mx

<https://orcid.org/0000-0002-7267-7657>

EDITORES ASOCIADOS/ASSOCIATED EDITORS

Abel Batista

Universidad Autónoma de
Chiriquí/Fundación Los Naturalistas,
Chiriquí, Panamá.

<https://orcid.org/0000-0001-8053-3373>

Aida Araceli Rodríguez Hernández

Instituto Politécnico Nacional, Centro de
Desarrollo de Productos Bióticos-IPN,
México.

<https://orcid.org/0000-0001-9179-1888>

Alessio Papini

Università degli Studi di Firenze (UNIFI),
Italia.

<https://orcid.org/0000-0001-7904-0336>

Alfredo Campos

Universidad Tecnológica de Panamá
(UTP), Panamá.

<https://orcid.org/0000-0001-7921-8309>

Andrés Rivera-Mondragón

Instituto de Investigaciones Científicas y Servicios de Alta Tecnología de Panamá (INDICASAT), Panamá.

<https://orcid.org/0000-0001-7426-5405>

Ángel David Popa

Health and Biosecurity division,
Commonwealth Science and Industry
Research Organisation, Australia.

<https://orcid.org/0000-0002-0683-8424>

Arianna Michelle Hernández Sánchez

Instituto Politécnico Nacional, Centro de
Desarrollo de Productos Bióticos-IPN,
México.

<https://orcid.org/0000-0001-9045-3537>

Axel R. Concepción

New York University, School of Medicine,
Estados Unidos.

<https://orcid.org/0000-0003-2971-3488>

Brenda Hildeliza Camacho Díaz

Instituto Politécnico Nacional, Centro de
Desarrollo de Productos Bióticos-IPN,
México.

<https://orcid.org/0000-0001-5562-0782>

Carlos De Gracia

University of Vienna, Austria.

<https://orcid.org/0000-0003-0637-3302>

Coral Jazvel Pacheco Figueroa

Universidad Juárez Autónoma de
Tabasco, DACBiol, México.

<https://orcid.org/0000-0001-5281-9251>

Daniel Medina

Secretaría Nacional de Ciencia y
Tecnología (SENACYT), Sistema
Nacional de Investigación (SNI),
Panamá.

<https://orcid.org/0000-0002-5217-6353>

Dionisio Olmedo

Universidad de Panamá, CIFLORPAN,
Panamá.

<https://orcid.org/0000-0002-4681-1365>

Dumas Gálvez

Universidad de Panamá, Programa
Centroamericano de maestría en
Entomología, Panamá.

<https://orcid.org/0000-0001-8699-8497>

Eloisa Adriana Guerra Hernández

Universidad Nacional Autónoma de
México (UNAM), Facultad de Estudios
Superiores Zaragoza, México.

<https://orcid.org/0000-0003-3710-0884>

Estela Sandoval Zapotitla

Universidad Nacional Autónoma de
México (UNAM), Instituto de Biología,
México.

<https://orcid.org/0000-0001-8905-9102>

Eugenia López López

Instituto Politécnico Nacional, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, México.

<https://orcid.org/0000-0003-2696-533X>

Federico Martinelli

Università degli Studi di Firenze (UNIFI), Italia.

<https://orcid.org/0000-0002-3981-0567>

Félix Rodríguez

Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales (STRI), Panamá.

<https://orcid.org/0000-0000-0000-0000>

Gaspar Bruner

Cambridge University, Reino Unido.

<https://orcid.org/0000-0002-4614-0338>

Gerardo Cruz Flores

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, México.

<https://orcid.org/0000-0002-5604-2707>

Hilario Espinosa

University of Haifa, Israel.

<https://orcid.org/0000-0003-2005-827X>

Jean Michel Maes

Museo Entomológico de León, Nicaragua.

<https://orcid.org/0000-0002-5425-3439>

Julio Castillo

Instituto de Investigaciones Científicas y Servicios de Alta Tecnología de Panamá (INDICASAT), Panamá.

<https://orcid.org/0000-0002-6921-810X>

Loraine Pérez

Universidad Autónoma de Chiriquí (UNACHI), Panamá.

<https://orcid.org/0000-0003-0841-3363>

Luc Legal

Laboratoire Ecologie Fonctionnelle et Environnement, Université Paul Sabatier, Francia/México.

<https://orcid.org/0000-0003-0424-2931>

María Viñas Meneses

Universidad de Costa Rica, Costa Rica.

<https://orcid.org/0000-0003-0644-0579>

Mauricio Cattaneo

Universidad Nacional de Tucumán, INQUINOA, Argentina.

<https://orcid.org/0000-0002-5598-0814>

Moisés A. Bernal

Auburn University, Estados Unidos.

<https://orcid.org/0000-0002-3236-8403>

Nathalia Tejedor Flores

Universidad Tecnológica de Panamá
(UTP), Panamá.

<https://orcid.org/0000-0002-0154-1955>

Omar López Alfano

Secretaría Nacional de Ciencia y
Tecnología (SENACYT), Sistema
Nacional de Investigación (SNI),
Panamá.

<https://orcid.org/0000-0003-4953-2123>

Omar Patiño Rodríguez

Instituto Politécnico Nacional, Centro de
Desarrollo de Productos Bióticos-IPN,
México.

<https://orcid.org/0000-0001-8449-798X>

Oris Rodríguez

Universidad de Panamá/Instituto
Smithsonian de Investigaciones
Tropicales (STRI), Panamá.

<https://orcid.org/0000-0002-2976-0017>

Pedro Méndez-Carvajal

Universidad de Panamá, Panamá.

Fundación Pro-Conservación de los
Primates Panameños (FCPP), Panamá.

<https://orcid.org/0000-0003-1306-5869>

Riccardo M. Baldini

Università degli Studi di Firenze (UNIFI),
Italia.

<https://orcid.org/0000-0003-2181-3441>

Rodolfo Flores

Fundación Los Naturalistas, Chiriquí,
Panamá.

<https://orcid.org/0000-0002-7911-9228>

Romina D'Almeida

CONICET, Instituto Superior de
Investigaciones Biológicas, Argentina.

<https://orcid.org/0000-0001-5075-6381>

Rubí Guadalupe Utrilla Coello

Universidad del Papaloapan, México.

<https://orcid.org/0000-0002-5769-7449>

Sandra Pérez Álvarez

Universidad Autónoma de Chihuahua,
Facultad de Ciencias Agrícolas y
Forestales, México.

<https://orcid.org/0000-0002-9211-0797>

Sebastián Oriolo

CONICET/Universidad de Buenos Aires,
Instituto de Geociencias Básicas,
Aplicadas y Ambientales, Argentina.

<https://orcid.org/0000-0002-2495-2431>



Verena Roesch

Universität Koblenz-Landau, Alemania.

<https://orcid.org/0000-0002-0662-4338>

Yehudi Rodríguez

Universidad Marítima Internacional de Panamá (UMIP), Panamá.

<https://orcid.org/0000-0001-6947-9046>

Yostin Aníño

Universidad de Panamá, Museo de Invertebrados G. B. Fairchild, Panamá.

<https://orcid.org/0000-0002-8870-8155>

Yves Basset – Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales (STRI), Panamá.

<https://orcid.org/0000-0002-1942-5717>



OBJETIVOS Y ALCANCE

SCIENTIA Journal of Basic Science and Technology (SJBST) (ISSN 0258-9702, E-ISSN 2710-7647), revista publicada por la Vicerrectoría de Investigación y Postgrado de la Universidad de Panamá desde 1986, tiene como objetivo contribuir al avance del conocimiento de las Ciencias Básicas (Biología, Química, Física, Matemática, Estadística) y Tecnología. Se publica en la modalidad de un volumen anual dividido en dos números o fascículos semestralmente (enero-junio, julio-diciembre) y ocasionalmente números especiales.

SCIENTIA publica trabajos científicos y técnicos, originales e inéditos, tanto en español como inglés. La Revista SCIENTIA utiliza el sistema de arbitraje doble ciego, asegurando confiabilidad del proceso de evaluación. Los manuscritos serán considerados para publicarse como “Artículo Científico” “Nota Corta”, “Artículos de Revisión” y “Ensayo” La Revista SCIENTIA está indexada en Latindex, el Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina (AmeliCA) y La Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal (Redalyc)

AIMS AND SCOPES

SCIENTIA Journal of Basic Science and Technology (SJBST) is a Journal published by Vicerrectoria de Investigación y Postgrado, Universidad de Panamá, aiming to contribute to the progress of the knowledge of Basic Sciences (Biology, Chemistry, Physics, Mathematics, and Statistics) and Technology.

SCIENTIA is printed twice a year (January-June and July-December) with special issues published occasionally. Our journal publishes original papers in Spanish and English. All manuscripts are double-peer reviewed. Manuscripts are considered for publication as a “Regular Article,” “Short Note,” “Review Articles,” and “Scientific Essays. SCIENTIA Journal of Basic Science and Technology is indexed in Latindex, the Regional Online Information System for Scientific Journals of Latin America (AmeliCA), and the

Network of Scientific Journals of Latin America and the Caribbean, Spain, and Portugal (Redalyc).

NORMAS DE PUBLICACIÓN

El propósito de la Revista **SCIENTIA** es dar a conocer a la comunidad las producciones científicas de los investigadores en el ámbito de las **Ciencias Básicas (Biología, Química, Física, Matemática y Estadística) y Tecnológicas**, dichas producciones deberán ser originales e inéditas. La Revista **SCIENTIA** se reserva el derecho de aprobar o rechazar las producciones presentadas a su consideración. Para garantizar el rigor editorial científico, se han desarrollado las presentes **Normas de Publicación**, las cuales buscan la regulación de las producciones presentadas y publicadas. La Revista **SCIENTIA** se vale del sistema de arbitraje a Doble Ciego descrito en sus **Lineamientos de Publicación**.

A fin de poner a disposición de la comunidad científica a nivel mundial, la Universidad de Panamá, a través del Vice-Rectorado de Investigación y Postgrado, ha dispuesto en sus servidores web un espacio para albergar la Revista **SCIENTIA**, la cual estará gestionada por su plataforma Open Journal Systems (OJS); los autores gestionarán todas sus Producciones Intelectuales por medio de esta plataforma, la misma estará disponible en:

<https://revistas.up.ac.pa/index.php/scientia/>

En afán de garantizar la autoría, la Revista **SCIENTIA** se valdrá del Identificador Abierto de Investigador y Colaborador (Open Researcher and Contributor ID) **ORCID**, el mismo ayudará a reconocer a los Autores dentro del ámbito investigativo mundial, de allí, cada Autor deberá realizar su registro en la Plataforma OJS de la Revista **SCIENTIA** con dicho Registro ORCID.

Los manuscritos podrán ser presentados en el idioma español o inglés. Se espera que las producciones intelectuales presentadas contengan información novedosa y que

estos representen una contribución sustancial al avance de un área específica del conocimiento. Los Autores podrán presentar a la Revista **SCIENTIA** los siguientes tipos de Producciones Científicas: Artículo científico, Artículo corto, Artículo de revisión y Ensayos.

TIPOS DE ARTÍCULOS

Artículo científico: representan producciones intelectuales derivadas de investigaciones culminadas. Debe incluir máximo 25 páginas empleando la siguiente estructura: resumen, introducción, materiales y métodos, resultados, discusión, conclusiones, agradecimientos y referencias.

Artículo corto: manuscrito breve que presenta resultados originales preliminares o parciales derivados de investigaciones en proceso. Pueden incluir comentarios sucintos y críticos que aportan un resultado original de un tema en específico. Incluye máximo cinco páginas y hasta dos figuras o tablas por trabajo. Presenta la misma estructura que un artículo científico.

Artículo de revisión: este tipo de artículo comprende el estado del arte actual del conocimiento sobre un tema en específico, donde el autor establece un aporte acorde a su criterio o perspectiva. La estructura de este artículo depende del investigador y será acorde a los de los temas que desarrolle a lo largo del manuscrito. Este tipo de artículo debe incluir máximo 30 páginas.

Ensayo: son artículos donde el autor presenta una postura crítica determinada sobre un tema en particular, la cual está basada en resultados propios y en literatura existente. Este tipo de artículo debe incluir máximo 20 páginas.

En casos especiales el Editor en Jefe podrá considerar la publicación de trabajos más extensos, monografías o actas de congresos o simposios.

SOBRE EL MANUSCRITO

Los manuscritos deberán ser enviados en formato digital *.doc. o *.docx (descargar plantilla aquí) al correo electrónico oficial (revista.scientia@up.ac.pa) o mediante la plataforma OJS, considerando las siguientes especificaciones:

Idioma: español o inglés. Se les recomienda a los autores cuya lengua materna no sea el inglés, asegúrese de que su manuscrito haya sido leído y revisado por un hablante nativo o servicio profesional antes de su envío (para evitar problemas relacionados a la ortografía, sintaxis, uso y estilo del inglés).

Tamaño de página: carta.

Márgenes de página: superior e inferior: 2.5 cm, izquierdo 3 cm y derecho 1.5 cm.

Presentación del desarrollo: 1 columna

Fuente: Arial.

Tamaño de letra: título del trabajo (14 puntos), resumen y palabras clave (10 puntos), contenido general (12 puntos).

Interlineado: resumen y referencias (interlineado sencillo), contenido del trabajo (1.5 puntos).

Alineación: justificado

Los nombres científicos de géneros, especies y subespecies deben ser escritos en cursiva (itálica). No debe emplear notas al pie de página a lo largo del manuscrito. Para las abreviaturas y sistema métrico decimal, debe utilizar las normas del Sistema Internacional de Unidades (SI). Utilice el punto como separador decimal (p. e. 3.1416).

ESTRUCTURA GENERAL

Título: debe ser conciso pero informativo y no debe exceder las 15 palabras. Tamaño de letra: 14 puntos; fuente: mayúscula sostenida, negrita; alineación: centrado. Debe incluir una versión en español y otra en inglés.

Autor(res): deben incluir los datos completos de los autores: nombre completo (nombres y luego los apellidos), afiliación o institución de procedencia, Open Researcher and Contributor ID (Identificador ORCID) y el correo electrónico. Si existe más de un autor, serán separados por coma e identificado con número en superíndice (ver plantilla).

Resumen: incluye el objetivo principal del estudio, metodología o procedimientos de forma sucinta, instrumentos de recolección de datos y los resultados más importantes. Deberán destacarse los aspectos más novedosos y relevantes del trabajo. Tamaño máximo

de 250 palabras. Debe presentar una versión en español e inglés; tamaño de letra: 10 puntos; interlineado: sencillo

Palabras clave: mínimo tres y máximo cinco. Deben ser acorde al contenido del tema del trabajo. No se deben incluir palabras previamente incluidas en el título del manuscrito. Deben presentarse en inglés y español, organizadas alfabéticamente.

Introducción: en esta sección, el autor deberá señalar el contexto científico abordado, así mismo, planteará el objetivo o propósito de la investigación presentada, al final señalará la relevancia del abordaje, señalando el planteamiento o selección problemática, así como su justificación, dando una visión general de la misma.

Materiales y métodos: describa detalladamente todos los procedimientos utilizados. Incluya las referencias bibliográficas donde hayan descrito originalmente la metodología utilizada, los análisis estadísticos y/o los paquetes de software empleados durante el desarrollo de su investigación. Toda metodología modificada, obtenida de una investigación previa, tiene que ser citada y, además, se debe describir y justificar detalladamente los cambios realizados. Adicionalmente, trate de mencionar todos los reactivos y aparatos utilizados (incluir el nombre del fabricante y el país de origen).

Resultados: en esta parte del manuscrito, el autor presentará los datos o hallazgos logrados; para su presentación, se podrán apoyar de tablas y figuras que ayuden a su exposición.

Discusión: en esta sección del manuscrito el autor debe destacar los aspectos novedosos e importantes del estudio. Adicionalmente, el autor puede comparar sus resultados con otros estudios similares o se pueden proponer nuevas hipótesis debidamente justificadas.

Conclusiones: debe incluirse un párrafo con las conclusiones las cuales deben estar vinculadas a los objetivos propuestos en la introducción.

Agradecimientos: En esta última sección, el autor podrá manifestar, si lo considera pertinente, su agradecimiento. Debe mencionar las fuentes de financiación y/o apoyos recibidos para la ejecución del proyecto o culminación del estudio. Evite títulos como Dr., Lic., Ing., Mgtr., etc. Esta sección no podrá excederse de un párrafo, siendo normado entre 4 y 9 líneas.

Referencias: En esta sección se enlistarán todas las referencias citadas a lo largo del manuscrito, las cuales se regirán acorde a las Normas del **sistema American Psychological Association APA** (ver más abajo).

SOBRE LAS CITAS BIBLIOGRÁFICAS

Con el fin de normalizar el uso de las citas dentro de los artículos presentados por los autores, la Revista **SCIENTIA** se acoge a las normas de estilo del **sistema American Psychological Association (APA)**; de allí se dan las siguientes recomendaciones para escribir las citas a lo largo del manuscrito:

Un autor: Croat (1986) o (Croat, 1986)

Dos autores: Medianero y Barrios (1994) o (Medianero y Barrios, 1994). Para vincular los apellidos de dos autores, para artículos en español debe utilizar “y”. En el caso de los manuscritos en inglés, en su lugar, debe usar “and”. Esto aplica tanto para las citas como para las referencias.

Más de dos autores: Figueroa et al. (1981) o (Figueroa et al., 1981). Debe colocar únicamente el apellido del primer autor y posteriormente “et al.”.

En el caso que se incluyan varias citas que soporten una idea, estas deben organizarse de manera cronológica (cada una separada por punto y coma), p.e. (Figueroa et al., 1981; Croat, 1886; Medianero y Barrios, 1994; Gupta 2021). Para aquellas citas que tengan el mismo año y autor, se deben identificar utilizando letras en minúsculas (a, b, c, etc.), p.e. (Gupta, 1997, 2021a, 2021b). En estos casos, las citas referidas con letras deben ser congruentes con la sección de referencias.

SOBRE LAS REFERENCIAS

Todas las referencias incluidas deben ser organizadas alfabéticamente, utilizando las normas de estilo del **sistema APA, 7ª edición** (<https://apastyle.apa.org/>). Con el objetivo de ayudar a la normalización del documento, las referencias citadas deberán contar con las siguientes características generales:

Artículo científico:

Autor, A. A. y Autor, B. B. (Año). Título. Revista, volumen(número): páginas. DOI (si aplica)

Ejemplo:

Zuluaga, A. y Cameron, K. M. (2018). Two new species of Monstera (Araceae: Monsteroideae) with entire leaves from Panama and Costa Rica. *Phytotaxa*, 334(1): 1-9. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.334.1.1>

Libros:

Autor, A. A. y Autor, B. B. (Año). Título del libro. Editorial. DOI (si aplica)

Ejemplo:

Croat, T. B. (1978). *Flora of Barro Colorado Island*. Stanford University Press.

Capítulo de libro:

Autor, A. A. y Autor, B. B. (Año). Título del capítulo. En A. Editor y B. Editor (eds.), Título del libro (pp. páginas del capítulo). Editorial. DOI (si aplica)

Ejemplo:

Osses, S. L. y Valderrama, C. E. (2016). Producción de sentidos en radios comunitarias en Bogotá y Cundinamarca. En N. Cabra & M. Escobar (eds.), *Tramas de sociedad. Miradas contemporáneas* (pp. 144-167). Universidad Central.

Tesis:

Autor, A. A. y Autor, B. B. (Año). Título de la tesis [tipo de grado, nombre institución que otorga grado]. DOI (si aplica)

Ejemplo:

León, A. (2002). *Estructura Económica de Panamá* [tesis de doctorado, Universidad de Londres].

Conferencias y presentaciones:

Presentador, A. A. y Presentador, B. B. (Año). Título de la contribución. Conferencia, ubicación. DOI (si aplica)

Ejemplo:

Aguiar, S., Texeira, M., Garibaldi, L. y Jobbágy, E. (2018). Diversidad de la producción, consumo e intercambio global de cultivos: los barcos más que el campo diversifican nuestras dietas. XXVIII Reunión Argentina de Ecología, Mar del Plata, Argentina. <https://bit.ly/38j7S8L>

Páginas web:

Autor, A. A. y Autor, B. B. (Año). Título del contenido. Consultado el *fecha*. http://xxxxx*

Ejemplos:

Boyce, P. C. y Croat, T. B. (2018). The Überlist of Araceae: totals for published and estimated number of species in Aroid Genera. Consultado el 7 de marzo de 2018. <http://www.aroid.org/genera/180211uberlist.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2020). Proteger el derecho a la infancia. Consultado el 2 de marzo de 2021. <https://bit.ly/2NYBK0R>

SOBRE LAS FIGURAS Y TABLAS

Todas las ilustraciones, incluyendo fotos, diagramas, mapas y gráficas, se catalogan como figuras. Estas deben ser insertadas en el documento ubicadas a discreción del autor. Adicionalmente, las figuras originales en alta calidad (resolución mínima de 300 dpi) deben ser enviadas aparte utilizando los formatos de imagen jpg o tiff. Para versión en línea los autores dispondrán en sus artículos figuras a color y su publicación no tendrá ningún costo, sin embargo, la versión impresa será blanco y negro.

Los títulos y explicaciones de las figuras deben ser incluidas en las leyendas (pie de figura) y no insertadas en las tablas o figuras. Los autores deben evitar a toda costa utilizar aplicación para hacer degradación de color, sombreados y fondos. Las figuras compuestas, que incluyen varios elementos o ítems en una misma figura, deben ser rotuladas utilizando letras en mayúsculas (A, B, C, etc.) y deben ser referidas en el texto de manera congruente (Figura 1A, Figura 1B, etc.). En este sentido, dichos elementos deben estar acompañados de su respectiva leyenda en el pie de figura. Si un manuscrito presenta tablas o figuras

reproducidas de otros trabajos, es obligatorio mencionar el autor original y declarar el permiso para utilizarlas.

En el caso de las tablas, deben utilizarse siempre y cuando los datos no se puedan incorporar adecuadamente en el texto. Al igual que en el caso de las figuras, los autores deben evitar a toda costa utilizar aplicación para hacer degradación de color, sombreados y fondos. Las tablas se enumerarán consecutivamente y se referirán en esa misma secuencia a lo largo del manuscrito. El encabezado de cada tabla se incluirá en la parte superior. Las tablas no deben tener líneas verticales y el diseño no debe rebasar los márgenes de la página.

Editorial

En el presente volumen de la revista **SCIENTIA**, se hace entrega a la comunidad científica de 5 artículos, 3 de los cuales corresponden a investigaciones en el área de la Entomología, uno a Biología Molecular y uno a Botánica. Los artículos abordan aspectos como las relaciones biológicas entre hormigas, membrácidos y coreidos sobre plantas de Sangrillo (*Makaerium kegelii*) en la provincia del Darién; también se presenta un estudio que dilucida la identidad de un alga, que, aunque es una especie invasora, se han logrado grandes avances en su producción con fines económicos como es *Kappaphycus alvarezii*, cultivadas en la provincia de Colón. Además, se presenta un estudio taxonómico que abarca la anatomía de la genitalia masculina de catorce especies del género *Camarotus*, mientras que el siguiente trabajo habla sobre los rasgos de los forofitos, —plantas que actúan como soporte para plantas epifitas—, en plantas de *Guazuma ulmifolia* y *Samanea saman*, y cómo estos tienen un efecto importante en la distribución espacial, abundancia y diversidad en las epifitas en un bosque húmedo premontano de Costa Rica. Por último, se reporta por primera vez a la mosca parásita de aves *Philornis* (Diptera: Muscidae) atacando aves de la especie *Trogon rufus* en el Parque Nacional Camino de Cruces, Panamá. Al volumen aportan investigadores del Museo de Invertebrados G.B. Fairchild, del Centro de Estudios Bióticos (CEREB), así como del Centro Regional Universitario de Colón, todos de la Universidad de Panamá, De igual forma del Herbario Luis Fournier Origgi, de la Universidad de Costa Rica, así como organizaciones no gubernamentales entre las que mencionamos a la Sociedad Mesoamericana para la Biología y la Conservación (SMBC), Grupo los Naturalistas, el Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, e instituciones nacionales como el Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP).

Agradecemos a cada uno de los autores por haber elegido la Revista **SCIENTIA** para publicar sus trabajos, así como a la Oficina de Publicaciones Científica y Académicas, de la Vicerrectoría de Investigación y Postgrado de la Universidad de Panamá por el apoyo brindado, reafirmando nuestro compromiso con la difusión de la ciencia en nuestro país.

SCIENTIA

Journal of Basic Science and Technology

Volumen 31 · Número 2 · Julio - diciembre de 2021

Una publicación del / A publication of: Vicerrectoría de Investigación y Postgrado,
Universidad de Panamá

Tabla de contenido / Table of contents

Relaciones inter-específicas entre hormigas, coreidos, membrácidos y plantas: descripción de un evento multitrófico en <i>Machaerium kegelii</i> Meisn. (Fabaceae)	20
Inter-specific relationships among ants, coreids, membracids, and plants: description of a multitrophic event in <i>Machaerium kegelii</i> Meisn. (Fabaceae).	
Alfredo Lanuza-Garay, Alonso Santos-Murgas, Rodolfo Flores	
Identificación molecular del alga <i>Kappaphycus alvarezii</i> cultivada en las costas de la provincia de Colón	34
Molecular identification of algae <i>Kappaphycus alvarezii</i> cultivated in the Colon province coast	
Nicolás Torrales, Claudia Massiel Pérez González	
Descripción de la genitalia masculina de catorce especies de <i>Camarotus</i> Germar (Coleoptera: Curculionidae).	49
Description of the male genitalia of fourteen species of <i>Camarotus</i> Germar (Coleoptera: Curculionidae).	
Rubén Collantes, Héctor Barrios	
Rasgos de los forófitos de <i>Guazuma ulmifolia</i> y <i>Samanea saman</i> y su influencia en la distribución espacial, abundancia y diversidad de plantas epífitas	68

Traits of the *Guazuma ulmifolia* and *Samanea saman* phorophytes and their influence on the spatial distribution, abundance and diversity of epiphyte plants

Marco Cedeño-Fonseca, Isler F. Chinchilla.

