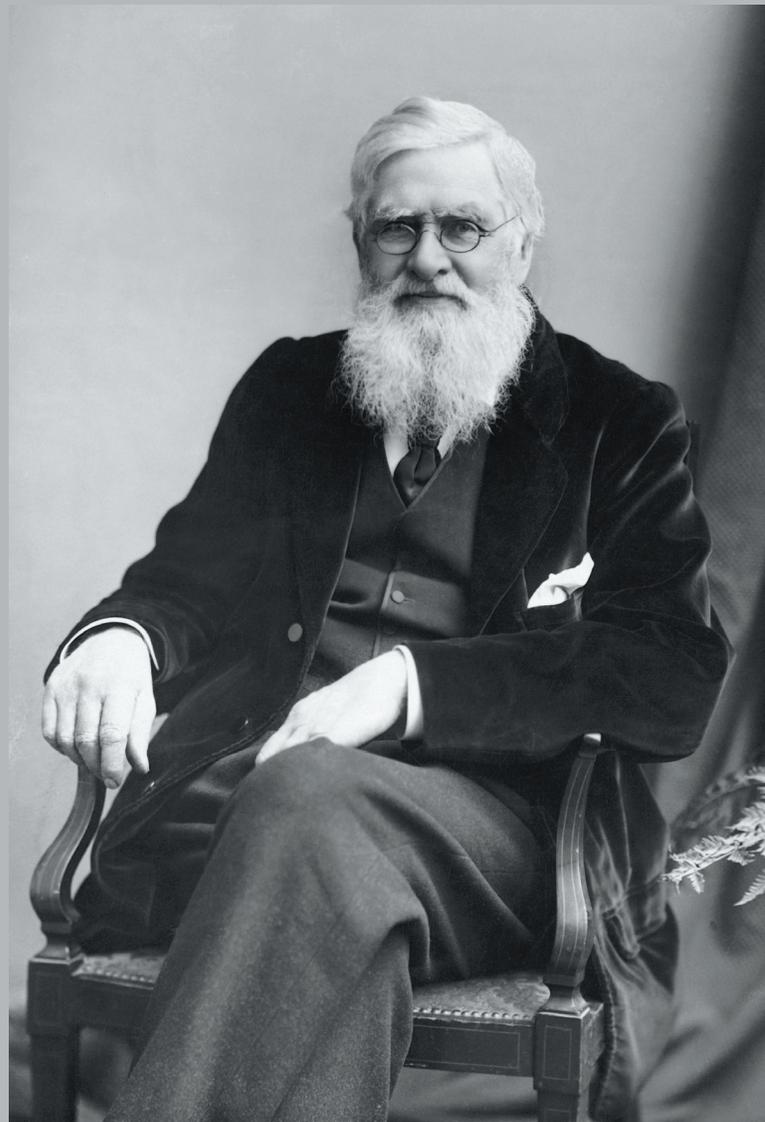


ISSN 1315-642X (impresa)
ISSN 2665-0347 (digital)

ANARTIA

Publicación del Museo de Biología de la Universidad del Zulia



1823-2023. Bicentenario del natalicio de Alfred Russel Wallace.



Facultad Experimental de Ciencias
Universidad del Zulia

Diciembre
2023

37

ANARTIA es una revista científica que publica artículos originales, en el área de las Ciencias Naturales, editada por el Museo de Biología de la Universidad del Zulia (MBLUZ), Facultad Experimental de Ciencias, Maracaibo, Venezuela.

Serán considerados para su publicación, artículos inéditos redactados en español o inglés. La revista puede ser adquirida mediante canje con publicaciones similares y/o por compra. La tarifa es individual y varía según el costo de cada edición.

El comité editorial de *Anartia* agradece a los investigadores y especialistas nacionales y extranjeros que han sido revisores y evaluadores de los trabajos científicos publicados en este número. Las revisiones críticas de nuestros manuscritos son fundamentales para el mantenimiento de la calidad académica de la revista.

ANARTIA is a scientific journal that publishes original articles in the fields of the natural sciences, edited by the Museum of Biology of the University of Zulia (MBLUZ), Experimental Faculty of Sciences, Maracaibo, Venezuela.

Unpublished articles written in Spanish or English will be considered for publication. This journal can be acquired by exchanging similar publications and/or by purchase. Prices are individual and vary according to the cost of each edition.

The editorial board of *Anartia* thanks to all those foreign and national researchers and specialists who collaborated as manuscript reviewers for this issue. The critical reviews of our manuscripts are fundamental for keeping the high standards of academic quality of this journal.

Editor

Tito R. Barros

Co-Editores

Gilson A. Rivas
Jim L. Hernández R.

Comité Editorial

Miguel A. Campos Torres
Universidad del Zulia, Venezuela

Jorge Carrillo Briceño
Universität Zürich, Suiza

Ángel Fernández
Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, Venezuela

Robert C. Jadin
University of Wisconsin, EEUU

Michael Jowers
Universidade do Porto, Portugal

Oscar M. Lasso-Alcalá
Museo de Historia Natural La Salle, Venezuela

Aurélien Miralles
Muséum National d'Histoire Naturelle, Francia

Hiram Moreno
Museo de Ciencias Naturales, Fundación Museos Nacionales, Venezuela

Jorge Luiz Silva Nunes
Universidade Federal do Maranhão, Brasil

Walter E. Schargel
The University of Texas at Arlington, EEUU

Los trabajos publicados en
Anartia, aparecen referidos en:
Biological Abstracts
Zoological Record
Revenicyt

Versión impresa
ISSN 1315-642X
Depósito legal pp. 88-0384

Versión digital
ISSN 2665-0347
Depósito legal ZU2019000213

ANARTIA



Universidad del Zulia

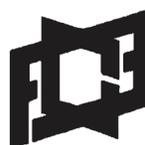
Judith Aular de Durán
Rectora

Clotilde Navarro
Vicerrector académico

Marlene Primera
Vicerrectora administrativa (E)

Ixora Gómez
Secretaria (E)

Facultad Experimental
de Ciencias



José G. Ortega Fernández
Decano

Ana B. Cáceres
Directora de Investigación

Esta revista fue impresa en papel
alcalino
*This publication was printed on acid-
free paper that meets the minimum
requirements of the American
National Standard for Information
Sciences-Permanence for Paper for
Printed Library Materials,
ANSI Z39.48-1984*

Esta publicación contó con auspicios de
Paleontological Institute and Museum,
University of Zurich (Suiza) y de la familia
Calchi-La Corte (Italia)



Paleontological Institute and Museum
University of Zurich

Alfred Russel Wallace (Llanbadoc, Gales, 1823; Broadstone, Inglaterra, 1913), *ca.* 1895 (fotografía de dominio público, aparecida por primera vez en *Borderland Magazine*, abril 1896. London Stereoscopic and Photographic Company [activa 1855-1922]). El 8 de enero de 2023 se cumplieron doscientos años del nacimiento de este sabio naturalista, explorador, pionero de la biología evolutiva y de la biogeografía moderna; personalidad heterodoxa cuyos amplios intereses lo llevaron en su madurez y senectud a ingresar en campos prohibidos por la ciencia establecida y a cuestionar lo más célebre de su propia obra, la hipótesis que formuló junto a Charles Darwin en relación a la selección natural como fuerza determinante en la evolución orgánica de los seres vivientes. El Museo de Biología de la Universidad del Zulia (MBLUZ) rinde homenaje a este insigne polímata en conmemoración de su bicentenario, trayendo a esta revista el recuerdo de su estancia en Venezuela (1851), además de breves reflexiones sobre algunas de sus menos conocidas inquietudes intelectuales y sociales.

Los manuscritos deben enviarse como datos adjuntos por correo electrónico a:
Tito R. Barros (tbarros@fec.luz.edu.ve) o **Gilson A. Rivas** (grivas@fec.luz.edu.ve).

Cualquier correspondencia en físico que esté relacionada con *Anartia*
también podrá dirigirse a:
ANARTIA. Universidad del Zulia, Facultad Experimental de Ciencias,
Museo de Biología de LUZ (MBLUZ). Apartado 526. Maracaibo 4011, Estado Zulia,
Venezuela. Tel. Fax ++58 261 4127755.

SE ACEPTAN CANJES

Diseño de portada:
Juan Bravo (bravjuan@gmail.com)

Diagramación e impresión:
Ediciones Astro Data, S.A.
edicionesastrodata@gmail.com
Maracaibo - Venezuela.

Alfred Russel Wallace: el naturalista humilde, descolonizado y moderno

El 8 de enero de 2023 se cumplieron 200 años del nacimiento de Alfred Russel Wallace (n. Llanbadoc, Gales: 8.01.1823; m. Broadstone, Inglaterra: 7.11.1913), personaje destacado en la historia principalmente como viajero, explorador y naturalista, pero fundamentalmente por ser coautor de la teoría de la selección natural como la fuerza directriz principal del proceso evolutivo en los seres vivos (Darwin & Wallace 1858), llamado poco después “origen de las especies” (Darwin 1859). Se trata de un conjunto de ideas que propiciaron la mayor transformación de las ciencias biológicas y cuyo prolongado debate se expande aún hacia muchos campos del conocimiento (Dennett 1995). En una parte por la propaganda popular y en otra por la voluntaria actitud de Wallace de mantener su nombre en el segundo plano (Williams-Ellis 1966), esta hipótesis, todavía la más importante de la biología suele atribuirse exclusivamente a Charles Darwin. Tanto Darwin como Wallace fueron personas humildes, pensadores profundos sustraídos paulatinamente de los entornos ruidosos de la sociedad que los aplaudió, los criticó y los hizo célebres, dedicados a la lectura, la reflexión y a la expresión de ideas a través de la escritura.

La personalidad de Wallace empieza a hacerse grande al retractarse parcialmente de su entusiasmo juvenil por la selección natural y situarse a la sombra de Darwin, ocupándose, sin detrimento de su dignidad, de promulgar el “darwinismo” como escuela de pensamiento (Wallace 1889). Así demarcó sutilmente la primera línea que dividió y divide su propia tendencia filosófica de la del naturalista del Beagle.

La obra escrita de Wallace es enorme y variada. Cuando falleció casi a los 91 años había dejado impresos 21 libros y poco más de 700 artículos dispersos en revistas y otros periódicos (Raby 2001, Smith & Beccaloni 2008). Hoy lo recordamos especialmente en este medio de difusión científica por sus contribuciones a la narrativa descriptiva de viajes, propia del “siglo maravilloso” en el que cursó gran parte de sus vida (Wallace 1898, 1905), por sus épicas



Alfred Russel Wallace a los 25 años (1848), justo antes de su viaje a Suramérica.*

campañas de exploración y el descubrimiento biológico de América (cuenca del Amazonas, Wallace 1853a, b) y Asia tropical (Archipiélago Malayo, Wallace 1869), su magnífico aporte empírico al reconocimiento e interpretación de las áreas de distribución de las formas de vida animal, a la noción de zonificación biogeográfica, de las barreras físicas, de los límites, y del componente histórico involucrado en el misterio de las regiones y sus biotas (Wallace 1876, Bueno & Llorente 2003). Exploró exhaustivamente la singularidad de las formas de vida en insularidad en relación a la dinámica de cambio geológico y al problema evolutivo (Wallace 1880), y fue un pionero de nuestra geografía amazónica (inspirado por Humboldt). Su estadía entusiasta y romántica en territorio venezolano en 1851, episodio histórico relativamente poco conocido en nuestro país, es

* Reproducción de un daguerrotypo de autor desconocido (probablemente Thomas Sims). © National Portrait Gallery, Londres (con licencia de Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs 3.0-Unported. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>)

un interesante tema que amerita profundización (Lancini 1994, Ortega-Mendoza 1994, Lindorf 2018, Romero-González *et al.* 2019, Limeira-DaSilva 2022).

Aún no había cumplido cincuenta años, y hallándose en la preparación de sus principales contribuciones a la biogeografía, Alfred Russel Wallace se vinculó a un círculo social dedicado a las prácticas espiritistas. Su capacidad de observación, su sensibilidad e intuición, su mentalidad heterodoxa, pero sobre todo su búsqueda de lo trascendental lo transformaron en un espiritista convencido, testigo de excepción de experiencias paranormales que el mismo describió y declaró imposibles de explicar por la ciencia (Wallace 1875). Nunca abandonó sus certezas en torno al “espiritualismo”, aunque le ganaran detractores, críticos y malas voluntades en un amplio sector de la sociedad científica decimonónica tan escéptica como arrogante.

Como si este atrevimiento no fuera suficiente, Wallace, quien había trabajado en su juventud como agrimensor y conocido de cerca el campesinado y el habitante de la campiña inglesa, habló con voz propia sobre la nacionalización de la tierra, proponiendo que el estado expropiara a precios controlados los excesivos predios de los terratenientes y distribuyera la propiedad de la tierra más equitativamente entre la gente que demostrara su capacidad para utilizarla (Wallace 1882). A medida que maduraba y envejecía, este sabio criado en la patria del colonialismo moderno, hablaba del progreso moral a través de lo que en el siglo XXI hemos dado en llamar descolonización y criticaba abiertamente la inclinación histórica esclavista de Europa, desacreditando en su discurso lo que veía ocurrir dentro y fuera de las islas británicas: la decadencia moral y la crisis socioeconómica nacional y la expansión brutal y acelerado del imperio en sus colonias del tercer mundo.

Recurre en sus artículos y libros su preocupación por el destino de la clase trabajadora, el aumento del desempleo, la vergüenza de los salarios bajos, los negocios insanos, el empobrecimiento de las mayorías, la baja calidad de las viviendas, el despoblamiento de las zonas rurales y el escándalo del monopolio de la tierra por parte de unos pocos.

Se hace crítico de las élites de clases altas de Europa, según él viviendo con lujos vergonzosos, mientras que un cuarto de la población mundial se hallaba en penuria hundiéndose por debajo del umbral de la pobreza. Reflexiona sobre las hambrunas y la proliferación de enfermedades fatales producidas por los abusos de las (malas) condiciones de trabajo. Intenta recuperar algunas lecciones morales del análisis de logros y fallos de las huelgas de trabajadores (Wallace 1885, 1913a, b).

Esta densidad de temas alimentaba el pensamiento de Wallace mientras se hacía más crítico de la teoría de la selección natural, a través del reconocimiento de sus limita-

ciones para explicar la mente pensante, la autoconsciencia humana y el puesto del hombre en el universo, un tema principal y recurrente de varias escuelas importantes de filosofía (Wallace 1903).

No es extraño entonces encontrar el señalamiento de que Wallace se convirtiera en hereje de la ciencia positivista – sin embargo respetado por su enorme obra intelectual y sus contribuciones a las ciencias geográficas y biológicas – (Slotten 2004), hereje religioso (detestado por el cristianismo por sus prácticas y apologías al espiritismo), hereje político por sus inclinaciones claramente socialistas y por expresarse en contra de las tendencias del expansionismo colonial y sus vicios, cuya quintaescencia estaba representada por el reinado de Victoria, una de las monarquías más largas de la historia (1837-1901), la de la Gran Bretaña en la que le tocó vivir a Alfred Russel Wallace.

Habiendo nacido tan temprano en el siglo XIX, la evolución del pensamiento de Wallace demuestra que a la hora de su partida en 1913 era un pensador moderno, lúcido y esclarecido. Puso un broche de lujo a su carrera científica discutiendo sin prejuicios el asunto de la vida extraterrestre y concluyendo acertadamente que el planeta Marte ni habría estado habitado ni reunía las condiciones para ser habitable (crítica que hizo al recién aparecido y muy controvertido libro del astrónomo estadounidense Percival Lowell). De esta singular autoría de lo que ha de considerarse una obra fundacional de la disciplina de la exobiología o astrobiología (Wallace 1907), se colige que el pensamiento de Wallace entró muy bien y con bastante vigencia al siglo XXI.

Es grande la tentación de imaginar que Wallace habría pensado con mucha claridad lo que 70 años después dedujo y escribió (acaso motivado en parte por las lecturas del precursor) el biogeógrafo italo-venezolano León Croizat en uno de sus dispersos artículos de opinión: la vida extraterrestre es un problema de biogeografía.

REFERENCIAS

- Bueno H., A. & J. Llorente B. 2003. *El pensamiento biogeográfico de Alfred Russel Wallace*. Colección Luis Duque Gómez No. 1. Bogotá, D. C.: Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 191 pp. + [v].
- Darwin, C. 1859. *On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life*. London: John Murray, x + 502 pp. + [32] pp.
- Darwin, C. & A. R. Wallace. 1858. On the tendency of species to form varieties; and on the perpetuation of varieties and species by natural means of selection [communicated by Sir Charles Lyell and Joseph D. Hooker to the LSL meeting of 1 July 1858]. *Journal of the Proceedings of the Linnean Society: Zoology* 3(9): 45–62.

- Dennett, D. 1995. *Darwin's dangerous idea. Evolution and the meanings of life*. New York & London: Simon & Schuster, 586 pp.
- Lancini, A. R. 1994. Alfred Russel Wallace: un pensador universal en las selvas del Brasil y Venezuela. pp. 23–58. In: Huber, O., L. Delgado, A. R. Lancini, A. Ortega Mendoza, R. Spruce & A. R. Wallace. *Dos naturalistas británicos en la Amazonia venezolana*. Caracas: Fundación Cultural Orinoco.
- Limeira-DaSilva, V. R. 2022. The itinerary of Alfred Russel Wallace's Amazonian journey (1848-1852): A source for researchers and readers. *Notes and Records* 76: 633–652.
- Lindorf, H. 2018. La botánica en Venezuela. Sus comienzos y evolución. *Acta Botanica Venezuelica* 41(1): 123–167.
- Ortega Mendoza, A. 1994. Alfred Russel Wallace (1823-1913). pp. 9–22. In: Huber, O., L. Delgado, A. R. Lancini, A. Ortega Mendoza, R. Spruce & A. R. Wallace. *Dos naturalistas británicos en la Amazonia venezolana*. Caracas: Fundación Cultural Orinoco.
- Raby, P. 2001. *Alfred Russel Wallace: A life*. London: Chatto & Windus, xi + 340 pp.
- Romero-González, G., C. A. Gómez Dahuena, O. González Nández & G. A. Aymard Corredor. 2019. Las cuatro "Yavitas". *Boletín de Historia de las Geociencias en Venezuela* 131: 1–133.
- Smith, C. H. & G. Beccaloni (eds.). 2008. *Natural selection and beyond. The intellectual legacy of Alfred Russel Wallace*. Oxford: Oxford University Press, xxv + 482 pp.
- Slotten, R. A. 2004. *The heretic in Darwin's court: The life of Alfred Russel Wallace*. New York: Columbia University Press, 602 pp.
- Wallace, A. R. 1853a. *Palm trees of the Amazon and their uses*. London: John Van Voorst, viii + 1 map + 129 pp., 48 pls.
- Wallace, A. R. 1853b. *Narrative of travels on the Amazon and Rio Negro, with an account of the native tribes, and observations on the climate, geology, and natural history of the Amazon valley*. London: Reeve & Co., frontisp., x + 541 pp. + 1 map.
- Wallace, A. R. 1869. *The Malay Archipelago; The land of the orang-utan and the bird of paradise; A narrative of travel with studies of man and nature*. 2 volumes. London: Macmillan & Co., 1: frontisp. + xxiv + 478 pp.; 5 maps; 2: frontisp. + vi + 524 pp., 4 maps.
- Wallace, A. R. 1875. *On miracles of modern spiritualism. Three essays*. London: James Burn, viii + 236 pp.
- Wallace, A. R. 1876. *The geographical distribution of animals; with a study of the relations of living and extinct faunas as elucidating the past changes of the Earth's surface*. 2 vols. London: Macmillan & Co., I: xxiv + 503 pp. + 5 maps, 13 pls.; II: xii + 607 pp. + 2 maps, 7 pls.
- Wallace, A. R. 1880. *Island life: or, the phenomena and causes of insular faunas and floras, including a revision and attempted solution of the problem of geological climates*. London: Macmillan and Co., xx + 526 pp. + 26 maps.
- Wallace, A. R. 1882. *Land nationalisation; its necessity and its aims; being a comparison of the system of landlord and tenant with that of occupying ownership in their influence on the well-being of the people*. London: Trübner & Co., xiv + 240 pp. + [iii].
- Wallace, A. R. 1885. *Bad times: An essay on the present depression of trade, tracing it to its sources in enormous foreign loans, excessive war expenditure, the increase of speculation and of millionaires, and the depopulation of the rural districts; with suggested remedies*. London & New York: Macmillan & Co., xvi + 118 pp.
- Wallace, A. R. 1889. *Darwinism; An exposition of the theory of natural selection with some of its applications*. London & New York: Macmillan & Co., frontisp. + xvi + 494 pp.; fold-out map.
- Wallace, A. R. 1898. *The wonderful century; its successes and its failures*. London: Swan Sonnenschein & Co., frontisp., xii + 400 pp., 12 folds.
- Wallace, A. R. 1903. *Man's place in the universe; a study of the results of scientific research in relation to the unity or plurality of worlds*. London: Chapman & Hall, Ltd., [xii] + 330 pp., 2 fold-out star-charts.
- Wallace, A. R. 1905. *My life: A record of events and opinions. 2 vols*. London: Chapman & Hall, I: frontisp., xii + 435 pp. + 2 fold. Maps; II: frontisp., viii + 459 pp.
- Wallace, A. R. 1907. *Is Mars habitable? A critical examination of Professor Percival Lowell's book "Mars and its canals", with an alternative explanation*. London: Macmillan and Co., xii + 110 pp. + [ii].
- Wallace, A. R. 1913a. *Social environment and moral progress*. London, New York, Toronto & Melbourne: Cassell & Co., Ltd., frontisp., viii, 164 pp.
- Wallace, A. R. 1913b. *The revolt of democracy*. London, New York, Toronto & Melbourne: Cassell & Co., Ltd., frontisp., xlvi + 82 pp.
- Williams-Ellis, A. 1966. *Darwin's moon. A biography of Alfred Russel Wallace*. London: Blackie, x + 261 pp.