NOTA CORTA

85

Notas sobre el parasitismo de *Philornis* (Diptera: Muscidae) sobre una especie de Trogón (Aves: Trogonidae) de Panamá

Notes on the parasitism of *Philornis* (Diptera: Muscidae) on a species of Trogon (Aves: Trogonidae) from Panama

Alonso Santos-Murgas, Rogemif Fuentes, Jorge Medina, Helio Quintero Arrieta

RELACIONES INTER-ESPECIFICAS ENTRE HORMIGAS, COREIDOS, MEMBRÁCIDOS Y PLANTAS: DESCRIPCIÓN DE UN EVENTO MULTITRÓFICO EN *MACHAERIUM KEGELII* MEISN. (FABACEAE)

INTER-SPECIFIC RELATIONSHIPS AMONG ANTS, COREIDS, MEMBRACIDS, AND PLANTS: DESCRIPTION OF A MULTITROPHIC EVENT IN *MACHAERIUM KEGELII* MEISN. (FABACEAE)

Recepción
07-abr-2021

Aprobación
28-junio-2021

Alfredo Lanuza-Garay^{1,3,5}, **Alonso Santos-Murgas**^{*,2,3,4,5}, **Rodolfo Flores**⁶

¹ Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Colón. Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología. Escuela de Biología. Departamento de Zoología, Panamá

<https://orcid.org/0000-0003-0480-5490>. Correo: alfredo.lanusa@up.ac.pa

² Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales Exactas y Tecnología, Panamá

³ Museo de Invertebrados G.B. Fairchild, Universidad de Panamá, Panamá

⁴ Universidad de Panamá, Centro de Estudios de Recursos Bióticos (CEREB), Panamá

⁵ Sociedad Mesoamericana para la Biología y la Conservación, Panamá.

⁶ Los Naturalistas, Panamá.

<https://orcid.org/0000-0002-7911-9228>. Correo: rflores1184@hotmail.com

* autor de correspondencia: Alonso Santos Murgas, <https://orcid.org/0000-0001-9339-486X>.
Correo: alonso.santos@up.ac.pa

Editor temático: Jean Michel Maes

Resumen

En la naturaleza ocurren una serie de relaciones e interacciones entre las especies, que incluyen relaciones antagónicas (planta-herbívoro, depredador-presa) y mutualistas (defensa, polinización). Las relaciones multitróficas involucran tres o más niveles, mientras que las relaciones con dos niveles tróficos son, p. ej. las de planta-herbívoro y depredador-presa. Un ejemplo de relación multitrófica de tres niveles es la de planta-herbívoro-predador/parasitoide de herbívoro. A través de observaciones realizadas en una planta de sangrillo (*Machaerium kegelii*, Fabaceae: Papilionoideae), este estudio describe eventos multitróficos que involucran a hormigas cazadoras (*Ectatomma tuberculatum*) membrácidos (*Anchistrotus maculatus*) y coreidos (*Peranthus notatus*). Las interacciones registradas corresponden a eventos neutrales entre *M. kegelii* y *E. tuberculatum*; antagónicas por parte de *P. notatus* y *A. maculatus* sobre *M. kegelii*, así como mutualismos facultativos entre *A.*

maculatus y *P. notatus* con *E. tuberculatum*. El resultado de esta red de interacciones multitróficas muestra efectos positivos para membrácidos, coreidos y hormigas, respectivamente, y negativas a neutras para la planta.

Palabras Clave: Mutualismo facultativo, trofobiosis, antagonismo, comensalismo, defensa indirecta.

Abstract

In nature, a series of relationships and interactions occur between species, including antagonistic (plant-herbivore, predator-prey) and mutualistic (defense, pollination) relationships. Multitrophic relationships involve three or more levels, while relationships with two trophic levels are those of plant-herbivore and predator-prey. An example of multitrophic relationship of three levels are plant-herbivore-predator/herbivore parasitoid. Through observations made on a sangrillo plant (*Machaerium kegelii*, Fabaceae: Papilionoideae), this study describes multitrophic events involving hunter ants (*Ectatomma tuberculatum*), membracids (*Anchistrotus maculatus*), and coreids (*Peranthus notatus*). We registered neutral interactions between *M. kegelii* and *E. tuberculatum*; antagonistic interactions between *P. notatus*, *A. maculatus* on *M. kegelii*, and facultative mutualisms between *A. maculatus*, and *P. notatus* with *E. tuberculatum*. The outcome of this network of multitrophic interactions shows positive effects for membracids, coreids, and ants, respectively, and negative to neutral ones for the plant.

Keywords: Facultative mutualism, trophobiosis, antagonism, comensalism, indirect defense.

Introducción

En la naturaleza ocurren un sinnúmero de interacciones inter- e intraespecíficas que, aunque históricamente han llamado la atención de los ecólogos, solo en años recientes estos se han enfocado en interacciones más complejas que involucran tres o más niveles tróficos (Tscharntke y Hawkins, 2002, Del-Claro, 2004). Cuando más de dos organismos son parte de una interacción, se denomina una relación multitrófica (Argoti Ávila, 2011).

Este tipo de relaciones involucra especies ubicadas en diferentes niveles tróficos ocurriendo de manera simultánea, sinérgica y antagónica y que tienen influencia en aspectos evolutivos y ecológicos, siendo capaces de modificar la abundancia y la distribución de las especies, así como incidir en procesos de selección natural atribuibles a la relación trófica, manteniendo así el equilibrio del ecosistema. El enfoque multitrófico aborda la complejidad de las redes tróficas de manera mucho más realista que el enfoque bitrófico o lineal de las llamadas cadenas tróficas (Tscharntke y Hawkins, 2002).

Las relaciones multitróficas se agrupan comúnmente de acuerdo con la naturaleza de los beneficios o perjuicios que intercambian los involucrados. En el caso de los mutualismos, es posible reconocer tres tipos de beneficios: transporte, en el que una especie mueve a su socio a lugares a los que de otro modo no podrían llegar; nutrición, en la que los socios reciben nutrientes limitantes esenciales; y protección, en la que una especie protege a sus socios de las influencias negativas de sus entornos bióticos o abióticos, como es el caso de la dispersión de semillas y la polinización (Tschanke y Hawkins, 2002).

En las interacciones antagonistas, una de las especies se beneficia en perjuicio de la otra; p. ej. cuando los herbívoros consumen el follaje de una planta o los enemigos naturales predan a los herbívoros. También puede ocurrir que las plantas atraigan o alberguen a enemigos naturales de los herbívoros, estableciéndose un mutualismo de protección donde tanto la planta como el enemigo natural se benefician. En tanto en las interacciones de tipo comensalista, sólo uno de los socios involucrados obtendrá beneficios, sin perjuicio o beneficio claro hacia el otro involucrado (Bronstein, 1994, Bronstein y Barbosa, 2002).

Mediante observaciones realizadas *in situ* durante una gira de campo a la Estación Rancho Frío (Darién, Panamá), el 27 de octubre de 2016 (correspondiente con la estación lluviosa), los autores encontraron sobre una planta de Sangrillo (*Machaerium kegelii* Meisn., Fabaceae) (Figura 1A), distribuida desde México hasta Bolivia y Brasil y caracterizada por su tronco armado con espinas en forma de aguijón y savia rojiza (Pérez et al, 2015) y la ausencia de nectarios extraflorales, individuos del chinche de las hojas *Peranthus notatus* (Walker, 1871) (Coreidae: Meropachyinae), además de ninfas y adultos del membrácido *Anchistrotus maculatus* (Guerin-Meneville, 1844) (Membracidae: Heteronotinae). Estos hemípteros se observaron interactuando con hormigas de la especie *Ectatomma tuberculatum* (Olivier, 1792) (Formicidae: Ectatomiinae).

En este trabajo, nuestro objetivo principal consiste en describir las posibles interacciones de las cuatro especies involucradas: la planta *M. kegelii*, el coreido *P. notatus*, el membrácido *A. maculatus* y la hormiga cazadora *E. tuberculatum*.

Materiales y métodos

El Parque Nacional Darién (PND) se ubica en la región sudeste del país, en las coordenadas 7°44'10" N y 77°32'50" O, extendiéndose prácticamente a lo largo de la frontera con Colombia con una extensión de 579,000 ha. Esta región comprende una cobertura de bosques húmedos tropicales y bosques muy húmedos tropicales, así como bosques pluviales premontanos en la región del Tacarcuna (Lanuza-Garay y Santos Murgas, 2018).

Las interacciones tratadas en esta investigación provienen de observaciones realizadas *in situ* durante una gira de campo a la Estación Rancho Frío, provincia de Darién. Las especies involucradas en las observaciones fueron *M. kegelii* (Fabaceae), *P. notatus* (Coreidae: Meropachyinae), ninfas y adultos de *A. maculatus* (Membracidae: Heteronotinae), así como *E. tuberculatum* (Formicidae: Ectatomiinae). Se establecieron los siguientes indicadores de interacción: **1)** al menos a una de las hormigas, coreidos y/o membrácidos que estuviera alimentándose de la planta, **2)** las hormigas se observaran antenando (movimiento de las antenas de las hormigas en busca de señales químicas asociadas a fuentes azucaradas) o consumiendo la melaza excretada por los coreidos (indicando una interacción coreido-hormiga); o **3)** por los membrácidos (indicando una interacción membrácido-hormiga). Se registraron tanto las interacciones observadas como el posicionamiento de los coreidos, membrácidos y hormigas en la planta.

Tanto las hormigas como los membrácidos y coreidos tratados en este estudio fueron colectados, procesados y depositados en las colecciones del Museo

de Invertebrados G.B. Fairchild, mientras que la planta fue comparada con material depositado en el Herbario de la Universidad de Panamá. La identificación de los ejemplares tanto vegetales como animales se realizó mediante revisión de la colección de referencia del herbario y las descripciones de Brailovsky y Barrera (2001), Brailovsky (2009), Strümpel (1983) y Fernández (1991).

Resultados

Los insectos estudiados se encontraron ubicados en la base y a lo largo del raquis de *M. kegelii*, a unos 30 cm del suelo. Se observaron primeramente individuos de *P. notatus* alimentándose en la base de los foliolos (Figura 1B), a una de ellas se acercó un individuo de *E. tuberculatum*, sin evidenciarse comportamiento agresivo por parte de las hormigas hacia los coreidos ni viceversa, en cambio inmediatamente, la hormiga procedió a tocar con sus antenas y las patas delanteras el dorso y orificio anal de *P. notatus* (Figura 1C). Este comportamiento es similar al observado cuando las hormigas estimulan a otros heterópteros y membrácidos, solicitando recompensas en forma de deyecciones de melaza (Aranda Rickert et al., 2017), sin embargo, no se observó el consumo de la melaza directamente del orificio anal del coreido, pero si se observaron algunas hormigas debajo y cerca de los individuos de *P. notatus* mientras estos mantenían su estilete dentro de la planta, quizás aprovechando la ocasión para tener acceso a los líquidos floemáticos de los cuales se estaban alimentando los coreidos.

Casi inmediatamente, se observó como un grupo de hormigas *E. tuberculatum* interactuaban con un grupo de dos adultos y algunas ninfas de *A. maculatus*, las hormigas se acercaron a los adultos, procediendo a estimularlos, tanto en la región anal como también en la parte lateral y frontal (Figura 1D). Rápidamente, las hormigas que se encontraban hacia los lados se movilizaron a la parte posterior de *A. maculatus*, procediendo a estimular la región anal con sus

antenas, seguidamente, el membrácido liberó deyecciones de melaza de las cuales se alimentaron las hormigas (Figura 2).

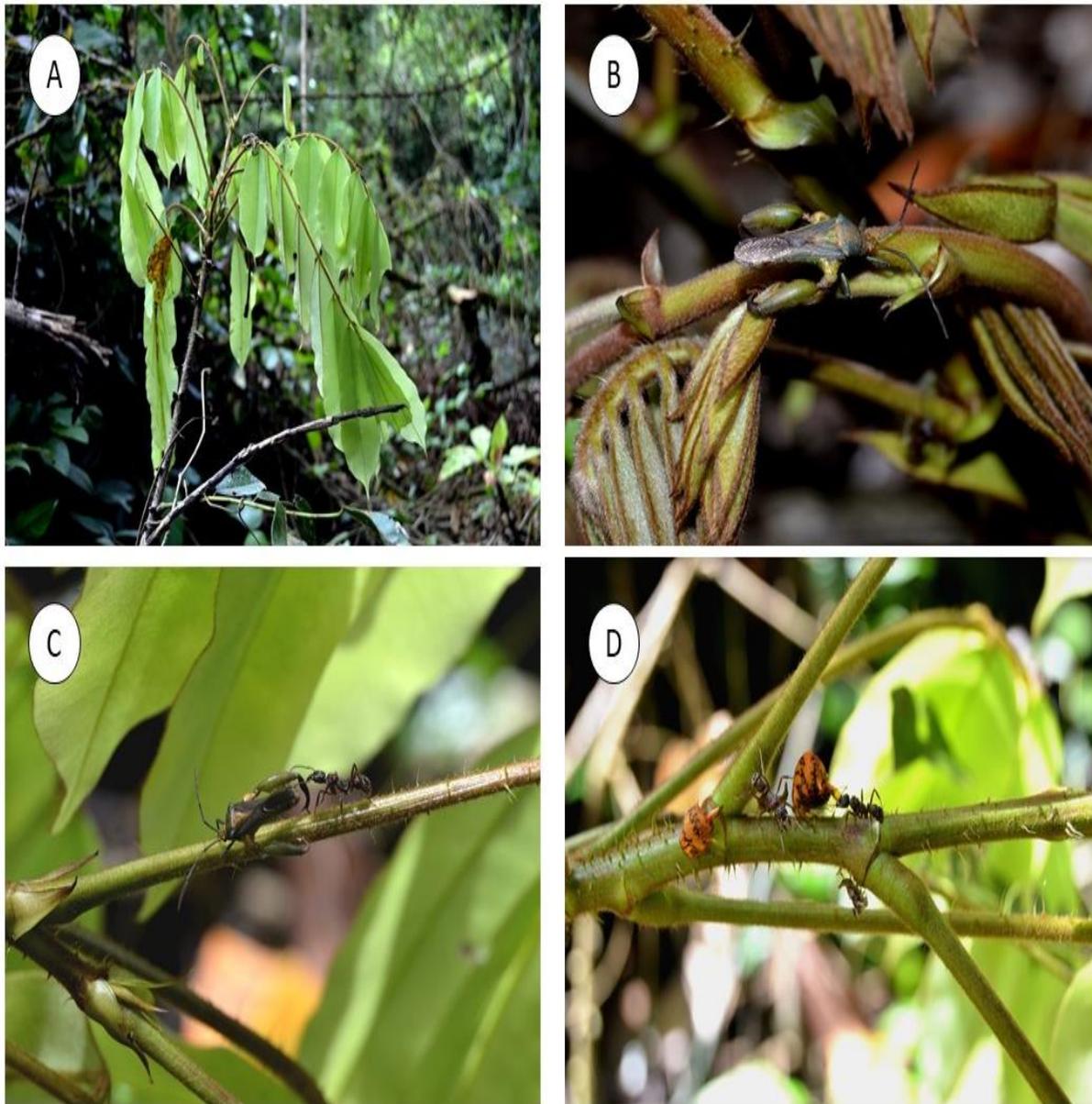


Figura 1. Interacciones entre hormigas, coreidos, membrácidos en *Machaerium kegelii*: **A.** Planta de *M. kegelii*, **B.** *Peranthus notatus* alimentándose sobre *M. kegelii*, **C.** *Ectatomma tuberculatum* interactuando con *P. notatus*, **D.** *Ectatomma tuberculatum* interactuando con adultos y ninfas de *Anchistrotus maculatus*.

Discusión

Los eventos de interacción inter-específica observados en *M. kegelii*, sugieren relaciones neutras (con hormigas *E. tuberculatum*) y relaciones antagonistas (con *P. notatus* y *A. maculatus*). De igual manera, se observan relaciones mutualistas entre *E. tuberculatum* y *A. maculatus* (trofobiosis) y entre *E. tuberculatum* y *P. notatus* (Figura 3).

Las plantas que sostienen asociaciones de hormigas, membrácidos y hemípteros usualmente tienden a experimentar efectos neutrales, positivos o negativos que inciden en el contexto ecológico de dichas relaciones (nichos tróficos, interacción herbívoro-depredador y presión trófica de las especies interactuantes) (Argoti Ávila, 2011; Aranda-Rickert et al. 2017). En el caso de *M. kegelii*, la ausencia de nectarios extraflorales se convierte en una limitante para una relación con *E. tuberculatum*, dado que estas hormigas están fuertemente asociadas a plantas que presentan estas estructuras productoras de recompensas azucaradas, condicionando estas relaciones interespecíficas.

Ahora, si tomamos en cuenta que las hormigas protegen sus fuentes potenciales de alimento, sería previsible considerar esta relación como un mutualismo de protección o defensivo (Aranda-Rickert et al. 2017); sin embargo, debemos considerar que la presencia de herbívoros succionadores de savia como coreidos y membrácidos puede evidenciar una doble estrategia de beneficio recompensa al mejor postor, donde la hormiga se distrae de sus obligaciones de protección por una fuente de “recompensa más apetecible” (Buckley 1983; Rico-Gray and Thien 1989, Aranda-Rickert et al. 2017), así como también el comportamiento de forrajeo de *Ectatomma* (Wheeler, 1989) en plantas que no presentan estructuras especializadas para garantizar estas recompensas—por ejemplo, nectarios extraflorales—por lo cual la hormiga no muestre algún tipo de interacción beneficiosa hacia *M. kegelii*.



Figura 2. Grupo de hormigas cazadoras *E. tuberculatum* forrageando excreciones de melaza de adultos de *A. maculatus*.

En el caso de *P. notatus* las interacciones observadas sugieren un mutualismo facultativo, dado que las hormigas se aprovechan de los fluidos floemáticos emergentes, producto de las lesiones que provocan los chinches en el raquis de *M. kegelii* para la obtención de fuentes azucaradas, mientras que las interacciones con los membrácidos sugieren una clara relación mutualista trofobiótica/mirmecofílica, donde la hormiga *E. tuberculatum* obtiene recompensas, a cambio de sus servicios de protección a *A. maculatus*, dado que las hormigas de este género son de las que más se aprovechan de este tipo de relación mutualista, de los membrácidos (Perotto et al., 2002, Argoti Ávila, 2011). Es importante señalar que las relaciones mutualistas entre hormigas y membrácidos ha sido muy bien documentada (Del Claro y Oliveira, 2000; Delabie, 2001), donde incluso, se detalla

el grado de agresividad mostrado hacia potenciales depredadores de membrácidos como Coccinellidae y Reduvidae (Fritz, 1983; Kron y Sisterson, 2020), y como este varía al acercarse a los agregados; de la misma forma que las interacciones antagónicas entre coreidos y plantas. Sin embargo, los casos de interacciones mutualistas y/o comensalísticas entre hormigas y chinches de las hojas (Coreidae) son escasos, especialmente porque son raros. Solo Mashwitz et al. (1987), Steinbauer (1996) y Blüthgen et al. (2006) han reportado interacciones mutualistas entre coreidos y hormigas, mientras Guerra et al. (2011) y Silva y Fernández (2016) reportan relaciones trofobióticas entre hormigas y chinches de las familias Pentatomidae y Plataspidae, respectivamente.

De estos, Steinbauer (1996) describe un evento mutualista en el cual, el chinche coreido *Amorbus obscuricornis* (Westwood, 1842) (Coreidae: Coreinae), al lesionar el tallo de plantas de Eucalipto en Tasmania mientras succionaba fluidos, indujo que se acercaran hormigas del género *Iridomyrmex* Mayr, 1862 (Formicidae: Dolichoderinae), que se alimentaban acercándose al estilete del chinche, siendo luego catalogado por Silva y Fernández (2016) como un evento trofobiótico, implicando una relación mutualista facultativa. Por su parte, Weber et al. (2015) hacen referencia a las observaciones de Mashwitz et al. (1987) y Blüthgen et al. (2006) de asociaciones de coreidos con plantas carentes de nectarios extrafoliares como el bambú en Malasia y Borneo, respectivamente.

Estas observaciones sustentan nuestras observaciones sobre la interacción *M. kegelii*, *P. Notatus* y *E. tuberculatum*. Cabe resaltar también las observaciones de Rafiqi et al. (2020) en hormigas del género *Camponotus*, donde destacan que las relaciones mutualistas entre estas y coreidos propicia la transferencia horizontal de la bacteria *Blochmannia* de los chinches a la hormiga, propiciando una relación endosimbiótica entre bacteria y hormiga, respectivamente.

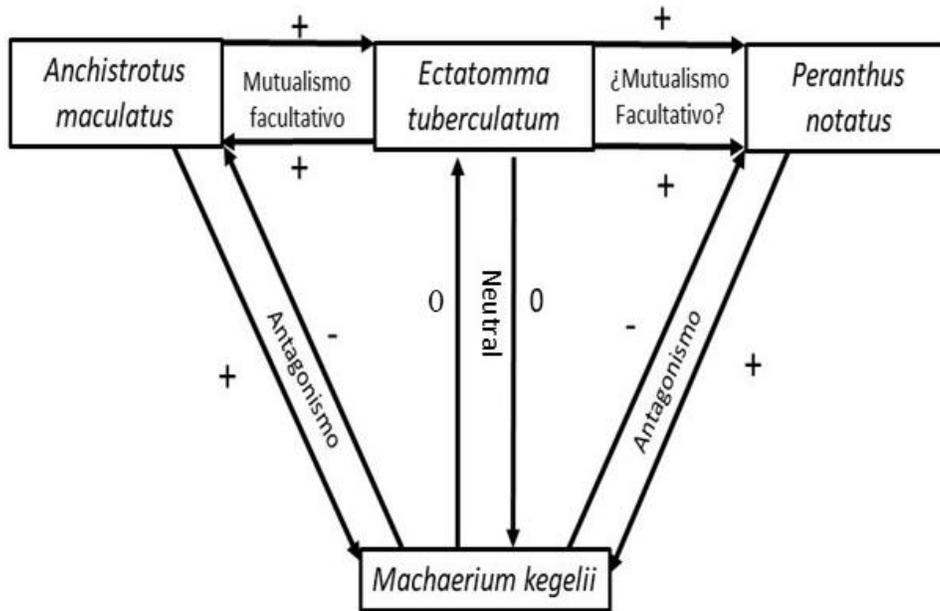


Figura 3. Complejidad ecológica de la interacción entre *P. notatus* (Coreidae: Meropachyinae), *E. tuberculatum* (Formicidae: Ectatomminae) y *A. maculatus* (Membracidae: Heteronotinae) con *M. kegelii* (Fabaceae). El símbolo (+) indica interacciones positivas, (-) interacciones negativas y (0) neutras.

Un último elemento a considerar es la capacidad de defensa/protección de *E. tuberculatum*. Argoti Ávila (2011) demostró la interacción de *E. tuberculatum* con al menos ocho géneros de membrácidos (*Amastris*, *Anobilia*, *Erechtria*, *Horiola*, *Todea*, *Trinarea*, *Tritropidia*, *Vanduzea*), indicando relaciones mutualistas de protección, mostrando un nivel de agresividad medio, ya que son excelentes depredadoras de invertebrados que merodean cerca de ellas, entre las que podemos mencionar hormigas *Azteca*, avispa polibya (*Polibya rejecta*, *P. diguetana*), ninfas de mantidos (Wheeler, 1989; Argoti Ávila, 2011), todos potenciales depredadores tanto de *A. maculatus* como de *P. notatus*. Sin embargo, aunque la relación mutualista es evidente con membrácidos, no existe evidencia

que sustente ni refute relaciones mutualistas con coreidos, por lo cual se necesitan más estudios para dilucidar este aspecto.

Conclusión

Las interacciones inter-específicas son tan complejas que establecer con claridad los niveles de relación entre los organismos resulta una tarea difícil. El caso de los eventos multitróficos descritos en este escrito no son la excepción. De hecho, el establecimiento de las relaciones entre hormigas, coreidos y membrácidos con *M. kegelii*, dependen principalmente de la forma en que se benefician o no las especies involucradas; nuestras observaciones permiten establecer que la relación de *E. tuberculatum* con *M. kegelii* es más bien de corte neutral, mientras que la interacción de *A. maculatus* y *P. notatus* con *M. kegelii* es antagónica.

En cualquier caso, aun no es posible dilucidar la verdadera relación entre las hormigas y *P. notatus*, por lo que son necesarios estudios de campo que examinen cómo las hormigas mutualistas afectan a la población, tanto de insectos como plantas asociadas a largo plazo para comprender mejor estas interacciones y su impacto en los sistemas naturales donde interactúan.