Ángel L. Vilorio** & Carlos Bosque***

** Centro de Ecología, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC), km 11 carretera Panamericana, Altos de Pipe, estado Miranda 1204, Venezuela. Correo electrónico: sebastianviloriacarrizo@gmail.com

*** Departamento de Biología de Organismos, Universidad Simón Bolívar, Caracas, D. C. 1080, Venezuela. Correo electrónico: carlosb@usb.ve

Editorial

Al finalizar este año 2023 y con satisfacción hacemos entrega del número 37 de la revista *Anartia*. Durante los últimos meses la Facultad Experimental de Ciencias, donde tienen sede el MBLUZ y su revista, su laboratorio y sus depósitos de colecciones, ha pasado por diversas situaciones interesantes. Notablemente cumplió 50 años de creada. El aniversario permitió la reunión de un pequeño y resiliente grupo de profesores y empleados universitarios, en el recién habilitado espacio de uno de sus edificios, antigua sede del Aeropuerto Grano de Oro (1929-1969), obra arquitectónica de Luis Eduardo Chataing, Alejandro Chataing, Luis Malaussena y Carlos Raúl Villanueva. En los últimos cinco años este icónico edificio y sus dependencias internas (ahora sede parcial de la FEC), también sufrió incursiones hamponiles, aunque en menor grado en comparación con otros edificios de esta facultad. A pesar de lo malo, durante buena parte del año se adelantaron labores de restauración y de adecuación exclusiva sobre este edificio, antigua torre de control del aeropuerto. Asumimos esta iniciativa como derivada de una larga deuda que pesaba como cargo de conciencia.

Por la razón que fuese, no nos faltó entusiasmo en el inicio de las tareas de recuperación de las edificaciones, pero pensamos que fue tardío. Aunque la restauración no se ha completado, nos alegra saber que se adecentó la imagen del edificio (fachada, limpieza, impermeabilización de techos y pintura) y se proporcionó servicio eléctrico, ausente en la facultad por más de cinco años. Es un logro directo del programa del estado – gobierno, denominado *Misión Venezuela Bella*. Desde nuestro reservado accionar este año logramos el resguardo de parte de las colecciones científicas y la biblioteca del museo, proceso todavía sin concluir, esperamos finiquitar el traslado de todas las colecciones a espacios transitorios que ofrezcan mayor seguridad. Allí en la antigua sala de exhibición esperan de manera estoica el esqueleto de la jirafa que fue del presidente Juan Vicente Gómez, el Manatí (*Trichechus manatus*) que un día varó en los bajos de los Andes Yatch Club en Maracaibo y la Babi-lla (*Caiman crocodilus fuscus*) que habitó las aguas lacustres y sus manglares. Tres testigos de la naturaleza vinculados a la historia museística y zoológica de Venezuela.

Durante los meses de mayo y junio de este 2023, el lago de Maracaibo se vio impactado por dos eventos de escala geográfica inusitada, miles de kilómetros cuadrados estuvieron saturados de verdín, nombre que recibe la agregación de varias especies de cianobacterias, asociadas a las condiciones crecientes de eutrofización del lago. Este evento se agravó por las múltiples fugas o derrames de hidrocarburos. Varias manchas aceitosas flotaron en un binomio cianobacterial y anóxico, durante mucho tiempo en la superficie del lago, acumulándose en sus costas, contaminando y afectando tremendamente las condiciones físicas y biológicas y alterando la dinámica natural del sistema lacustre, además de las principales actividades humanas locales, como la pesca artesanal.

Un hecho puntual pero indicador de la gravedad de estos eventos durante el mes de junio fue la afectación de varias especies de la fauna local por estas condiciones negativas y extraordinarias. Un ejemplar de la tortuga Jicotea (*Trachemys callirostris*), totalmente petrolizada y cubierta de verdín, que llegó hasta las costas del municipio Maracaibo, fue eventualmente recuperada y atendida. Esta noticia, aparentemente insignificante, se difundió por redes sociales y fue hiperbólicamente esparcida por diarios y portales en línea, constituyendo objeto de alarma entre grupos ecologistas. La problemática general ya descrita provocó la realización de una “Cumbre Regional” para el establecimiento de líneas directrices o de acción para la recuperación del lago. Fue una semana de agosto, intensa de debates, con mesas de trabajo multidisciplinarias, en un reconocido hotel de la ciudad. De allí surgió un nuevo Plan para la recuperación y desarrollo sustentable del Lago de Maracaibo.

A varios meses de esta cumbre aún estamos a la espera de ver algún resultado esperanzador de los varios vértices o líneas programáticas allí redactadas. En nuestras costas del Oriente del país, por Mochima, otra amenaza parece tomar auge, y es el creciente avance del coral blando (*Unomia stolonifera*). Cuando el pez león empieza a dejar los titulares noticiosos esta otra especie invasora pareciera ser el relevo que mantiene, por los momentos, muy ocupados a un grupo de profesionales de la ecología marina, atendiendo la nueva contingencia.

Nos permitimos comentar algo más sobre la fauna acuática marina en Venezuela. Durante este año hemos presenciado la llegada de visitantes interesantes que han dejado su evidencia visual en fotografías y videos. En varios lugares de nuestras costas, se ha documentado la presencia de grupos de orcas, manatíes, delfines y hasta de una gran ballena en el parque nacional Morrocoy (estado Falcón). Un signo evidente de los cambios ambientales de esta era y del avance de dispositivos tecnológicos para la recopilación y transmisión en vivo de noticias en pleno desarrollo. Nuestra manera de responder en menor tiempo a situaciones de riesgo para muchos organismos vivientes puede ser un punto a su favor en términos de estrategias de conservación, y es quizás un paso hacia adelante en esta inmensa tarea de mejorar las condiciones de vida en el planeta.

Como cierre de este ciclo de acontecimientos, durante diciembre se realizó en el país una consulta electoral sobre nuestra posición frente al reclamo histórico del territorio Esequibo, un tema que ha recibido gran atención y provocado tensiones constantes en los medios sociales y comunicacionales. La extensa geografía en disputa se caracteriza por su diversidad cultural, riqueza biológica y por su abundancia en recursos estratégicos, mayormente

minerales, que hacen del conjunto un objetivo evidentemente económico. La deuda histórica nacional en relación a la repartición del territorio Esequibo es tan vigente como ineludible, como lo son también las responsabilidades estatales omitidas sobre parte de la Guayana venezolana, amenazada por la minería (mayormente ilegal), magna tragedia para la naturaleza del país. Un caso sin precedente acontece por ejemplo en la región de Yapacana, donde todavía no encontramos una estrategia efectiva para frenar y revertir los daños causados a este ecosistema y su diversidad. De allí proviene una pequeña rana roja, descrita por el profesor Juan Rivero en 1971 y conocida científicamente como *Minyobates steyermarki*. La descripción de este anfibio apareció en la revista científica *Kasmera*, también de esta universidad. Esta pequeña rana, única de su género, se encuentra categorizada en Peligro Crítico por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), precisamente por sus requerimientos de habitat y su alta vulnerabilidad ante la intervención negativa en su ambiente natural. Estamos obligados a seguir en procura de preservar nuestros espacios vitales, selvas, ríos y demás riquezas naturales para las próximas generaciones.

Tito R. Barros

Invertebrados de islas flotantes de macrofitas en el Lago de Maracaibo y río Concha, Venezuela

Invertebrates in floating islands of macrophytes in the Lake Maracaibo and Concha river, Venezuela

Leida Valero-Lacruz & Jaime E. Péfaur

*Grupo de Ecología Animal, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias,
Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.*

Correo electrónico: leidava@gmail.com

(Recibido: 24-11-2022 / Aceptado: 22-11-2023 / En línea: 31-12-2023)

RESUMEN

Se estudió la composición taxonómica de la fauna de invertebrados asociada a cinco islas flotantes de macrofitas en las aguas del Lago de Maracaibo y en cinco sectores de las riberas cercanas a la desembocadura del río Concha, Municipio Colón, estado Zulia, Venezuela. También se estudió la estructura ecológica comparada de las comunidades de invertebrados entre islas y riberas del río, y se planteó una aproximación a la Teoría Biogeográfica de Islas (TBI). En las muestras de islas se encontraron 58 morfotipos pertenecientes a 22 taxones, con un total de 1.198 individuos, mientras que en las muestras ribereñas se identificaron 84 morfotipos pertenecientes a 26 taxones, con un total de 2.360 individuos. Se calcularon índices para conocer la estructura ecológica. Al comparar los resultados de islas flotantes versus las comunidades ribereñas, se encontró que las islas tienen una diversidad menor que la que tienen las riberas. Como un aporte a la TBI se encontró que el mayor número de morfotipos estuvo presente en la isla de mayor área, en cambio, el menor número se encontró en la isla de menor área. Se plantea el papel biogeográfico y ecológico jugado por las islas flotantes en la distribución y en el incremento de la biodiversidad lacustre por la acción transportadora de material vegetal y faunístico.

Palabras clave: Arachnida, Annelida, biogeografía de islas, Crustacea, estado Zulia, Insecta, Mollusca.

ABSTRACT

The taxonomic composition of the invertebrate fauna associated with five floating islands of macrophytes in the waters of Lake Maracaibo, and of five soil samples near the mouth of the Concha riverbanks, Colón County, Zulia State, Venezuela, was studied by a comparison of the species diversity of islands and riverbanks; an approximation to the Island Biogeography Theory (IBT) was stated. In the island samples, 58 morphotypes belonging to 22 taxa were found, with a total of 1,198 individuals, while in the riverside samples, 84 morphotypes belonging to 26 taxa were identified, with a total of 2,360 individuals. The ecological structure was analyzed through ecological indexes. By comparison, the island diversity was lesser than in the riverbanks. We found that the highest number of morphotypes were present on islands with the largest area, while the lowest number of morphotypes was found on the island with the smallest area. The biogeographical and ecological roles played by the floating macrophytes islands in the distribution and transport of vegetal and faunal elements, and in the increase of lacustrine biodiversity are discussed.

Keywords: Arachnida, Annelida, Crustacea, Insecta, island biogeography, Mollusca, Zulia state.

INTRODUCCIÓN

El Lago de Maracaibo es el mayor cuerpo de agua dulce de Sudamérica y, como tal, presenta una serie de atributos ecológicos que aun distan mucho de ser bien conocidos y explicados. Uno de esos atributos es la presencia de plantas acuáticas parcialmente sumergidas, que semejan “islas flotantes” sobre la superficie de sus aguas. En diversos cuerpos de agua del mundo, estos parches de vegetación están compuestos por plantas macrofitas que flotan libremente estableciendo un hábitat particular, proveedor de condiciones adecuadas para la presencia de una importante fauna de invertebrados y vertebrados, caracterizada por su riqueza y diversidad (Houle 1998).

Los parches de plantas macrofitas que flotan en el Lago de Maracaibo se han desprendido de las riberas de algunos ríos y han sido arrastrados por sus aguas (Fig. 1). Al llegar al

lago, se comportan como islas reales, en las que se encuentra una fauna asociada a las raíces sumergidas de la vegetación flotante; así como, en ocasiones, sobre las hojas y tallos expuestos fuera del agua. Los lugares proveedores de especies, tanto animales como vegetales de las islas, son las riberas de los ríos. Esta condición de “islas flotantes” las convierte en excelentes sujetos de estudio de aspectos zoológicos, biogeográficos y ecológicos. Sin embargo, en las islas probablemente no habría un importante ingreso o colonización de especies nuevas sino una pérdida de ellas por extinción o abandono sostenido en la medida que viajan por el río, e incluso, mientras se mantiene la condición de isla en el lago. De manera preliminar y exploratoria, a estas islas se las podría estudiar aplicándoles total o parcialmente la Teoría Biogeográfica de Islas (TBI) de MacArthur & Wilson (1967).

Esta investigación contempla el estudio de la fauna de invertebrados de las islas flotantes de macrofitas del Lago

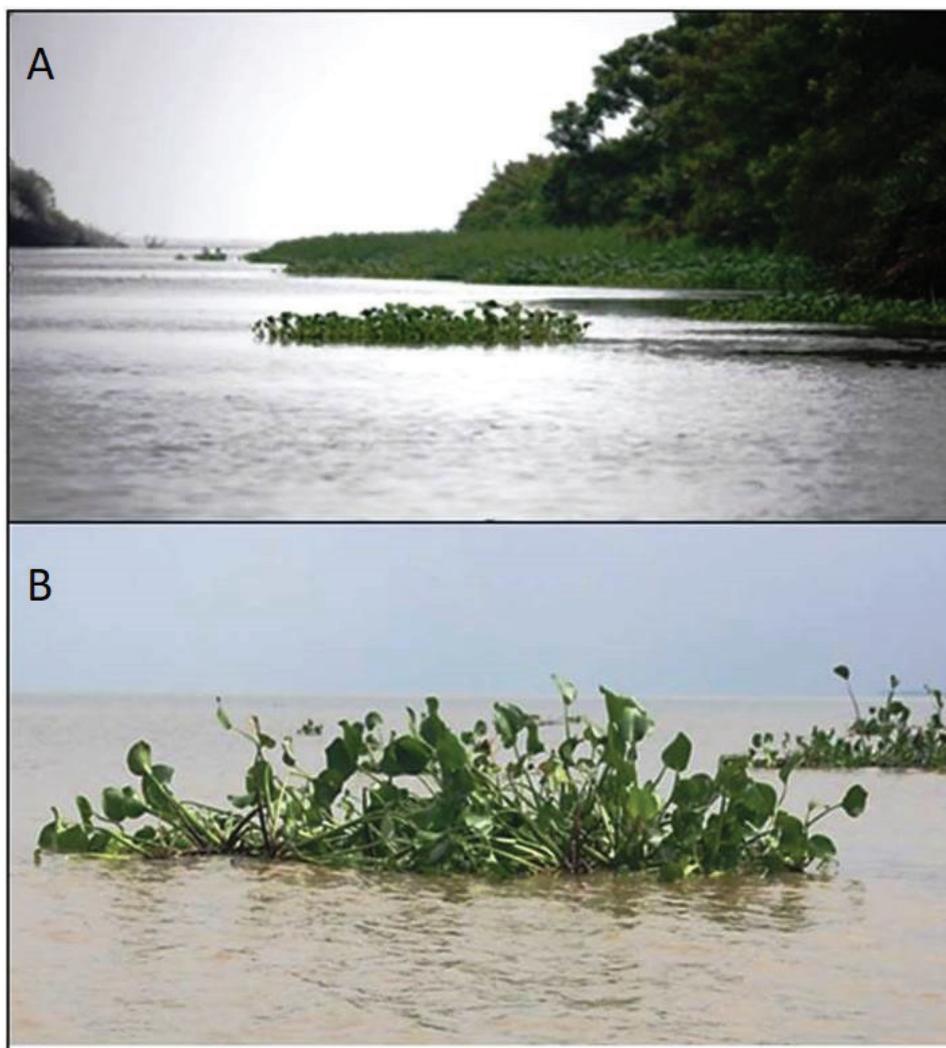


Figura 1. Islas flotantes de macrofitas: A. Isla desprendida de la ribera cercana a la desembocadura del río Concha. B. Macrofitas que constituyen las islas flotantes. Municipio Colón, Estado Zulia, Venezuela. Foto: J. E. Péfaur.

de Maracaibo, con el propósito de responder a las siguientes preguntas orientadoras: ¿Cuál es la composición taxonómica de la fauna en las riberas del río proveedor de especies y en las islas de macrofitas? ¿Dónde está la mayor diversidad específica: en las islas o en las riberas? ¿Hay especies comunes entre la fauna de las riberas y la de las islas flotantes? ¿Cuál es la disimilitud entre las comunidades de ambas situaciones? ¿Cuál es el papel de estas islas flotantes en el incremento y en la dispersión de la fauna en el lago? El responder a estas preguntas avalaría la ejecución de este estudio.

El objetivo final fue conocer, de manera preliminar, la composición de la fauna invertebrada presente en muestras de plantas macrofitas de las islas flotantes en el Lago de Maracaibo y de las riberas cercanas a la desembocadura del río Concha, así como explorar tentativamente si en estos dos ambientes se cumplen algunos postulados hipotéticos de la TBI de MacArthur & Wilson (1967), entre ellos, la relación número de especies/área. En este sentido, se esperaba probar las siguientes hipótesis de trabajo: 1) Dado que la mayor parte (raíces y tallos) de las plantas macrofitas de las riberas del río se encuentran incrustadas en terrenos saturados de agua, sus comunidades de invertebrados tendrán una baja diversidad específica, 2) El número total de especies de invertebrados presentes en las muestras de islas

flotantes de macrofitas será menor que el número total de especies presentes en las muestras de las riberas del río, y 3) El número de especies animales presentes en las islas de macrofitas flotantes será dependiente del tamaño de la isla: a mayor tamaño, mayor número de especies alojadas en ella, y a menor tamaño, menor será el número de especies presentes en la isla.

ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se llevó a cabo en la parte sur del Lago de Maracaibo y en las riberas relativamente cercanas a la desembocadura del río Concha al lago, parroquia Santa Bárbara, municipio Colón, estado Zulia, Venezuela.

El sistema del Lago de Maracaibo está situado en el noroccidente de Venezuela entre los 8°22' y 11°51' N y 70°30' y 73°24' O, con 12.958,42 km² de extensión y una profundidad máxima de 34 metros, cuyas aguas están en libre comunicación con el mar Caribe a través del Golfo de Venezuela (Fig. 2A) (Troncone *et al.* 2014). Las aguas dulces que ingresan al lago por el sector suroccidental, provienen de ríos de distintas dimensiones, siendo los principales Catatumbo, Escalante, Chama y Motatán; provenientes de la Cordillera de Los Andes colombiana y de la Sierra Nevada de Mérida (Laval *et al.* 2005, Medina & Barboza 2006, Pefaur 2007).

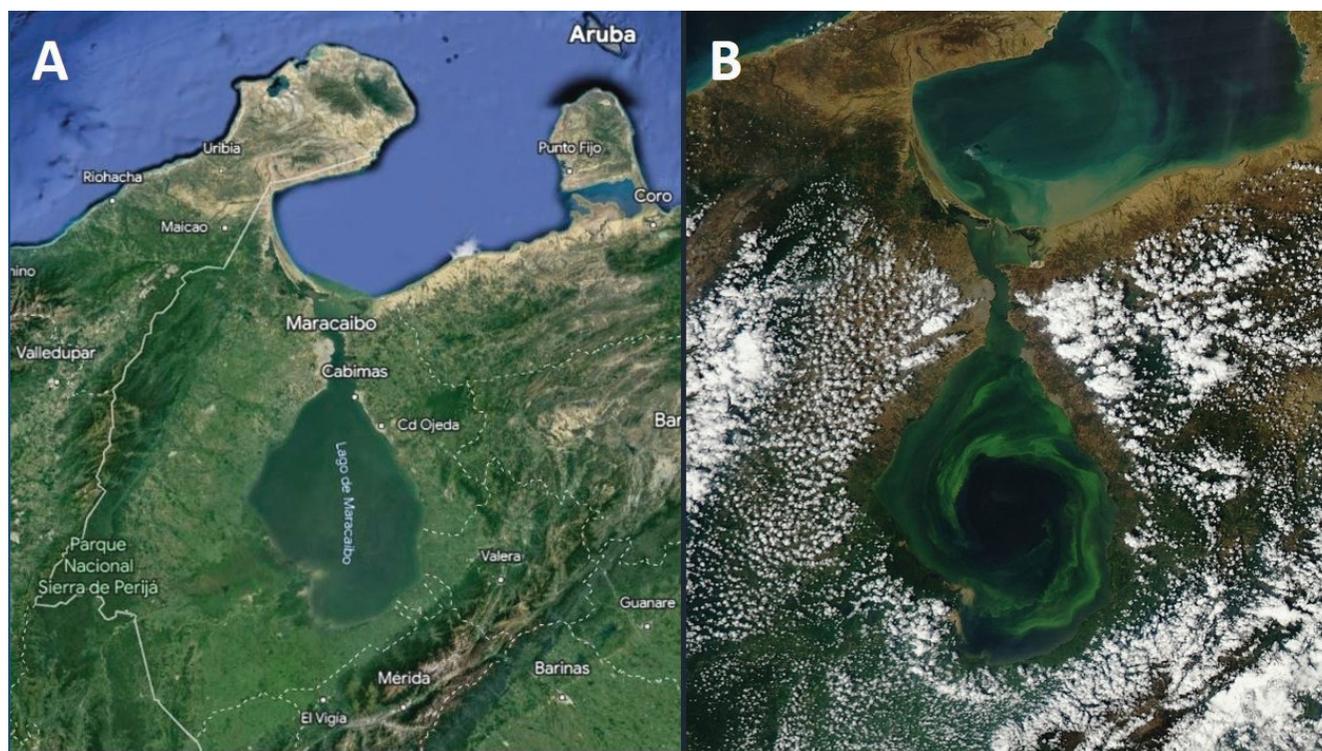


Figura 2. A. Vista satelital del Lago de Maracaibo, ubicado al occidente de Venezuela, el cual se comunica con el Golfo de Venezuela y el Mar Caribe por el estuario y el Estrecho de Maracaibo. Fuente: *Google Earth* (2023). B. Corrientes de las aguas del Lago de Maracaibo, ilustradas por las masas de algas como indicadoras de su circularidad. Fuente: www.earth.com/image/lake-maracaibo-venezuela-2/

La climatología de la cuenca del Lago de Maracaibo está determinada principalmente por el régimen de vientos alisios que soplan regularmente del noreste, de noviembre a abril; de mayo a octubre estos vientos cambian de dirección tomando preeminencia los vientos locales. La precipitación anual muestra una clara disminución desde el sur del Lago de Maracaibo (3.500 mm) hacia el norte, donde se registran valores de 125 mm, extendiéndose la estación lluviosa de mayo a noviembre y la estación seca de diciembre a abril (PNCT 1975, Laval *et al.* 2005, Medina & Barboza 2006).