Agradecimiento

Agradecemos al Fondo Darién por financiar la investigación; a Fundación NATURA por la administración de dichos fondos; al Colegio de Biólogos de Panamá (COBIOPA), administración 2013 y al Grupo para la Educación y el Manejo Ambiental Sostenible (GEMAS) por la ejecución del proyecto (2014-2017) en el Parque Nacional Darién, Panamá. Al director, administrativos y todo el personal de Guardaparques del PND (MiAmbiente) por la gestión de permisos de colecta y hospedaje en la Estación de Rancho Frío.

Referencias

- Aranda-Rickert, A., Fracchia, S., Yela, N. y Marazzi, B. (2017). Insights into a novel three-partner interaction between ants, coreids (Hemiptera: Coreidae) and extrafloral nectaries: implications for the study of protective mutualisms. *Arthropod-Plant Interactions* 11: 525–536.
- Argoti Ávila, A.G. (2011). Interacciones Ecológicas de la familia Membracidae (Hemiptera, Auchenorrhyncha) dentro de claros de bosque de la Amazonía Ecuatoriana y notas sobre su historia natural. [tesis de licenciatura, Universidad de Quito].
- Blüthgen, N., Mezger, D. y Linsenmair, K. E. (2006). Ant–hemipteran trophobiosis in a Bornean rainforest–diversity, specificity and monopolization. *Insectes Sociaux* 53:194–203. <https://doi.org/10.1007/s00040-005-0858-1>
- Brailovsky, H. y Barrera, E. (2001). A further contribution to the systematic of the Tribe Meropachyini (Heteroptera: Coreidae: Meropachydinae). *Florida Entomologist*. 84(4): 613-627.
- Bronstein, J. L. (1994). Conditional outcomes in mutualistic interactions. *Trends of Ecology and Evolution* 9:214–217. [https://doi.org/10.1016/0169-5347\(94\)90246-1](https://doi.org/10.1016/0169-5347(94)90246-1)
- Bronstein, J. L. y Barbosa, P. (2002). Multitrophic/multispecies mutualistic interactions: the role of non-mutualists in shaping and mediating mutualisms. En T. Tscharrntke y B.A. Hawkins (eds.), *Multitrophic Level Interactions* (pp. 44-66). Cambridge University Press.
- Buckley, R. C. (1983). Interaction between ants and membracid bugs decreases growth and seed set of host plant bearing extrafloral nectaries. *Oecologia* 58:132–136. <https://doi.org/10.1007/BF00384553>
- Del-Claro, K. y Oliveira, P. S. (2000). Conditional outcomes in a neotropical treehopper-ant association: temporal and species-specific variation in ant protection and homopteran fecundity. *Oecologia* 124:156–165. <https://doi.org/10.1007/s004420050002>

- Del-Claro, K. (2004). Multitrophic relationships, conditional mutualisms, and the study of interaction biodiversity in tropical savannas. *Neotropical Entomology* 33:665–672. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2004000600002>
- Fernández, F. (1991). Las Hormigas Cazadoras del Genero *Ectatomma* (Formicidae: Ponerinae) en Colombia. *Caldasia* 16(79): 551-564.
- Fritz, R.S. (1983). Ant Protection of a Host Plant's Defoliator: Consequence of an Ant-Membracid Mutualism. *Ecology* 64 (4): 789-797.
- Guerra, T., Camarota, J. F., Castro, F. S., Schwertner, C. F. y Grazia, J. (2011). Trophobiosis between ants and *Eurystethus microlobatus* Ruckes 1966 (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae) a cryptic, gregarious and subsocial stinkbug. *Journal of Natural History* 45:1101–1117. <https://doi.org/10.1080/00222933.2011.552800>
- Kron C.R. y Sisterson, M.S. (2020). *Spissistilus festinus* (Hemiptera: Membracidae) susceptibility to six generalist predators. *PLoS ONE* 15(11): e0242775. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0242775>
- Lanuza-Garay, A. y Santos Murgas, A. (2018). Escarabajos longicornios (Coleoptera: Cerambycidae y Disteniidae) del Parque Nacional Darién, Panamá. *Insecta Mundi*. <https://journals.flvc.org/mundi/issue/view/4829>
- Mashwitz, U., Fiala, B. y Dolling, W. R. (1987). New trophobiotic symbioses of ants with South East Asian Bugs. *Journal of Natural History* 21:1097–1107 <https://doi.org/10.1080/00222938700770681>
- Perotto, M., Buffa, L. y Delfino, M. (2002). Efectos de la atención de *Camponotus rufipes* (Fabricius) (Hymenoptera, Formicidae) sobre agregaciones de *Enchenopa sericea* Walk. (Hemiptera, Membracidae). *Ecología Austral* 12: 91-97.
- Pérez, R., Schnitzer, S., Aguilar, S., Daguerre, N. y Hernández, A. (2015). Lianas y enredaderas de la Isla Barro Colorado, Panamá. Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales.

- Rafiqi, A.M., Rajakumar, A. y Abouheif, E. (2020). Origin and elaboration of a major evolutionary transition in individuality. *Nature* 585: 239–244
<https://doi.org/10.1038/s41586-020-2653-6>
- Rico-Gray, V. y Thien, L. B. (1989). Ant–mealybug interaction decreases reproductive fitness of *Schomburgkia tibicinis* (Orchidaceae) in Mexico. *Journal of Tropical Ecology* 5:109–112. <https://doi.org/10.1017/S0266467400003266>
- Silva, D. P. y Fernandes, J. A. M. (2016) New evidences supporting trophobiosis between populations of *Edessa rufomarginata* (Heteroptera: Pentatomidae) and *Camponotus* (Hymenoptera: Formicidae) ants. *Revista Brasileira de Entomologia* 60:166–170. <https://doi.org/10.1016/j.rbe.2016.02.002>
- Steinbauer, M. J. J. (1996). A note on manna feeding by ants (Hymenoptera: Formicidae). *Journal of Natural History* 30: 1185–1192.
- Strümpel, H. (1983). Beobachtungen zur Autotomie des Pronotums bei *Anchistrotus*-Arten (Homoptera, Membracidae). *Entomologische mitteilungen aus dem Zoologischen Museum Hamburg* 119(7): 391-396.
- Tscharntke, T. y Hawkins, B.A. (2002). Multitrophic level interactions: an introduction. En T. Tscharntke y B.A. Hawkins (eds.), *Multitrophic Level Interactions* (pp. 1-7). Cambridge University Press.
- Weber, M. G., Porturas, L. D. y Keeler, K. H. (2015). World list of plants with extrafloral nectaries. Consultado el 23 de marzo de 2021.
<http://www.extrafloralnectaries.org>
- Wheeler, D. E. (1989). *Ectatomma tuberculatum*: Foraging Biology and Association with *Crematogaster* (Hymenoptera: Formicidae). *Annals of the Entomological Society of America* 79(2): 300-303.

**IDENTIFICACIÓN MOLECULAR DEL ALGA
KAPPAPHYCUS ALVAREZII CULTIVADA EN LAS COSTAS
DE LA PROVINCIA DE COLÓN**

**MOLECULAR IDENTIFICATION OF ALGAE
KAPPAPHYCUS ALVAREZII CULTIVATED IN THE COLON
PROVINCE COAST**

Recepción
30-marzo-2021

Aprobación
29-junio-2021

Nicolás Torrales¹, Claudia Massiel Pérez González^{*2}

¹ No afiliado, Panamá

<https://orcid.org/0000-0001-6996-7461> Correo: torralesng@gmail.com

² Universidad de Panamá, Panamá

<https://orcid.org/0000-0003-3209-5940> Correo: claudia.perezg@up.ac.pa

* autor de correspondencia: Claudia Massiel Pérez González

Editor Temático: Sandra Pérez Álvarez

Resumen

En Panamá, el cultivo de *Kappaphycus* se inició hace más de 20 años en la Provincia de Colón, generando ingresos económicos en las comunidades costeras de forma eco-sostenible. Estos cultivos a lo largo del tiempo experimentan diversos cambios generados por la interacción con el ambiente (contaminación, herbivoría, condiciones climáticas, etc.), influyendo en el fenotipo y genotipo de los cultivos de macroalgas, lo que muchas veces dificulta su correcta identificación taxonómica, caracterización y mantenimiento de las cepas que se cultivan, además que estas algas poseen una alta plasticidad fenotípica. Por tal razón, es necesario recurrir a las técnicas de identificación molecular de los cultivos para identificar y caracterizar molecularmente estas especies introducidas que tienen importancia comercial. En este estudio, el objetivo es identificar el cultivo de *Kappaphycus* en las Costas de la Provincia de Colón a través de marcadores moleculares. Para ello, se utilizaron marcadores moleculares cloroplásticos como el *rbcl* y mitocondriales como el gen *cox2-3*. Como resultado se obtuvieron secuencias del gen mitocondrial *cox 2-3*, las cuales fueron sometidas a análisis filogenéticos junto a las secuencias depositadas en las bases de datos, dando como resultado que la especie cultivada corresponde a la especie *Kappaphycus alvarezii* y muestra cercanía con las especies de *Kappaphycus* y *Eucheuma* de Malasia.

Palabras Clave: *Kappaphycus*, *Eucheuma*, *cox 2-3*, *rbcl*, identificación molecular, plasticidad fenotípica.

Abstract

In Panama, the cultivation of *Kappaphycus* began more than 20 years ago, in the Province of Colón, generating economic income in coastal communities in an eco-sustainable way. Over time, these

crops undergo various changes generated by interaction with the environment (pollution, herbivores, climatic conditions, others). These factors influence the phenotype and genotype of macroalgae cultures, which often makes their correct taxonomic identification, characterization, and maintenance of the cultivated strains complex and the fact that they have high phenotypic plasticity. For this reason, it is necessary to resort to molecular identification techniques to identify and molecularly characterize these introduced species of commercial importance. This study aims to identify the *Kappaphycus* cultivated in the Coasts of the Province of Colón using molecular markers. For this, chloroplastic molecular markers such as *rbcL* and mitochondrial markers such as the *cox2-3* gene were used. As a result, were obtained sequences of the mitochondrial *cox 2-3* gene, which were subjected to phylogenetic analysis and the sequences deposited in the databases, resulting in the cultivated species corresponding to the *Kappaphycus alvarezii* species and shows closeness to the *Kappaphycus* and *Eucheuma* species from Malaysia.

Keywords: *Kappaphycus*, *Eucheuma*, COX 2-3, *rbcL*, molecular identification, phenotypic plasticity.

Introducción

El cultivo de macroalgas en Panamá se implementó hace más de 20 años en la Provincia de Colón, y posteriormente en la Provincia de Bocas de Toro. La principal especie cultivada es del género *Kappaphycus*, su importancia comercial radica en su materia prima, la carragenina o carragenanos, un ficocoloide de gran interés industrial (Batista, 2009).

El género *Kappaphycus* pertenece al grupo de las algas rojas y debido a su alta plasticidad fenotípica, se hace difícil su identificación basándose solo en sus caracteres morfológicos (Phaik et al., 2007). Esta plasticidad morfológica genera confusión entre los géneros *Kappaphycus* y *Eucheuma*. Esta característica, puede generar grandes gastos financieros cuando las algas cultivadas no son las correctas y por lo tanto estas son no productoras de kappa-carragenano o lo producen, pero de baja calidad y cantidad (Ji et al., 2013).

El uso de marcadores genéticos no solo elucida el problema de las confusiones entre los distintos tipos de algas rojas, sino que también puede llevar al descubrimiento de nuevas variedades de la misma especie. Entre los marcadores más comunes para la identificación de *Kappaphycus* y *Eucheuma* son los

intraespecíficos para el espaciador RuBisCO codificado en los plástidos y para el espaciador cox2-3 codificados en las mitocondrias.

Los estudios sobre los cultivos de algas del género *Kappaphycus* en Panamá se han enfocado en medir su capacidad de propagación y sus índices de cobertura (Sellers et al., 2015). También se han hecho estudios sobre la mejor manera de realizar cultivos sostenibles mediante la comparación de métodos de cultivo *in-situ* e *in-vitro* (Batista, 2009). Sin embargo, son pocos los estudios moleculares que ayudan a caracterizar estos cultivos de gran interés comercial (Pérez-González, 2013). Por tal razón, el objetivo de nuestro estudio es identificar a través de las técnicas moleculares los cultivos de algas del género *Kappaphycus* de la Provincia de Colón utilizando marcadores cloroplásticos y mitocondriales.

Materiales y métodos

Muestreo

Las muestras de algas fueron colectadas de los cultivos localizados en Cativá, Bahía Las Minas de la Provincia de Colón, realizados por la empresa Panama Sea Farms S.A. De acuerdo a las características morfológicas de estas, la empresa aseguró que eran parte del género *Kappaphycus* Doty. Se tomaron 4 muestras y de cada muestra 3 réplicas. Luego, fueron guardadas en bolsas plásticas con cerradura hermética y transportadas en frío para asegurar su integridad, hasta llegar al laboratorio, en donde fueron conservadas a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Preparación de las muestras

Se seleccionaron los ápices libres de epifitos de las muestras adquiridas para ser triturados en nitrógeno líquido, después se conservaron en tubos Eppendorf a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta el momento de la extracción de su material genético.

Extracción del ADN

Para cada extracción se utilizaron 0,5 g de alga triturada y se les añadió 1 ml buffer CTAB (Murray & Thompson, 1980) compuesto por SDS 0.1%, Tris-HCL 0.1M, PVPP 0.1%, NaCl 2M, EDTA 20mM, CTAB 2% (pH 8) y β -mercaptoetanol (Sigma-Aldrich). Posteriormente, las muestras se colocaron en un baño María por una hora a 65 °C, en agitación a intervalos de 5 minutos. Después se le añadió a la muestra 1mL de solución de cloroformo/alcohol isoamílico (CIA) en proporción 24:1, las muestras se centrifugaron por 10 minutos a 3000 rpm, luego se retiró el sobrenadante y se añadió en proporción 1:1 la solución CIA, este procedimiento se repitió dos veces. Inmediatamente después, se añadió alcohol isopropílico en proporción 2:3. La última centrifugación se realizó por 25 minutos, para al final retirar toda la solución, dejando que las muestras de ADN adheridas al tubo se sequen para después lavarlas con etanol al 80% y re-suspenderlas en 50 μ l de agua pura. Las muestras de ADN extraídas se conservaron a 4 °C.

Para comprobar la extracción exitosa del ADN, se realizó una electroforesis en gel de agarosa. En este procedimiento se prepararon 35 mL (concentración de agarosa 1% en 35 mL de TAE) con SYBR (3.5 μ L). Las muestras utilizadas (5uL) se mezclaron con un tampón de carga (1 μ L) antes de depositarse en los pocillos del agar y se corrieron a una carga de 80-100V. Las muestras que indicaron la presencia de ADN fueron guardadas a 4 °C para los siguientes procedimientos.

Purificación del ADN

Para la purificación de las muestras con ADN se le añadieron agua pura para obtener un volumen de 100uL, a la solución anterior se le añadieron 33,3 μ L de acetato de amonio (7,5M) y 333,3 μ L de etanol absoluto. Luego se centrifugó por 25 minutos a 13000 rpm, las muestras se lavaron con etanol puro y una vez secas, el ADN se re-suspendió en 25 μ l de agua pura y fue almacenado a 4 °C para los

siguientes procedimientos. El ADN comprobado por medio de la electroforesis, se indicó como puro y se utilizó en el siguiente procedimiento.

Amplificación por PCR

La amplificación se realizó por PCR (del inglés *Polymerase Chain Reaction*) usando el método de Phaik et al. (2007), el cual fue modificado en los tiempos y temperaturas, ajustados a las condiciones del laboratorio descritas a detalle en cada procedimiento. El volumen total de PCR es de 25 μL , el cual es el agregado de 1,5 μL del primer forward y reverse (0.4×10^{-5} $\mu\text{moles}/\mu\text{L}$ de cada uno), 9 μL del Taq PCR Master Mix Kit de QIAGEN, el cual contenía el Buffer, los dNTP's y la Taq polimerasa, antes de iniciar la PCR se agregaron 8,3 μL de ADN (0.06 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$). La secuencia de los primers utilizados en el experimento fueron COX-2 (5'-GTACCWTCTTTDRGRRKDAAATGTGAGC-3') y COX-3 (5'-GGATCTACWAGATGRAAAWGGATGRC-3'), junto con los primers R753 (5'-GCTCTTTCATACATATCTTTCC-3') y F2 (5'-CAACAACCAGGTGATCC-3') de RuBisCO.

Los parámetros de la PCR fueron 2 minutos a 94°C, seguido por 30 ciclo de desnaturalización a 98°C por 10 segundos, a 55°C por 5 segundos, elongación a 72°C por 30 segundos y una elongación final a 72°C por 10 minutos. La amplificación fue realizada con el PCR System 9700 de GeneAmp.

Secuenciación y Análisis del Producto de PCR

El producto amplificado se etiquetó y envió a los laboratorios de Maryland de Psomagen USA para la secuenciación de las muestras. Los productos secuenciados fueron analizados con el programa BioEdit Sequence Alignment Editor 7.1 (Hall, 1999) para observar las secuencias obtenidas.

Análisis filogenético

Las secuencias obtenidas del BioEdit fueron alineados usando el programa MEGA X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across computing platforms (Kumar, et al., 2018) con secuencias de bases de datos de *Kappaphycus*, *Eucheuma* y otros (Tabla 1). Una vez obtenido el alineamiento, las secuencias fueron analizadas utilizando el mismo programa MEGA X para determinar el mejor modelo de ADN/Proteínas para el análisis filogenético. Luego se utilizó el método Máxima Verosimilitud (este utiliza el neighbor-joining por lo que se tomó en cuenta las secuencias que pudieron evolucionar a distintas velocidades).

Tabla 1. Secuencias del GenBank de NCBI que se utilizaron para la elaboración del árbol filogenético con las muestras obtenidas.

Nombre del Taxón	Lugar de origen	Código de acceso
<i>Kappaphycus striatum</i>	Malasia	JX624075.1
<i>Kappaphycus striatus</i>	Filipinas	KX388179.1
<i>Kappaphycus striatum</i>	Vietnam	JX624078.1
<i>Kappaphycus alvarezii</i>	Vietnam	JX624074.1
<i>Kappaphycus alvarezii</i>	Filipinas	JX624073.1
<i>Kappaphycus malesianus</i>	Malasia	KM218334.1
<i>Eucheuma denticulatum</i>	Indonesia	JX624081.1
<i>Eucheuma denticulatum</i>	Filipinas	JX624082.1
<i>Gracilaria changii</i>	Malasia	JX228064.1
<i>Gracilaria caudata</i>	Brasil	MG452534.1
<i>Gracilaria changii</i>	Malasia 2	GU645702.1
<i>Kappaphycus inermis</i>	Filipinas	KT316629.1
<i>Eucheuma arnoldii</i>	Filipinas	KX196454.1
<i>Eucheuma denticulatum</i>	Malasia 2	MN331544.1
<i>Eucheuma denticulatum</i>	Tanzania 2	KT390685.1
<i>Eucheuma denticulatum</i>	Tanzania	AY687429.1
<i>Eucheuma isiforme</i>	México	MH255770.1
<i>Kappaphycus alvarezii</i>	Malasia	JN234759.1
<i>Eucheuma denticulatum</i>	Malasia 3	MN331557.1
<i>Eucheuma denticulatum</i>	Malasia	JN980403.1
<i>Kappaphycus striatus</i>	Malasia 3	MN331556.1
<i>Kappaphycus striatum</i>	Malasia 2	JN234763.1
<i>Betaphycus speciosus</i>	Australia	MH104913.1
<i>Betaphycus speciosus</i>	Australia 2	MH104915.1
<i>Gracilaria cornea</i>	México	KT005902.1
<i>Gracilaria usneoides</i>	México	KT005906.1

Resultados

Extracción de ADN y amplificación de los primers

Se obtuvo un total de 20 muestras de ADN de calidad las cuales fueron utilizadas para la amplificación con los marcadores cloroplásticos y mitocondriales. Como resultado de la amplificación se obtuvieron 10 fragmentos del gen mitocondrial que fueron enviados a secuenciar. En la Figura 1 se muestran los resultados de los geles de electroforesis donde se obtuvo fragmentos entre 274 a 370 pb aproximadamente para el gen mitocondrial *cox2-3*. En cuanto al marcador del gen *rbcL* no se amplificó, por ende, no se obtuvieron fragmentos visibles en el gel de electroforesis.

Secuenciación y análisis filogenético

De las amplificaciones obtenidas, y enviadas a secuenciar al laboratorio Macrogen USA, solo se obtuvieron secuencias de fragmentos con las muestras que utilizaron el marcador mitocondrial COX 2-3 (Tabla 2). Además de presentar similitud con las secuencias de las bases de datos de NCBI correspondientes a la especie *Kappaphycus alvarezii*.

En el árbol filogenético obtenido se puede destacar que todas las muestras de Panamá terminaron en el mismo clado lo cual indica una cercanía evolutiva entre estos, siendo todas de la misma especie. Se puede observar también que el clado más cercano al cual se encuentra las especies en estudio (*Kappaphycus* Panamá), es el que contiene a las especies *Kappaphycus striatum*, *Kappaphycus striatus*, *Kappaphycus alvarezii* y *Eucheuma denticulatum*, todas del mismo país de origen Malasia, el cual es el mismo lugar de origen de la variedad de *Kappaphycus* sp. que es cultivada por la empresa Panama Sea Farms S.A.

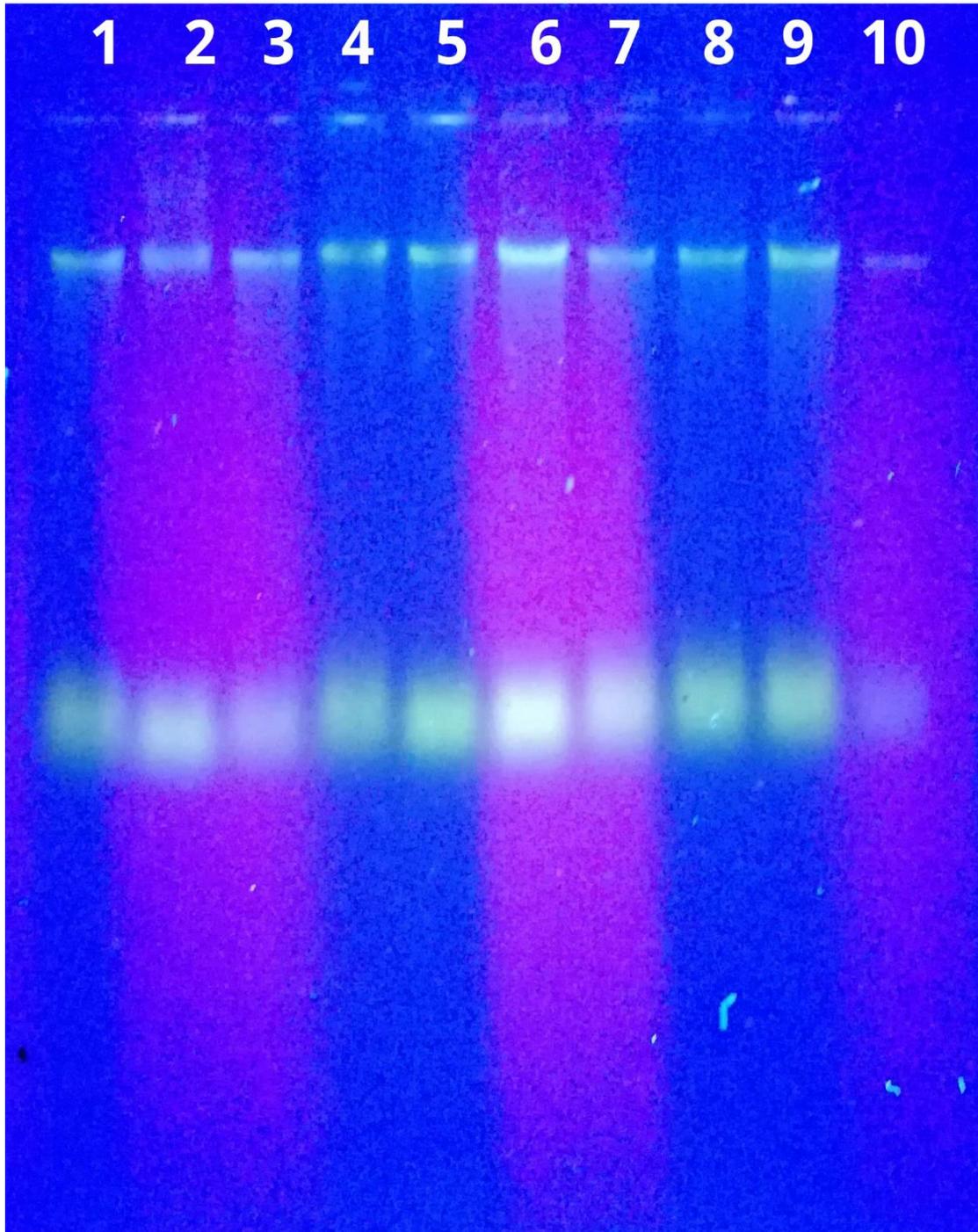


Figura 1. En esta imagen se muestra el resultado de la electroforesis de los 10 fragmentos amplificados para el gen *cox 2-3*.