La temperatura en el Lago de Maracaibo y sus alrededores también depende fundamentalmente de los vientos alisios, que empujan masas de aire desde el norte hacia la Sierra de Perijá y de allí hacia el sur, originando un área de baja presión sobre la desembocadura del río Catatumbo. Esto hace que las masas de aire de los desfiladeros de Los Andes se muevan hacia las tierras del Sur del Lago, originando convergencia de vientos que generan lluvia durante la mayor parte del año (Rodríguez 1973).

En cuanto a los suelos de la región, éstos se han formado sobre una gran variedad de materiales litológicos (sobre la roca basal con relieve escarpado o sobre materiales transportados) y bajo condiciones climáticas y topográficas cambiantes (PNCT 1975).

Las aguas del lago circulan y presentan mareas y corrientes. La circulación, que responde a los factores de escorrentía, precipitación y entrada de agua desde el mar por el Golfo de Venezuela, permite apreciar el tiempo de permanencia de las aguas en el lago, que ha sido estimada entre 4 a 11 años (Carter 1955 a, b; Corona 1964, Friedman *et al.* 1956: todos ellos en Rodríguez 1973). La circulación de las aguas se da por el exceso de agua dulce procedente de la escorrentía de cuantiosos ríos y caños, cuya descarga anual de aproximadamente 49.000 millones de metros cúbicos de agua, sale por el estuario del lago hacia el Golfo de Venezuela. La mayor parte de esta escorrentía entra por el sur del lago, principalmente por aporte de los ríos Catatumbo, Escalante, Chama y Motatán, con descargas en sentido mayormente perpendicular al eje mayor del lago, originando una corriente superficial de dirección paralela a la costa sur. Esta corriente es forzada por la costa hasta la altura de Cabimas, desde donde una parte de las aguas sale por el Estrecho del Lago y el resto se desvía hacia el oeste realizando una circularidad, como se aprecia indirectamente en la figura 4 por la representación de masas de algas. Las mareas que ocurren en las aguas tienen su origen en el mar Caribe y se extienden hasta la barrera que constituye las tierras firmes en el límite sur del lago, siguiendo una secuencia que ha sido medida y estudiada por Redfield (1961: en Rodríguez 1973).

Por otra parte, las características físico-químicas del lago son producto de la mezcla de las aguas más salinas que provienen del Golfo de Venezuela y las aguas dulces de los ríos. La salinidad se ha incrementado más de tres veces en los últimos 50 años, debido a la incorporación salina a través del canal del golfo (Troncone *et al.* 2014). Medina & Barboza (2006) señalan que los valores de la salinidad promedio de las aguas superficiales en dirección N-S disminuyen desde el golfo (35 ups) hasta las aguas estuarinas de la bahía de El Tablazo donde los valores son más inconstantes por las variaciones anuales de precipitación y escorrentía terrestre.

En suma, José-Bracho *et al.* (2016), evaluaron la calidad del agua del Lago de Maracaibo a través de seis puntos de muestreo en tres sectores: Zona I entre el golfo y el lago; Zona II entre la bahía El Tablazo, el canal de navegación y el área de influencia del río Limón; y Zona III en el sur del lago correspondiente a las estaciones de mayor profundidad. En las cuatro estaciones más al norte (Zonas I y II), estos autores registraron un mezclado homogéneo producto de la entrada de agua salina del golfo hacia el lago, causado por el régimen de marea, mientras que en las dos estaciones más al sur del lago (Zona III) los valores reflejan una condición menos homogénea por una tendencia de intrusión de una cuña salina producto de la diferencia de densidad entre el agua dulce y el agua salada. Los valores de salinidad muestran una disminución en dirección N-S de 8,43 a 1,88 ups. En cuanto al oxígeno disuelto (OD), se registraron los mayores valores en las tres estaciones más al norte (10,5; 9,8 y 8,9 mg/L) y los menores en las tres estaciones más al sur (6,7; 5,7 y 8,6 mg/L). Por último, José-Bracho *et al.* (2016) presentan valores de temperatura y pH tomados en estos puntos de muestreo, que promediados alcanzan una temperatura en la superficie del agua de 29° C y un pH de 7,67.

Aun cuando no se cuenta con registros de lluvia en el lago mismo, se hace referencia a los volúmenes tomados en tierra en varios puntos cercanos de la zona sur del Lago de Maracaibo que cuenta con registros pluviométricos, como son las localidades de Encontrados, El Guayabo y Santa Bárbara (Péfaur 2007), donde se pueden evidenciar dos picos de precipitaciones, principalmente de marzo a mayo y de septiembre a noviembre.

Son numerosos los principales ríos afluentes de este lago (Laval *et al.* 2005, Medina & Barboza 2006, Péfaur 2007), donde destacan los ríos de la parte sur de la hoya: Catatumbo, Escalante, Chama y Motatán, a los cuales deben agregarse ríos menores, como el río Concha, lugar donde se realizó la otra parte de este estudio. El río Concha, hacia su desembocadura, conserva en la mayor parte de sus riberas una notable vegetación arbórea ribereña, de tipo selva

pluvial siempre verde lluviosa, acompañada de manglares y el sustrato de esta vegetación se corresponde al suelo limoso típico de la zona lacustre del Lago de Maracaibo, con partes salitrosas. El clima, húmedo y cálido, se corresponde con un clima tropical megatérmico húmedo, con una temperatura media anual de 27°C y una precipitación anual de 1.400 mm (COOPROVENCA 2018).

En cuanto a las condiciones físico-químicas que presenta el río Concha, se puede resaltar una salinidad que varía entre 6 y 10 ppm (época de lluvia) y de 30 a 35 ppm (época de sequía), temperaturas que oscilan entre 24 y 28° C (siendo los meses de agosto a noviembre los más fríos), oxígeno disuelto que varía de 6 a 18 mg/L (teniendo su máxima concentración entre las 11:00 y la 14:00 horas y la mínima entre las 5:00 y 6:30 horas) y pH de 8,10 (COOPROVENCA 2018).

METODOLOGÍA

El punto de partida del trabajo de campo fue Puerto Concha (09°02'03" N, 71°44'56" O), desde donde se realizaron dos exploraciones, efectuadas en diciembre de 2017 y enero de 2018.

Trabajo de campo

En la primera exploración (diciembre 2017), el muestreo en islas se efectuó en aguas del sector Sur del Lago de Maracaibo, seleccionando al azar cinco islas flotantes ubicadas entre 0,3 y 5,0 km de distancia a la tierra firme (desembocadura del río Concha), de entre todas las islas de macrofitas que a la fecha y momento del estudio estuvieron presentes.

Para la recolección de la fauna asociada a las macrofitas, se seleccionaron islas flotantes cuya superficie varió entre 0,7 y 9,5 m². En la tabla 1 se muestra la superficie de cada una de las islas seleccionadas. El acercamiento a las islas se hizo desde una lancha, procediendo a medir su longitud y ancho, y a recoger las muestras de macrofitas, las cuales fueron lavadas, agitándolas manualmente dentro de un recipiente para liberar la mayor cantidad de animales posible. A objeto de unificar el esfuerzo de captura, el tamaño de las muestras de vegetación insular fue de una superficie similar (aproximadamente un 0,5 m² de superficie), y el tiempo de agitación y lavado de las raíces dentro del recipiente fue igual a un minuto. Luego el agua del recipiente se filtró por un tamiz estándar de laboratorio de 30 cm de diámetro y de 250 µm de luz de malla. El contenido sólido se fijó con una solución de alcohol al 70%, y fue rotulado con el número de la muestra, ubicación geográfica, fecha y recolectores. A la par, alrededor de tres de las islas flotantes

Tabla 1. Superficie (m²) de las islas flotantes de macrofitas estudiadas en el Lago de Maracaibo, estado Zulia. Venezuela.

Isla	Largo (m)	Ancho (m)	Superficie (m ²)
I-1	2,72	3,26	8,867
I-2	0,35	1,36	1,141
I-3	0,90	1,98	2,934
I-4	0,22	4,10	0,717
I-5	2,90	1,89	9,454

seleccionadas se midieron algunos parámetros físico-químicos del agua; entre ellos Temperatura (°C), Salinidad (g/L), pH y Oxígeno Disuelto (% de saturación).

En la segunda exploración (enero de 2018) se realizó el muestreo sobre las riberas cercanas a la desembocadura del río Concha (9°05'32" N, 71°42'52" O), seleccionando dos puntos de muestreo en la ribera izquierda y tres puntos en la ribera derecha del río. En cada punto, se hizo encallar la lancha en tierra firme y se obtuvo la correspondiente muestra extrayendo un trozo de sustrato ribereño, de aproximadamente 0,5 m² de superficie cubierta con vegetación de macrofitas. La fauna se obtuvo con un procedimiento igual al empleado para las muestras en islas de macrofitas.

Trabajo de laboratorio

Las muestras recolectadas en el trabajo de campo, en ambas situaciones (I = Isla y RRC = Ribera del río Concha), fueron sometidas a una limpieza y conservación del material faunístico en alcohol al 70%. La identificación se hizo en base a morfotipos utilizando literatura especializada (Pennak 1953, Smith & Silva 1983). Una vez clasificados, se contabilizó el número de individuos de cada morfotipo por muestra, ordenándolos en tablas. Los animales se conservaron en frascos sellados para ser depositados en colecciones institucionales, a objeto de disponer de ejemplares de referencia.

Los animales colectados se clasificaron en distintos grupos taxonómicos de invertebrados y vertebrados, así como en tres categorías ecológicas de acuerdo con su desenvolvimiento vital: Acuáticos, Terrestres y Voladores, considerando como animales acuáticos a aquellos que desarrollan sus actividades en cuerpos de agua y que pueden mantenerse normalmente entre las distintas partes sumergidas de las plantas; como animales terrestres a aquellos que desarrollan sus actividades parcial o permanentemente en el suelo; y como animales voladores, a taxones que utilizan el medio aéreo en algunas de sus actividades.

Análisis de los datos

Se elaboraron tablas con los números de individuos y abundancias relativas totales de morfotipos encontrados en las islas de macrofitas del lago y de las muestras de las riberas cercanas a la desembocadura del río Concha. Para la identificación de cada morfotipo en la tabla, se construyó un acrónimo con letras en mayúsculas, correspondientes al nombre del taxón que lo identifica, más la letra M de la palabra “morfo” con el número que le correspondía. Por ejemplo, si se trata de un arácnido sus acrónimos serán ARACM1, ARACM2, ARACM3, y así sucesivamente. Del mismo modo, se usaron letras minúsculas para identificar estadios larvales (l) o pupales (p). Por ejemplo, DIPM1 (morfotipo 1 de larva de Diptera) y LEPPM1 (morfotipo 1 de pupa de Lepidoptera). También se construyó una tabla con el número y categorías ecológicas de los morfotipos encontrados.

Para apreciar la estructura de las comunidades animales, se utilizó el número efectivo de especies (ENS) como una medida de diversidad, en unidades de número de especies, ya que permite una mejor interpretación de la diversidad de las comunidades y las comparaciones entre sitios (Moreno *et al.* 2011). Se trata de una serie de números que permiten calcular el número de especies cuando cada especie es ponderada por su abundancia relativa (Hill 1973). Estos son:

$$\begin{aligned} N_0 &= \text{número total de especies (S)} \\ N_1 &= \text{número de especies abundantes} = e^{-H'} \\ N_2 &= \text{número de especies muy abundantes} = 1/\lambda \end{aligned}$$

Para analizar la disimilitud entre la riqueza de los morfotipos presentes en las islas y en las riberas, se utilizó el método POD propuesto por Podani y Schmera (2011), que plantea distinguir tres fracciones del conjunto de especies entre dos sitios: el número de especies compartidas (superposición), el reemplazo de especies (recambio espacial) y la diferencia de riqueza (Carvalho *et al.* 2012, Calderón-Patrón & Moreno 2019). Con el método POD, la medida de disimilitud total se basa en el índice de Jaccard de la siguiente manera:

$$\beta_{cc} = \beta_{-3} + \beta_{rich}$$

donde: β_{cc} = disimilitud total, β_{-3} = disimilitud debida al reemplazo y β_{rich} = disimilitud debida a las diferencias en riqueza, de acuerdo con las siguientes fórmulas:

$$\begin{aligned} \beta_{cc} &= \frac{b+c}{a+b+c} \\ \beta_{-3} &= 2x \frac{\min(b,c)}{a+b+c} \end{aligned}$$

$$\beta_{rich} = \frac{|b-c|}{a+b+c}$$

que en este caso se basó en el número de morfotipos exclusivos presentes en la comunidad de islas (b), en el número de morfotipos exclusivos presentes en la comunidad de las riberas (c), y el número de morfotipos compartidos por ambas comunidades (a), siendo $\min(b,c)$ el número de sustituciones entre dos sitios, dado por el número mínimo de especies exclusivas.

RESULTADOS

Físico-química del agua del lago

Las condiciones físico-químicas de las aguas del sector sur del Lago de Maracaibo se presentan en la tabla 2. El promedio de los valores tomados alrededor de tres islas sobre el lago muestra que, en general, la temperatura de las aguas a nivel superficial (32,23° C) es superior a la ambiental del sector de tierra firme cercano al lago (27,12° C, promedio de los años 1993-2002; en Péfaur, 2007), pero muy similar a las temperaturas registradas sobre el lago por Gessner (1956, en Rodríguez 1973), a diferentes distancias (en kilómetros) de la desembocadura del río Catatumbo (Tabla 2).

Por otra parte, el valor promedio registrado de salinidad fue de 0,36 g/l (0,36 S‰), que también se corresponde al menos con el valor encontrado por Gessner (1956, en Rodríguez, 1973) sobre la desembocadura del río Catatumbo (0 Km, 0,33 S‰); este último valor es producto del agua dulce del río Catatumbo que se adentra hasta varios kilómetros de su desembocadura antes de que ocurra la completa mezcla con el agua del lago. Sin embargo, Troncone *et al.* (2014) agruparon registros de salinidad del agua del lago obtenidos de diferentes fuentes reportadas desde 1937, observando un incremento general que, aunque se mantiene creciente, presentaron una tendencia a revertirse desde el 2004. Los valores indicaban que la salinidad promedio del agua en el estrato superficial (zona mezclada o epilimnion) venía reduciéndose, pasando de 2,06 S‰ en agosto-septiembre 2011 a 1,98 S‰ en febrero 2012, y a 1,84 S‰ en abril-mayo 2012; esta disminución fue asociada a la alta variabilidad climática de esos últimos años y a períodos multianuales lluviosos (Troncone *et al.* 2014).

En el caso del oxígeno disuelto (OD), el promedio obtenido de los alrededores de las islas flotantes fue de 46,60%, ligeramente por debajo del valor de saturación de oxígeno 54,15% registrado por Castro & Marín (2021). El pH encontrado fluctuó con valores entre 6,19 a 6,38, con tendencia ligeramente ácido (Tabla 2), cuando José-

Tabla 2. Promedio y desviación estándar (DS) de parámetros físico-químicos del agua del Lago de Maracaibo, tomados alrededor de tres de las islas flotantes de macrofitas, comparados con los valores obtenidos por Gessner (1956, en Rodríguez, 1973) en diferentes distancias desde la desembocadura del río Catatumbo en el Lago de Maracaibo. Estado Zulia, Venezuela.

Muestra	Temperatura (° C)	Salinidad (g/L)	pH	Oxígeno disuelto (% de saturación)
I-1	32,10	0,42	6,38	44,10
I-2	32,30	0,43	6,20	50,60
I-3	32,30	0,23	6,19	45,10
Promedio (DS)	32,23 (0,12)	0,36 (0,11)	6,26 (0,11)	46,60 (3,50)
0 Km	29,70	0,33	-	-
Gessner (1956, en Rodríguez, 1973)	2,4 Km	31,70	0,62	-
	4,8 Km	32,20	1,02	-
	7,2 Km	32,10	1,22	-

Bracho *et al.* (2016) y Castro & Marín (2021) reportaron valores promedios de pH de 7,67 y 8,38, respectivamente.

Biota

Las macrofitas de las islas flotantes del Lago de Maracaibo están conformadas por un extenso y variado grupo de plantas acuáticas que suelen tener una amplia distribución mundial en lagos (Gordon 2016, Rial *et al.* 2016, Jørgensen *et al.* 2012, Chambers *et al.* 2008, Whittaker & Fernández-Palacios 2007, Jones *et al.* 2003, Velásquez 1994, Morales 1986, Spence 1982), entre las que destacan la bora o flor de bora (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, 1883: Pontederiaceae), la lechuga de agua (*Pistia stratiotes* L., 1753: Araceae), salvinia (*Salvinia molesta* D. Mitch.: Salviniaceae) y redondita de agua (*Hydrocotyle ranunculoides* L. f. 1782: Araliaceae), así como algunas especies de lentejas de agua (*Lemna* spp., *Spirodela* spp.: ambas Araceae). Entre las raíces de estas plantas, intrincadas, como para dar sustento a su flotabilidad, se aloja una importante representación de especies faunísticas, tanto de invertebrados como de algunos vertebrados (Fig. 1).

Como fue señalado anteriormente, la identificación del material zoológico se hizo a nivel de morfotipos. Así, la fauna recolectada en las islas flotantes estuvo compuesta por 1.198 individuos agrupados en 58 morfotipos pertenecientes a 22 taxones, únicamente de invertebrados (Tablas 3 y 4). Los morfotipos dominantes, en términos del número de individuos, correspondieron al morfotipo larva de dípteros (DIPLM1) con un total de 393 (32,8%) individuos, uno de bivalvos (BIVM1) con 206 (17,2%) individuos, y uno de isópteros (ISOM1) con 118 (9,85%) individuos. Otros 31 morfotipos fueron considerados como

intermedios en número de individuos, con valores entre dos y 94 individuos. Los restantes 24 morfotipos fueron considerados raros, por presentar solo un individuo en la comunidad estudiada (Tabla 3).

Por otra parte, en las islas flotantes los taxones de la categoría Acuáticos fueron nueve (41%) y los de la categoría Terrestres sumaron ocho (36%) (Tabla 4). Los coleópteros y los gasterópodos presentaron taxones de la categoría Terrestres/Acuáticos (9%). Es de destacar la particular presencia de tres taxones de la condición Voladores, correspondientes a dípteros, hemípteros e himenópteros (14%). El grupo taxonómico más diverso fue el orden Coleoptera, con ocho diferentes morfotipos, seguido por la clase Arachnida que presentó seis morfotipos, y por ácaros, gasterópodos e himenópteros que presentaron cuatro morfotipos cada uno (Tabla 4).

En las muestras de las riberas cerca de la desembocadura del río Concha, consideradas como continente o matriz, se registraron 2.360 animales (Tabla 3), agrupados en 84 morfotipos pertenecientes a 26 taxones (Tabla 4). La mayoría de los taxones corresponden a invertebrados, con la aparición de tan sólo un grupo de vertebrados: Peces (PISM1 y PISM2). Las unidades faunísticas dominantes en términos del número de individuos corresponden a dos morfotipos de la clase Ostracoda (OSTM1 y OSTM2), con un total de 369 (15,64%) y 328 (13,90%) individuos, y dos morfotipos de la clase Bivalvia (BIVM1 y BIVM2), con 368 (15,59%) y 174 (7,37%) individuos, respectivamente. Otros tres morfotipos fueron considerados como intermedios presentando valores por encima de 100 individuos: dos de larvas del orden Diptera (DIPLM1 y DIPIM2), con 261 (11,06%) y 136 (5,76%) individuos,

Tabla 3. Abundancia, riqueza y frecuencia relativa (Fr) de los morfotipos recolectados en el Lago de Maracaibo y en las riberas cercanas a la desembocadura del río Concha. Estado Zulia, Venezuela. 2017-2018. I = Isla, RRC = Riberas del Río Concha.

	Morfotipos	Número de individuos, I						Número de individuos, RRC							
		1	2	3	4	5	Total	Fr %	1	2	3	4	5	Total	Fr %
ACARI	ACAM1		3			2	5	0,42		3		10	3	16	0,68
	ACAM2					1	1	0,08				2		2	0,08
	ACAM3				1	1	2	0,17		4				4	0,17
	ACAM4				1		1	0,08		6	6		1	13	0,55
	ACAM5									2		1		3	0,13
	ACAM6										1			1	0,04
AMPHIPODA	AMPHM1		1				1	0,08							
ARACHNIDA	ARACM1					1	1	0,08							
	ARACM2					5	5	0,42					1	1	0,04
	ARACM3	1					1	0,08					1	1	0,04
	ARACM4	1					1	0,08	1				1	2	0,08
	ARACM5				1		1	0,08			3		1	4	0,17
	ARACM6				2		2	0,17			1			1	0,04
BIVALVIA	BIVM1	11	12	178		5	206	17,2	41			309	18	368	15,59
	BIVM2			6			6	0,5		77		56	41	174	7,37
COLLEMBOLA	COLLM1	3				13	16	1,34		1	7	5		13	0,55
	COLLM2					1	1	0,08	2			1		3	0,13
	COLLM3					1	1	0,08					1	1	0,04
	COLLM4												7	7	0,3
COLEOPTERA	COLM1	1	2			3	6	0,5	9	14	3	35	14	75	3,18
	COLM2	3	4			2	9	0,75	6		1	4	10	21	0,89
	COLM3	8	1				9	0,75			1			1	0,04
	COLM4					1	1	0,08	1		1	4		6	0,25
	COLM5					4	4	0,33				2		2	0,08
	COLM6									1				1	0,04
	COLIM1	4					4	0,33				3		3	0,13
	COLIM2	9					9	0,75							
	COLIM3	1					1	0,08		1	3			4	0,17
	COLIM4									1				1	0,04
COPEPODA	COPM1			5			5	0,42							
CRUSTACEA	CRUM1												1	1	0,04
CULICIDAE	CULM1												1	1	0,04
DECAPODA	DECM1		8	1	28	22	59	4,92	1	1		5	3	10	0,42
	DECM2					1	1	0,08	2					2	0,08
	DECM3				1		1	0,08		21			2	23	0,97
	DECM4												2	2	0,08
	DECM5								1					1	0,04

Tabla 3. (Continuación)

	Morfotipos	Número de individuos, I						Número de individuos, RRC							
		1	2	3	4	5	Total	Fr %	1	2	3	4	5	Total	Fr %
DIPTERA	DIPM1	1				2	3	0,25	6					6	0,25
	DIPM2					1	1	0,08							
	DIPM3					1	1	0,08							
	DIPIM1	68	36	170		119	393	32,8	104	40	56	61	261	11,06	
	DIPIM2		1				1	0,08	75	44		17	136	5,76	
	DIPIM3											2	2	0,08	
	DIPIM4											41	41	1,74	
	DIPIM5											2	2	0,08	
EPHEMEROPTERA	EPHIM1											2	2	0,08	
	EPHIM2								4				4	0,17	
	EPHIM3								2				2	0,08	
FORMICIDAE	FORM1									1			1	0,04	
	FORM2										1	2	3	0,13	
	FORM3										1		1	0,04	
GASTEROPODA	GASM1		5	4		28	37	3,09	2	5		10	17	0,72	
	GASM2	1			33	1	35	2,92	6			29	35	1,48	
	GASM3	1					1	0,08		4	2	1	7	0,3	
	GASM4			6			6	0,5		5		1	4	10	0,42
	GASM5											2	2	0,08	
HEMIPTERA	HEMM1					4	4	0,33	1	2			3	0,13	
	HEMM2			1			1	0,08							
	HEMM3									1			1	0,04	
	HEMM4									1			1	0,04	
	HEMM5											1	1	0,04	
	HEMM6									1		1	2	0,08	
HYMENOPTERA	HYMM1		2	1			3	0,25							
	HYMM2	2					2	0,17							
	HYMM3	1				2	3	0,25							
	HYMM4				3		3	0,25							
HIRUDINEA	HIRUM1	1					1	0,08							
HOMOPTERA	HOMM1					2	2	0,17	1				1	0,04	
	HOMM2		1			1	2	0,17		4	9	2	3	18	0,76
	HOMM3					1	1	0,08		2			2	0,08	
	HOMM4											1	1	0,04	
	HOMM5										2		2	0,08	
INSECTA	INSM1											5	5	0,21	
	INSM2											1	1	0,04	
ISOPTERA	ISOM1	34	77	1	6		118	9,85		3	3	4	10	0,42	
	ISOM2				1		1	0,08							

Tabla 3. (Continuación)

	Morfotipos	Número de individuos, I						Número de individuos, RRC							
		1	2	3	4	5	Total	Fr %	1	2	3	4	5	Total	Fr %
LEPIDOPTERA	LEPIM1	1	3	20		7	31	2,59		4			6	10	0,42
	LEPIM2								4	1			7	12	0,51
	LEPpM1											4		4	0,17
MEGALOPTERA	MEGIM1								1		9			10	0,42
NEUROPTERA	NEUM1										5	2	7		0,3
	NEUM2											1	1		0,04
ODONATA	ODOIM1	2	1	2	3		8	0,67	17	1		10	15	43	1,82
	ODOIM2		2		1	11	14	1,17	29	44		1	3	77	3,26
	ODOIM3	3		4		3	10	0,83		1			26	27	1,14
	ODOIM4									1				1	0,04
	ODOIM5									1				1	0,04
	ODOIM6									1				1	0,04
	ODOIM7												4	4	0,17
ORTHOPTERA	ORTHM1					1	1	0,08		1	2			3	0,13
	ORTHM2								21				86	107	4,53
	ORTHM3										1			1	0,04
OSTRACODA	OSTM1		27	8	21	3	59	4,92		1		368		369	15,64
	OSTM2		47	9	37	1	94	7,85		116	143	69		328	13,9
PISCES	PISM1									1				1	0,04
	PISM2									2				2	0,08
PLECOPTERA	PLEIM1					1	1	0,08							
PSOCOPTERA	PSOM1			1			1	0,08							
TRICHOPTERA	TRIIM1										2	1	3		0,13
Total individuos		157	233	417	139	252	1198		151	522	266	1008	413	2360	
Total morfotipos		21	18	16	13	33	58		19	41	15	33	43	84	

y uno del orden Ortoptera (ORTM2), con 107 (4,53%) individuos. También 52 morfotipos fueron considerados intermedios, presentando valores entre 2 y 77 individuos. Finalmente, otros 25 morfotipos fueron considerados raros, por presentar tan solo un individuo (Tabla 3).

En los taxones recolectados en las riberas cerca de la desembocadura del río Concha se reconocieron las mismas cuatro categorías ecológicas: la categoría Acuáticos estuvo representada por 11 taxones (42%), la categoría Terrestres sumó 10 (38%) y dos grupos presentaron la categoría Terrestres/Acuáticos (8%), los mismos taxones que en las muestras de las islas (coleópteros y gasterópodos). Aquí también se encontraron dos de la categoría Voladores (12%) correspondientes a los órdenes Hemiptera y Diptera (Tabla 4). Los grupos taxonómicos más diversos fueron

de los órdenes Coleoptera, larvas de Odonata y Acari, con nueve, siete y seis diferentes morfotipos, respectivamente.

El estudio comparado de la fauna de islas y muestras ribereñas mostró que la isla con menor área (0,717 m²) presentó el menor número de morfotipos (13), mientras que la isla con mayor área (9,454 m²) presentó el mayor número (33). Para conocer parcialmente la estructura intra-comunidades de las islas flotantes y de las riberas, se calcularon índices ecológicos. La medida de diversidad N_0 mostró que las riberas del río Concha son más ricas en morfotipos ($S_{RRC} = 84$) que las islas ($S_1 = 58$). Al incluir todos los morfotipos y su abundancia relativa en la medida de diversidad N_1 , se encontró que las riberas del río Concha tienen una diversidad igual a la que tendría una comunidad teórica de $N_1 = 17,29$ morfotipos donde todos

Tabla 4. Número de taxones y Categoría Ecológica de los morfotipos determinados en las muestras de la fauna asociada a las islas flotantes de macrofitas del Lago de Maracaibo y de las riberas cercanas a la desembocadura del río Concha. Estado Zulia, Venezuela. I = Isla, RRC = Riberas del río Concha.

	Taxón	Morfotipos		Categoría Ecológica
		I	RRC	
1	Ácaros	4	6	Terrestres
2	Anfípodos	1	0	Acuáticos
3	Arácnidos	6	5	Terrestres
4	Bivalvos	2	2	Acuáticos
5	Colémbolos	3	4	Terrestres
6	Coleópteros	8	9	Terrestres/Acuáticos
7	Copépodos	1	0	Acuáticos
8	Crustáceos	0	1	Acuáticos
9	Culícidos	0	1	Voladores
10	Decápodos	3	5	Acuáticos
11	Dípteros	3	1	Voladores
12	Dípteros larvas	2	5	Acuáticos
13	Efemerópteros larvas	0	3	Acuáticos
14	Formícidos	0	3	Terrestres
15	Gasterópodos	4	5	Terrestres/Acuáticos
16	Hemípteros	2	5	Voladores
17	Himenópteros	4	0	Voladores
18	Hirudíneos	1	0	Acuáticos
19	Homópteros	3	5	Terrestres
20	Insectos no determinados	0	2	Terrestres
21	Isópteros	2	1	Terrestres
22	Lepidópteros larvas	1	2	Terrestres
23	Lepidópteros pupas	0	1	Terrestres
24	Megalópteros larvas	0	1	Acuáticos
25	Neurópteros larvas	0	2	Acuáticos
26	Odonatos larvas	3	7	Acuáticos
27	Ortópteros	1	3	Terrestres
28	Ostrácodos	2	2	Acuáticos
29	Peces	0	2	Acuáticos
30	Plecópteros larvas	1	0	Acuáticos
31	Psocópteros	1	0	Terrestres
32	Tricópteros larvas	0	1	Acuáticos
Total		58	84	
Taxa		22	26	

ellos tuvieran la misma abundancia, mientras que las islas tienen una diversidad igual a la que tendría una comunidad de $N_1 = 11,59$ morfotipos efectivos. Al expresar estas equivalencias, se puede deducir que las islas tienen solo un 67% de la diversidad que tienen las riberas del río Concha. Finalmente, con la medida de diversidad N_2 las riberas del río ($N_2 = 10,53$) alcanzan igualmente una diversidad mayor que aquella de las islas ($N_2 = 6,21$).

Por otra parte, para el estudio de la diversidad beta se tienen dos comunidades muestreadas: las islas flotantes del lago (sitio A) y las muestras de las riberas del río Concha (sitio B) que en conjunto tienen 99 morfotipos (58 en el sitio A y 84 en el sitio B). De estas, 43 morfotipos se comparten entre los sitios ($a = 43$), 15 se encuentran exclusivamente en el sitio A ($b = 15$) y 41 son exclusivas del sitio B ($c = 41$) (Tabla 3). La disimilitud total alcanzada entre las comunidades faunísticas fue de $\beta_{cc} = 0,5657$; lo que indica que los 56 morfotipos no compartidos del total de los 99 morfotipos presentes en el estudio, representan aproximadamente el 57%. Además, la contribución del recambio a esta disimilitud total es de $\beta_{33} = 0,3030$; es decir, de este 57%, aproximadamente el 30% corresponde a la sustitución de 15 morfotipos de las riberas por 15 de las islas lacustres. Finalmente, la contribución de las diferencias en riqueza entre los dos sitios es $\beta_{rich} = 0,2626$; por lo tanto, las diferencias en riqueza constituyen cerca del 26% de la disimilitud total.

DISCUSIÓN

La zona Sur del Lago constituye un delta donde convergen los ríos provenientes de la Cordillera Oriental de Los Andes colombianos, de la Sierra de Perijá y de la Sierra Nevada de Mérida. Allí hay una gran incorporación de agua dulce que tiene influencia en la composición físico-química del Lago de Maracaibo, proporcionándole características particulares que han permitido el establecimiento de ciudades y pueblos con gran actividad pesquera, básicamente de explotación de crustáceos (camarones y cangrejos).

La variabilidad de la salinidad en la zona Sur del Lago responde al flujo de los ingresos de agua dulce proveniente de los ríos aledaños. En este estudio, la salinidad del agua asociada a las muestras de islas correspondió a sectores de la entrada de las aguas dulces del río Concha. De esta manera, la salinidad, en general, incrementa en la medida que el punto de muestreo se distancia de la desembocadura de los ríos y/o se acerca a la desembocadura del lago hacia el mar Caribe, tal como lo muestra Rodríguez (1973) para el caso de la desembocadura del río Catatumbo en el lago.

En el caso del oxígeno disuelto (OD), Rodríguez (1973) señala que la principal fuente de oxígeno en el agua del

Lago de Maracaibo, es la atmósfera. Su solubilidad depende de la temperatura, encontrándose que a una temperatura de 32° C los valores están entre 44-51% de saturación (Tabla 2), lo que determina una [OD] aproximada entre 3,22-3,73 mg/L, respectivamente. Estos valores se encuentran ligeramente por debajo de los mencionados por Castro y Marín (2021) de 4,01 mg/L, a una temperatura de 30,75° C, lo cual se corresponde, ya que aguas más cálidas disuelven menores cantidades de oxígeno. Por otra parte, José-Bracho *et al.* (2016), al relacionar los valores de temperatura y oxígeno disuelto de las aguas del lago, encontraron que están inversamente vinculados debido a que la oxidación biológica aumenta con la temperatura, producto de la abundante materia orgánica que viene creciendo desde el norte al sur del lago, situación evidenciada también en la relación OD-pH por la acidificación progresiva de las aguas. El pH encontrado fluctuó con valores entre 6,19 a 6,38, con tendencia a la acidificación (Tabla 2).

Las islas flotantes de macrofitas observadas en las aguas del Lago de Maracaibo, posiblemente se han formado como resultado del desprendimiento de fragmentos de vegetación aguas arriba de los ríos que desembocan en el lago. En el análisis realizado en las islas flotantes, se comprobó la existencia de una fauna representada por diferentes invertebrados, y en algunas escasas oportunidades por huevos, larvas y juveniles de peces. Esta fauna se encuentra asociada a las raíces, tallos y hojas de la vegetación, mientras la isla se desplaza por las corrientes superficiales del lago. Esta circunstancia no es particular para el Lago de Maracaibo, sino que es un proceso ecológico que ocurre en otras partes del mundo donde existe un traslado pasivo de fauna en islas flotantes de diversos tamaños y de diversa composición florística (Oliver & McKaye 1982, Houle 1998, Mallison *et al.* 2001, Dos Santos & Thomaz 2007); incluso, estas formaciones de vegetación han recibido la denominación específica de pleustal, a ser consideradas como un nuevo tipo de biocora acuático (Por & Da Rocha, 1998).

En particular, la vegetación de las islas estudiadas es relativamente uniforme y su composición florística confirma que estas islas se desprenden de las riberas de los ríos, donde la vegetación herbácea es, en gran medida, similar a la de las islas. La interrogante es si estos fragmentos de vegetación se desprenden de manera natural o debido a la actividad humana. Si es de manera natural, sería la corriente del agua la que socavaría las riberas y con ello se produciría el desprendimiento de la masa edafo-vegetacional. Si fuera por la actividad antrópica, lo más probable es que sea producto del fuerte oleaje provocado por el desplazamiento de las lanchas a motor que utilizan con frecuencia los pobladores como transporte. En cualquier caso, este desprendimiento de tierra y plantas ayudaría a dispersar a la

fauna invertebrada asociada a tallos, raíces y suelo (y a la fauna invertebrada voladora, sirviendo de puente), incrementando la diversidad animal en nuevos lugares.

Es de resaltar que *Salvinia molesta* es una de las especies de plantas que conforman las islas flotantes, incluida entre las 100 especies exóticas invasoras más dañinas del mundo (Lowe *et al.* 2004), la cual crea problemas en el Lago de Maracaibo, tanto a los pescadores ribereños como a las plataformas de explotación petrolera. Situación similar ocurre con la bora (*Eichhornia crassipes*) (Lowe *et al.* 2004), que invade los ríos y caños, a tal punto que puede cerrarlos a la circulación de botes o lanchas.

De manera preliminar, se infirió que las especies faunísticas (representadas por morfotipos) a encontrar en las islas flotantes de macrofitas fuesen mayoritariamente de animales acuáticos, pero los resultados mostraron que las especies detectadas en estas islas pertenecían casi por igual a grupos acuáticos como terrestres. Esto sustenta el posible origen de las islas, cuya vegetación se encuentra asentada en tierra firme, en las márgenes del río, antes de desprenderse y conformar las islas flotantes; en tanto que la fauna ribereña (continente o matriz), proviene de la interfase biótica de un ambiente acuático-terrestre, lo que permite a esta fauna sobrevivir mientras las islas inician su recorrido hacia el lago, o cuando están sobre las aguas del mismo. Esto explicaría que los invertebrados acuáticos con áreas de distribución pequeñas y con poca capacidad de dispersión, como las larvas de dípteros y bivalvos, en las islas, y ostrácodos, bivalvos y larvas de dípteros, en las muestras de las riberas del río, sean numéricamente dominantes.

Si bien el tema central de este trabajo no es la dispersión de invertebrados acuáticos, lo cual involucraría la detección de movimientos de los individuos por diversos métodos, es conocido que algunos organismos voladores logran amplias distribuciones a través de medios activos como el vuelo aéreo a través del paisaje intermedio (Bilton *et al.* 2001). Esto podría explicar, en parte, el hecho de que estas islas flotantes alojen miembros de grupos voladores como dípteros, hemípteros e himenópteros. También llama la atención que, tanto en las islas como en las muestras de riberas, el grupo más diverso en términos de morfotipos sean los coleópteros, que ecológicamente son considerados insectos eminentemente terrestres-voladores, aunque algunos han conquistado el medio acuático (principalmente agua dulce). Gamboa (2010) ha contribuido al entendimiento de este proceder ecológico-biogeográfico de los invertebrados al señalar dos vías principales de dispersión para los insectos bentónicos: 1. largo estadio inmaduro o dispersión larval acuática, relacionada con natación y movimiento por efecto de la corriente (deriva), y 2. estadio corto de adulto volador o dispersión aérea. A la par, se

señalan otros mecanismos de dispersión, donde los organismos usan medios alternativos como vectores animales, viento y/o la diapausa (Bilton *et al.* 2001).

Desde el punto de vista biogeográfico, la TBI de MacArthur & Wilson (1967) propone que el número de especies que colonizan una isla será dependiente del tamaño de la isla y de la distancia desde la fuente proveedora de las especies (matriz), entre otros factores. En la isla se produciría también una disminución del número de especies por las extinciones (sea por mortalidad o emigración), existiendo un dinamismo permanente entre ingresos y egresos de especies, hasta alcanzar un punto de equilibrio (MacArthur & Wilson 1967, Gotelli 2001, Whittaker & Fernández-Palacios 2007). Para el caso de las islas flotantes del Lago de Maracaibo, es muy probable que haya extinción de especies a lo largo de sus recorridos por la desembocadura del río Concha, que seguirá ocurriendo incluso una vez que las islas se encuentren flotando en las aguas del lago. Por otra parte, la colonización puede darse por diferentes mecanismos; uno puede ser el vuelo aéreo a través del paisaje intermedio durante su recorrido hacia el lago, otro por la transformación del estado larval de algunas especies a su estado adulto, que en este estudio se establecieron como morfotipos diferentes. Esta situación convierte a estas islas en sujetos muy particulares de estudios biogeográficos, por su condición flotante y su movimiento de traslado permanente, acompañadas de la extinción de especies. Se trata de una apertura a nuevas ventanas de investigación.

En esta oportunidad, teniendo resultados taxonómicos y ecológicos preliminares, se propone abrir líneas de investigación que, al analizar diversos factores, contribuyan a un mejor entendimiento de la TBI. Hoy esta teoría está en revisión, elucidando y poniendo a prueba otros componentes, aparte de los señalados, que determinarían las tasas de inmigración y de extinción de especies (Simberloff 1976, Brown & Kodric-Bron 1977, Coleman *et al.* 1982, Case & Cody 1987, Brown & Dinsmore 1988, Lomolino 1990, Gotelli 2001, Whittaker & Fernández-Palacios 2007, Herrera 2011).

Así, en relación con la riqueza de especies en las islas flotantes del Lago de Maracaibo, y de acuerdo con la TBI, se esperaría que la mayor riqueza de morfotipos, se encuentre en las muestras ribereñas (continente o matriz). La diferencia entre la mayor riqueza específica y numérica de las muestras ribereñas con respecto a las islas, indicarían una pérdida de especies e individuos en el transcurrir por el río, considerada como una extinción faunística en la isla. Al comparar los resultados de este estudio, corresponde con lo esperado: un mayor número de morfotipos está presente en las muestras ribereñas, donde aparecieron 84 morfotipos, mientras que en las islas lacustres aparecieron solo 58. Junto a esto, puede apreciarse que en la comunidad de ribe-

ras (matriz) las especies abundantes (N_1) y muy abundantes (N_2) se presentan en números superiores de morfotipos al de las islas.

Por otra parte, la disimilitud total alcanzada entre las comunidades faunísticas de las islas lacustres y las muestras de riberas cercanas a la desembocadura del río Concha indica que de los 99 morfotipos totales identificados, 15 fueron exclusivos de las islas flotantes y 41 exclusivos de las riberas o continente (Tabla 4), donde 43 morfotipos fueron comunes entre ambas comunidades y 56 no fueron compartidos, lo que muestra un 57% aproximado de diferencia entre ambas comunidades. Esta circunstancia ecológica implica que, a pesar de que los biotopos de ambas comunidades tienen del mismo origen, buena parte de sus biocenosis se comienzan a diferenciar en la medida en que estas islas viajan a la deriva sobre el lago.

Igualmente, según la teoría señalada, la riqueza de especies de una isla va a depender de varios factores, entre ellos, el tamaño de la isla, la edad de la isla y la distancia con respecto al continente. En este caso, y de acuerdo a los resultados, hubo concordancia con lo expresado en la teoría de acuerdo con la relación del número de especies-área: la isla de menor área (0,717 m²) tuvo el menor número de morfotipos, y la isla con mayor área (9,454 m²) presentó el mayor número. Estos resultados aportan otro ejemplo más del cumplimiento de la Ley Biogeográfica de una relación directa entre área y número de especies; este concepto de ley es sugerido por Gotelli (2001), dado los variados ejemplos donde la relación especies/área se cumple.

La distribución que las islas flotantes alcanzan en lagos de agua dulce, ha preocupado a diversos investigadores a nivel mundial (Kissoon *et al.* 2013, Dahlgren & Ehrlen 2005, Dos Santos & Thomaz 2007), quienes la han relacionado con diversos factores abióticos. La distribución alcanzada es sinónimo de distancia desde el continente (matriz) o fuente proveedora de especies. Para el caso del Lago de Maracaibo, los vientos y el movimiento de las masas de agua juegan un papel importante, pero actualmente se desconoce cuál es el patrón de traslado y distribución de las islas. Sin embargo, asumiendo que pudieran hacerlo en circularidad, como lo hacen las algas superficiales (ver Fig. 2B), el potencial de traslado sería de suma importancia para la ecología de la zona lacustre. Estas islas actuarían como un vehículo de transporte de especies animales tanto acuáticas como terrestres, desde sectores río arriba hasta el centro del lago u otros sectores lejanos de la ribera lacustre, donde algunas de las islas pudieran llegar y encallar; de ocurrir esto, las especies transportadas serían especies colonizadoras de otras zonas del Lago de Maracaibo, incrementando la biodiversidad faunística en esa nueva área.