Tabla 2. Secuencias obtenidas con el marcador mitocondrial cox 2-3 de *Kappaphycus alvarezii* cultivada en la Provincia de Colón.

Nombre de la Muestra	Tamaño de pb
<i>Kappaphycus</i> Panama 2.2	331
<i>Kappaphycus</i> Panama 2.1	274
<i>Kappaphycus</i> Panama 1.2	370
<i>Kappaphycus</i> Panama 1.1	336

También se puede señalar que este marcador mitocondrial muestra dos subgrupos dentro del grupo de *Kappaphycus* de Panamá, es probable que se traten de dos variedades de *Kappaphycus alvarezii* dentro del cultivo, lo que requiere hacer más estudios para comprobarlo.

Discusión

Los marcadores moleculares han ayudado a identificar correctamente las especies de macroalgas, pero se debe encontrar un gen polimórfico capaz de diferenciar una especie de otra, ya que no todos los genes son válidos para identificar las especies de algas marinas. Los resultados de este estudio refuerzan la importancia del uso de los marcadores moleculares para la correcta identificación, en este caso del género *Kappaphycus* perteneciente al grupo *Eucheumatoides*.

Los géneros *Eucheuma* y *Kappaphycus* con frecuencia son identificados de forma errónea (Phaik et al., 2017), debido a su alta plasticidad morfológica la cual puede confundir las descripciones taxonómicas tradicionales (Thien et al., 2020). Además de otros factores tales como, la falta de caracteres adecuados para identificar estas especies y el uso a conveniencia de los nombres comerciales (Zucarrello et al., 2006), lo cual hace necesario recurrir a las herramientas moleculares.

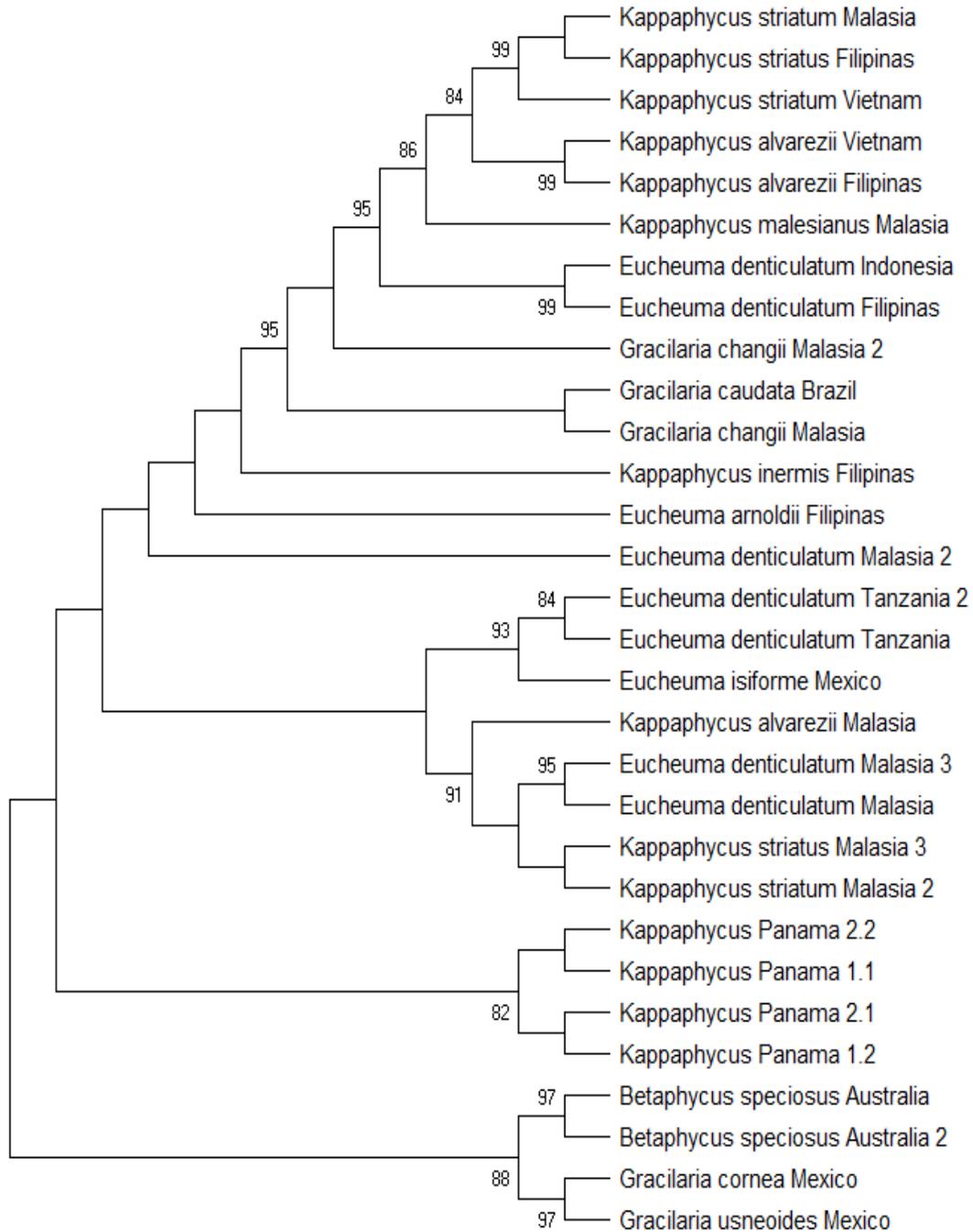


Figura 3. Árbol filogenético obtenido con las secuencias de *Kappaphycus* Panamá y las *Kappaphycus* presentes en las bases de datos del GenBank.

El marcador cloroplástico *rbcL* ha sido muy utilizado tanto en plantas superiores y algas para diferenciar especies y sus variedades. En el caso particular de las algas rojas los estudios realizados por Freshwater et al. (1994) y Fredericq et al. (1996), consideraron este marcador con excelentes valores de divergencia tanto intraespecífica e interespecífica. Sin embargo, Tan *et al.* (2012) consideran que el marcador *rbcL* es válido como marcador de código de barras de ADN para el grupo de las algas rojas en general, pero para diferenciar *Eucheuma* de *Kappaphycus* no es recomendable utilizarlo.

En este estudio no se logró amplificar la región correspondiente al gen *rbcL*, a pesar de hacer los ajustes de la PCR. Por lo tanto, no se obtuvieron datos para comparar la efectividad de dicho marcador, en la identificación de los géneros *Kappaphycus* y *Eucheuma*. Pero en el caso del marcador mitocondrial *cox2-3*, se amplificaron con éxito los fragmentos en las muestras de estudio. Este marcador mitocondrial ha sido uno de los más utilizados en la literatura para lograr diferenciar a nivel molecular los géneros *Kappaphycus* y *Eucheuma*.

Uno de los primeros estudios que ayudó a esclarecer la identificación de los géneros *Kappaphycus* y *Eucheuma*, fue el trabajo de Zuccarello et al. (2006), con muestras pertenecientes a las principales localidades de cultivo a nivel mundial. En dicho estudio, a través del uso de marcadores moleculares mitocondriales como el *cox 2-3* y el marcador cloroplástico espaciador de la RuBisCo, determinaron que el marcador cloroplástico era mucho más conservado que el marcador mitocondrial, siendo necesario la obtención de marcadores más variables que permitan un mejor análisis filogenético para diferenciar estas especies de importancia comercial.

En este sentido, son muchos los estudios moleculares donde se intenta comparar la efectividad de los marcadores moleculares para diferenciar de manera inter e intraespecífica los géneros *Kappaphycus* y *Eucheuma*. Este es el

caso del trabajo realizado por Tan *et al.* (2012), quienes compararon cuatro marcadores moleculares para utilizar como código de barras de ADN para la correcta identificación de las especies de los géneros *Kappaphycus* y *Eucheuma*, como resultado consideraron que el marcador *cox 2-3* era el más apropiado para utilizar como código de barras de ADN para estos dos géneros.

Además, otro estudio realizado en Filipinas por Dumilac *et al.*, (2016), quienes utilizaron dos tipos de marcadores mitocondriales COI-5P y el espaciador intergénico *cox 2-3* para evaluar la diversidad genética de las variedades cultivadas, en dicho estudio ambos marcadores fueron útiles para diferenciar las especies dentro del género *Kappaphycus*. Por lo tanto, según los estudios descritos y los resultados obtenidos se puede considerar que el marcador mitocondrial *cox 2-3* ha sido un marcador que ha dado excelentes resultados para identificar y diferenciar el género *Kappaphycus* cultivado en Panamá. Además, dichos fragmentos obtenidos para la región *cox 2-3* han sido lo suficientemente polimórficos para asignar a las muestras de *Kappaphycus* de Panamá como posible *Kappaphycus alvarezii*.

Conclusión

Las macroalgas y específicamente las algas rojas son un grupo muy diverso y posee propiedades de gran importancia comercial. Otra de las propiedades que las caracterizan es su alta plasticidad morfológica, la cual solo se puede resolver a través del uso de marcadores moleculares.

Dentro de la gran variedad de marcadores moleculares que se utilizan para identificar y diferenciar al grupo *Eucheumatoides* (*Kappaphycus* y *Eucheuma*), el gen *cox 2-3* es uno de los más efectivos y utilizados en la bibliografía. Además, permite mostrar diferencias a nivel de nuevas variedades dentro del cultivo lo que es muy útil al momento de la selección y conservación de las variedades del cultivo.

Agradecimiento

Queremos agradecer a la empresa Panama Sea Farms S.A. por permitirnos el acceso a las muestras. También agradecer a Nelva Alvarado del Instituto Especializado de Análisis por facilitarnos el espacio para realizar la investigación, Por último, agradecer a Eyda Gómez del Molecular Lab (Naos Marine Laboratory-STRI) por su ayuda en el laboratorio.

Referencias

- Batista, G. V. (2009) Cultivo Ecosostenible de *Kappaphycus alvarezii* en Panamá. Tesis de Doctorado, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
- Dumilag, R., Orozco, F. y Lluisma, A. (2016). Genetic diversity of *Kappaphycus* species (Gigartinales, Rhodophyta) in the Philippines, Systematics and Biodiversity, 14 (5): 441-451.
<https://doi.org/10.1080/14772000.2016.1157643>
- Fredericq, S., Hommersand, M.H. y Freshwater, D.W. (1996). The molecular systematics of some agar –and carrageenan- containing marine red algae based on *rbcL* sequence analysis. Proceedings XVth int Seaweed Symp. Hydrobiologia 326-327 (1): 125-135.
- Freshwater, D.W. y Rueness, J. (1994). Phylogenetic relationships of some European *Gelidium* (Gelidiales, Rhodophyta) species, based on *rbcL* nucleotide sequence analysis. Phycologia 33(3): 187-194
- Hall, T.A. (1999). BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. In Nucleic acids symposium series (Vol. 41, No. 41, pp. 95-98). [London]: Information Retrieval Ltd., c1979-c2000.

- Ji, T., Phaik, L., y Siew-Moi, P. (2013). Phylogenetic relationship of *Kappaphycus* Doty and *Eucheuma* J. Agardh (Solieriaceae, Rhodophyta) in Malaysia. *Journal of Applied Phycology*, 25: 13–29.
<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10811-012-9833-1>.
- Murray, M. G. y Thompson, W. F. (1980). Rapid isolation of high molecular weight plant DNA. *Nucleic Acids Research*, 8: 4321–4326.
<https://academic.oup.com/nar/article/8/19/4321/2381063>
- Perez-Gonzalez, C.M. (2013). Caracterización biológica y química de *Kappaphycus alvarezii* de Panamá. Tesis de Doctorado, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
- Phaik, E. L., Takeaki, H., Motohiro, S. y Kazuhiro, K. (2007). Molecular Phylogeny of Crustose Brown Algae (Ralfsiales, Phaeophyceae) Inferred from rbc L Sequences Resulting in the Proposal for Neoralfsiaceae Fam. Nov. *Phycologia*, 46(4):456-466.
<https://www.tandfonline.com/action/showAxaArticles?journalCode=uphy20>
- Phaik, E. L., Li-En, Y., Ji, T., Maggs, C. y Brodie J (2017). Advancing the taxonomy of economically important red seaweeds (Rhodophyta), *European Journal of Phycology*, 52 (4): 438-451. <https://doi.org/10.1080/09670262.2017.1365174>
- Sellers, A., Saltonstall, K. y Davidson, T. (2015). The introduced alga *Kappaphycus alvarezii* (Doty ex PC Silva, 1996) in abandoned cultivation sites in Bocas del Toro, Panama. *BioInvasions Records* 4 (1): 1-7.
<https://doi.org/10.3391/bir.2015.4.1.01>
- Sudhir K., Glen S., Li, M., Knyaz, C. y Koichiro T. (2018). MEGA X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across computing platforms. *Molecular Biology and Evolution* 35:1547-1549
- Tan, J., Lim, P.E., Phang S.M., Hong, D.D., Sunarpi, H., y Hurtado, A.Q. (2012). Assessment of four molecular markers as potencial DNA barcodes for red algae *Kappaphycus* Doty and *Eucheuma* J. Agardh (Solieriaceae,

Rhodophyta) PLoS ONE 7(12) e52905.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0052905>

Thien, V.Y., Yong, W.T.L., Anton, A., Chin, G.J.W.L. (2020). A multiplex PCR method for rapid identification of commercially important seaweeds *Kappaphycus alvarezii*, *Kappaphycus striatus* and *Eucheuma denticulatum* (Rhodophyta, Solieriaceae). *Regional Studies in Marine Science*, 40,101499. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2020.101499>.

Zuccarello G., Alan, T. C., Jennifer, S., Volker, S., Genevieve, B. L., John, A. W. (2006). Systematics and genetic variation in commercial shape *Kappaphycus* and shape *Eucheuma* (Solieriaceae, Rhodophyta). *Journal of Applied Phycology*, 18: 643–651.

<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10811-006-9066-2>

DESCRIPCIÓN DE LA GENITALIA MASCULINA DE CATORCE ESPECIES DE *CAMAROTUS* GERMAR (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)

DESCRIPTION OF THE MALE GENITALIA OF FOURTEEN SPECIES OF *CAMAROTUS* GERMAR (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)

Recepción
16-mayo-2021

Aprobación
28-junio-2021

Rubén Collantes¹, Héctor Barrios²

¹ Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá / Universidad de Panamá, Panamá
<https://orcid.org/0000-0002-6094-5458>. Correo: rdcg31@hotmail.com

² Universidad de Panamá, Panamá
<https://orcid.org/0000-0002-0542-1731>. Correo: hector.barriosv@up.ac.pa

Revisor Temático: Alfredo Lanuza-Garay

Resumen

En el presente trabajo, se describe la genitalia masculina de catorce especies del género neotropical *Camarotus* Germar, 1833 (Coleoptera: Curculionidae): Grupo *pusillus* (*C. costaricensis*, *C. carinatus*, *C. infuscatus* y *C. wernerii*), Grupo *attelaboides* (*C. crenulatus*, *C. ferrugineus*, *C. attelaboides*, *C. rhinion*, *C. ohausi* y *C. angustifrons*) y Grupo *cassidoides* (*C. granada*, *C. coccinelloides*, *C. fusiger* y *C. carrapatus*). Se revisaron especímenes colectados previamente en Panamá y otros países del Neotrópico. Se seleccionaron los machos, para proceder con la disección de genitalias y clarificación de dichas estructuras con hidróxido de potasio al 10% y 70° C por 10 minutos. Se realizaron observaciones directas en el estereoscopio, además de tomarse fotografías mediante microscopio electrónico de barrido, microscopio confocal y autofluorescencia. De acuerdo con los resultados, el aedeagus de *Camarotus* es de tipo anulado y presenta caracteres válidos para ser incluidos como elementos de diagnóstico para cada especie estudiada. Entre los caracteres observados, destacan las punturaciones y gránulos, la forma del ápice y del ostium, la curvatura del pene y la presencia de setas fuertes son relevantes para definir las especies tratadas en este estudio.

Palabras Clave: Curculioninae, morfología, gorgojo, identificación, Neotrópico.

Abstract

This work describes the male genitalia of fourteen species of the genus *Camarotus* Germar, 1833 (Coleoptera: Curculionidae): Group *pusillus* (*C. costaricensis*, *C. carinatus*, *C. infuscatus* and *C. wernerii*), Group *attelaboides* (*C. crenulatus*, *C. ferrugineus*, *C. attelaboides*, *C. rhinion*, *C. ohausi* and *C. angustifrons*) and the *cassidoides* group (*C. granada*, *C. coccinelloides*, *C. fusiger* and *C. carrapatus*). Samples collected in Panama and other Neotropic countries were reviewed. The male genitalia were then removed, boiled in potassium hydroxide solution (KOH) at 10% to disintegrate the fat and the soft tissues for 10 minutes. Direct observations were made in the stereoscope, in addition to taking photographs using a scanning electron microscope, confocal microscope, and autofluorescence. According to the results, *Camarotus* aedeagus is a ringed-shaped type and

presents valid characters as diagnostic elements for each species. Among the observed characteristics of male genitalia, perforations and granules, shape of aedeagus apex and ostium, curvature of the penis and the presence of strong setae are relevant to define the species treated in this study.

Keywords: Curculioninae, morphology, weevil, identification, Neotropic.

Introducción

El género *Camarotus* Germar, 1833 (Coleoptera: Curculionidae), está representado por 43 especies conocidas en la región neotropical, con reportes desde Belice y Guatemala hasta el sur de Brasil (Reichardt, 1971a, b). Collantes y Barrios (2021), reportaron 12 especies de *Camarotus* para Panamá y nueve para Perú; determinando además que estos gorgojos están asociados a 11 especies de plantas, de las cuales ocho están presentes en Panamá y son constituyentes importantes del bosque tropical húmedo en la Cuenca del Canal de Panamá.

De acuerdo a Reichardt (1971a), las especies de este género presentan una serie de caracteres morfológicos externos de diagnóstico, como el rostrum corto, fémures anteriores dilatados, provistos de denticulaciones fuertes, tibias anteriores provistas de una o dos espinas apicales, entre otros; conformando además tres grupos de especies, en función del desarrollo de la expansión elytral. Otro atributo que el autor destacó fue la presencia de una cera sobre el cuerpo de algunas especies, al cual denominó polinosidad.

Sin embargo, algunas especies de *Camarotus* son similares entre sí, lo que dificulta la identificación, lo que hace necesario el empleo de la genitalia y escleritos asociados para su identificación (Rosado-Neto, 2010; Haran et al., 2020); sin embargo, Reichardt (1971a), el autor que más trabajó el género, no pudo estudiar a mayor profundidad los caracteres de la genitalia de los machos, debido a su fallecimiento en 1976. Por lo expuesto, el presente trabajo tuvo por objetivo describir la genitalia masculina de 14 especies del género *Camarotus* para encontrar nuevas características que confirmen y mejoren el diagnóstico de estas especies.

Materiales y métodos

Se revisó material colectado previamente, correspondiente a 35 especies de *Camarotus*, pertenecientes a las colecciones de las siguientes instituciones: Museo de Historia Natural de Londres (**BMNH**), Museo de Invertebrados G. B. Fairchild, Universidad de Panamá (**MIUP**), Museo de Tierkunde en Dresde, Alemania (**MTD**), Museo de Zoología de la Universidad de Sao Paulo, Brasil (**MZSP**), Museo de Historia Natural de Basilea, Suiza (**NHMB**), Museo Nacional de Praga, República Checa (**NMPC**), Programa Centroamericano de Entomología, Universidad de Panamá (**PCMENT**) y el Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales (**STRI**).

Debido a que el aedeagus ofrece más caracteres para de diagnóstico comparado con la genitalia femenina y a que la mayoría del material prestado correspondió a especímenes tipo (caso de *Camarotus singularis* Champion, 1903 y *Camarotus dilatatus* Champion, 1903, donde sólo existen los holotipos), o solo se contaba con especímenes hembra (21 de las 35 especies revisadas), no fue posible realizar la disección de genitalias de todas las especies de *Camarotus*, , por lo que se procedió a disectar la genitalia masculina de 14 especies de *Camarotus*, . Los especímenes machos revisados se identificaron por el dimorfismo sexual observable en la protibia. Las especies tratadas se detallan a continuación:

Grupo *pusillus*: *Camarotus costaricensis* Voss, 1923; *Camarotus carinatus* Reichardt, 1971; *Camarotus infuscatus* Reichardt, 1969; *Camarotus werneri* Reichardt, 1971.

Grupo *attelaboides*: *Camarotus crenulatus* Reichardt, 1971; *Camarotus ferrugineus* Reichardt, 1969; *Camarotus attelaboides* Karsch, 1881; *Camarotus rhinion* Reichardt, 1971; *Camarotus ohausi* Heller, 1923; *Camarotus angustifrons* Voss, 1922.

Grupo *cassidoides*: *Camarotus granada* Reichardt, 1971; *Camarotus coccinelloides* Germar, 1833; *Camarotus fusiger* Heller, 1923; *Camarotus carrapatus*, Reichardt, 1971.

Se revisaron los caracteres morfológicos externos del material tipo y de las 14 especies disectadas, consultándose los trabajos de Heller (1923), Voss (1965) y Reichardt (1971a, b); elaborándose una descripción del género *Camarotus*.

Las genitalias se limpiaron y clarificaron con hidróxido de potasio al 10% por un máximo de 10 minutos a y 70°C; posteriormente, se lavaron con agua destilada y etanol al 70%. Para el estudio morfológico y mediciones de los aedeagus secos se trabajó en un microscopio electrónico de barrido Zeiss EVO 40 VP y con un montaje temporal en un microscopio confocal/autofluorescete Olympus FV 1000. Al terminar, cada genitalia se colocó en punta de cartulina, junto con el espécimen correspondiente.

Resultados

Género *Camarotus* Germar, 1833

Descripción: Tamaño corporal de entre 2,0 a 6,68 mm, cabeza pequeña, rostrum en corto, tan largo como ancho apicalmente, liso o punturado; antena no geniculada de 11 segmentos, insertadas lateralmente aproximadamente a la mitad del rostrum en surcos antenales evidentes en vista frontal; clavola antenal trisegmentada; pronotum aproximadamente dos veces más ancho que largo mesalmente, discalmente punturado y granulado lateralmente, salvo algunas excepciones; fémures anteriores dilatados, provistos de una hilera de dientes toscos, de número variable; protibias curvadas, en algunas especies anguladas, carinadas, crenuladas o dentadas en el margen interno, con un diente preapical en el margen externo y con una (machos) o dos (hembras) espinas apicales (Figura 1);

expansión elitral variable en tamaño y forma, desde muy leve (grupo *pusillus*) hasta ampliamente desarrollada (grupo *cassidoides*) (Figura 2); pigidio siempre cubierto; coloración variable entre especies, pudiendo también variar dentro de una misma especie; eflorescencia poliniscente (polinosidad), presente en algunas especies (Figura 3).

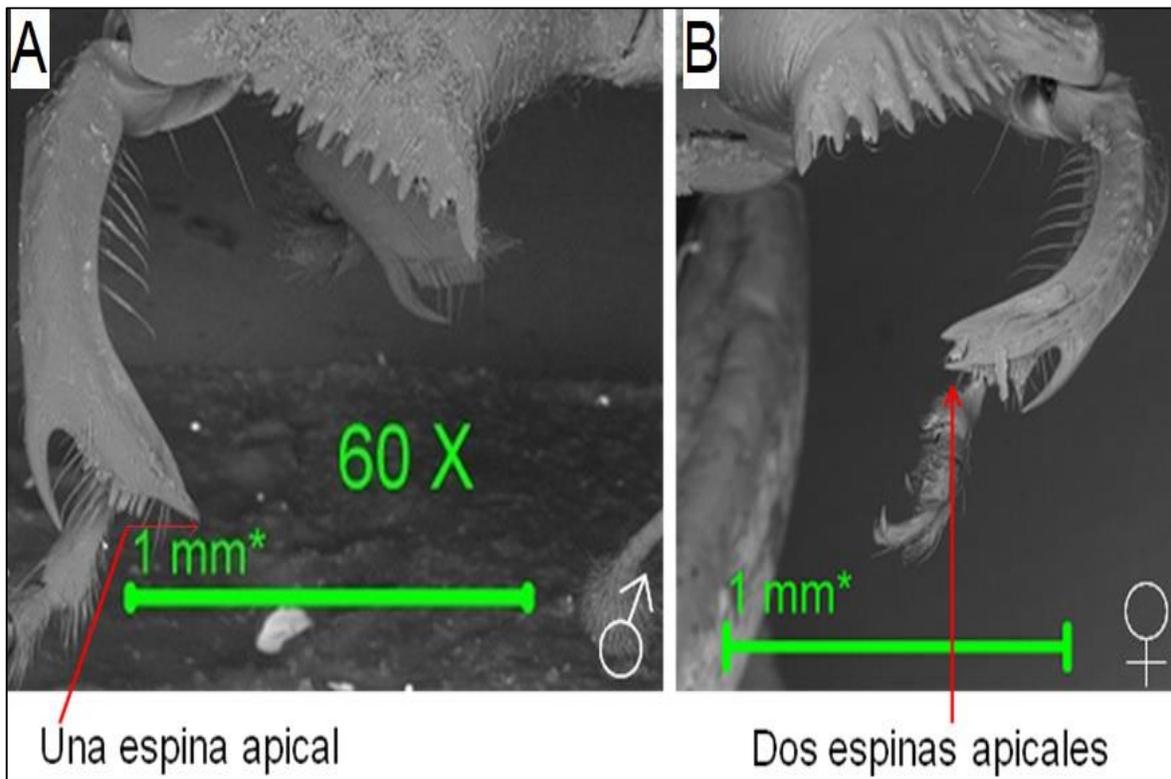


Figura 1. Dimorfismo sexual en protibia de *Camarotus*: A) Macho; B) Hembra.

No obstante que la estructura general de la genitalia masculina, según Tuxen (1970), sea bastante similar, la morfología de algunos caracteres, puntuales del aedeagus, apodemas y pene, difirieren lo suficiente y son constantes para cada una de las especies, siendo una herramienta útil para separar las especies tratadas. La genitalia masculina de *Camarotus* es de tipo anulado.

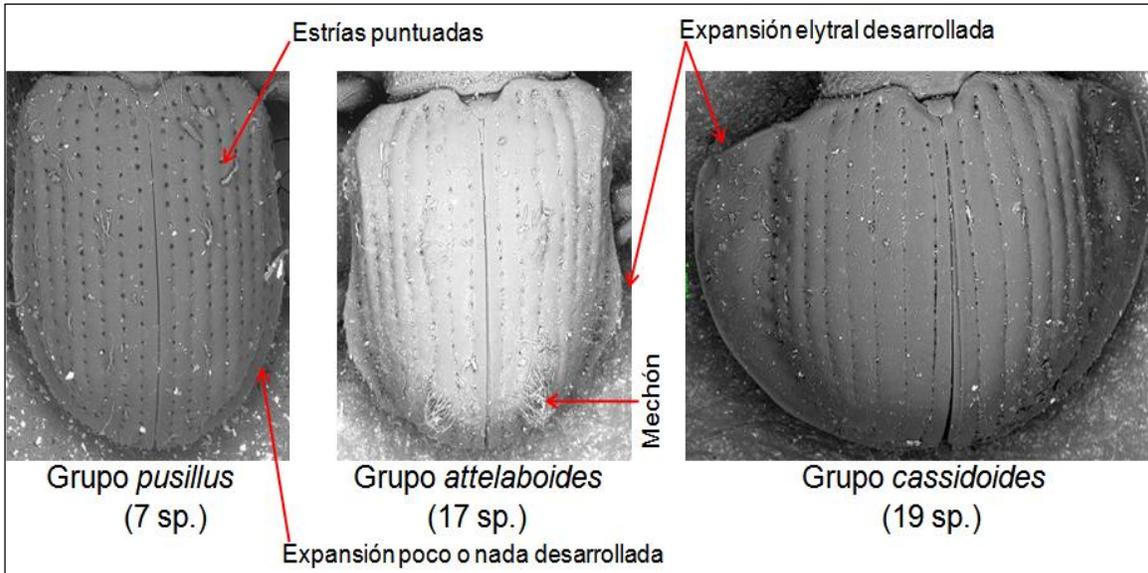


Figura 2. Clasificación de *Camarotus* por grupos, según Reichardt (1971a).



Figura 3. Polinosidad observada en el género *Camarotus*.

El aedeagus (Figura 4) presenta una pieza basal del tegmen, formando un anillo completo alrededor del pene, permitiendo mayor movilidad; parameres usualmente reducidos, a veces a un par de procesos firmemente unidos a la pieza

basal; manubrium unido a la pieza basal y levente doblado hacia abajo; apodemas de longitud y curvatura variable, saco interno (endophallus), membranoso y casi tan largo como los apodemas.

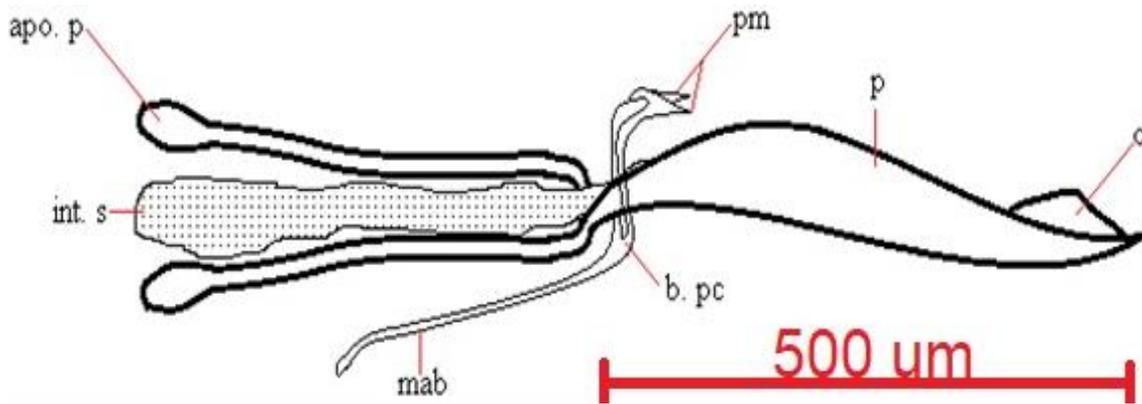


Figura 4. Aedeagus de *Camarotus*. apo. p = apodema del pene; int. s = saco interno; mab = manubrium; b. pc. = pieza basal; pm = parameres; p = pene; o = ostium.

Los aedeagus de las especies revisadas se detallan a continuación:

***Camarotus costaricensis* Voss, 1923**

Descripción: deflexo, fuertemente curvado, mesalmente aplanado en la superficie dorsal esclerosada, márgenes laterales del pene proyectados y engrosados mesalmente; superficie dorso-marginal y ventral fuertemente punturada; ápice redondeado; ostium amplio, ocupando poco más de un tercio de la longitud del pene, con concavidad moderadamente profunda; apodemas representan menos de la tercera parte de la longitud total del aedeagus (Figura 5A).

Material examinado: Panamá, BCI, IV/1985, Col M. Wong (PCMENT).

***Camarotus weneri* Reichardt, 1971**

Descripción: deflexo, subcilíndrico, fuertemente curvado en la base del pene; márgenes laterodorsales del pene replegados mesalmente, formando un

surco longitudinal definido desde la mitad hasta el ostium, el cual es subcircular, amplio, ocupando casi toda el área preapical; apodemas representan casi la mitad de la longitud total del aedeagus (Figura 5B).

Material examinado: Perú, Madre de Dios, Río Tambopata Res., 30 km (air) SW Puerto Maldonado, 290 m, 12°50'S, 069°20'W, Smithsonian Institution, Canopy Fogging Project, 01/III/1982, Col. T. L. Erwin *et al.* (PCMENT).

***Camarotus carinatus* Reichardt, 1971**

Descripción: deflexo, moderadamente curvado, robusto, subcilíndrico; pene mesalmente deprimido, con punturación profunda y dispersa lateral y ventralmente; ostium amplio, ligeramente deprimido, ocupando casi un tercio del área subapical del pene; apodemas moderadamente curvados, casi tan largos como el pene (Figura 5C).

Material examinado: Perú, Madre de Dios, Río Tambopata Res., 30 km (air) SW Puerto Maldonado, 290 m, 12°50'S, 069°20'W, Smithsonian Institution, Canopy Fogging Project, 01/III/1982, Col. T. L. Erwin *et al.* (PCMENT).

***Camarotus infuscatus* Reichardt, 1969**

Descripción: levemente deflexo, prorecto, fuertemente curvado en la base del pene y deprimido gradualmente hacia el ápice; superficie dorsal del pene longitudinalmente subplana y ligeramente esclerosada, márgenes laterales proyectados mesalmente; superficie ventral, lateral y dorsal del pene con punturación profunda y dispersa; ápice ligeramente lobulado; ostium amplio, ocupando dos tercios subapicales de la parte distal del pene; saco interno revestido de microtricha; los apodemas constituyen la tercera parte de la longitud del aedeagus (Figura 5D).

Material examinado: Panamá, Cerro Campana, VII/1974, Col. H. Stockwell. (PCMENT).

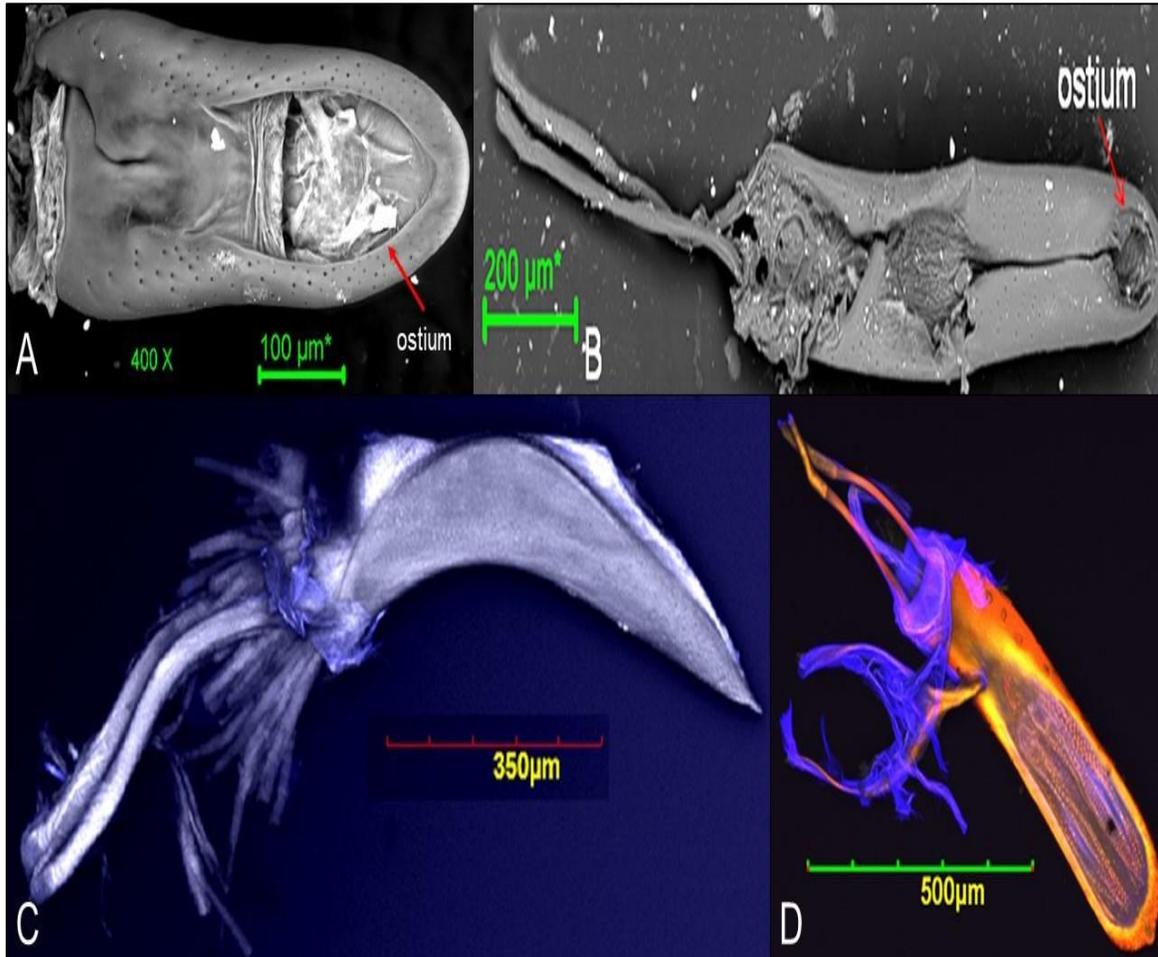


Figura 5. Aedeagus del grupo *pusillus*. A) *C. costaricensis*, vista dorsal; B) *C. weneri*, vista dorsal; C) *C. carinatus*, vista lateral; D) *C. infuscatus*, vista ventral.

***Camarotus crenulatus* Reichardt, 1971**

Descripción: genitalia relativamente larga, pene deflexo, fuertemente curvado (en forma de hoz), dorsalmente esclerosado, provisto de punturas profundas en el contorno; dos mechones longitudinales de setas fuertes situadas en la superficie ventral del ápice; ostium amplio y poco deprimido, ocupa las dos terceras partes subapicales; saco interno provisto de microtricha fina; apodemas fuertemente curvados en su porción distal y casi tan largos como el pene (Figura 6).

Material examinado: Panamá, Colón, F. Sherman, Beating en el dosel, *Vochysia ferruginea*, III/1990 – VIII/1998, Col. H. Barrios (PCMENT).

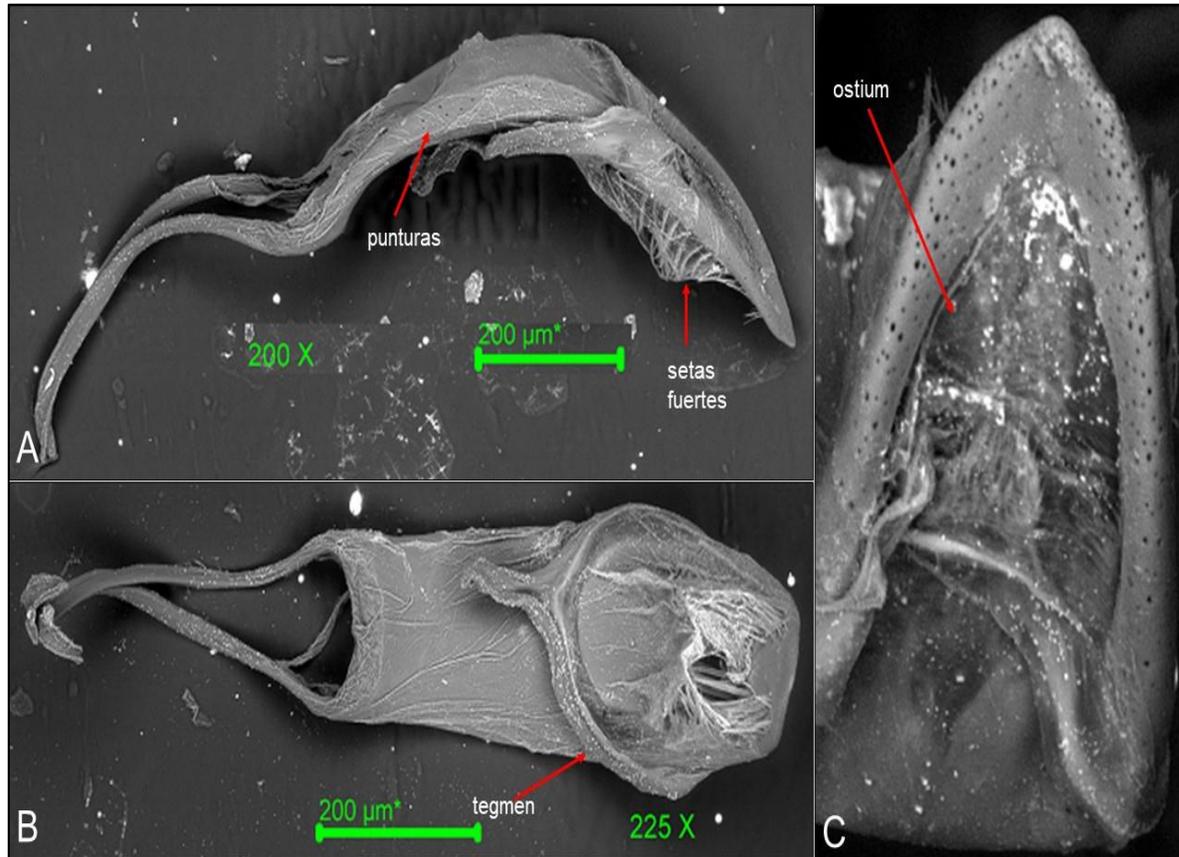


Figura 6. Aedeagus de *C. crenulatus*. A) Vista lateral; B) Vista ventral; C) Ostium.

***Camarotus ferrugineus* Reichardt, 1969**

Descripción: deflexo, alargado, fuertemente curvado en la base, apicalmente lobulado; ligeramente constreñido a la altura del tercio basal del pene; superficie distal granulosa; ostium ocupando más de la tercera parte de la longitud del pene, profundamente deprimido subapicalmente; saco interno con revestimiento de microtricha muy fina; apodemas cortos, al menos de un cuarto de la longitud total del aedeagus (Figura 7).

Material examinado: Panamá, Cerro Campana, 850 m, 8°40'N, 79°56'W, VI/1975 –VI/1977, Col. H. Stockwell (PCMENT).

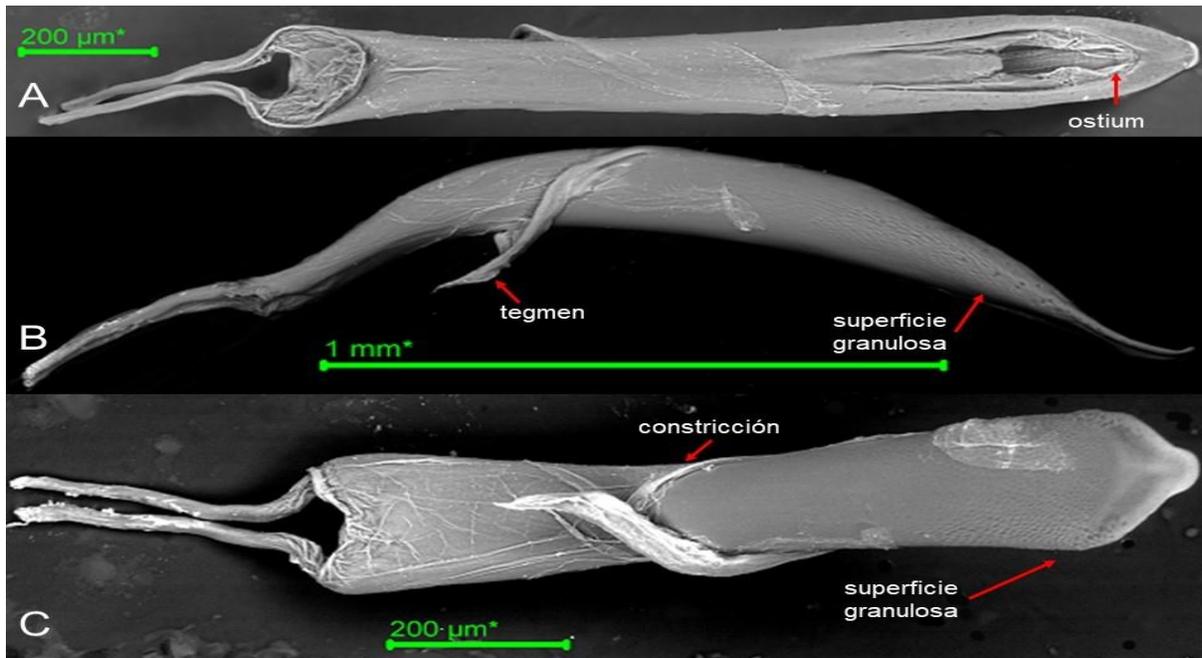


Figura 7. Aedeagus de *C. ferrugineus*. A) Vista dorsal; B) Vista lateral; C) Ventral.

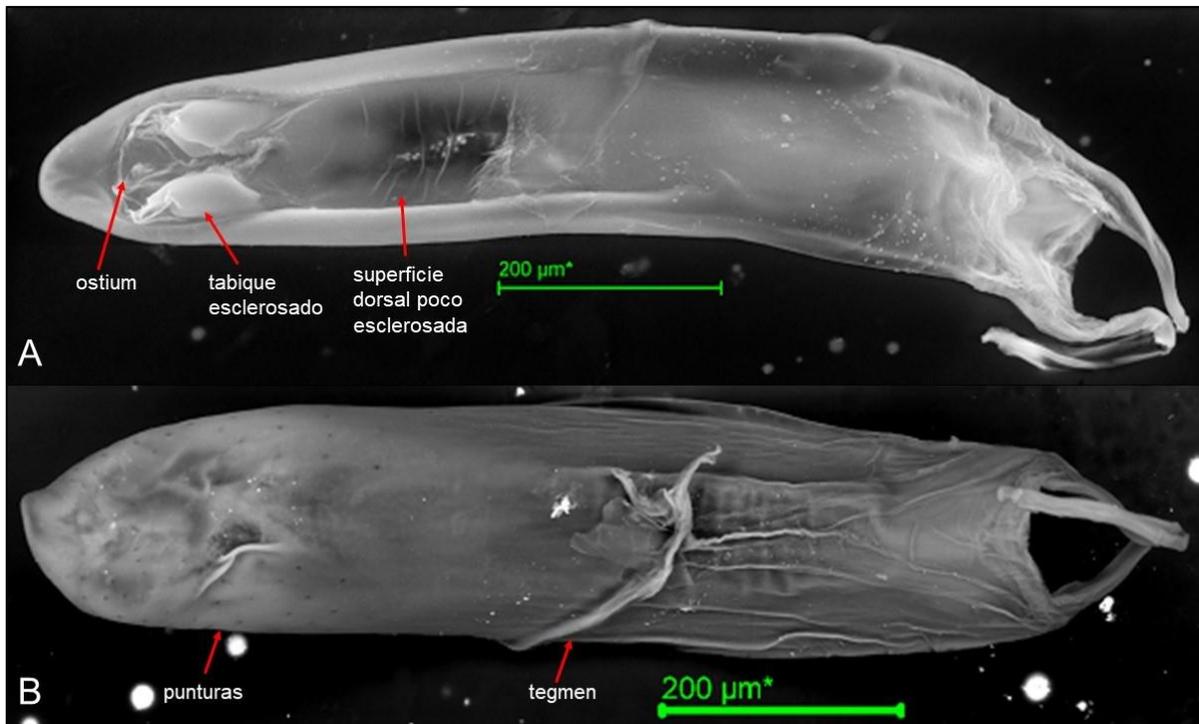


Figura 8. Aedeagus de *C. attelaboides*. A) Vista dorsal; B) Vista ventral.

***Camarotus attelaboides* Karsch, 1881**

Descripción: deflexo, ligeramente curvado, alargado y estrecho; superficie dorsal del pene longitudinalmente subcóncava, mesalmente membranosa; punturas profundas y dispersas en los márgenes dorsales y las superficies lateral y ventral del pene; ápice redondeado, ligeramente ahusado y aplanado, no lobulado; ostium subtriangular, con márgenes fuertemente denticulados, ocupa un tercio del área subapical del pene, estando los otros dos tercios de dicha área ocupados por dos tabiques subrectangulares situados a ambos lados del ostium; saco interno provisto de pequeñas espinas; los apodemas constituyen poco menos de un tercio del largo total del aedeagus (Figura 8).

Material examinado: Perú. Madre de Dios, R. Tambopata, 30 km (air) SW Pto. Maldonado, 290 m, 12°50'S, 069°20'W, Smithsonian Institution, Canopy Fogging Project, 01/III/1982 – 12/IX/1984, Col. T. L. Erwin *et al.* (PCMENT).

***Camarotus rhinion* Reichardt, 1971**

Descripción: pene deflexo, levemente curvado, dorsalmente poco esclerosado, ventralmente deprimido; ostium amplio, ocupa casi todo el ápice; apodemas prorectos, más largos que el pene (Figura 9A).

Material examinado: Brasil, Am., Reserva Ducke, 26 km NE Manaus, *Eschweilera rodriguesiana*, 18/V/1996, Col. J. C. G. Hurtado (PCMENT).

***Camarotus ohausi* Heller, 1923**

Descripción: pene recto, ligeramente curvado en la base y deprimido progresivamente hacia el ápice, superficie dorsal longitudinalmente subplana y esclerosada, márgenes laterales proyectados mesalmente; superficie ventral, lateral y dorsal del pene con punturas profundas y dispersas; ápice lamelado; ostium amplio, en forma de herradura, ocupa dos tercios subapicales de la parte distal del pene; saco interno revestido de microtricha; apodemas constituyen la tercera parte de la longitud del aedeagus (Figura 9B).

Material examinado: Panamá, BCI, trampa de luz, 28/XI/1988, Col. H. Wolda (PCMENT).

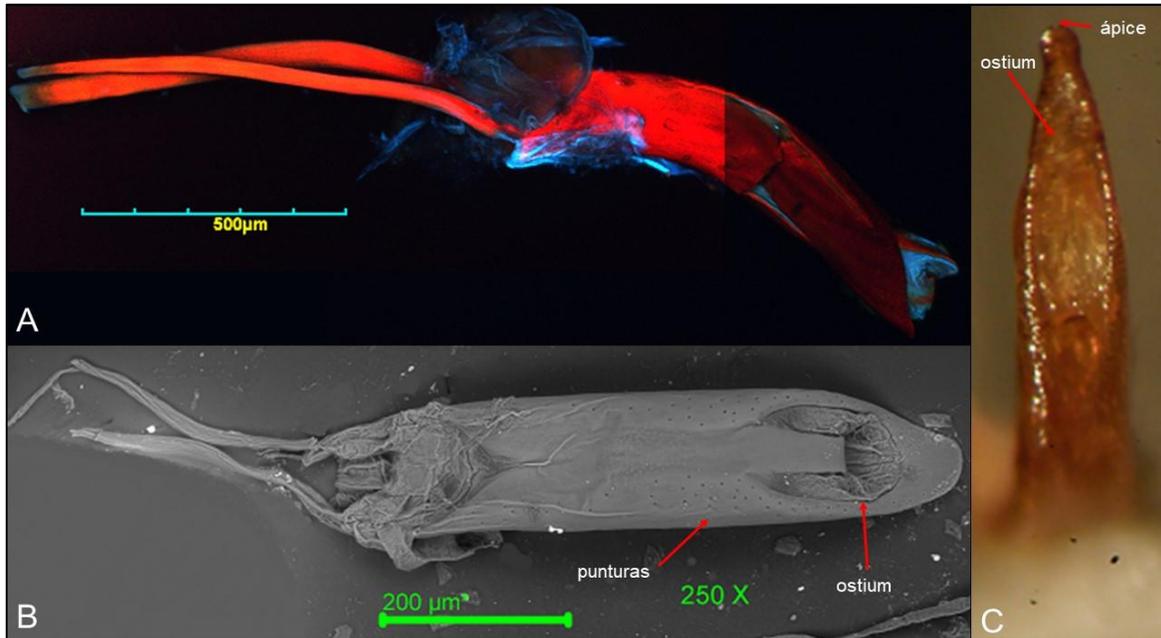


Figura 9. Aedeagus del grupo *attelaboides*. A) *C. rhinion*, vista lateral; B) *C. ohausi*, vista dorsal; C) *C. angustifrons*, vista dorsal del ápice.