Hay bases teóricas para plantear hipótesis acerca del accionar del traslado de las islas, extraídas de estudios realizados con elementos flotantes en otros lagos del mundo (Dahlgren y Ehrlen, 2005, Dos Santos y Thomaz 2007). Una hipótesis relevante sería de origen biogeográfico. Si la isla persiste un tiempo relativamente largo como unidad fitológica, y es capaz de alcanzar luego otros territorios de las costas del lago, entonces su papel como agente de distribución animal y vegetal sería de alta importancia para la colonización de nuevos hábitats. Otra hipótesis sería de origen ecológico. Si su duración es más efímera y la isla se desintegra pronto en las aguas lacustres, entonces el papel de la isla sería el servir de vehículo para el traslado de eslabones de una cadena alimentaria en la cual todos los invertebrados, así como los escasos vertebrados trasladados, serían presas de depredadores, enriqueciendo el ciclo de los nutrientes y minerales, y del flujo energético en esa región del lago.

En esta etapa del estudio surge una pregunta fundamental: ¿cuál es el tiempo de duración de una isla de macrofitas flotando sobre las aguas en el Lago de Maracaibo? No se conoce la respuesta, pues no hay estudios previos sobre ello, y en particular, esta investigación preliminar no estaba orientada para responderla. Por ello se propone diseñar investigaciones que respondan a esta pregunta, así como a otras interrogantes asociadas a la ecología, el origen biogeográfico y la dispersión de muchos grupos de animales fundamentado en estas islas flotantes, abriendo con ello nuevas ventanas de estudios.

CONCLUSIONES

Este trabajo se propuso comprobar una serie de hipótesis, las cuales luego de ponerlas a prueba estudiando la fauna de invertebrados asociados a las islas flotantes de macrofitas en el Lago de Maracaibo, se comportaron de la siguiente manera: 1) El valor de la diversidad específica de las muestras ribereñas y de las islas lacustres fue relativamente alta, evidenciada por un amplio espectro taxonómico representado por los morfotipos; 2) Se cumplió con algunos de los postulados de la teoría biogeográfica de islas: por ejemplo, el número total de especies (morfotipos) de invertebrados presentes en las islas flotantes de macrofitas fue menor que el número total de especies (morfotipos) presentes en las riberas del río (o continente); y 3) La ley biogeográfica de la relación del número de especies-área se cumplió en su totalidad, ya que el número de especies (morfotipos) presentes en las islas flotantes de macrofitas fue mayor en la isla de mayor área, y menor en la isla de menor área.

AGRADECIMIENTOS

A María Betania Porras, Juan Carlos Pérez, Yoan Valcárcel, Ninibeth Montes, Laura Palmar, Carla Aranguren, Marisela Angelino, y a la Empresa AQAMAR S.A. de Puerto Concha, Zulia, por el apoyo y ayuda profesional y logística prestada en diversas fases de este estudio. Los autores agradecen las observaciones y sugerencias de dos revisores anónimos que sirvieron para mejorar la redacción de estas notas.

REFERENCIAS

- Bilton, D. T., J. R. Freeland & B. Okamura. 2001. Dispersal in freshwater invertebrates. *Annual Review of Ecology and Systematics* 32: 159–181.
- Brown, J. H. & A. Kodric-Brown. 1977. Turnover rates in insular biogeography effect of immigration on extinction. *Ecology* 58: 445–449.
- Brown, M. & J. J. Dinsmore. 1988. Habitat islands and the equilibrium theory of island biogeography: testing some predictions. *Oecologia* 75: 426–429.
- Calderón-Patrón, J. M. & C. E. Moreno. 2019. Diversidad beta basada en índices de disimilitud: su partición en componentes de recambio y diferencias en riqueza. pp. 203–222. In: Moreno, C. E. (ed.). *La biodiversidad en un mundo cambiante: Fundamentos teóricos y metodológicos para su estudio*. Ciudad de México: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Libermex.
- Carvalho, J. C., P. Cardoso & P. Gomes. 2012. Determining the relative roles of species replacement and species richness differences in generating beta-diversity patterns. *Global Ecology and Biogeography* 21: 760–771.
- Case, T. J. & M. L. Cody. 1987. Testing theories of island biogeography. *American Scientist* 75: 402–411.
- Castro E., F. L. & J. C. Marín L. 2021. Ecotoxicological effect of heavy metals in free-living ciliate protozoa of Lake Maracaibo, Venezuela. *Journal of Water and Land Development* 51: 102–116.
- Chambers, P. A., P. Lacoul, K. J. Murphy & S. M. Thomaz. 2008. Global diversity of aquatic macrophytes in freshwater. *Hydrobiology* 595: 9–26.
- Coleman, B. D., M. A. Mares, M. R. Willig & Y. H. Hsieh. 1982. Randomness, area, and species richness. *Ecology* 63: 1121–1133.
- COOPROVENCA (Cooperativa Procesadora Venezolana del Camarón, R. L). 2018. *Estudio técnico económico. Proyecto de producción agroecológica del camarón y su procesamiento (sp. P. vanamei)*. Puerto Concha, Municipio Colón, estado Zulia. 24 pp.
- Dahlgren, J. P. & J. Ehrlen. 2005. Distribution patterns of vascular plants in lakes – the role of metapopulation dynamics. *Ecography* 28(1): 49–58.
- Dos Santos, A. M. & S. M. Thomaz. 2007. Aquatic macrophytes diversity in lagoons of a tropical floodplain: The role of connectivity and water level. *Austral Ecology* 32: 177–190.
- Gamboa, M. 2010. Dispersión de insectos bentónicos en sistemas lóticos: ¿nuevas tendencias? *Intropica* 5: 87–96.
- Gordon, C. E. 2016. Riqueza y composición de la vegetación acuática de algunas lagunas en Los Andes venezolanos. *Eco-tropicos* 29: 1–27.
- Gotelli, N. J. 2001. *A Primer of ecology*. Sunderland, Mass.: Sinauer Associates, Inc., 236 pp.
- Herrera, J. M. 2011. El papel de la matriz en el mantenimiento de la biodiversidad en hábitats fragmentados. De la teoría ecológica al desarrollo de estrategias de conservación. *Ecosistemas* 20: 21–34.
- Hill, M. O. 1973. Diversity and evenness: A unifying notation and its consequences. *Ecology* 54: 427–432.
- Houle, A. 1998. Floating islands: a mode of long-distance dispersal for small and medium-sized terrestrial vertebrates. *Diversity and Distributions* 4: 201–216.
- Jones, J. I., W. Li & S. C. Maberly. 2003. Area, altitude and aquatic plant diversity. *Ecography* 26: 411–420.
- Jørgensen, P. M., C. Ulloa U., B. León, S. León-Yáñez, S. G. Beck, M. Nee, J. L. Zarucchi, M. Celis, R. Bernal & R. Gradstein. 2012. Patrones regionales de diversidad y endemismo en las plantas vasculares. pp. 221–233. In: Herzog, S. K., R. Martínez, P. M. Jørgensen & H. Tiessen (eds.). *Cambio climático y biodiversidad en Los Andes tropicales*. París: Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global (IAI) y Comité Científico sobre Problemas del Medio Ambiente (SCOPE).
- José-Bracho, G., J. Q. Cuador-Gil & R. M. Rodríguez-Fernández. 2016. Calidad del agua y sedimento en el lago de Maracaibo, estado Zulia. *Minería y Geología* 32: 1–14.
- Kissoon, L. T. T., D. L. Jacob, M. A. Hanson, B. R. Herwig, S. E. Bowe & M. L. Otte. 2013. Macrophytes in shallow lakes: relationships with water, sediment and watershed characteristics. *Aquatic Botany* 109: 39–48.
- Laval, B. E.; J. Imberger & A. N. Findikakis. 2005. Dynamics of a large tropical lake: Lake Maracaibo. *Aquatic Sciences* 67: 337–349.
- Lomolino, M. V. 1990. The target area hypothesis: the influence of island area on immigration rates of non-volant mammals. *Oikos* 57: 297–300.
- Lowe S., M., Browne, S. Boudjelas & M. De Poorter. 2004. *100 de las Especies Exóticas Invasoras más dañinas del mundo. Una selección del Global Invasive Species Database*. [New Zealand]: Grupo Especialista de Especies Invasoras (GEEI), Comisión de Supervivencia de Especies (CSE), Unión Mundial para la Naturaleza (UICN), 12 pp.
- MacArthur, R. & E. Wilson. 1967. *The theory of island biogeography*. Princeton, NJ: Princeton University Press. Monographs in Population Biology, 203 pp.
- Magurran, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton, NJ: Princeton University Press, x + 179 pp.

- Mallison, G. T., R. K. Stocker & Ch. E. Cichra. 2001. Physical and vegetative characteristics of floating islands. *Journal of Aquatic Plant Management* 39: 107–111.
- Medina, E. & F. Barboza. 2006. Lagunas costeras del Lago de Maracaibo: distribución, estatus y perspectivas de conservación. *Ecotrópicos* 19(2): 128–139.
- Morales, L. 1986. *Las lagunas Mucubají y Negra. Su flora macrofítica acuática y algunos aspectos limnológicos*. Mérida: Departamento de Biología. Facultad de Ciencias. Universidad de Los Andes. [trabajo especial de grado]
- Moreno, C. E., F. Barragán, E. Pineda & N. P. Pavón. 2011. Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82: 1249–1261.
- Oliver, M. K. & K. R. McKaye. 1982. Floating islands: a means of fish dispersal in Lake Malawi, Africa. *Copeia* 4: 748–754.
- Péfaur, J. E. 2007. *Emponzoñamiento en humanos: reinterpretación ecoepidemiológica para un Programa de Educación Ambiental*. Caracas: FONACIT, 162 pp. [informe técnico]
- Pennak, R. W. 1953. *Fresh-water invertebrates of the United States*. New York: Ronald Press Co., 769 pp.
- PNCT (Programa Nacional de Cooperación Técnica). 1975. *Región Zuliana - República de Venezuela - Estudio para el aprovechamiento racional de los recursos naturales*. Washington, D.C.: Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos.
- Podani, J. & D. Schmera. 2011. A new conceptual methodological framework for exploring and explaining pattern in presence absence data. *Oikos* 120: 1625–1638.
- Por, F. D. & C. E. F. Da Rocha. 1998. The pleustal, a third limnic biochore and its neotropical centre. *Verhandlungen der Internationalen Verein Limnologie* 26: 1876–1881.
- Rial B., A., E. Terneus, B. León & M. F. Tognelli. 2016. Estado de conservación y distribución de las plantas acuáticas. pp. 8–101. *In*: Tognelli, M. F., C. A. Lasso, C. A. Bota-Sierra, L. F. Jiménez-Segura & N. A. Cox (eds.). *Estado de conservación y distribución de la biodiversidad de agua dulce en Los Andes tropicales*. Gland: IUCN.
- Rodríguez, G. 1973. *El Sistema de Maracaibo. Biología y ambiente*. Caracas: Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, 395 pp.
- Simberloff, D. 1976. Species turnover and equilibrium island biogeography. *Science* 194: 472–478.
- Smith, R. F. & G. Silva R. 1983. *Clave para artrópodos terrestres del Neotrópico*. Barquisimeto: Universidad Centrooccidental “Lisandro Alvarado”, 384 pp.
- Spence, D. H. N. 1982. The zonation of plants in freshwater lakes. *Advances in Ecological Research* 12: 37–125.
- Troncone, F., Z. Rivas, E. Ochoa, R. Márquez, J. Sánchez & O. Castejón. 2014. Salinidad del agua en el epilimnion del Lago de Maracaibo. *Observador del Conocimiento* 2(6): 81–89.
- Velásquez, J. 1994. *Plantas acuáticas vasculares de Venezuela*. Caracas: Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico, Universidad Central de Venezuela, 992 pp.
- Whitaker, R. J. & J. M. Fernández-Palacios. 2007. *Island biogeography, ecology, evolution and conservation*. 2nd ed. Oxford: Oxford University Press, 416 pp.

Comunidad de murciélagos en un ambiente tropical xerófilo al noreste del estado Zulia, Venezuela

Bat community in a xerophytic tropical environment of northeastern State of Zulia, Venezuela

Mónica M. Chocrón C.¹, Belkis Alicia Rivas Rodríguez² & Rosanna Calchi La Corte³

¹Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Villa Crespo. Araoz 138. Argentina. Código Postal 1414

²Grupo de Ecología Animal, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.

³Facultad Experimental de Ciencias, División de Estudios Básicos Sectoriales, Universidad del Zulia, Maracaibo, Zulia, Venezuela.

Correspondencia: belkisarivas@gmail.com

(Recibido: 24-07-2023 / Aceptado: 01-12-2023 / En línea: 31-12-2023)

RESUMEN

Se determinó la estructura y composición de una comunidad de quirópteros en un ambiente tropical xerófilo, situado al noreste del estado Zulia. Se utilizaron redes de niebla, con un esfuerzo de muestreo de 288 h/malla. Se capturaron 101 individuos pertenecientes a cinco familias y 12 especies. La familia Phyllostomidae fue la más diversa, con ocho especies. Las especies más representativas fueron *Leptonycteris curasoae* con 63 individuos, *Artibeus planirostris* con 11 y *Glossophaga soricina* con 8. En la comunidad se obtuvieron seis categorías tróficas (nectarívora-polinívora, frugívora, insectívora, hematófaga, piscívora, omnívora), donde las más abundantes fueron: nectarívoras-polinívoras con 76,2% de individuos en tres especies y frugívoras con 14,9% en dos especies; las demás categorías aportaron menos del 4% cada una. También se observó variación temporal y estacional de *Leptonycteris curasoae*. Este murciélago es una de las pocas especies de filostomidos que realiza movimientos migratorios en búsqueda de alimentos. Al comparar el número de especies durante los periodos de sequía y lluvia, ambos resultaron ser iguales (N0 = 8), variando solo en composición de especies. Según los índices de riqueza, diversidad y equidad, la sequía presentó los valores más altos, probablemente a causa de que el número de individuos capturados fue bajo y presentó mayor uniformidad. La dominancia de especies frugívoras y nectarívoras-polinívoras en ambientes áridos resultó ser bastante común, dada la relación mutualista que existen entre las plantas predominantes (cactáceas) y los murciélagos, especies que son esenciales para el mantenimiento de la vegetación que se desarrolla en las zonas áridas al norte del Zulia y para su regeneración.

Palabras clave: ambiente xerófilo, Chiroptera, diversidad, *Leptonycteris curasoae*.

ABSTRACT

We determined the structure and composition of a bat community in a xeric tropical environment, located to the northeast of the state Zulia, Venezuela. We used mist nets, with a sampling effort of 288 h/mesh. The Phyllostomidae family was the most diverse, with eight species. The most representative species were *Leptonycteris curasoae* with 63 individuals, *Artibeus planirostris* with 11 and *Glossophaga soricina* with 8. In the community, six trophic categories were obtained (nectarivorous-pollinivorous, frugivorous, insectivorous, hematophagous, piscivorous, omnivorous), where the most abundant were: nectarivorous-pollinivorous with 76.2% of individuals in three species and frugivorous with 14.9% in two species; the other categories contributed less than 4% each. The dominance of both categories in an arid ecosystem is quite common given the mutualistic relationship that exists between plants (cacti) and bats. Temporal and seasonal variation of *Leptonycteris curasoae* was also observed. This bat is one of the few species of phyllostomids that performs migratory movements

in search of food. When comparing the diversity during the dry and rainy periods, it can be observed that the number of species turns out to be the same in both ($N_0 = 8$), varying only their species composition. Richness was higher in drought, as well as Diversity (H') and Equity (E), this is possibly due to the low number of individuals captured and their uniformity among species. It is concluded that the bat community studied is essential for the maintenance of the vegetation that develops in the arid areas north of Zulia and for its regeneration.

Keywords: Chiroptera, diversity, *Leptonycteris curasoae*, xerophytic environment.

INTRODUCCIÓN

Dentro de los mamíferos, los murciélagos, pertenecientes al Orden Chiroptera desempeñan un papel de considerable relevancia ecológica en los ecosistemas (Fenton *et al.* 1992, Medellín *et al.* 2000). Su marcada diversidad específica se manifiesta a través de distintas estrategias alimenticias, como la nectarivoría, frugivoría e insectivoría, entre otras, generando así diversas interacciones y cumpliendo funciones bioecológicas esenciales (Fenton *et al.* 1992, Medellín *et al.*, 2000, Kunz *et al.*, 2011).

Los murciélagos también explotan gran variedad de ambientes y la riqueza de especies en una determinada comunidad va a depender de la composición y estructura de la vegetación (Medellín *et al.* 2000). Existen especies más selectivas a ciertas condiciones del hábitat, por lo que han sido consideradas como indicadoras de niveles de perturbación y de estados de conservación de ecosistemas (Medellín *et al.* 2000, Medellín & Víquez 2014).

En Venezuela, los ecosistemas de las zonas áridas y semiáridas abarcan aproximadamente el 4,5% a 5% del territorio nacional, distribuyéndose en áreas costeras e islas del Caribe, la altiplanicie de Barquisimeto, así como en pequeños bolsones en la región de los Andes (Matteucci 1986, Soriano & Ruíz 2003, Rodríguez *et al.* 2010). Las comunidades de murciélagos de estos ambientes han sido estudiadas por varios autores (Sosa & Soriano 1995, 1996, Martino *et al.* 1997, Nassar *et al.* 1997, Soriano *et al.* 2000, Caraballo *et al.* 2005, Velásquez *et al.* 2009, Molinari *et al.* 2012).

En el estado Zulia, geográficamente ubicado en la región Noroccidental de Venezuela, se han llevado a cabo inventarios de quirópteros en diferentes ecosistemas incluyendo zonas áridas y semiáridas. Ejemplos de estas investigaciones incluyen Los Olivitos y el extremo nororiental de la costa del Lago de Maracaibo (Casler & Lira 1983, Casler 1993, Sánchez *et al.* 1999, Weir 2000). Además, se han realizado estudios en la región del Guasare (Acuña 1987) y en la cuenca del río Paraguachón en La Guajira (Molero y López 1989). No obstante, gran parte de esta información son tesis de grado o informes técnicos que no han sido publicados, por lo cual el acceso a esta información es limitado. Frente a esa escasa información ecológica para

tan amplia y diversa región, el presente trabajo tiene como objetivo estudiar y determinar la composición, variación temporal y la estructura ecológica de una comunidad de quirópteros en un ambiente tropical xerófilo, situado al noreste del estado Zulia, destacando en particular, las especies polínivoras y nectarívoras que juegan un papel importante en la reproducción de diferentes especies vegetales de la región tropical xerófila, contribuyendo a la preservación de la diversidad vegetal y la regeneración de ecosistemas (Brown 1968, Medellín *et al.* 2000, Cruz-Lara *et al.* 2004).

ÁREA DE ESTUDIO

Este estudio se realizó en el Fundo “Los Chaguaramos”, ubicado al noreste del estado Zulia ($10^{\circ}45'58''$ N; $71^{\circ}27'07''$ O) con una altitud aproximada de 20 m s.n.m., en la parroquia San José, Municipio Miranda. Al norte se encuentra el poblado de Ancón de Iturre; al sur, la carretera vía Quísiro; al este, la carretera vía Ancón de Iturre y al oeste el Caserío La Bajadita (Fig. 1).

El Fundo “Los Chaguaramos” abarca 29,96 hectáreas de extensión y presenta un reservorio de agua principal y dos secundarios, que dependen principalmente de las precipitaciones para su abastecimiento; estos reservorios o pequeñas áreas inundadas son conocidas como “jagüeyes”, que desaparecen completamente por evaporación en el periodo de sequía (Rosales 2002).

El área de estudio se encuentra en la provincia de humedad semiárida-árida (Nassar *et al.* 2013). Su régimen de lluvias es bimodal, con dos picos máximos en los meses de junio y octubre, con un promedio anual de 486,2 mm de precipitación, según datos de la estación meteorológica Produsal en Ancón de Iturre (Fig. 2). La temperatura presenta un promedio anual de $29,3^{\circ}$ C, con máximas y mínimas de $30,3^{\circ}$ C y 28° C, respectivamente. Existe una zona intervenida con remanentes de un Monte Espinoso Tropical (Bosque Xerofítico) (Ewel & Madriz 1968) o arbustales xerófilos (Huber 2007) que son característicos de la región costera al noroeste de Venezuela, constituidos esencialmente por espinares y cardonales, donde las especies dominantes son el cardón dato o guajiro (*Stenocereus griseus*) y la tuna guasábara (*Cylindropuntia caribaea*) (Nassar *et al.* 2013).