***Camarotus angustifrons* Voss, 1922**

Descripción: deflexo, fuertemente curvado, ensanchado en la base y ahusado gradualmente hacia el ápice; superficie dorsal del pene longitudinalmente subcóncava y mesalmente membranosa, márgenes laterales ligeramente replegados mesalmente; superficie ventral y lateral del pene lisas; ápice distalmente lobulado y basalmente constreñido; ostium amplio, ocupa casi todo el ápice del pene, con un par de tabiques esclerosados, ligeramente curvados y proyectados desde los márgenes laterales del pene, por debajo del saco interno, emergiendo la mitad de los mismos en el tercio basal y extendiéndose hasta casi el tercio distal del ostium; apodemas constituyen un sexto de la longitud del aedeagus (Figura 9C).

Material examinado: Panamá, Coclé, La Mesa ab. El Valle, 8°37'N, 80°07'W, 850 m, 28/VII/1995, Col. H. Stockwell (PCMENT).

***Camarotus granada* Reichardt, 1971**

Descripción: pene ligeramente deflexo, fuertemente curvado en la base, distalmente espatulado, superficie dorsal esclerosada, ligeramente subcónica, con punturas dispersas y profundas hacia los lados y más concentradas poco antes del ostium; superficie lateroventral también con punturas profundas y dispersas; ostium transverso, algo estrecho y poco profundo, ocupa poco más de la mitad del ancho del ápice, el cual posee una proyección mesal; apodemas casi tan largos como el pene (Figura 10A).

Material examinado: Panamá, Colón, F. Sherman, 27/II/1998, Col. H. Barrios (PCMENT).

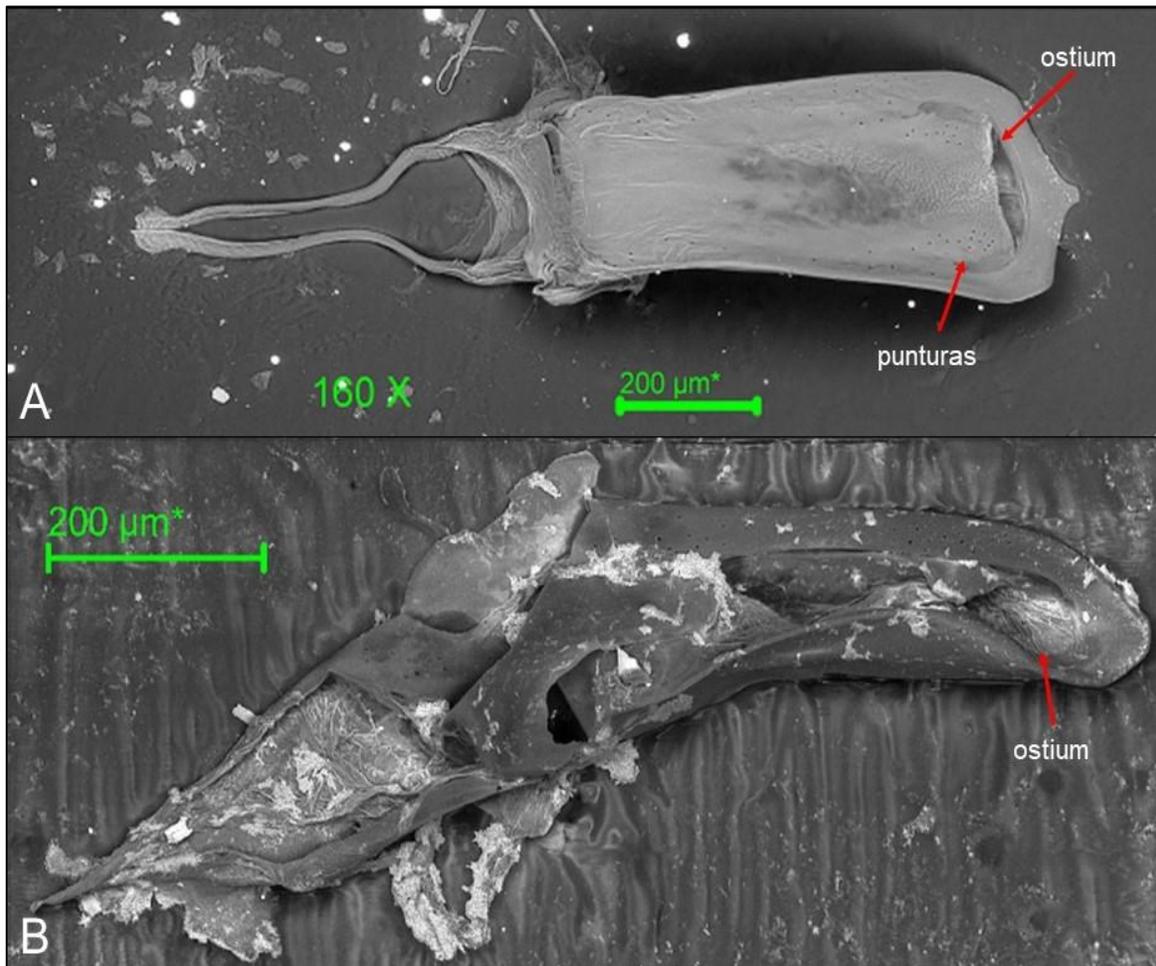


Figura 10. Vista dorsal del aedeagus de *C. granada*. (A) y *C. coccinelloides* (B).

***Camarotus coccinelloides* Germar, 1833**

Descripción: deflexo, ligeramente curvado, ensanchado en la base; superficie dorsal del pene longitudinalmente subcóncava, mesalmente abierta (saco interno visible), separada del ostium por dos lóbulos algo esclerosados convergentes mesalmente; punturas profundas y ampliamente dispersas en el contorno dorsal y lateral del pene; ápice espatulado y ligeramente lobulado; ostium amplio, ocupa casi la mitad del área apical del pene; saco interno provisto de pequeñas espinas retraídas dentro del ostiolo; apodemas constituyen la tercera parte de la longitud total del aedeagus (Figura 10B).

Material examinado: Panamá, Zona del Canal, 7 Km NW Gamboa, canopy fog., 26/VII/1976, Col. Y. Lubin (PCMENT).

***Camarotus fusiger* Heller, 1923**

Descripción: deflexo, moderadamente curvado, subcilíndrico y lamelado hacia el ápice; superficie dorsal del pene ligeramente hendida longitudinalmente; superficie ventral y lateral del pene lisas; ostium amplio, ocupa casi toda el área dorsal del ápice del pene; apodemas cortos y curvados, constituyen la cuarta parte de la longitud del aedeagus (Figura 11A).

Material examinado: Perú, Madre de Dios, R. Tambopata Res., 30 km (air) SW Pto. Maldonado 290 m, 12°50' S 69°20' W, Smithsonian Institution, Canopy Fogging Project, 12/IX/1984, Col. T. L. Erwin *et al.* (PCMENT).

***Camarotus carrapatus* Reichardt, 1971**

Descripción: deflexo, moderadamente curvado; pene dorsalmente deprimido y poco esclerosado desde el margen posterior hasta casi la mitad de su longitud y márgenes con punturas profundas y dispersas; ostium amplio, en forma de "V", ocupa casi todo el tercio apical y con dos tabiques esclerosados ligeramente curvados y emergiendo a los lados del ostium; ápice del pene proyectado

mesalmente a manera de un lóbulo poco pronunciado; apodemas constituyen poco más de la tercera parte de la longitud del aedeagus (Figura 11B).

Material examinado: Perú, Madre de Dios, R. Tambopata Res., 30 km (air) SW Pto. Maldonado 290 m, 12°50' S 69°20' W, Smithsonian Institution, Canopy Fogging Project, 01/III/1982, Col. T. L. Erwin *et al.* (PCMENT).



Figura 11. Aedeagus de *C. fusiger* (A) y *C. carrapatus* (B), vista lateral.

Discusión

Durante el desarrollo de la investigación, uno de los caracteres observados que destacó fue la presencia de setas fuertes en el aedeagus de *C. crenulatus*; atributo que Reichardt (1971a) no reportó y se considera como válido para enriquecer la identificación adecuada de la especie. El segundo carácter de importancia encontrado durante el estudio es la forma del ostium, siendo muy

característica la de *C. ohausi* en forma de herradura; en tercer lugar, la longitud de los apodemas demostró ser variable de acuerdo con la especie; en cuarto lugar, el ápice del aedeagus también refleja diferencias notorias entre especies, destacando el aspecto lobulado de *C. angustifrons* y finalmente, la curvatura del penepuede ser tan pronunciada como lo observado en *C. crenulatus*, o levente curvada como en *C. carrapatus*.

Por otro lado, Vanin y Reichardt (1974) disectaron el aedeagus de *C. attelaboides*, indicando que el tegmen es asimétrico, lo cual coincide con lo observado, dado que uno de los lados del tegmen resultó ser ligeramente más largo. Si bien se han encontrado varias estructuras en la genitalia del macho que pueden servir como caracteres para separar especies crípticas, se requiere ampliar los esfuerzos de colecta e identificación de especímenes, para poder ampliar más el estudio del género, a fin de lograr construir una propuesta filogenética, la cual pudiese ser complementada con técnicas moleculares.

Respecto a *Camarotus angustifrons*, Reichardt (1971a) reportó desconocida la ubicación del holotipo; el cual fue colectado en Turrialba, Costa Rica y originalmente pertenecía a la colección privada de Voss. Sin embargo, el espécimen macho examinado en el presente estudio concuerda con todas las características enunciadas en la descripción original de la especie, principalmente el patrón de coloración característico de la misma. Por ello, de no contarse a futuro con otros especímenes que hayan sido colectados en la localidad tipo e identificados como *C. angustifrons*, el espécimen analizado constituiría un potencial neotipo.

Si bien Collantes y Barrios (2021) brindaron información significativa respecto a la vegetación asociada a *Camarotus*, aún se desconocen varios aspectos sobre la ecología y comportamiento del género, por lo que *Camarotus* continúa siendo un reto taxonómico de interés.

Conclusión

Del presente trabajo, se concluye que la genitalia masculina de las 14 especies disectadas de *Camarotus* presentan caracteres morfológicos importantes que pueden contribuir a complementar las descripciones de dichas especies, como la presencia de setas, curvatura del pene, longitud de los apodemas, forma del ápice y del ostium. Sin embargo, este trabajo representa una revisión parcial de estas estructuras presentes en el género *Camarotus*, por lo que se requiere profundizar más en el estudio de las mismas, así como ampliar el esfuerzo de colecta e identificación en la región neotropical.

Agradecimiento

A la Dirección Nacional de Sanidad Vegetal del Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA), por el apoyo logístico brindado. A las instituciones y personas que prestaron los especímenes. A Jorge Ceballos, por su colaboración y excelente labor durante la toma de fotografías en el Laboratorio de Microscopía Electrónica de STRI. Al Programa Centroamericano de Maestría en Entomología de la Universidad de Panamá por facilitar materiales y equipos para este estudio.

Referencias

- Collantes, R. y Barrios, H. (2021). Vegetación asociada al género neotropical *Camarotus* Germar (Coleoptera: Curculionidae) y nuevos reportes para Panamá y Perú. *Tecnociencia*, 23(1): 262-275. <https://doi.org/10.48204/j.tecno.v23n1a13>
- Haran, J.; Hansen, S.; Benoit, L. y Addison, P. (2020). Description of five new species in the genus *Phlyctinus* Schoenherr (Coleoptera, Curculionidae): a first step in deciphering the *P. callosus* complex. *European Journal of Taxonomy*, 669: 1-29. <https://doi.org/10.5852/ejt.2020.669>

- Heller, K. M. (1923). Über bekannte und neue Camarotus-Arten (Coleopt. Curcul.). Deutsche Entomologische Zeitschrift: 61-67.
- Reichardt, H. (1971a). The Camarotine Weevils (Coleoptera, Attelabidae). Arquivos de Zoologia, 20(2): 97-189. <https://doi.org/10.11606/issn.2176-7793.v20i2p97-189>
- Reichardt, H. (1971b). Notes Sur Quelques *Camarotus* Et Description De Deux Espèces Nouvelles. Nouvelle Revue d' Entomologie, 1(3): 297-303.
- Santos, G. B. dos y Rosado-Neto, G. (2010). Morphological aspects of the genitalia of seven species of *Heilus* Kuschel (Coleoptera, Curculionidae). Revista Brasileira de Entomologia 54(2): 157–164. <https://doi.org/10.1590/S0085-56262010000200001>
- Tuxen, S. L. (1970). Taxonomist's Glossary of Genitalia in Insects, Segunda edición revisada y aumentada, Munksgaard, Copenhagen.
- Vanin, S. A. y Reichardt, H. (1974). On the Systematic Position of Camarotinae (Coleoptera, Curculionidae). Revista Brasileira de Entomologia, 18(4): 133-140.
- Voss, E. (1965). Die Unterfamilie Camarotinae, ihre Beziehungen zur Familie Attelabidae sowie ein Versuch, die phylogenetischen Zusammenhänge innerhalb der letzteren zur Darstellung zu bringen (Coleoptera, Curculionidae). Entomologische Abhandlungen Staatliches Museum für Tierkunde in Dresden, 32(11): 211-244, 4 figs., 6 pls.

RASGOS DE LOS FORÓFITOS DE *GUAZUMA ULMIFOLIA* Y *SAMANEA SAMAN* Y SU INFLUENCIA EN LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL, ABUNDANCIA Y DIVERSIDAD DE PLANTAS EPÍFITAS

TRAITS OF THE *GUAZUMA ULMIFOLIA* AND *SAMANEA SAMAN* PHOROPHYTES AND THEIR INFLUENCE ON THE SPATIAL DISTRIBUTION, ABUNDANCE AND DIVERSITY OF EPIPHYTE PLANTS

Recepción
09-abril-2021

Aprobación
29-junio-2021

Marco Cedeño-Fonseca¹, Isler F. Chinchilla².

¹ Herbario Luis Fournier Origgí (USJ), Universidad de Costa Rica, Apdo. 11501-2060, San José, Costa Rica

<http://orcid.org/0000-0003-0119-0427>. Correo: marcovf.09@gmail.com

² Herbario Luis Fournier Origgí (USJ), Universidad de Costa Rica, Apdo. 11501-2060, San José, Costa Rica

<https://orcid.org/0000-0002-4250-1642>. Correo: isler.chinchilla@ucr.ac.cr

Revisor Temático: Omar López Alfano

Resumen

Los rasgos de la corteza en los forófitos influyen en el establecimiento y la distribución espacial de plantas epífitas. Ante esto, en el campus de la Universidad Técnica Nacional, sede Atenas, Costa Rica, se evaluó la rugosidad y la capacidad de retención de agua en la corteza de *Guazuma ulmifolia* y *Samanea saman*. Se analizó los índices de diversidad y similitud de plantas epífitas presentes en cada forófito. Se marcó y georreferenció 30 forófitos, 15 de *G. ulmifolia* y 15 de *Samanea saman*, y se zonificaron según la clasificación de las zonas de Johansson, y posteriormente se inventariaron las especies que crecen en cada zona. Se registraron 447 epífitas, pertenecientes a nueve familias, 21 géneros y 35 especies. Los forófitos no mostraron una distribución homogénea de epífitas dentro de sus estratos (fuste y copa del árbol) y la distribución de especies por zona de Johansson es diferente. Se identificaron especies epífitas con especificidad de hospedero. Se determinó una correlación positiva y altamente significativa entre el DAP y abundancia de epífitas en *S. saman*.

Palabras Clave: Especificidad de hospedero, estratos, rugosidad de la corteza, Universidad Técnica Nacional, zonas de Johansson.

Abstract

Bark traits in phorophytes influence the establishment and spatial distribution of epiphytic plants. Given this, at the campus of the Universidad Técnica Nacional, in Atenas, Costa Rica, bark surface rugosity and water retention capacity of *Guazuma ulmifolia* and *Samanea saman* were evaluated. The diversity and similarity indices of epiphytic plants present in each phorophyte were analyzed. Thirty phorophytes, 15 from *G. ulmifolia* and 15 from *Samanea saman*, were marked and georeferenced and zoned according to the Johansson zone classification, and subsequently, the

species that grow in each zone were inventoried. We registered 447 epiphytes, belonging to 9 families, 21 genera and 35 species. The phorophytes did not show a homogeneous distribution of epiphytes within their strata (stem and canopy) and the distribution of species by Johansson zone is different. Epiphytic species with host specificity were identified. A positive and highly significant correlation was determined between DAP and the abundance of epiphytes in *S. saman*.

Keywords: Bark surface rugosity, strata, host specificity, National Technical University, Johansson zones.

Introducción

Los bosques neotropicales tienen alta diversidad de plantas epífitas vasculares, lo cual se refleja en la presencia de clados que han evolucionado para colonizar espacios horizontales o verticales en los forófitos (Gentry et al. 1987, Martínez *et al.* 2008). La distribución horizontal de plantas epífitas en un bosque está influenciada por la diversidad de microambientes y los rasgos estructurales de las especies hospedadoras, que proveen oportunidades para su establecimiento (Nadkarni 1984, Parker 1995, Walsh 1996, Freiberg 1997, Krömer et al. 2003). La estratificación vertical consiste en la diversificación microclimática, desde el dosel hasta la parte interior del bosque, donde la variación está establecida por la estructura y altura del dosel, que regula la intensidad y dirección de la luz, captación de humedad del aire, temperatura del aire y presencia de materia orgánica (Nadkarni 1984, Parker 1995, Walsh 1996, Freiberg 1997, Krömer et al. 2003, Cardelus et al. 2005, Martínez et al. 2008). Los diferentes microhábitats en el bosque pueden estar relacionados con las fluctuaciones en la disponibilidad de humedad (Benzing 1995, Krömer et al. 2003, 2007, Martínez et al. 2008).

Los forófitos pueden albergar una o varias especies epífitas, o pueden carecer de estas (Hietz et al. 1995, Talley et al. 1996, Mehlreter et al. 2005). Se reconocen tres formas de asociaciones de epífitas: especificidad de hospedero, preferencia de hospedero y abstinencia de hospedero (Steege et al. 1989). Estas asociaciones pueden suceder en un mismo ambiente y están determinadas por la comunidad de epífitas (Martínez et al. 2008). Las epífitas utilizan diferentes especies

de forófitos para crecer sobre ellos (Callaway et al. 2002, Wagner et al. 2015). Sin embargo, estos forófitos difieren en rasgos como la corteza y densidad de follaje, por lo que el crecimiento de las epífitas depende en parte de las características del forófito (Wagner et al. 2015). También la preferencia de nicho puede estar determinada por variables climáticas, recursos abióticos e interacciones bióticas (Wagner et al. 2015).

La especificidad es el resultado de un equilibrio entre las adaptaciones que permiten a los organismos enfrentar diversas condiciones ambientales o explotar recursos. La especialización y generalización hacia los forófitos responderá a la heterogeneidad ambiental experimentada por una población (Futuyma et al. 1988, Kassen 2002, Poisot et al. 2011, Wagner et al. 2015). Sin embargo, comprender el grado de especificidad de los forófitos con diferentes especies epífitas es parte de la complejidad que se requiere estudiar (Kitching 2006, Wagner et al. 2015).

Por tanto, en la presente investigación se evaluaron los rasgos de *Guazuma ulmifolia* Lam. (Malvaceae) y *Samanea saman* (Jacq.) Merr. (Fabaceae) para determinar la distribución espacial, diversidad y abundancia de plantas epífitas vasculares que hospedan. Además, se determinó si las epífitas se distribuyen homogéneamente en los estratos horizontales y verticales de *G. ulmifolia* y *S. saman*, si el DAP influye en la abundancia de epífitas en cada forófito, y si existen diferencias en la capacidad absorción de agua y rugosidad de la corteza entre cada especie de forófito.

Materiales y métodos

Sitio de estudio: La investigación se desarrolló en el campus de la Universidad Técnica Nacional, sede Atenas, Costa Rica, 09°56',10" N, 84°22',44" O, a una elevación promedio de 430 m, precipitación media anual de 1903.29 mm

y temperatura promedio de 25.76° C (Instituto Meteorológico Nacional, 2012) en bosque húmedo premontano con transición a basal (Holdridge, 1967) (Figura 1).

Diseño de muestreo: Se determinaron y georreferenciaron 30 forófitos, 15 de *G. ulmifolia* y 15 de *S. saman*, distribuidos en cercas vivas, borde de bosque y potrero. Los forófitos se seleccionaron según el tamaño: mayor o igual a ocho metros de alto para *G. ulmifolia* y mayor o igual a 15 metros para *S. saman*. Para cada forófito se midió la altura, el DAP (diámetro a la altura del pecho, a 1,30 m del suelo), su cercanía con el parche de bosque más cercano, si estaba en potrero o en una cerca viva. Se estratificó cada árbol de acuerdo con la clasificación zonas de Johansson (Johansson, 1974). En cada zona se identificaron las especies holoepífitas, hemiepífitas primarias, hemiepífitas facultativas y hemiepífitas accidentales, y registró la presencia o ausencia de epífitas por cada zona. Las epífitas inmaduras no se inventariaron.

Rugosidad de la corteza: Se muestrearon aleatoriamente tres forófitos de *G. ulmifolia* y *S. samam*. En la Zona II de cada forófito, se plegó una cuerda de algodón fino para delimitar las depresiones y grietas que se encuentran en una sección de 30 cm en la corteza. Luego, a la longitud de la cuerda que se obtuvo, se le restó los 30 cm para crear un índice de rugosidad. Cuando la rugosidad de la corteza es suave, el índice estará más cercano a cero (Callaway et al. 2002).

Capacidad de retención de agua: Se muestrearon aleatoriamente tres forófitos de *G. ulmifolia* y *S. samam*. En la Zona V de cada forófito, se cortó una galleta (en corte transversal) en una ramita de 31,0 a 35,1 cm de diámetro y aproximadamente de 3 cm de longitud para *G. ulmifolia* y de 42,0 a 47,4 cm de diámetro y aproximadamente de 3 cm de longitud para *S. saman*. Los extremos de cada galleta se sellaron con silicona, luego, se colocaron las muestras en la secadora para plantas del Herbario Luis Fournier Origgi (USJ) de la Universidad de

Costa Rica, durante dos días a 60 °C. Al finalizar, las ramitas se pesaron para determinar la masa seca. Después, cada ramita se sumergió en agua durante un minuto y se dejó gotear un minuto para pesar la saturación de la masa húmeda. Por último, se dejó secar al aire durante 24 horas para determinar el peso de la masa retenida (Callaway et al. 2002). La capacidad de retención de agua en saturación, se determina como masa húmeda menos masa seca y la capacidad de retención de agua en 24 horas es masa retenida menos masa seca (Callaway et al. 2002).