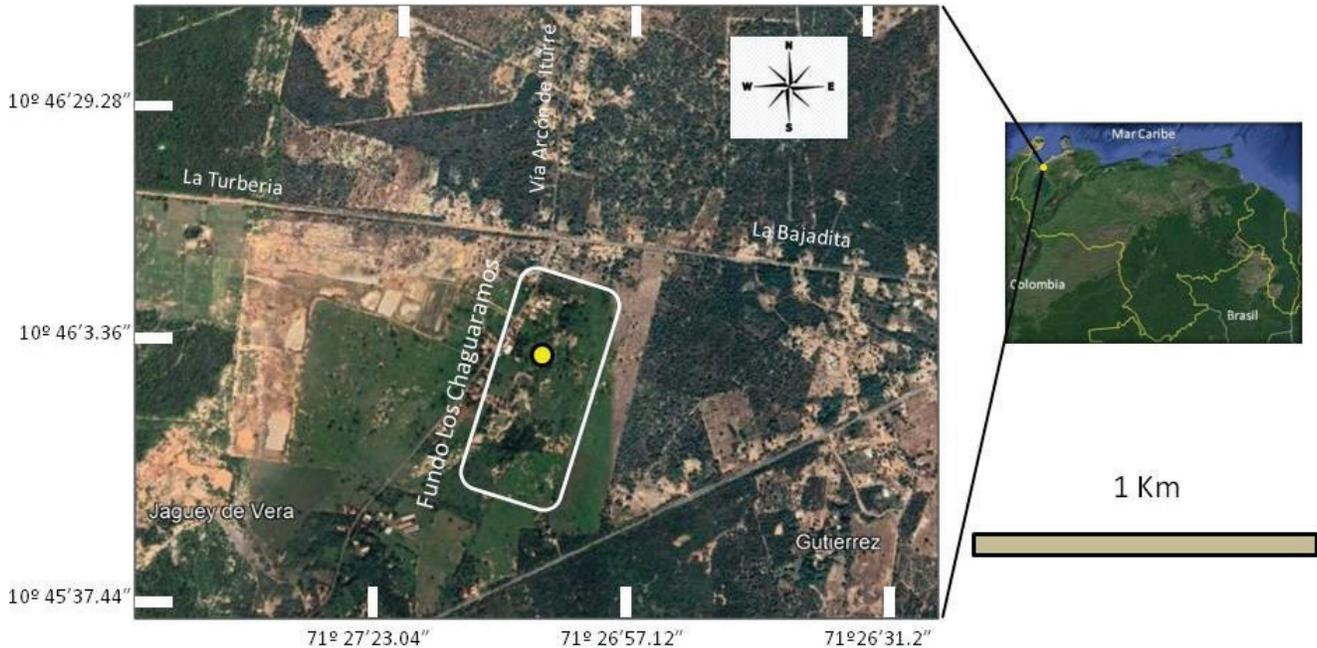


Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio “Fundo Los Chaguaramos” al noreste de la ciudad de Maracaibo, parroquia San José, municipio Miranda, estado Zulia, República Bolivariana de Venezuela.

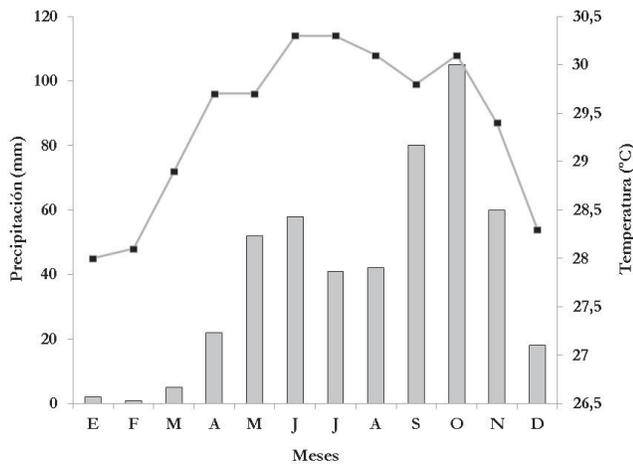


Figura 2. Variación estacional de precipitación y temperatura. Datos de la estación meteorológica de Prousal en Ancón de Iurre ($10^{\circ}47'48''N - 71^{\circ}26'00''O$) ≈ 20 m de altitud, durante el período 1992-1994.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de campo fue realizado durante ocho meses (noviembre 2000 a febrero 2001 y de mayo 2001 a julio 2001), con registros mensuales de tres días consecutivos en cada muestreo. Para las capturas de los murciélagos se utilizaron mallas de neblina de 12 metros de largo por 2,80 metros de ancho. Fueron abiertas desde las 18:00 hasta las 07:00 horas del día siguiente, siendo revisadas a intervalos de 20 a 30 minutos.

A cada ejemplar capturado se le registró la fecha y hora de captura, la especie, sexo y condición reproductiva. Para su identificación taxonómica se utilizó a Linares (1998), actualizado la nomenclatura de acuerdo a Sánchez & Lew (2012). Todas las especies fueron clasificadas de acuerdo a su categoría trófica siguiendo a Tirira (1998). Algunos individuos fueron preservados y depositados en el Museo de Biología de la Universidad del Zulia, como muestra de referencia y los demás fueron liberados.

Para el análisis comunitario, se calculó la Riqueza de especies según el Índice de Margalef ($R1$) y de Menhinick ($R2$); para calcular la Diversidad específica se aplicaron los índices de Shannon (H'), Simpson (λ) y los Números de diversidad de Hill ($N0$, $N1$ y $N2$); y para el estimado de la Equidad se basó en Ludwig & Reynolds (1988). Para estos cálculos se utilizó el programa Statistical Ecology SP-DIVERS.BAS.

RESULTADOS

Con un esfuerzo de 288 horas/malla, se registró un total de 100 individuos pertenecientes a 12 especies y a cinco familias (Tabla 1). La familia Phyllostomidae fue la más representativa, con el 95% de los individuos capturados y el 66,7% de las especies. Esta familia estuvo representada por cinco subfamilias, siendo Glossophaginae la más numerosa con un 77% de los individuos capturados, distribuidos en tres especies (*Leptonycteris curasoae*, *Glossophaga soricina* y *G. longirostris*). La especie más abundante en el área

Tabla 1. Taxonomía y ecología de murciélagos recolectados en un arbustal espinoso del “Fundo Los Chaguaramos”, noreste de la ciudad de Maracaibo, estado Zulia.

Familia /Sub-Familia	Especie	Gremios Tróficos
Emballonuridae Gervais, 1855	<i>Saccopteryx bilineata</i> (Temminck, 1838)	I
Noctilionidae Gray, 1821	<i>Noctilio leporinus</i> (Linnaeus, 1758)	Pi
Phyllostomidae Gray, 1825		
Phyllostominae Gray, 1825	<i>Phyllostomus discolor</i> Wagner, 1843	OM
Glossophaginae Bonaparte, 1845	<i>Glossophaga longirostris</i> Miller, 1898	P-N
	<i>Glossophaga soricina</i> (Pallas, 1766)	P-N
	<i>Leptonycteris curasoae</i> Miller, 1900	P-N
Carollinae Miller, 1924	<i>Carollia perspicillata</i> (Linnaeus, 1758)	F
Stenodermatinae Gervais, 1856	<i>Artibeus planirostris</i> Spix, 1823	F
Desmodontinae Bonaparte, 1845	<i>Desmodus rotundus</i> (É. Geoffroy, 1810)	H
	<i>Diaemus youngi</i> (Jentink, 1893)	H
Vespertilionidae Gray, 1821	<i>Rhogeessa minutilla</i> Miller, 1897	I
Molossidae Gervais, 1856	<i>Eumops auripendulus</i> (Shaw, 1800)	I

Gremio trófico: Polínivoro-Nectarívoro (P-N), Frugívoro (F), Omnívoro (OM), Insectívoro (I), Hematófago (H) y Piscívoro (Pi).

de estudio fue *Leptonycteris curasoae* con 63% de los individuos capturados, siguiéndole *Artibeus planirostris* con 11%, *Glossophaga soricina* con 8%, *Glossophaga longirostris* con 6% y *Carollia perspicillata* con 4%.

La categoría trófica más destacada en esta comunidad fue la de los nectarívoros-polinívoros, representados por la subfamilia Glossophaginae. El siguiente gremio en importancia numérica fueron los frugívoros con 15% distribuido en dos especies (*Artibeus planirostris* y *Carollia perspicillata*). Las demás categorías aportaron menos del 4% del total a la comunidad.

La variación numérica mensual de cada especie separada por sexo, es presentada en la Tabla 2. En general, los machos fueron más abundantes que las hembras, en casi todas las especies, existiendo una proporción de aproximadamente 3:1.

En particular, no se capturaron individuos de *Leptonycteris curasoae* en los tres primeros meses de muestreo, pero en febrero hubo alta incidencia de ellos, registrándose 20 individuos, de los cuales el 75% fueron hembras; en mayo no hubo capturas y en los tres meses restantes solo se registraron machos, siendo muy abundantes en julio y agosto (65%). El mayor número de capturas de esta especie ocurrió entre las 00 a 04 horas (36 individuos) y el menor número fue entre las 18 a 21 horas (2 individuos), aun cuando su actividad fue a diferentes horas de la noche (Fig. 3).

De las otras dos especies nectarívoras-polinívoras solo se capturaron machos. En noviembre y diciembre fueron recolectados ejemplares machos de *Glossophaga soricina*, y

a partir de febrero, se recolectaron machos de *Glossophaga longirostris*, de manera discontinua. Con respecto a la hora de actividad, ambas especies se capturaron a diferentes horas de la noche, con el mayor número entre las 04 a 07 horas (Fig. 3).

En relación a las especies frugívoras, para *Artibeus planirostris*, se tuvo una colecta de siete machos y cuatro hembras en total, distribuidas de manera discontinua, con mayor incidencia de machos en julio. En relación a *Carollia perspicillata* solo se capturaron cuatro individuos en mayo y agosto (3 machos, 1 hembra), meses cuando no se capturaron *Artibeus*. Ambas especies tuvieron similar comportamiento en cuanto a su actividad: las capturas ocurrieron entre las 00 a 04 horas (Fig. 3).

Acerca de los otros gremios, en ellos se capturaron menos de dos individuos por especie, no observándose ningún patrón que aporte mayor información. La mayoría de ellas fueron capturadas entre las 18:00 a 24:00 horas, exceptuando *Diaemus youngi* (hematófaga) y *Phyllostomus discolor* (omnívora), las cuales se capturaron solo a partir de las 24:00 hasta las 04:00 horas.

Los valores ecológicos, como los índices de riqueza y diversidad, se calcularon en relación con los periodos de sequía (de noviembre 2000 a febrero 2001) y de lluvia (de mayo a agosto 2001). Aun cuando el número de especies fue igual en ambos periodos, el índice de riqueza muestra una ligera diferencia entre ellos, siendo mayor en sequía (Tabla 3). De la misma manera ocurre con los índices de diversidad, donde los mayores valores se presentan en se-

Tabla 2. Variación sexual numérica mensual de las especies de murciélagos recolectados en un arbustal espinoso en el “Fundo Los Chaguaramos”, noreste de la ciudad de Maracaibo, estado Zulia, República Bolivariana de Venezuela.

Especies	Noviembre		Diciembre		Enero		Febrero		Mayo		Junio		Julio		Agosto		Total	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
<i>Leptonycteris curasoae</i>							5	15			2		23		18		48	15
<i>Artibeus planirostris</i>	1				1			1			2	2	3	1			7	4
<i>Glossophaga soricina</i>	2		6														8	0
<i>Glossophaga longirostris</i>							4		1				1				6	0
<i>Carollia perspicillata</i>									1					2	1		3	1
<i>Rhogeessa minutilla</i>			1							1							1	1
<i>Phyllostomus discolor</i>														1			1	0
<i>Saccopteryx bilineata</i>				1													0	1
<i>Eumops auripendulus</i>														1			1	0
<i>Desmodus rotundus</i>											1						0	1
<i>Diaemus youngi</i>			1														1	0
<i>Noctilio leporinus</i>			1														1	0
Total individuos	3	0	9	1	1	0	9	16	2	1	4	3	27	1	22	1	77	23
Número de especies	2		5		1		3		3		3		3		4			

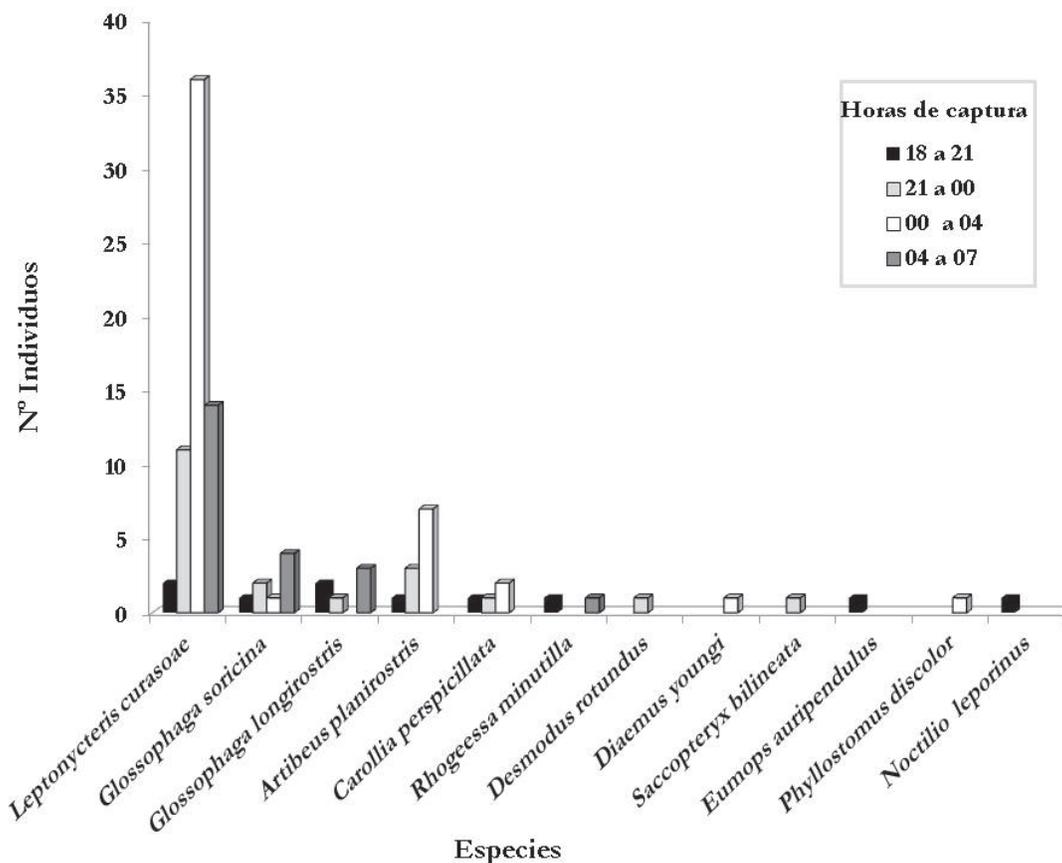


Figura 3. Números de individuos por especie registrados a diferentes horas de captura, en el arbustal espinoso del “Fundo Los Chaguaramos”, noreste de Maracaibo, estado Zulia.

Tabla 3. Valores ecológicos de la comunidad de murciélagos de un arbustal espinoso en el “Fundo Los Chaguaramos”, Maracaibo, estado Zulia, durante los periodos de lluvia y sequía.

Índice	Total	Sequía	Lluvia
Riqueza			
N0	12	8	8
R1	2.38	1.91	1.70
R2	1.20	1.28	1.02
Diversidad			
H'	1.38	1.47	1.07
λ	0.41	0.30	0.51
N1	4.00	4.36	2.92
N2	2.40	3.26	1.95
Equidad			
J'	0.46	0.67	0.49

quía, con la excepción del Índice de Simpson donde λ es menor, pero según la interpretación que se da a este índice, mientras mayor es él, menor es la diversidad, por lo tanto, hubo mayor diversidad en sequía que en lluvia (Tabla 3). Con respecto a la equidad J', el mayor valor también fue en sequía (Tabla 3).

DISCUSIÓN

La cantidad de especies capturadas en el arbustal espinoso del “Fundo Los Chaguaramos” en el estado Zulia, guarda una correspondencia aproximada con los registros de otros autores en ambientes secos tropicales. Por ejemplo, en los ecosistemas áridos costeros del estado Sucre, se documentaron entre 12 y 14 especies (Caraballo *et al.* 2005, González *et al.* 2008, Velásquez *et al.* 2009). Asimismo, en un bosque seco tropical costero del departamento de Córdoba, Colombia, se reportaron 15 especies (Ballesteros *et al.* 2007), y nueve especies en un bosque seco tropical constituido por matorral espinoso y bosque semidecíduo del departamento de Nariño, Colombia (Cabrera-Ojeda *et al.* 2016). Sin embargo, en otros ecosistemas áridos el número de especies ha sido menor al obtenido en este estudio, como en el caso del bolsón árido de Lagunillas-Mérida (Sosa & Soriano 1993, 1996). Las diferencias de nuestros resultados con estos valores pueden deberse a distintos factores como: esfuerzos de captura diferenciales; proximidad de otros ecosistemas más complejos; así como diferencias en ciertos aspectos geomorfológicos, climáticos, vegetacionales y el aislamiento de los bolsones áridos (Caraballo *et al.* 2005, González *et al.* 2008). Es decir, los estudios

realizados hasta este momento, indican que el número de especies en las comunidades de murciélagos variaría en un rango de aproximadamente ocho a 15 especies, que a su vez tendrían diferencias en los tamaños poblacionales y en la presencia o ausencia en las temporadas de capturas.

Los murciélagos nectarívoros-polinívoros, constituyen el gremio que, según diversas investigaciones, sería el de mayor representación en estos ecosistemas, debido a que existe una relación entre la biología de estos murciélagos y la fenología de las cactáceas, debido a una relación mutualista y de coevolución con plantas predominantes y características de los ecosistemas xerofíticos, como son las cactáceas columnares de flores grandes en forma de campana, que se abren de noche (Barba-Montoya & Magallón 2012), tanto en Venezuela (Soriano & Nassar 2000, Soriano & Ruíz 2003, Nassar *et al.* 2003), como en otros países de América (Ceballos *et al.* 1997).

Estudios realizados en otros ecosistemas áridos, relacionando la biología de murciélagos y la fenología de las cactáceas (Soriano *et al.* 2000, Nassar *et al.* 2003, entre otros), señalan que existen muchos factores que favorecen la relación mutualista murciélago-cactáceas. Se ha estimado que alrededor del 70% de las especies de cactáceas columnares son polinizadas por murciélagos de ahí su nombre de plantas quiropterófilas (Barba-Montoya & Magallón 2012).

En este estudio, la especie más abundante perteneciente al gremio nectarívoro-polinívoro fue *Leptonycteris curasoae*, siendo el murciélago más representado numéricamente a lo largo de la investigación. Este murciélago ha sido identificado como altamente abundante en ecosistemas áridos del país (Sosa & Soriano 1992, Martino *et al.* 1997) y se le considera clave en estos entornos debido a su papel fundamental como polinizador y dispersor de semillas, principalmente de cactáceas y agaváceas (Martino *et al.* 1997, 2002, Nassar *et al.* 1997). Sin embargo, en los ecosistemas áridos costeros del estado Sucre sus registros han sido bajos (Caraballo *et al.* 2005, González *et al.* 2008, Velásquez *et al.* 2009). *L. curasoae* habita en cardonales, espinares y cujisales, siendo raro en zonas boscosas (Linares 1998). Se ha encontrado que este mamífero depende de diferentes especies de cactáceas (*Stenocereus* sp., *Pilosocereus* sp. y *Subpilocereus* sp.) y del sisal (*Agave sisalana*) (Linares, 1998). *L. curasoae* es una de las pocas especies dentro de la familia Phyllostomidae que realiza movimientos migratorios en búsqueda de alimentos (Fleming *et al.* 1972).

Con respecto a las otras especies nectarívoras-polinívoras, pertenecen al género *Glossophaga* y sus registros fueron variados, con capturas no mayores de ocho individuos. Ambas especies de *Glossophaga* son oportunistas de amplia distribución, presentan una dieta variada según la disponibilidad de recursos, pueden consumir néctar, polen

y partes florales de diversas especies de plantas dependiendo del hábitat y la estación, así como de insectos pequeños asociados a las flores (Linares 1998). Según Ibáñez (1981), durante sequía estos murciélagos aprovechan la abundancia de polen y en lluvia la de frutos e insectos.

Dentro del gremio frugívoro destaca *Artibeus planirostris*, que fue la segunda especie más abundante en el área de estudio; este murciélago, al igual que *A. lituratus* son frugívoros nómadas o generalistas (Ballesteros *et al.* 2007, Velásquez *et al.* 2009), que presentan amplia distribución y ocupan gran variedad de hábitats en el país. Según Velásquez *et al.* (2009), debido a su condición de frugívoro generalista, pueden recorrer grandes distancias en busca de su alimento, de ahí que se le categoriza como “forrajero nómada”. Contrariamente, en ecosistemas áridos del oriente del país, en el estado Sucre, *A. planirostris* fue la especie dominante en número de individuos (Caraballo *et al.* 2005, González *et al.* 2008, Velásquez *et al.* 2009), contrastando con lo que ocurre tanto en este estudio como otros realizados en las regiones centrales y occidentales de Venezuela.

Resulta interesante apreciar las diferencias numéricas entre machos y hembras en aquellas especies en las cuales se obtuvo capturas para ambos sexos. Una explicación hipotética para la diferencia encontrada en la proporción de sexos en este estudio, es que posiblemente se deba a un comportamiento diferencial entre machos y hembras durante sus periodos reproductivos. En particular, la especie más numerosa, *Leptonycteris curasoae* presenta un tipo de reproducción monoestro estacional (Wilson 1973 *in* Martino *et al.* 1998), que se aparean durante la estación seca (Linares 1998) y sus partos son entre mayo y julio (Martino *et al.* 1998, Soriano *et al.* 2000). Ceballos *et al.* (1997) al informar sobre su comportamiento poblacional, mostraron que en *L. curasoae* existen cambios estacionales importantes en el tamaño y la composición de sexos en los refugios o área de descanso, donde son altamente gregarios, sumado a que sus desplazamientos pueden ser locales o bien realizar migraciones a largas distancias dependiendo de la variación fenológica de las plantas que depredan; esta especie realiza migraciones locales de acuerdo a la disponibilidad de flores proporcionadas por *Stenocereus griseus* y a la floración de las Agavaceae en áreas de la zona árida de Lagunillas en Mérida (Sosa & Soriano 1992).