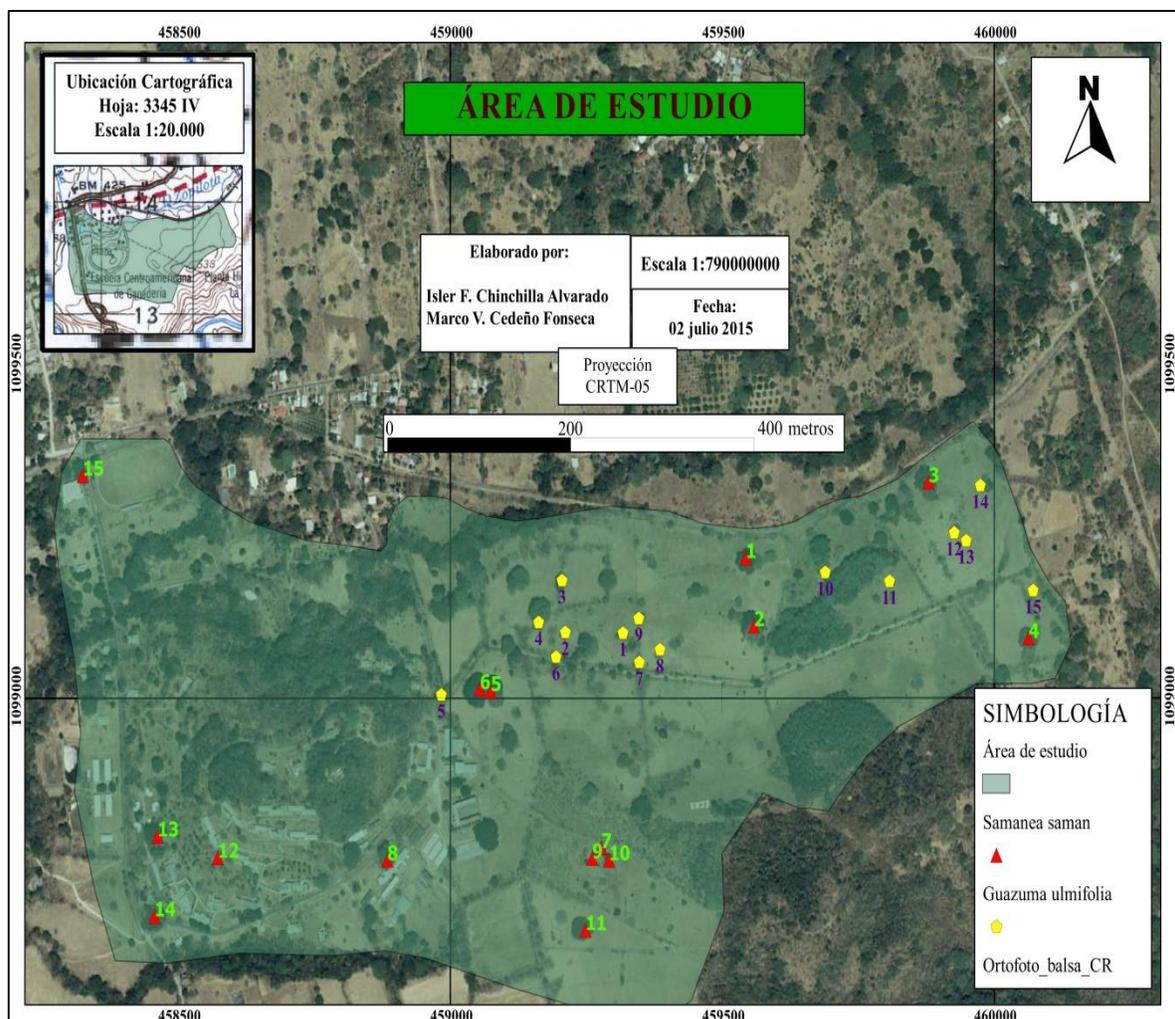


Figura 1. Sitio de muestreo: Campus de la Universidad Técnica Nacional, sede Atenas, Costa Rica. Fuente de la ortofotografía: SNIT Costa Rica, 2013.

Identificación de las epífitas: Se determinaron las especies epífitas al examinar los especímenes recolectados en el Herbario Luis Fournier Origgi (USJ). Se consultaron las sinopsis taxonómicas de Begoniaceae, Burseraceae, Bromeliaceae, Cactaceae y Moraceae, disponibles en los Manuales de Plantas de Costa Rica, y las familias Aspleniaceae, Polypodiaceae y Dryopteridaceae en el sitio web Flora Mesoamericana (<http://legacy.tropicos.org/Project/FM>).

Análisis de datos: Se realizó la prueba de Chi-cuadrado de homogeneidad y un análisis de varianza (ANOVA-Simple), para determinar si existe una distribución homogénea de epífitas en la copa de los forófitos. Además, otro ANOVA-Simple, para determinar si la capacidad de absorción de agua y la rugosidad es diferente entre los forófitos. Se efectuó una correlación lineal entre el DAP y la abundancia de epífitas. La similitud de epífitas entre *G. ulmifolia* y *S. saman* se calculó mediante el índice de Morisita y la diversidad de epífitas mediante un índice de diversidad (Shannon-Wiener). Se utilizó el programa estadístico PAST 3.07 y tablas dinámicas de Excel.

Resultados

Se inventariaron 447 epífitas, pertenecientes a nueve familias, 21 géneros y 35 especies (ver Apéndice 1). En los forófitos de *G. ulmifolia* se registraron 173 (38.70%) plantas, distribuidas en cinco familias, 13 géneros y 24 especies, de las cuales siete especies fueron exclusivas para *G. ulmifolia*, y en *S. saman* se registraron 274 (61,29%) plantas, distribuidas en nueve familias, 19 géneros y 26 especies, de las cuales 10 fueron únicas para *S. saman*. Las epífitas no se distribuyen de manera uniforme en los forófitos de *G. ulmifolia* ($\chi^2=52.3$, $gl=8$, $p<0.001$) y *S. saman* ($\chi^2= 37.22$, $gl=16$, $p<0.001$).

En los forófitos de *G. ulmifolia* las familias más representadas en las zonas I y II fueron Polypodiaceae y Moraceae, en las zonas III y cuatro IV, Orchidaceae, Cactaceae, Polypodiaceae y Bromeliaceae, y la zona V, Orchidaceae y Bromeliaceae (Figura 2).

En los forófitos de *S. saman* las zonas I y II fueron mayormente representadas por Polypodiaceae, Bromeliaceae y Cactaceae, las zonas III y IV, por Orchidaceae, Bromeliaceae, Polypodiaceae y Cactaceae, y la zona V, por Orchidaceae y Bromeliaceae (Figura 3).

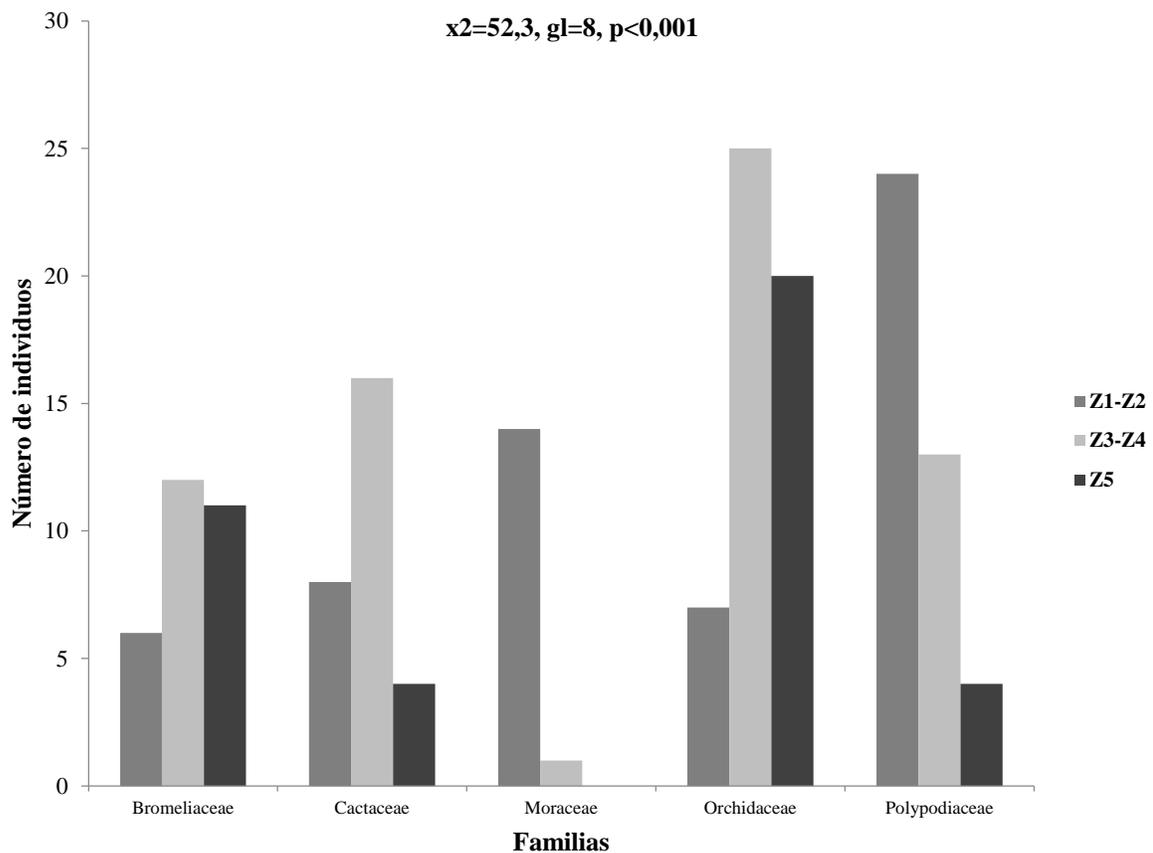


Figura 2. Distribución del número de plantas epífitas por familia en las zonas de Johansson en los forófitos de *Guazuma ulmifolia*.

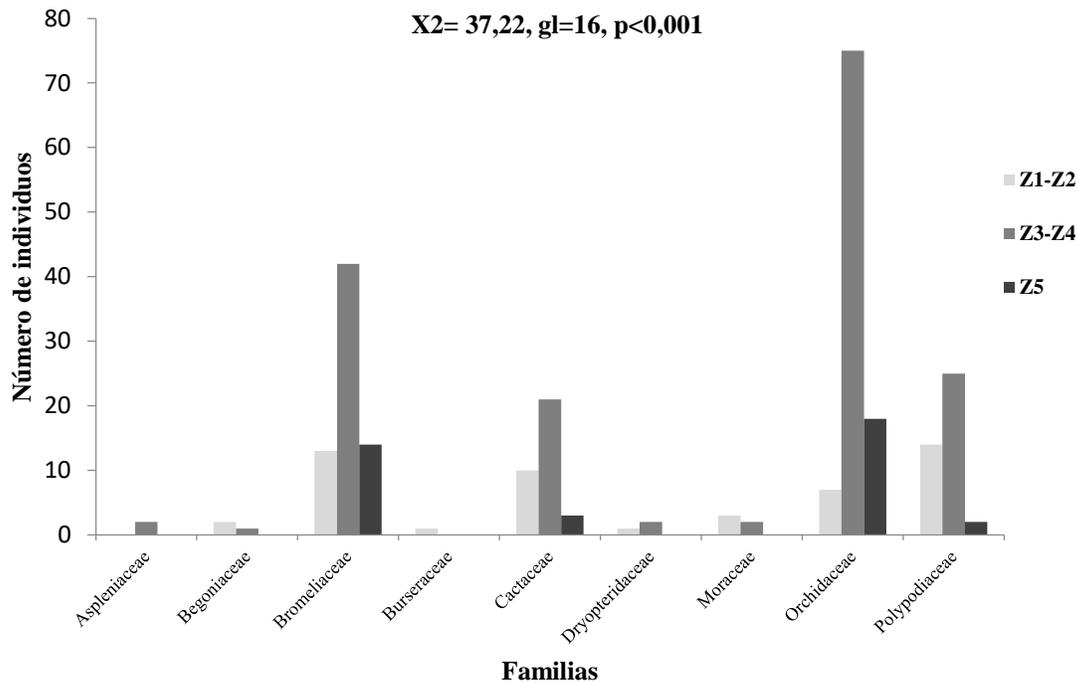


Figura 3. Distribución del número de plantas epífitas por familia en las zonas de Johansson en los forófitos de *Samanea saman*.

El análisis de varianza no mostró diferencias en la distribución de epífitas por forófito ni por zona del forófito ($p > 0.05$). Sin embargo, cuando se analizaron las dos variables combinadas (especies/zona), se determinó que las epífitas no se distribuyen homogéneamente dentro de los estratos de la copa de los forófitos ($p < 0.05$). En los forófitos de *G. ulmifolia*, el DAP no se correlaciona con la abundancia de plantas epífitas ($p > 0.05$) y el coeficiente de correlación se aleja un 9% del valor 0. La abundancia de epífitas no aumenta conforme aumenta el DAP (Figura 4). Sin embargo, en los forófitos de *S. saman*, el DAP se correlaciona con la abundancia de plantas epífitas ($p < 0.05$).

Por tanto, a como incrementa el DAP aumenta la abundancia de epífitas, donde el coeficiente de correlación se aleja un 87% del valor 0 y la correlación es

positiva (Figura 5). De acuerdo con Shannon H, el forófito de *G. ulmifolia* tiene mayor índice de diversidad (2.66), en relación con *S. saman* que mostró menor índice de diversidad (2.42). El índice de similitud de acuerdo con Morisita entre las especies de plantas epífitas en los forófitos de *G. ulmifolia* y *S. saman* es alrededor de un 74%.

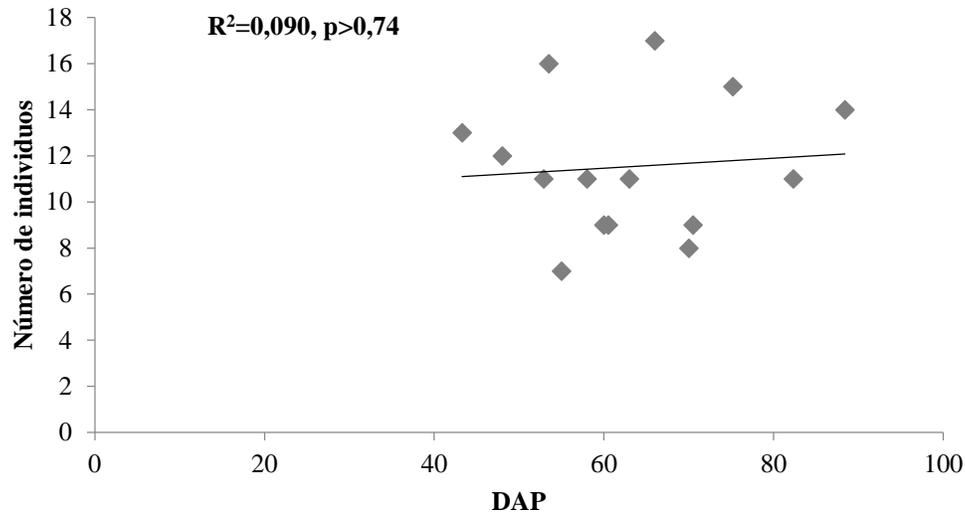


Figura 4. Correlación lineal de *Guazuma ulmifolia*.

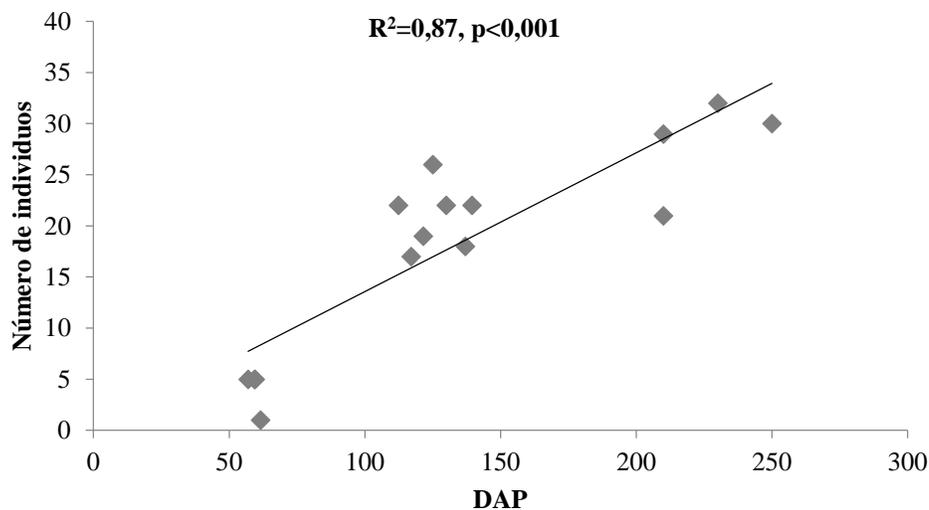


Figura 5. Correlación lineal de *Samanea saman*.

La capacidad de retención de agua de las ramas de los forófitos después de 24 horas de secado al aire, son diferentes entre los forófitos de cada especie ($F=8.026$, $gl=1/4$, $p<0.047$). El índice de rugosidad en la corteza de los forófitos al igual que el de capacidad de retención de agua es diferente entre los forófitos ($F=32.46$, $gl=1/4$, $p<0,046$).

Discusión

La distribución espacial de las epífitas está influenciada por las características de los forófitos (Wagner *et al.* 2015). La distribución heterogénea de las epífitas en los forófitos de *G. ulmifolia* y *S. saman* muestreados en el campus de la Universidad Técnica Nacional, sede Atenas, está determinada por la preferencia de microhábitats. Las especies epífitas que crecen en *G. ulmifolia* no requieren de ramas gruesas ni una corteza con alta rugosidad para su establecimiento, porque crecen dispersas en los estratos del forófito, requieren espacios amplios disponibles para colonizar, sustrato que almacene humedad y nutrientes para germinar y crecer.

En los forófitos de *S. saman* las especies epífitas crecen agregadas, por lo que necesitan ramas gruesas, con mayor rugosidad en la corteza. Aunque la rugosidad en la corteza de los forófitos fue débilmente significativa, *S. saman* mostró mayor rugosidad que *G. ulmifolia*. Sin embargo, dicha diferencia en la rugosidad podría explicarse por la presencia de placas rectangulares más grandes en *S. saman*, que acumulan materia orgánica, y en la época lluviosa pueden mantener humedad, propiciando microhábitats que favorecen la colonización y establecimiento de epífitas como: *Asplenium formosum* Willd. (Aspleniaceae), *Begonia plebeja* Liebm. (Begoniaceae), *Bursera simaruba* (L.) Sarg. (Burseraceae), *Dryopteris patula* (Sw.) Underw. (Dryopteridaceae), *Epidendrum schlechterianum* Ames (Orchidaceae), *Ficus citrifolia* Mill. (Moraceae), *Specklinia grobyi* (Bateman ex Lindl.) F. Barros (Orchidaceae), *Tillandsia makoyana* Baker (Bromeliaceae) y

Trichosalpinx reflexa Mel. Fernández & Bogarín (Orchidaceae). *Trichosalpinx reflexa* se reporta aquí por primera vez para el cantón de Atenas, Alajuela, dicho taxón fue recientemente descrito como nueva especie para la ciencia (Fernández y Bogarín, 2011).

La existencia de un forófito particular influye en la diversidad de epífitas, este puede albergar una sola especie, a diferencia de otros forófitos que pueden albergar una amplia diversidad o carecen de epífitas. (Hietz et al. 1995, Talley et al. 1996, Mehltreter et al. 2005). Por tanto, la preferencia de las epífitas en los forófitos muestreados podría estar determinada por la cantidad y dirección de luz que reciben, la captación de humedad, temperatura, disponibilidad de nutrientes y materia orgánica. *Samanea saman* al presentar una copa densa y abierta permite el ingreso de luz, acumulando humedad y materia orgánica en la corteza. Por el contrario, *G. ulmifolia* tiene una copa cerrada y poca acumulación de materia orgánica en la corteza.

Probablemente la mayor diversidad de especies epífitas en *G. ulmifolia* se debe a que todos los forófitos muestreados registraron epífitas en los estratos, a diferencia de *S. saman*, donde tres forófitos no tenían epífitas. La especificidad de hospedero consiste en que una especie epífita solo crece en una especie de forófito (Mehltreter et al. 1989). Por tanto, es claro que en el presentes estudio algunas especies epífitas mostraron especificidad de hospedero en *G. ulmifolia* o *S. saman* (ver Apéndice 1).

Algunos forófitos de *S. saman* mostraron un aumentó en la abundancia de epífitas conforme aumentó el DAP (Figura 5), debido a que son árboles de hasta 35 m de alto, con ramas gruesas que acumulan materia orgánica que requieren las epífitas para germinar y establecerse. Por su parte, la similitud de las especies

epífitas presentes en *G. ulmifolia* y *S. saman* puede estar influenciada por la similitud ambiental en el sitio de muestreo.

Conclusión

La distribución espacial, diversidad y abundancia de las plantas epífitas sobre *G. ulmifolia* y *S. saman* está en parte determinada por las condiciones inherentes de cada especie de forófito y por los requerimientos de hábitat de las especies epífitas. También influyen probablemente las condiciones ambientales del lugar del muestreo, como la humedad, temperatura, viento y luz solar disponible para las epífitas.

La especificidad de hospedero que se identificó en algunas especies epífitas debe contextualizarse al sitio de estudio donde se muestrearon las dos especies de forófitos. Probablemente si se incluyen otras especies de forófitos en el sitio de muestreo, podría disminuir el número de especies epífitas que solo crecen en *G. ulmifolia* y *S. saman*. Se recomienda realizar estudios en otros sitios de Costa Rica, que contemplen la distribución espacial, diversidad y abundancia de epífitas en *G. ulmifolia* y *S. saman* como en bosques secos, húmedos y muy húmedos, y a distinta elevación, e incluir otras especies de forófitos.

Agradecimiento

Agradecemos a Alfredo Cascante Marín, profesor e investigador de la Escuela de Biología de la Universidad de Costa Rica y del Herbario Luis Fournier Origgí, por motivarnos durante el curso Ecología de Epífitas (Universidad de Costa Rica: curso SP-0921) para realizar el presente estudio, a Christian Trejos Hernández por su orientación en algunos de los análisis estadísticos así como a Edwin Alpizar Vaglio, por apoyarnos y coordinar el permiso para realizar el muestreo de los forófitos en el campus en la Universidad Técnica Nacional, sede Atenas.

Referencias

- Callaway, R., Reinhart, K., Moore, G., Moore, D. y Pennings, S. (2002). Epiphyte host preferences and host traits: mechanisms for species specific interactions. *Oecología* 132: 221–230.
- Cardelús, C. y Chazdon, R. (2005). Inner-crown microenvironments of two emergent tree species in a lowland wet forest. *Biotropica* 37: 238–244.
- Fernández, M. y Bogarín, D. (2011). A new *Trichosalpinx* (Orchidaceae: Pleurothallidinae) from the northern Pacific lowlands of Costa Rica. *Phytotaxa* 38: 41–48
- Freiberg, M. (1997). The influence of epiphyte cover on branch temperature in a tropical tree. *Plant Ecology* 153: 241–250.
- Futuyma, D. y Moreno, G. (1988). The evolution of ecological specialization. *Annual Review of Ecology and Systematics* 19:207–233.
- Gentry, A. y Dodson, C. (1987). Diversity and biogeography of neotropical vascular epiphytes. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 74: 205–233.
- Hietz, P. y Hietz-Seifert, U. (1995). Composition and ecology of vascular epiphyte communities along an altitudinal gradient in central Veracruz, Mexico. *Journal of Vegetation Science* 6(4): 487–498.
- Holdridge, L. (1967). *Life Zone Ecology*. Tropical Science Center. San José, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. (2012). Datos climatológicos. Estación 145. ECAG.
- Johansson, D. (1974). Ecology of vascular epiphytes in West African rain forest. *Acta Phytogeographica Suecica* 59: 1–136.
- Kassen, R. (2002). The experimental evolution of specialists, generalists, and the maintenance of diversity. *Journal of Evolutionary Biology* 15: 173–190.
- Kitching, RL. (2006). Crafting the pieces of the diversity jigsaw puzzle. *Science* 313: 1055–1057.

- Krömer, T. y Gradstein, S. (2003). Species richness of vascular epiphytes in two primary forest and fallows in the Bolivian Andes. *Selbyana* 24: 190–195.
- Martínez, N., Pérez, A. y Palacios, A. (2008). Estratificación vertical y preferencia de hospedero de las epífitas vasculares de un bosque nublado de Chiapas, México. *Revista Biología Tropical* 56: 2069–2086.
- Mehltreter, K., Flores, A. y García, J. (2005). Host preferences of low-trunk vascular epiphytes in a cloud forest of Veracruz, Mexico. *Journal of Tropical Ecology* 21: 651–660.
- Nadkarni, N. (1994). Diversity of species and interactions in the upper tree canopy of forest ecosystems. *American Zoologist* 34: 70–78.
- Parker, G. (1995). Structure and microclimate of forest canopies. En M.D. Lowman & N.M. Nadkarni (eds.). *Forest canopies*. (pp. 73-106) Academic, San Diego, California, EEUU.
- Poisot, T., Bever, J., Nemri, A., Thrall, P. y Hochberg, M. (2011). A conceptual framework for the evolution of ecological specialization. *Ecology Letters* 14: 841–851.
- Steege, H. y Cornelissen, J. (1989). Distribution and ecology of vascular epiphytes in lowland rain forest of Guyana. *Biotropica* 21: 331–339.
- Talley, S. M., Lawton, R. y Setzer, W. (1996). Host preferences of *Rhus radicans* (Anacardiaceae) in a southern deciduous hardwood forest. *Ecology* 77: 1271–1276.
- Wagner, K., Mendieta-Leiva, G. y Zotz, G. (2015). Host specificity in vascular epiphytes: a review of methodology, empirical evidence and potential mechanisms. *AoB plants*, 7: 1–25.
- Walsh, R. (1996). Microclimate and hydrology. En P.W. Richards (ed.). *The tropical rainforest*. (pp. 206-236). Cambridge, Cambridge, UK.

Apéndices

Apéndice 1. Listado de plantas epífitas vasculares que crecen en los forófitos de *Guazuma ulmifolia* y *Samanea saman* muestreados en el campus de la Universidad Técnica Nacional, sede Atenas, Costa Rica. Abreviaciones empleadas.

- Ss = forófito *Samanea saman*
- Gu = forófito *Guazuma ulmifolia*
- * = especie única

PTERODOPHYTA

ASPLENIACEAE

Asplenium formosum Willd. Chinchilla 896 (CR) ^{Ss}

Dryopteris patula (Sw.) Underw. ^{*Ss}

POLYPODIACEAE

Pleopeltis Humb. & Bonpl. ex Willd. ^{Gu}

Pleopeltis polypodioides (L.) E.G. Andrews & Windham ^{Gu, Ss}

Serpocaulon triseriale (Sw.) A.R. Sm. ^{Gu, Ss}

MAGNOLIOPHYTA

BEGONIACEAE c. agardh

Begonia plebeja Liebm. ^{*Ss}

BROMELIACEAE Juss.

Catopsis nutans (Sw.) Griseb. ^{*Gu}

Tillandsia brachycaulos Schldl. ^{Gu, Ss}

Tillandsia caput-medusae E. Morren *Gu*

Tillandsia fasciculata Sw. *Chinchilla* 900 (CR) *Gu, Ss*

Tillandsia makoyana Baker **Ss*

Tillandsia schiedeana Steud. *Gu, Ss*

BURSERACEAE Kunth

Bursera simaruba (L.) Sarg. **Ss*

CACTACEAE Juss.

Hylocereus costaricensis (F.A.C. Weber) Britton & Rose *Gu, Ss*

MORACEAE Gaudich.

Ficus americana Aubl. **Gu*

Ficus citrifolia Lam. **Ss*

Ficus costaricana (Liebm.) Miq. *Gu, Ss*

Ficus cotinifolia Kunth *Gu, Ss*

Ficus obtusifolia Kunth *Gu, Ss*

Ficus L. sp. **Gu*

ORCHIDACEAE Juss.

Campylocentrum fasciola (Lindl.) Cogn. **Gu*

Catasetum maculatum Kunth *Gu, Ss*

Cohniella cebolleta (Jacq.) Christenson **Gu*

Epidendrum L. sp. *Gu, Ss*

Epidendrum coronatum Ruiz & Pav. **Gu*

Epidendrum schlechterianum Ames **Ss*

Epidendrum vulgoamparoanum Hágsater & L. Sánchez *Gu, Ss*

Laelia lueddemannii (Prill.) L.O. Williams **Ss*

Laelia rubescens Lindl. *Gu, Ss*



Pleurothallis quadrifida (Lex.) Lind. *Gu, Ss*

Prosthechea chacaoensis (Rchb. f.) W.E. Higgins *Gu, Ss*

Scaphyglottis micrantha (Lindl.) Ames & Correll *Gu, Ss*

Specklinia grobyi (Bateman ex Lindl.) F. Barros **Ss*

Trichosalpinx reflexa Mel. Fernández & Bogarín **Ss*

NOTA CORTA

NOTAS SOBRE EL PARASITISMO DE *PHILORNIS* (DIPTERA: MUSCIDAE) SOBRE UNA ESPECIE DE TROGÓN (AVES: TROGONIDAE) DE PANAMÁ

NOTES ON THE PARASITISM OF *PHILORNIS* (DIPTERA: MUSCIDAE) ON A SPECIES OF TROGON (AVES: TROGONIDAE) FROM PANAMA

Recepción
2-mayo-2021

Aprobación
29-junio-2021

Alonso Santos Murgas*¹, Rogemif Fuentes², Jorge Medina³, Helio Quintero Arrieta⁴

¹Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Museo de Invertebrados G. B. Fairchild, Panamá

*Autor de correspondencia: <https://orcid.org/0000-0001-9339-486X> Correos: alonso.santos@up.ac.pa ; santosmurgasa@gmail.com

²Fundación Los Naturalistas, P.O. Box 0426-01459. David, Chiriquí, Panamá.
<https://orcid.org/0000-0002-4389-2665> Correo: rogemifdaniel@gmail.com

³Smithsonian Tropical Research Institute, Apartado Postal 0843-03092, Ciudad de Panamá, Panamá.

⁴Fundación Los Naturalistas, P.O. Box 0426-01459, David, Chiriquí, Panamá.
<https://orcid.org/0000-0002-8398-7984> Correo: helemiq@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-6978-5772> Correo: jorgmedmad12@gmail.com

Revisor Temático: Kalina Bermúdez

Resumen

Las moscas *Philornis* spp. (Diptera: Muscidae) son un grupo de moscas ectoparasíticas Neotropicales. Sus larvas parasitan varias especies de aves, desarrollándose en forma subcutánea en polluelos que aún se encuentran en los nidos, donde eclosionan sus huevos. En agosto del 2019, durante un recorrido en el Sendero Camarón del Parque Nacional Camino de Cruces, observamos un polluelo de *Trogon rufus* en el suelo, con una herida en la parte inferior de la comisura del pico, directamente debajo del ojo izquierdo, la cual fue ocasionada por una larva de *Philornis* sp. Se extrajo la larva del polluelo y se le curó la herida con antiséptico y cicatrizante, posteriormente fue liberado en el sitio donde se encontró. La larva fue recolectada para su posterior identificación en el laboratorio de Entomología Sistemática del Museo de Invertebrados G. B. Fairchild de la Universidad de Panamá. Reportamos el quinto registro de parasitosis de larvas de moscas *Philornis* sp. sobre

aves, y por primera vez, sobre un polluelo de *Trogon rufo*. Además, actualizamos los registros de parasitosis de larvas de moscas *Philornis* sobre las aves hospederas en Panamá y Centroamérica.

Palabras Clave: Parasitismo, Ectoparásitos, Aves, Moscas Muscidae, Larvas.

Abstract

The flies *Philornis* spp. (Diptera: Muscidae) is a group of ectoparasitic flies that mainly includes species with a Neotropical distribution. Their larvae parasitize various species of birds, developing subcutaneously in chicks that are still in the nests, where they hatched from their eggs. In August 2019, in the rainy season, during a tour of the Camarón Trail, within the Camino de Cruces National Park, we sighted a *Trogon rufus* chick on the ground, when we performed a general inspection we noticed the presence of a wound caused by a larva of *Philornis* sp. located in the lower part of the beak commissure, directly below the left eye, the larva of the chick was extracted and collected for later identification in the Laboratory of Systematic Entomology of the G.B. Fairchild Invertebrate Museum of the University of Panama, at chick the wound was cured with antiseptic and healing, later it was released in the place where it was found. We report the fifth (5) record of parasitosis of fly larvae *Philornis* sp. about birds and for the first time about a *Trogon rufus* chick on a trail in the Camino de Cruces National Park. We also update the parasitic records of *Philornis* fly larvae on host birds in Panama and Central America.

Keywords: Parasitism, Ectoparasites, Host Birds, Muscidae Flies, Larvae.

Introducción

Philornis representa un grupo de moscas ectoparásitas que afecta a diversas aves siendo el único género de la familia Muscidae que sus larvas pueden causar miasis en aves (Guimarães, et al., 1983), causándoles en algunos casos, la muerte. De acuerdo con Carvalho et al. (2005), Fessl et al. (2001) y Herrera y Bermúdez (2012) este género de moscas parasitarias contiene 50 especies distribuidas en el continente americano, asociadas a unas 100 especies de aves (Teixeira, 1999, Savage y Vockeroth, 2010), dependiendo del grado de especificidad de la especie (Lowenberg – Neto, 2008).

Por su parte, Allgayer et al. (2009) y Couri, (1999) describen que las larvas del género *Philornis* son parásitos únicamente subcutáneos y se alimentan de la sangre de polluelos de una amplia gama de hospederos, siendo las únicas dentro de la familia Muscidae que puede causar miasis en aves (Guimarães et al., 1983). Por el contrario, Teixeira, (1999) menciona que los adultos de *Philornis*, presentan hábitos

de vida libre, alimentándose y satisfaciendo basándose sus necesidades nutricionales principalmente de materia orgánica en descomposición, frutas y flores.

Existen diversas publicaciones que describen las implicaciones sobre la salud, el desarrollo, el éxito reproductivo y el estado fisiológico de la parasitosis por *Philornis* en especies de aves (Loye y Carroll, 1998; De la Peña et al., 2003), Fessl y Tebbich (2002) manifiestan el impacto que infecciones severas por larvas de *Philornis* en las poblaciones de aves “inestables” (en poblaciones con pocos individuos), aumentando el riesgo de extinción de dicha población (Quiroga y Reboveda, 2012).

El Trogón Gorginegro (*Trogon rufus*, Gmelin, 1788) es una de las ocho especies del género *Trogon* registradas en Panamá, llegando a observarse hasta los 900 - 1250 m.s.n.m., en bosques húmedos y de crecimiento secundario (Ridgely y Gwynne, 2005; Angerh y Dean, 2010; Vallely y Dyer, 2018). Entre los registros previos de parasitismo por moscas *Philornis*, sobre polluelos en la familia Trogonidae solo han sido documentados en *T. surrucura* Vieillot, 1817 y *T. viridis* Linnaeus, 1766 (Couri et al., 2007; Salvador y Bodrati, 2013).

En el presente trabajo, se registra la parasitosis de *Philornis* sp. en un polluelo de *T. rufus* de Panamá. Adicionalmente, actualizamos los registros de parasitosis de larvas de moscas *Philornis* sobre las aves hospederas en Panamá y Centroamérica.

Materiales y Métodos

El área de estudio se encuentra en el Parque Nacional Camino de Cruces, situado a 15 km al norte de la Ciudad de Panamá. Cuenta con una superficie de 4000 hectáreas. Conserva parte del tramo empedrado del antiguo Camino Real de Cruces, que unía la ciudad de Panamá con la Costa Caribe, sirviendo en la

actualidad como unión entre los Parque Nacional Soberanía y el Parque Natural Metropolitano. El clima es tropical lluvioso, tiene un promedio de precipitación anual de 2.000 mm y una humedad relativa de 75% (un promedio mensual de 65 - 82%). Tiene una temperatura promedio de 26,7 °C (un promedio mensual de 26,0 °C - 27,8 °C) (Garibaldi Jiménez y Valverde, 2017).

Se recorrió el Sendero Camarón, ubicado en la parte posterior de la estación de MiAmbiente, en las coordenadas 9°01'52" N 79°35'38" O (Figura 1). El polluelo infestado se encontró a escasos 50 m de la entrada de este sendero.



Figura 1. Mapa de la República de Panamá, marcando el punto el Parque Nacional Camino de Cruces y el sendero Camarón (círculo amarillo).

El ave fue identificada utilizando la guía de Ridgely y Gwynne (1993). La larva de mosca fue extraída del polluelo y colocada en un vial con alcohol al 70%. La herida (miasis) del polluelo fue tratada con sulfadiacina de plata a modo de antiséptico y cicatrizante, para luego ser liberado en el sitio donde se encontró. La larva fue identificada utilizando la descripción morfológica de Medellín-Balderas et

al. (2019); además de compararse con larvas identificadas y depositadas en el Museo de Invertebrados G.B. Fairchild de la Universidad de Panamá.

Resultados

Durante un recorrido del Sendero Camarón, dentro del Parque Nacional Camino de Cruces, avistamos un polluelo de *Trogon rufus* en el suelo (Figuras 2A-B), al revisarlo notamos la presencia de una larva de mosca en la parte inferior de la comisura del pico (Figura 2C), directamente debajo del ojo izquierdo. Sin ejercer presión excesiva al orificio de la herida donde se encontraba la larva, esta salió y abandonó al hospedero cayendo al suelo, donde buscaba enterrarse entre las piedras que cubría el camino del sendero (Figura 2D); la misma fue recolectada e identificada como *Philornis* sp. (Muscidae) (Figuras 3A-C.)



Figura 2. Polluelo de *T. rufus* con larva de *Philornis* sp. **A.** Polluelo posado en el suelo al momento de encontrarlo. **B y C.** Vista fronto-lateral de la cabeza de *T. rufus* y la posición donde se encontraba la larva de *Philornis*. **D.** Vista caudal de la larva de *Philornis* introduciéndose sobre las rocas que se encontraban en el área de estudio.

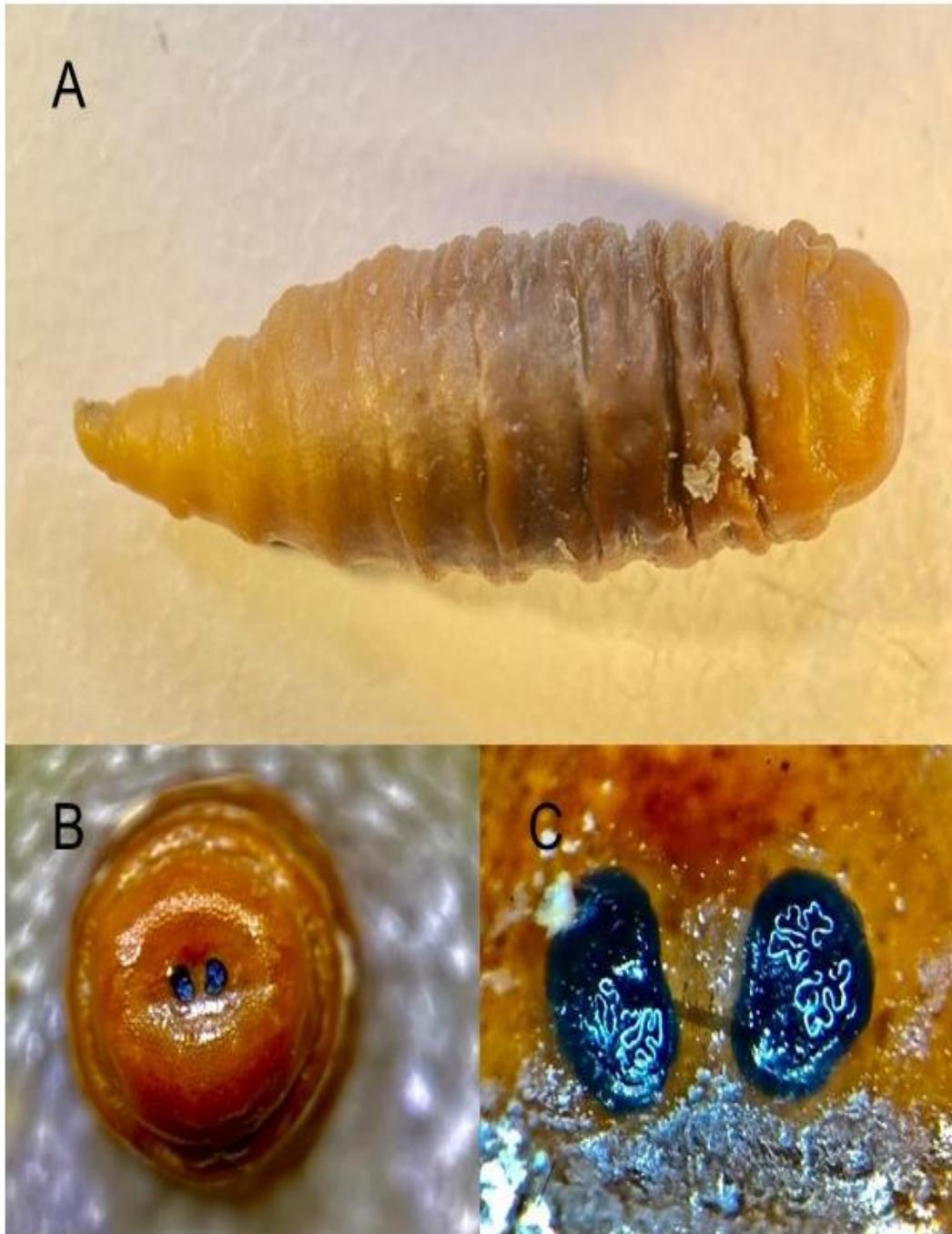


Figura 3. Larva de *Philornis* sp. **A.** Vista lateral. **B.** Vista frontal de los espiráculos caudales, al final del abdomen. **C.** Vista frontal de los espiráculos caudales.

Discusión

Cerca de la mitad de las especies en *Philornis* son conocidas por producir miasis subcutáneas en aves, las cuales pueden afectar la salud de sus hospedadores. Algunos autores reconocen el poco conocimiento que se tiene sobre el ciclo de vida de estas moscas y como los factores ambientales, influyen sobre la parasitosis en los polluelos de las aves hospederas, lo que limita la comprensión de la biología y ecología de estos ectoparásitos (Saravia-Pietropaolo et al., 2018).

Entre los estudios realizados y reportes de parasitismo en los que se han encontrado varias especies de *Philornis* en diferentes países del continente americano se mencionan a Fraga (1984), Arendt (1985), Texeira et al (1990), Mendoca y Couri (1999), Fessl et al. (2001), Grant et al (2005) y Couri et al. (2009). Sin embargo, los estudios de ectoparasitismo en aves por moscas del género *Philornis* en Panamá y Costa Rica son muy escasos, los más relevantes y recientes registran las aves hospederas y las especies de *Philornis* asociadas (Tabla 1). De acuerdo a estos estudios, los polluelos son los más afectados durante todo el período de crecimiento antes de emplumar; sin embargo, no hay estudios ni indicios que describan cómo llegan las moscas a los nidos antes de la eclosión (Young, 1993).

Por otro lado, varios autores han llegado a la conclusión que el ataque de las larvas a los polluelos de las aves depende de múltiples factores, como el límite altitudinal de donde se encuentre el nido de sus hospederos, el rango de movimientos de las moscas, así como la preferencia de hospederos por parte de las especies de *Philornis*. Todas estas condiciones podrían llegar a la conclusión que el ataque de las larvas de moscas *Philornis* parecen no llegar a consecuencias fatales para sus hospederos (Young, 1993).

Tabla 1. Especies de *Philornis* en algunas especies de aves en Panamá y Costa Rica.

Especie de <i>Philornis</i>	Especie de ave	Referencia
<i>Philornis rettenmeyeri</i> Dodge, 1963	<i>Cacicus cela</i> (L., 1758)	Smith (1968)
<i>Philornis zeteki</i> Dodge, 1963	<i>Psarocolius wagleri</i> (Gray, 1845)	Smith (1968)
<i>Philornis</i> sp.	<i>Troglodytes aedon</i> (Vieillot, 1809)	Young (1993)
<i>Philornis glaucinis</i> (Dodge and Aitken, 1968)	<i>Ramphocelus dimidiatus</i> Lafresnaye, 1837	Bermúdez <i>et al.</i> 2010)
<i>Philornis</i> sp.	<i>Habia atrimaxillaris</i> (Dwight & Griscom, 1924)	Riedl <i>et at.</i> (2010)
<i>Philornis</i> sp.	<i>Setophaga castanea</i> (Wilson 1810)	Herrera y Bermúdez (2012)
<i>Philornis carinatus</i> Couri (1991)	<i>Calocitta Formosa</i> (Swainson, 1827)	Langen & Berg (2016)

Sería interesante realizar estudios formales sobre el efecto que podría causar estas moscas ectoparasíticas en la reproducción y tasa de infección de moscas *Philornis* en aves de Panamá. Según Rabuffetti y Reboreda (2007), pocos estudios han analizado el impacto del parasitismo de *Philornis* sobre el éxito reproductivo del hospedador. Los pocos estudios publicados sobre este género de moscas han diferido en sus resultados, en cuanto a las consecuencias de su infección hacia sus hospederos.

Conclusión

Reportamos el quinto registro de parasitosis de larvas de moscas *Philornis* sp. sobre aves, y por primera vez, sobre un polluelo de *Trogon rufus* en un sendero del Parque Nacional Camino de Cruces.

Agradecimiento

Los autores agradecen a los guardaparques, Edgar Morales y Norberto Serrano, ambos de las oficinas del Parque Nacional Camino de Cruces, como también, al Ministerio de Ambiente, por toda la ayuda en guiarnos en las instalaciones del área protegida.

Referencias

- Allgayer, M. C., Goudes, N. M. R., Chiminazzo, C., Cziulik, M., y Weimer, T. A. (2009). Clinical pathology and parasitologic evaluation of free-living nestlings of the hyacinth macaw (*Andorhynchus hyacinthinus*). *Journal of Wildlife Diseases*, 45, 972-981. DOI:10.7589/0090-3558- 45.4.972
- Angehr, G. R., y Dean, R. (2010). *The birds of Panama: a field guide*. Comstock Pub. Associates.
- Bermúdez C, S. E., Buenaventura R, E., Couri, M., Miranda, R. J., y Herrera, J. M. (2010). Mixed myiasis by *Philornis glaucinis* (Diptera: Muscidae), *Sarcodexia lambens* (Diptera: Sarcophagidae) and *Lucilia eximia* (Diptera: Calliphoridae) in *Ramphocelus dimidiatus* (Aves: Thraupidae) chicks in Panama. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, (47), 445-446.
- Carvalho, C. J. B. de; Couri, M. S.; Pont, A. A. C.; Pamplona, D. & Lopes, S. M. (2005). A catalogue of the Muscidae (Diptera) of the Neotropical Region. *Zootaxa* 860: 1–282.
- Couri, M.S., Murphy, T.G. y Hoebeke, R. (2007). *Philornis fasciventris* (Wulp) (Diptera: Muscidae): descripción del macho, la larva y el pupario, con notas

- sobre biología y asociación del hospedador. *Entomología Neotropical*, 36 (6), 889-893.
- De la Peña M. R, Beldoménico, P. M. y Antoniazzi, L. R. (2003). Pichones de aves parasitados por larvas de *Philornis* sp. (Diptera: Muscidae) en un sector de la provincia biogeográfica del Espinal de Santa Fe, Argentina. *Revista FAVE Sección Ciencias Veterinaria*, 2:141–146.
- Fessi Birgid y Sabine Tebbich. (2002). *Philornis dowsoni* a recently discovered parasites on the Galapagos archipelago a threat for Darwin's finches?. *IBIS International journals of avian science*. <https://doi.org/10.1046/j.1474-919X.2002.00076.x>
- Garibaldi Jiménez, Z. Y. y Valverde, R.A. (2017). Afectaciones causadas por el desarrollo urbano e industrial en las áreas próximas al Parque Nacional Camino de Cruces. [tesis de Maestría, Universidad Cristiana de Panamá]
- Guimarães J.H.G., Papavero, N. y Pardo A. P. (1983). As miiases na região neotropical: Identificação, biologia, bibliografia. *Rev. Bras. Zool.* 1: 239-416. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81751982000400001>.
- Herrera, J. M. y Bermúdez, S. E. (2012). Myiasis by *Philornis* spp. (Diptera: Muscidae) in *Dendroica castanea* (Aves: Parulidae) in Panama. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83(3), 854-855.
- Langen, T. A., y Berg, E. C. (2016). What determines the timing and duration of the nesting season for a tropical dry forest bird, the White-throated Magpie-Jay (*Calocitta formosa*)? *The Wilson Journal of Ornithology*, 128(1), 32-42.
- Loye, J.E. y Carroll, S. P. (1998). Ectoparasite behavior and its effects on avian nest site selection. *Annals of the Entomological Society of America* 91, 159–163. <https://doi.org/10.1093/aesa/91.2.159>.
- Medellín Balderas, M.; Obregón-Zúñiga, J. A. & Vergara-Pineda, S. (2009). *Philornis* sp. (Diptera: Muscidae) como parásito de *zenaida asiatica* (linnaeus, 1758) (Aves: Columbidae) en la localidad de el Sabinito, Arroyo Seco, Querétaro. *Entomología Mexicana*, 6: 530-535.

- Quiroga M. A. y Reboreda J. C. (2012). Lethal and sublethal effects of botfly (*Philornis seguyi*) parasitism on House Wren nestlings. Condor 114:197–202. <https://doi.org/10.1525/cond.2012.110152>
- Rabuffetti, F. L. y Reboreda, J. C. (2007). Early infestation by bot flies (*Philornis seguyi*) decreases chick survival and nesting success in chalk-browed mockingbirds (*Mimus saturninus*). The Auk 124(3): 898–906.
- Ridgely, R. S., y Gwynne, J. A. (1993). Guía de las aves de Panamá incluyendo Costa Rica, Nicaragua y Honduras. Asociación Nacional para la Conservación de la Naturaleza (ANCON), Panamá (Panamá).
- Riedl, I. G., Fricke, J., y Schulze, C. H. (2010). Un caso extremo de ectoparasitismo de moscardón del género *Philornis* en tangara hormiguera carinegra *Habia atrimaxillaris*, endémica del Golfo Dulce, Costa Rica. Zeledonia, 14(2), 39-46.
- Salvador S.A. y A. Bodrati. (2013). Aves víctimas del parasitismo de moscas del género *Philornis* en Argentina. Nuestras Aves 58: 16-21
- Saravia-Pietropaolo M. J., Arce, S.I., Manzoli, D., Quiroga, M.A., Beldomenico, P.M. (2018). Aspects of the life a cycle of the avian parasite *Philornis torquans* (Diptera: Muscidae) under laboratory rearing conditions. The Canadian Entomologist 150: 317-325.
- Savage, J. y Vockeroth, J.R. (2010). Muscidae (House flies and Stable flies). En Brown, B.V., Borkent, A., Cumming, J.M., Wood, D.M., Woodley, N.E. y Zumbado, M.A. (eds.). Manual of Central American Diptera Volume 2 (pp. 1281-1295). NRC Research Press.
- Smith, N. G. (1968). The advantage of being parasitized. Nature, 219(5155), 690-694.
- Teixeira D. M. (1999). Myiasis caused by obligatory parasites. Ib. General observations on the biology of species of the genus *Philornis* Meinert, 1890 (Diptera, Muscidae). Pp. 71–96 en: Guimarães J.H. y Papavero N. (eds) *Myiasis in man and animals in the Neotropical region. Bibliographic database*. Editora Plêiade y FAPESP, San Pablo.

- Vallely, A. C., y Dyer, D. (2018). *Birds of Central America: Belize, Guatemala, Honduras, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica and Panama*. Princeton University Press.
- Young, B. E. (1993). Effects of the parasitic botfly *Philornis carinatus* on nestling house wrens, *Troglodytes aedon*, in Costa Rica. *Oecologia*, 93(2), 256-262.