En el área de estudio, las especies de cactáceas más abundantes son *Cylindropuntia caribaea* y *Stenocereus griseus*, siendo ésta última la más visitada por los murciélagos y es la especie de cactus que crece en condiciones de sequía permanente. Caraballo *et al.* (2005) observaron que *S. griseus* florece entre los meses de febrero y marzo en la región de la Península de Araya, estado Sucre; si eso mismo ocurriese en la región zuliana estudiada, ayudaría a explicar

la presencia de hembras, y en alto número, de *L. curasoae* en febrero.

En relación a las variaciones estacionales de la comunidad, según los índices calculados se pudo observar que el número de especies en periodos de lluvia y de sequía, fue igual y solo hubo variación en la composición taxonómica. Quizás lo más resaltante fue la dominancia de una sola especie, *L. curasoae*, en ambos periodos, lo cual incidió en los menores valores de la diversidad. Al comparar los valores obtenidos en este estudio con otros trabajos realizados en ecosistemas áridos se aprecia que los índices de diversidad y equidad se encuentran por debajo de los obtenidos por Caraballo *et al.* (2005) quienes indicaron una diversidad H' entre 2,50 y 2,59 y equidades de E' entre 0,72 y 0,78 para dos localidades de la península de Araya, y por Velásquez *et al.* (2009) quienes obtuvieron H' =2,27 y una E' = 0,76 para San Antonio del Golfo y una H' =2,75 y una E' = 0,83 en Guayacán, ambas localidades también en el estado Sucre, Venezuela.

Es menester considerar que estos ambientes xerófilos cercanos a centros poblados pueden ser vulnerables y susceptibles a variados disturbios antrópicos, cuya consecuencia sería, o es, que toda la fauna que habita en ellos, incluyendo las comunidades de quirópteros, pueden ser drásticamente reducidos en sus tamaños poblacionales, inhibiendo sus funciones ecológicas principales, como son la polinización de plantas y el traslado de semillas. Aún cuando en el ecosistema estudiado, los murciélagos no fueron muy diversos, su comunidad representa un sistema dinámico, conformado por la presencia de los importantes gremios tróficos. Adicionalmente, los murciélagos guardan gran importancia para el mantenimiento no solo de los ambientes áridos, sino de los otros que se encuentran alrededor, los agroecosistemas, de los cuales, a la vez, depende la sustentabilidad de las comunidades humanas.

AGRADECIMIENTOS

Deseamos expresar nuestro sincero agradecimiento a la familia Oliva por su generosidad al permitirnos llevar a cabo este estudio en el fundo “Los Chaguaramos”. Asimismo, extendemos especial agradecimiento a Jaime Péfaur y dos revisores anónimos por sus observaciones, críticas y correcciones al manuscrito, acciones que enriquecieron este trabajo. Igualmente, a Leida Valero, por su apoyo en la redacción de la primera versión del manuscrito.

REFERENCIAS

- Acuña, A. 1987. *Inventario de los murciélagos (Mammalia: Chiroptera) de la Región Carbonífera del Guasare, estado Zu-*

- lia. Maracaibo: Universidad del Zulia. Facultad Experimental de Ciencias. 34 pp. [trabajo de grado].
- Barba-Montoya, J. & S. Magallón. 2012. ¿Por qué tantos cactus columnares? El papel de los murciélagos nectarívoros en su diversificación. *Oikos* 6: <https://www.researchgate.net/publication/320373296>
- Ballesteros, J., J. Racero & M. Núñez. 2007. Diversidad de murciélagos en cuatro localidades de la zona costanera del Departamento de Córdoba-Colombia. *Revista MVZ Córdoba*. 12(2): 1013–1019.
- Brown, J. H. 1968. Activity patterns of some neotropical bats. *Journal of Mammalogy* 49(4): 754–757.
- Cabrera-Ojeda, C., E. Noguera, J. Calderón & C. Flórez. 2016. Ecología de murciélagos en el bosque seco tropical de Nariño (Colombia) y algunos comentarios sobre su conservación. *Revista Peruana de Biología* 23(1): 27–34.
- Caraballo, V., A. Prieto, M. Aguilera & L. González. 2005. Inventario de quirópteros en dos localidades xerofíticas de la península de Araya, Venezuela. *Saber* 17(1): 3–10.
- Casler, C. 1993. *Inventario de los vertebrados del área de Quisiro en la Ciénaga Los Olivitos. Estado Zulia. Impacto ambiental de las granjas camarонерías Gran Eneal. Área de Quisiro y en la ciénaga de Los Olivitos, estado Zulia: fauna y flora*. Maracaibo: Centro de Investigaciones Biológicas. Universidad del Zulia, 130 pp. [Informe].
- Casler, C. & R. Lira. 1983. *Estudio faunístico de los manglares del sector Los Olivitos. Distrito Miranda. Estado Zulia. Zona 5/IC/50*. Maracaibo: MARNR, 46 pp. [Informe].
- Ceballos, G., T. Fleming, C. Chávez & J. Nassar. 1997. Population dynamics of *Leptonycteris curasoae* (Chiroptera: Phyllostomidae) in Jalisco, México. *Journal of Mammalogy* 78(4): 1220–1230.
- Cruz-Lara, L., C. Lorenzo, L. Soto, E. Naranjo & N. Ramírez-Marcial. 2004. Diversidad de mamíferos en cafetales y selva mediana de las cañadas de la selva Lacandona, Chiapas, México. *Acta Zoológica Mexicana* 20(1): 63–81.
- Ewel, J. & Madriz, A. 1968. *Zonas de vida de Venezuela*. Caracas: Ministerio de Agricultura y Cría, Dirección de Investigación. Ed. Sucre, 246 pp.
- Fenton, M., L. Acharya, D. Audet, M. Hickey, C. Merriman, M. Obrist, D. Syme & B. Adkins. 1992. Phyllostomid bats (Chiroptera: Phyllostomidae) as indicators of habitat disruption in the Neotropics. *Biotropica* 24(3): 440–446.
- Fleming, T., E. Hooper & D. Wilson. 1972. Three Central American bat communities: structure, reproductive cycles and movement patterns. *Ecology* 53: 653–670.
- González, L., A. Prieto & J. Velásquez. 2008. Estudio preliminar de la estructura comunitaria de los murciélagos en localidades del noreste de Venezuela. *Saber* 20(3): 269–276.
- Huber, O. 2007. Los grandes paisajes vegetales. pp. 538–575. *In: Cunill, P. (ed.). Medio físico y recursos ambientales*. Geo Venezuela 2. Caracas: Fundación Empresa Polar.
- Ibáñez, C. 1981. Biología y ecología de los murciélagos del Hato El Frío. *Acta Vertebrata* 8:1–271.
- Kunz, T., E. Braun de Torrez, E. Bauer, D. Lobo & T. Fleming. 2011. Ecosystem services provided by bats. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1223: 1–38.
- Linares, O. 1998. *Mamíferos de Venezuela*. Caracas: Editorial Sociedad Conservacionista Audubon, 446 pp.
- Ludwig, L. & D. Reynolds. 1988. *Statistical ecology. A primer on methods and computing*. New York: John Wiley & Sons Inc., 337 pp.
- Martino, A., J. Aranguren & A. Arends. 1997. Los quirópteros asociados a la cueva de Piedra Honda (Península de Paraguaná, Venezuela): su importancia como reserva biológica. *Acta Científica Venezolana* 48: 182–187.
- Martino, A., A. Arends & J. Aranguren. 1998. Reproductive pattern of *Leptonycteris curasoae* Miller (Chiroptera: Phyllostomidae) in northern Venezuela. *Mammalia* 62(1): 69–76.
- Martino, A., J. Aranguren & A. Arends. 2002. Feeding habits of *Leptonycteris curasoae* in northern Venezuela. *Southwestern Naturalist* 47: 78–85.
- Matteucci, S. D. 1986. Las zonas áridas y semiáridas de Venezuela. *Zonas Áridas* 4: 39–48.
- Medellín, R., M. Equihua & M. Amin. 2000. Bat diversity and abundance as indicators of disturbance in Neotropical rainforest. *Conservation Biology* 14: 1666–1675.
- Medellín, R. A. & L. R. Viquez-R. 2014. Los murciélagos como bioindicadores de la perturbación ambiental. pp. 521–542. *In: González Zuarth, C., A. Vallarino, J. C. Pérez Jimenez & A. M. Low Pfeng (eds.). Bioindicadores: guardianes de nuestro futuro ambiental*. México: INECC. <https://www.researchgate.net/profile/Luis-Viquez-R/publication/324991721>
- Molero, H. & E. López. 1989. Contribución al conocimiento de la fauna silvestre de la cuenca del río Paraguachón. Municipio Páez. Estado Zulia. *Acta Científica Venezuela* 42(S1): 294.
- Molinari, J., J. Nassar, A. García & R. Márquez. 2012. Singularidad biológica e importancia socioeconómica de los murciélagos cavernícolas de la Península de Paraguaná, Venezuela, con propuestas para su conservación. *Revista Ecología Latinoamericana* 17(3): 1–40.
- Nassar, J., N. Ramírez & O. Linares. 1997. Comparative pollination biology of Venezuelan columnar cacti and the role of nectar-feeding bats in their sexual reproduction. *American Journal of Botany* 84: 918–927.
- Nassar, J., H. Beck, L. Sternberg & H. Fleming. 2003. Dependence on cacti and agaves in nectar-feeding bats from Venezuelan arid zones. *Journal of Mammalogy* 84: 106–116.
- Nassar, J., G. Velásquez, J. Romero & E. Medina. 2013. Las cactáceas como elementos de caracterización de ambientes áridos y semiáridos en Venezuela. pp. 97–123. *In: Medina, E., O. Huber, J. Nassar & P. Navarro (eds.). Recorriendo el paisaje vegetal de Venezuela*. Caracas: Ediciones IVIC.
- Rodríguez, J. P., F. Rojas-Suárez & D. Giraldo Hernández (eds.). 2010. *Libro Rojo de los ecosistemas terrestres de Venezuela*. Caracas: Provita, Shell Venezuela, Lenovo, 324 pp.

- Rosales, Y. 2002. *Estudio comparativo de la dieta de la Paraulata Llanera (Mimus gilvus) Familia Mimidae, Orden Passeriformes en dos zonas del estado Zulia, Venezuela*. Universidad del Zulia. Departamento de Biología.
- Sánchez, J. & D. Lew. 2012. Lista actualizada y comentada de los mamíferos de Venezuela. *Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales* 70: 173–238.
- Sánchez, J., A. Bermúdez, S. Bermúdez, R. Rivero & J. Ochoa. 1999. *Inventario de fauna en el Refugio de Fauna Silvestre y Reserva de Pesca "Ciénaga Los Olivitos" Sectores Caño Nuevo, Las Callejuelas, Las Tareas Caño Oríbor*. Maracay: Ministerio Ambiente y de los Recursos Naturales. Dirección General Sectorial de Fauna. Museo Rancho Grande. 33 pp. [Informe]
- Soriano P., A. Ruiz & J. Nassar. 2000. Notas sobre la distribución e importancia ecológica de los murciélagos *Leptonycteris curasoae* y *Glossophaga longirostris* en zonas áridas andinas. *Revista Ecológica* 13(2): 91–95.
- Soriano, P. & A. Ruiz. 2003. Arbustales xerófilos. pp. 696–715. *In: Aguilera, M., A. Azócar & E. González (eds.): Biodiversidad en Venezuela*. Caracas: Fundación Polar, Ministerio Ciencia y Tecnología, Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología (FONACIT).
- Sosa, M. & P. Soriano. 1992. Los murciélagos y los cactus: una relación muy estrecha. *Carta Ecológica* 61: 7–10.
- Sosa, M. & P. Soriano. 1993. Solapamiento de dieta entre *Leptonycteris curasoae* y *Glossophaga longirostris* (Mammalia: Chiroptera). *Revista Biología Tropical* 41(3): 529–532.
- Sosa M. & P. Soriano. 1995. Dieta y patrón reproductivo de *Rhogeessa minutilla* (Chiroptera: Vespertilionidae) en una zona árida de los Andes de Venezuela. *Revista Biología Tropical* 69(6): 439–443.
- Sosa, M. & P. Soriano. 1996. Resource availability, diet and reproduction in *Glossophaga longirostris* (Mammalia: Chiroptera) in an arid zone of the Venezuelan Andes. *Journal of Tropical Ecology* 12: 805–818.
- Tirira, D. 1998. Historia natural de los murciélagos neotropicales. pp. 31–56. *In: Tirira, D. (ed.). Biología, sistemática y conservación de los mamíferos del Ecuador*. Quito: Museo de Zoología, Centro de Biodiversidad y Ambiente. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Velásquez, J., L. González & A. Prieto. 2009. Composición, diversidad y categorías tróficas de dos comunidades de murciélagos en zonas xerófitas del estado Sucre, Venezuela. *Saber* 21(1): 3–11.
- Weir, E. 2000. *Biodiversidad en la Ciénaga de los Olivitos y zonas adyacentes*. Agenda Biodiversidad del Ecosistema Ciénaga de Los Olivitos y zonas adyacentes. Tomo I. Proyecto Fonacit. N° 98003428. Maracaibo, 168 pp. [Informe]

The presence of *Scinax altae* (Dunn, 1933) in Costa Rica, with redescription of its advertisement call

Presencia de *Scinax altae* (Dunn, 1933) en Costa Rica, con redescrición de su canto de advertencia

César Barrio-Amorós^{1,†,*}, Andrés Mauricio Forero-Cano^{2,‡}, Remco Stuster³, Abel Batista⁴, Mike Canzoneri⁵ & Erick Arias^{6,7,8}

¹CRWild, San José, Costa Rica (www.crwild.com)

²Proyecto Naturphilosophie-Conocer para Conservar, Universidad Nacional de Colombia.

³Dendrobatidae Nederland, Spreeuwenstraat 15, Delft, The Netherlands.

⁴Fundación Los Naturalistas, David, Chiriquí, 426-01459, Panamá.

⁵Finca Mono Alegre, La Florida de Golfito, Puntarenas, Costa Rica.

⁶Departamento de Zoología, Instituto de Biología, UNAM, AP 70-153 Ciudad Universitaria, CP 04510, Ciudad de México, México.

⁷Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica, San Pedro, 11501-2060 San José, Costa Rica.

⁸Museo de Zoología, Centro de Investigaciones en Biodiversidad y Ecología Tropical, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

*Corresponding author: email: cbarrioamoros@crwild.com

†These authors contributed equally.

(Received: 30-07-2023 / Accepted: 15-12-2023 / On line: 31-12-2023)

ABSTRACT

Scinax altae is a treefrog hitherto known to occur only in Panama. Herein, we report two populations referred as *S. altae* by morphology, bioacoustics and genetics in the Southeastern Pacific region of Costa Rica. We present new maps showing the geographic distribution and hiatus between *S. staufferi* and *S. altae*. In addition, we aimed to redescribe the advertisement calls of *Scinax altae* and *Scinax staufferi*, based on new bioacoustic analysis and interpretation techniques, in order to evaluate their differential diagnosis.

Keywords: bioacoustics analysis, biogeography, distribution extension, phylogenetic analyses, treefrog.

RESUMEN

Hasta el presente, la rana arborícola *Scinax altae* se conocía solo de Panamá; sin embargo el estudio de ejemplares de *Scinax* provenientes de la vertiente Pacífica en el Sureste de Costa Rica, a los cuales se le examinó su morfología, bioacústica y genética, resultaron pertenecer inequívocamente a esta especie. Además de señalar la presencia de *S. altae* para Costa Rica, presentamos mapas que muestran la distribución e hiato geográfico entre *S. staufferi* y *S. altae* y analizamos los cantos de ambas especies, basándonos en nuevas técnicas de análisis e interpretación bioacústica, con el fin apoyar la diagnosis de ambas especies.

Palabras clave: ampliación de distribución, análisis bioacústico, análisis filogenético, biogeografía, rana arborícola.

INTRODUCTION

The treefrog *Scinax altae* (Dunn, 1933) (Anura: Hylidae) was described from the Canal Zone in Panama as *Hyla altae* without comparing it directly to the most simi-

lar species, *S. staufferi* (Cope, 1865). In a dichotomous key Dunn (1933) mentions *Hyla culex* Dunn, 1932 (a synonym of *S. staufferi* according to Taylor, 1952), which is differentiated from *S. altae* only by coloration (*H. altae* with four stripes on body and no barring on legs, vs. no

body stripes and barred legs on *Hyla culex*). León (1969) and Duellman (1970) considered *Hyla altae* a subspecies of *H. staufferi* restricted to Panama, while the nominal subspecies was considered distributed from northwestern Costa Rica to Mexico (Savage 2002). León (1969) distinguished the two proposed subspecies of *Hyla staufferi* as follows: *H. s. staufferi* has irregular stripes and interrupted paravertebral stripes on the dorsum, two transverse bars on shanks and an interorbital bar, while *H. s. altae* has complete dorsolateral and paravertebral stripes, longitudinal stripe on shanks and absence of interorbital bar. Fouquette & Delahoussaye (1977) assigned most species of the *Hyla ruber* group, including *staufferi*, to the genus *Ololygon* (Fitzinger, 1843), based on sperm morphology, skipping *H. altae* in the process, which was considered a subspecies of *staufferi*. Duellman & Wiens (1992) placed *Ololygon* in synonymy of *Scinax*, including *S. altae* as a synonym of *S. staufferi*. Subsequently Duellman (2001) returned *S. altae* to species status, justifying this because no more specimens were collected in the hiatus between both species' distributions. Araujo-Vieira *et al.* (2023) found a 3% uncorrected pair distance (UPD) among *S. staufferi* from Teculután, Zacapa, Guatemala, and *S. altae* from Los Algarrobos, Chiriquí, Panama, placing both species in the *S. cruentomma* group. León (1969) had already made a basic description of the mating calls of *S. altae* and *S. staufferi*. No more published information is available about *S. altae*.

Scinax staufferi is distributed from southern Tamaulipas and Queretaro in Mexico (with its type locality in Orizaba, Veracruz, Mexico) to NW Costa Rica, in subhumid and dry forests (Frost 2023). In Costa Rica, *Scinax staufferi* is restricted to the northwestern Pacific lowlands, with no reports from the central and southern Pacific

slopes; this leaves a gap of approximately 260 km between the southernmost locality of *S. staufferi* in Costa Rica and the closest known locality of *S. altae* in Panama (Savage 2002). Considering that Costa Rica is one of the best explored countries for amphibians (Savage 2002, Leenders 2016) and the species is abundant where it occurs, we are confident that the hiatus is not due to a lack of prospection. It is indeed important to dig deeper into the distinctiveness among *S. altae* and *S. staufferi*, especially updating the known distribution of both species, including localities on the central and southern Pacific slopes of Costa Rica. In addition, it is necessary to update data regarding the advertisement calls, using modern recording equipment and tools for analysis.

We recorded two populations of *Scinax*, morphologically referred to as *S. altae*, along the southeastern Pacific region of Costa Rica, within the hiatus between *S. staufferi* and *S. altae*. Specimens UCR24262-63 fall entirely into the described morphology and pattern for *S. altae* (Dunn 1933, León 1969, Duellman 1970, Kohler 2011; Fig 1A, B), presenting the aforementioned specific characteristics. Herein, we aim to redescribe the advertisement calls of *Scinax altae* and *Scinax staufferi*, based on new bioacoustic analysis and interpretation techniques, in order to evaluate their differential diagnosis.

MATERIALS AND METHODS

Fieldwork

In 2015, Edgar Chinchilla informed one of us (CBA) about a strange frog in Buenos Aires, Puntarenas province, Costa Rica (9° 9'41.46"N, 83°19'55.33"W; 372 m asl; Fig. 2). CBA and RS checked the locality and found a

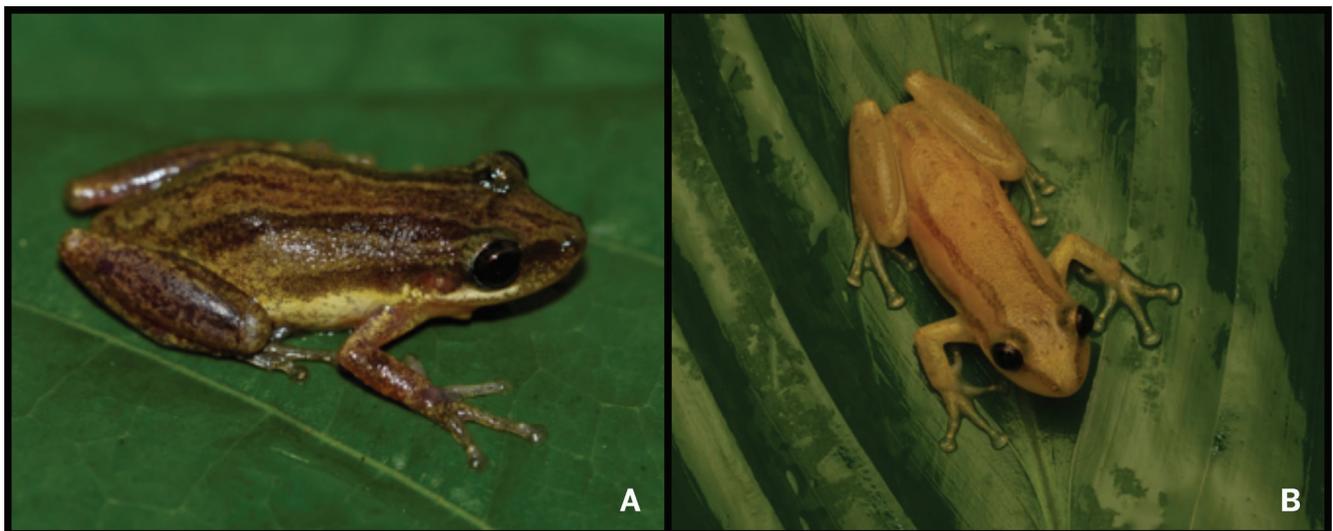


Figure 1. *Scinax altae* from Costa Rica. A. Buenos Aires, Puntarenas (day coloration). Photo: Remco Stuster. B. La Florida, near Golfito, Puntarenas (night coloration). Photo: Mike Canzoneri.

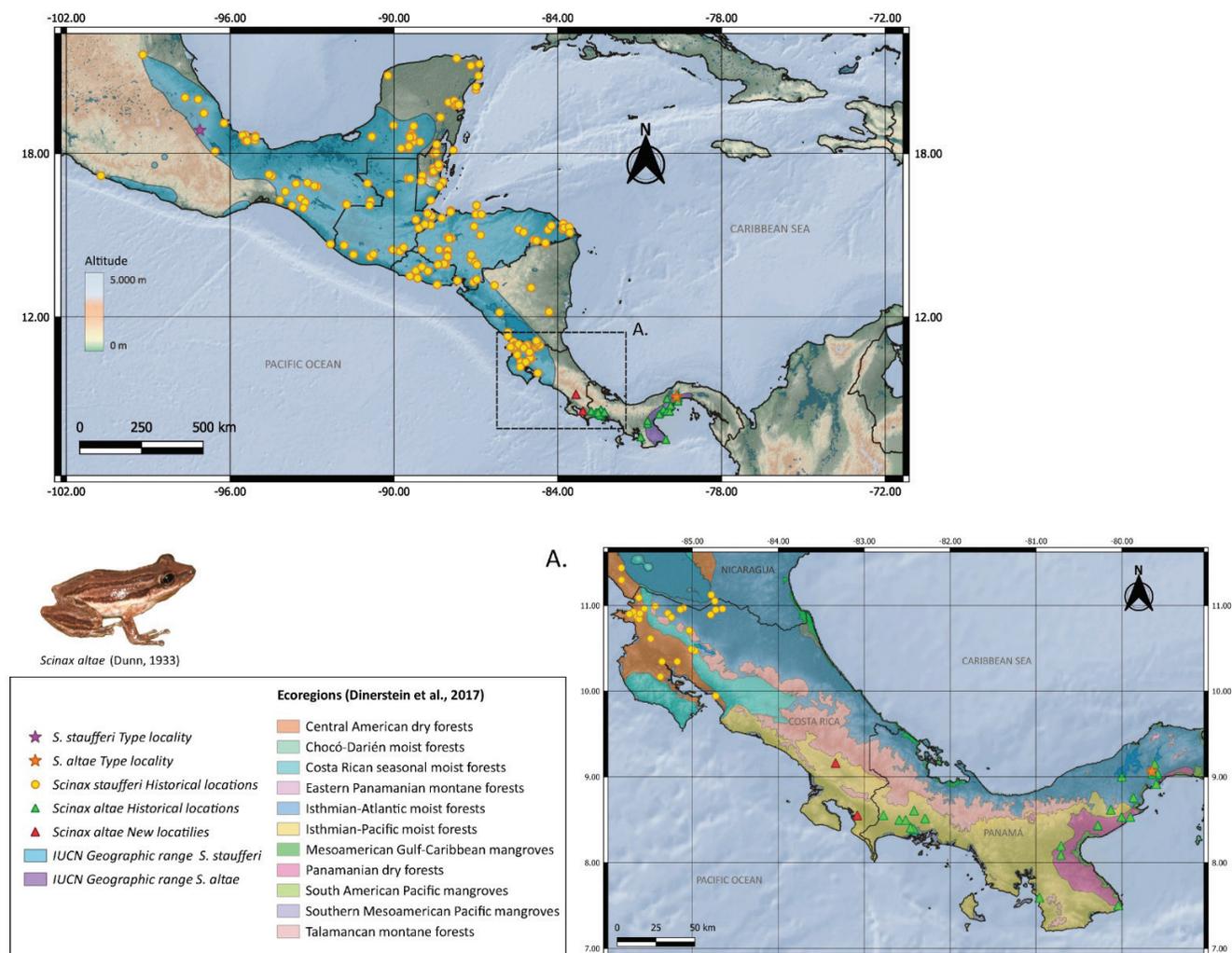


Figure 2. Map showing the known distribution range for *Scinax altae*, including two new localities reported in this work (red triangles) and its close relative *S. staufferi*. The inset map highlights the distribution in Costa Rica and western Panama. The distribution range is courtesy of the IUCN Red List (2022). The ecoregions follow Dinerstein *et al.* (2017).

few individuals (UCR 24262-63; Fig. 1A). However, the recorded calls were lost and needed to be recorded again. In the meantime, MC found the species at La Florida, La Mona, near Golfito ($8^{\circ}33'6.18''N$, $83^{\circ}4'46.25''W$; 150 m asl) and recorded two different animals (Fig. 1B).

Distribution

Distribution map generated with QGIS 3.22.6 (QGIS Development Team, 2023), distribution localities for both species were recovered from literature (Dunn 1934, León 1969, Duellman 1970, Savage 2002), Herpetology Department, Museo de Zoología, Universidad de Costa Rica (UCR) database and GBIF species occurrence (GBIF.org 2023); IUCN geographic ranges were obtained from IUCN Red List shape files (IUCN 2022); and the ecoregions follow Dinerstein *et al.* (2017).

Amplification and sequencing

We extracted total genomic DNA from the preserved tissue sample using the phenol-chloroform standard protocol (Sambrook & Russell 2006). We included one specimen housed in the UCR (UCR24263) collection that was previously identified as *Scinax altae* from Buenos Aires, Puntarenas province, Costa Rica ($9^{\circ}9'41.46''N$, $83^{\circ}19'55.33''W$; 372 m asl). Partial sequences of the large subunit ribosomal RNA (16S) and cytochrome oxidase I (COI) mitochondrial genes were determined for one specimen of *Scinax* from Costa Rica. The DNA extraction, amplification, sequencing, and editing protocols follow those of Arias *et al.* (2018). The sequences are available under GenBank accession numbers MT176435–MT176437. The lists of vouchers and GenBank accession numbers used in this study are provided in Appendix 1.

Phylogenetic analyses

The sequences obtained here were compared with those available in GenBank for 14 specimens of closely related species to *Scinax altae* following Araujo-Veira *et al.* (2023) and including *S. Boulengeri* (Cope, 1887) and *S. elaeochrous* (Cope, 1875) because of their presence in Costa Rica. We used sequences of *S. acuminatus* (Cope, 1862) to root all trees based on the results of Araujo-Veira *et al.* (2023). The protocols for alignments, selection of the best partition scheme, selection of the best model sequence evolution, the maximum likelihood analysis, Bayesian analysis (MrBayes and BEAST), and the computation of genetic distances follow those of Arias *et al.* (2018).

Bioacoustics analysis

We recorded the advertisement call of two males for each location of the individuals referred to as *Scinax altae* in Costa Rica. A total of 55 calls were analyzed. The audio records were obtained with the digital recorders Zoom H1 (set at 44.1 kHz sampling rate, 16-bit resolution and WAVE file format) and with the application WavePad for Android. We compared, bioacoustically, these populations on the southwestern Pacific region of Costa Rica with those of individuals identified as *S. altae* and *S. staufferi*. We obtained from repositories and sound collections 97 calls corresponding to three males of *S. altae* from three locations in Panama and 138 calls corresponding to four male individuals of *S. staufferi* from four locations in Costa Rica, Nicaragua and Mexico (Table 1).

The structural, spectral and temporal variables of the calls were obtained with the software Raven Pro 1.6.1 (K. Lisa Yang Center for Conservation Bioacoustics at the Cornell Lab of Ornithology, 2023). A pre inspection was performed with different FFT (Fast Fourier Transform) resolution settings (from low to high FFT resolution) to indicate the presence of false harmonics and their dependence on the variation of this parameter, and thus differ-

entiate them from true harmonics. It was found that the best resolution to analyze and visualize the spectrograms was using the following parameters: Hann window at 90% overlap, window size of 190 samples; 3dB filter bandwidth of 334 Hz, hop size of 19 samples, Discrete Fourier Transform (DFT) size of 256 samples, and grid spacing at 172 Hz.

Following Köhler *et al.* (2017), the following acoustic parameters were measured: 1) Structural variables: Number of notes per call, Number of pulses per note, Number of calls per call series. 2) Temporal variables: Call duration (=note duration) 90% (s), Intercall interval (s), Pulse Duration 90% (ms), Pulse repetition rate (Pulses /s), Call series duration, Intercall series interval. 3) Spectral variables: Frequency 5% (Hz), Frequency 95% (Hz), Bandwidth 90% (Hz), Dominant frequency (Hz), Peak Time (s). The structural and temporal variables were measured from the oscillogram and the spectral variables from the spectrogram and the power spectrum.

According to Köhler *et al.* (2017), excluding 10% of the call frequency and duration reduces subjectivity as boundary limits are influenced by brightness and contrast configurations of the spectrogram. Therefore, in order to reduce the identification biases of the spectral limits, the “threshold method” on the Power Spectrum described in Ríos-Chelén *et al.* (2017) was used. After delimiting the basic boundaries, the automatic measurement tools of the software were used: Freq 5% (Minimum frequency at 5% of the energy) and Freq 95% (Maximum frequency at 95% of the energy), to obtain the frequency bandwidth, where 90% of the energy of the notes is concentrated. The dominant frequency was calculated from the Power Spectrum, using the “Peak Frequency” function of the software. In the same way, in order to reduce the identification biases of the temporal limits of the sound units, the “amplitude peak as a threshold method” on the oscillogram, described in Köhler *et al.* (2017) was used. After delimiting the ba-

Table 1. Call recording localities of the specimens of *Scinax altae* and *Scinax staufferi*, used for comparison with the populations in question from southeastern Costa Rica and to redescribe advertisement calls.

Species	Locality	Calls (n)	Sources
<i>Scinax altae</i>	Chiriquí Viejo River, Hydroelectric project Burica, Bugaba, Panama	38	AB478. Present study
	Barro Colorado Nature Monument, Soberania National Park, Panama	20	Ibáñez <i>et al.</i> 1999
	Chepo, Panamá Province, Panama	39	ML194038 - Macaulay Library
<i>Scinax staufferi</i>	NW Costa Rica	27	UCR. Present study
	Amak community, MSB, BOSAWAS, Nicaragua	26	Present study
	Telchac, Yucatán, Mexico	51	Present study
	Mante, Tamaulipas, Mexico	34	ML208996 - Macaulay Library

tic time boundaries, the automatic measurement tools of the software were used: Time 5% (initial time at 5% of the energy) and Time 95% (final time at 95% of the energy) to obtain delta time where 90% of the energy of the sound units concentrates. The time where the highest energy or amplitude peak occurs within each note (Peak Time) was calculated from the oscillogram using the “Peak Time Relative” function of the software. The Pulse repetition rate (pulses/s) was calculated by dividing the number of counted pulses by the pulse period, as suggested by Köhler *et al.* (2017).

The terminology for the classification and description of calls was based on Köhler *et al.* (2017) and Emmrich *et al.* (2020).

The graphic representation of the spectrograms, oscillograms and power spectra were generated using the Seewave v 2.2.0 package (Sueur *et al.* 2008, Sueur *et al.* 2018) from RStudio version R 4.3.0 (R Core Team 2023), with the `spectro`, `oscillo` and `meanspec` functions respectively, using a Hanning window, 190 points of resolution FFT and an overlap of 90%.

In order to determine the existence of statistically significant differences and to examine which of the two species (*Scinax alatae* or *Scinax staufferi*) better fit the bioacoustic characteristics of the Costa Rican populations in question, a one-way ANOVA test was applied for 13 variables. After corroborating the normality and homoscedasticity (equality of variances) of the data sets. To assess normality, a Shapiro-Wilk Test was performed and to check the homoscedasticity of the data, a Levene Test was performed. Subsequently, a post hoc Tukey HSD test of pairwise multiple comparisons was performed to examine the differences or similarities between the three data sets. These tests were performed using the R packages: `rstatix` v 0.7.2 (Kassambara 2023), `stats` (R Core Team 2023) and `car` v 3.1-2 (Fox & Weisberg 2019). Once the post hoc test showed to which species the bioacoustic characteristics of the populations of Costa Rica in question were more adjusted, the values of the acoustic variables were added to this species, and with this data, we made a differential diagnosis of the bioacoustic characteristics of both species.

Our sampling unit for the different statistical analysis was the recorded male, that is, we calculated for each male the mean value of the different acoustic variables and call characteristics. After clarifying to which species the populations from southeastern Costa Rica were more appropriate and adding their data to it, a new mean \pm standard deviation (SD) was calculated, followed by the range of variation (minimum-maximum). A t-student test was performed for two independent samples of the 13 acous-

tic variables examined, in order to examine the differences between the advertisement calls of *Scinax alatae* and *Scinax staufferi*, where Values of $p \leq 0.05$ were considered to be statistically significant. Finally, to visualize the variability of the acoustic parameters, box-and-whisker plots performed using the R package `ggplot2` v 3.4.3 (Wickham 2016).

RESULTS

New records

COSTA RICA: Provincia de Puntarenas, Cantón de Buenos Aires, Distrito de Buenos Aires, Buenos Aires town (9° 9'41.46"N, 83°19'55.33"W; 372 m asl). Two adult males (UCR24262–63) 2015 (Fig. 1A). A disjunct locality is: Provincia de Puntarenas, Cantón de Golfito, Distrito de Golfito, La Florida near La Mona (8°33'6.18"N, 83° 4'46.25"W; 150 masl) in 2023 (Fig. 1B).

Distribution

Following Dinerstein *et al.* (2017), the presence of *S. alatae* is expanded to the Isthmian Pacific moist forest (11 of 30 localities, including the 2 new Costa Rican ones), Panamanian dry forest (6/30), Isthmian Atlantic moist forest (9/30) which includes the type locality and 4/30 in the Southern Mesoamerican Pacific mangroves (Fig. 2). From North to south, *Scinax staufferi* has 185 locality records, distributed following Dinerstein *et al.* (2017) as follows: 4 from Veracruz moist forests, 37 from Petén-Veracruz moist forests, including the type locality, 1 from Veracruz dry forests, 3 from the Sierra de los Tuxtlas, 3 from Southern Pacific dry forests, 33 from Central American pine-oak forests, 5 from Chiapas Depression dry forests, 25 from Yucatan moist forests, 24 from Central American Atlantic moist forests, 25 from Central American dry forests, 10 from Mesoamerican Gulf-Caribbean mangroves, 13 from Isthmian-Atlantic moist forests and 2 from Costa Rican seasonal moist forests (Fig. 2).

Molecular phylogenetic

The resulting data matrix had a total sequence length of 1,226 bp, including gaps; 580 bp for 16S and 646 for COI. Three partitions were identified with the following substitution models: SYM+I+G for 16S + COI codon position 2, HKY for codon position 1 of COI, and F81 for COI codon position 3. The phylogenies from RAxML and MrBayes were almost identical in topology (Fig. 3). The individual from the south Pacific slope of Costa Rica is grouped within *S. alatae* specimens from Panama. The phylogenetic analysis found *Scinax boulengeri* as sister clade to other species. *Scinax elaeochroa* was inferred as sis-

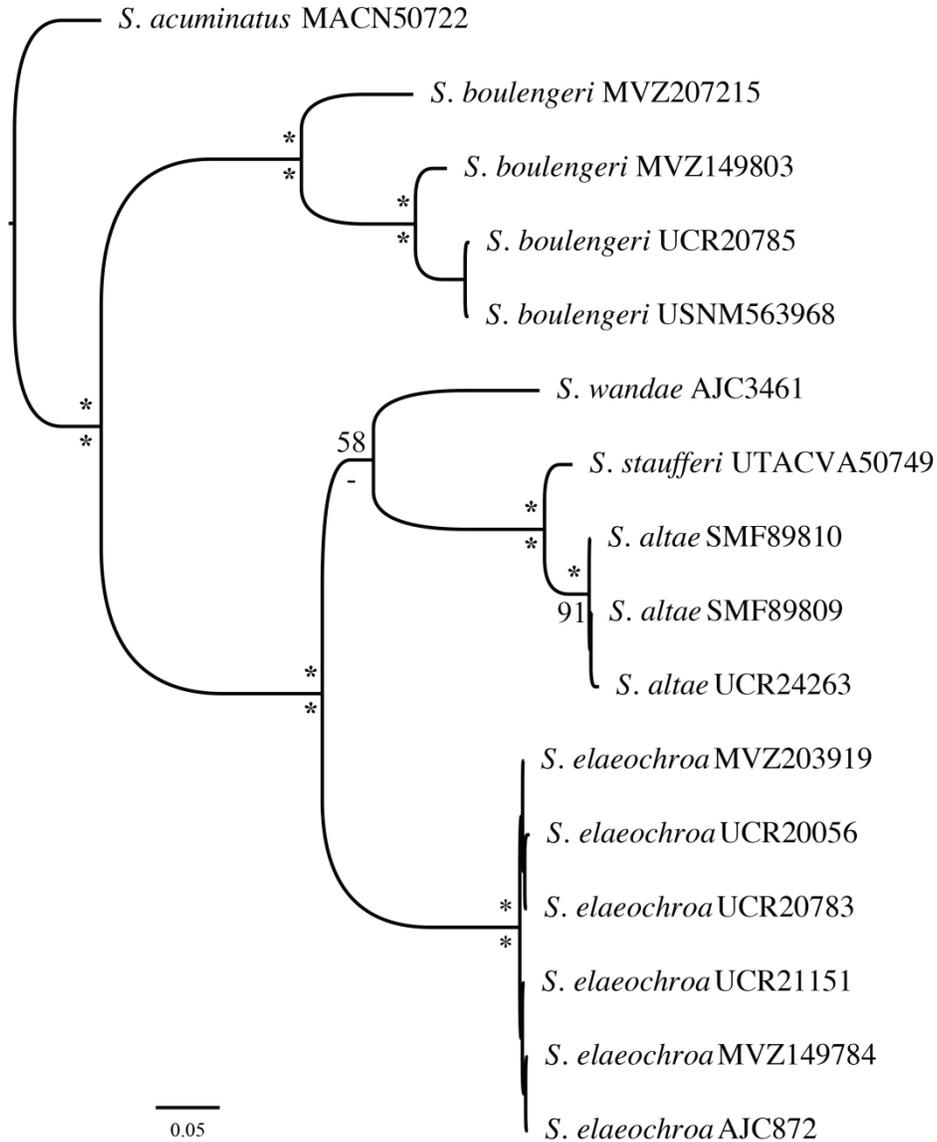


Figure 3. Bayesian phylogenetic inference shows the relationships of the *Scinax* species occurring in Costa Rica based on the 16S and COI mitochondrial DNA gene fragments. Posterior probabilities (multiplied by 100) from BEAST analysis are shown above branches. Below the branches are shown bootstrap proportions from RAxML analysis. The scale bar refers to the estimated substitutions per site. The support values of any node within the species are not shown. The asterisks represent support > 99.

ter clade to the clade formed by *Scinax cf. wandae* + [*S. altae* + *S. staufferi*]. Genetic distances between the *S. altae* and *S. staufferi* are 2.97–3.14 % for 16S.

Bioacoustics analysis

The one-way ANOVA test for 13 acoustic variables of the three data sets showed significant differences for certain bioacoustic variables. When examining the multiple comparisons using the Tukey HSD tests, it was found that the characteristics of the calls of the populations of southeastern Costa Rica better fit the characteristics of the species *Scinax altae*, since no statistical differences were found

in comparison with that species; while in contrast to *Scinax staufferi*, significant differences were found in several of the acoustic characteristics (Table 2). Once the identity of the specimens from southeastern Costa Rica was ascertained, we added them to the *Scinax altae* data, leaving a total of 152 calls analyzed for this species. The summary of call measurements is presented in Table 3.

Using the note-centered approach, both advertisement calls share a single pulsed-type note, that is, each note is subdivided into acoustic units (pulses) separated from each other by modulations of amplitude less than 100% and duration less than 50 milliseconds (ms) (Fig. 4). These

Table 2. One-way ANOVA and Tukey post-hoc test for 13 bioacoustic variables in the three data sets: (1) Populations in question from southeastern Costa Rica, (2) *Scinax altae*, (3) *Scinax staufferi*. Statistically significant results ($p \leq 0.05$) are highlighted in bold.

Acoustic measurements	One-way ANOVA	Tukey HSD		
		2-1	3-1	3-2
Call (Note) duration 90% (s)	$F(2,6) = 0,218$ $p = 0,81$ $\eta^2 = 0,068$	0,848	0,811	0,999
Intercall interval	$F(2,6) = 0,514$ $p = 0,622$ $\eta^2 = 0,146$	0,959	0,835	0,610
Num. Call/ Call series	$F(2,6) = 11,07$ $p = \mathbf{0,0097}$ $\eta^2 = 0,787$	0,919	0,019	0,018
Call series duration	$F(2,6) = 13,85$ $p = \mathbf{0,006}$ $\eta^2 = 0,822$	0,803	0,010	0,012
Intercall series interval	$F(2,6) = 12,54$ $p = \mathbf{0,019}$ $\eta^2 = 0,862$	0,928	0,026	0,025
Bandwidth 90% (Hz)	$F(2,6) = 2,695$ $p = 0,146$ $\eta^2 = 0,473$	0,248	0,136	0,905
Frequency 5% (Hz)	$F(2,6) = 6,86$ $p = \mathbf{0,028}$ $\eta^2 = 0,696$	0,991	0,071	0,037
Frequency 95% (Hz)	$F(2,6) = 5,782$ $p = \mathbf{0,040}$ $\eta^2 = 0,658$	0,222	0,034	0,324
Dominant frequency (Hz)	$F(2,6) = 7,315$ $p = \mathbf{0,025}$ $\eta^2 = 0,709$	0,769	0,107	0,025
Peak Time (s)	$F(2,6) = 2,382$ $p = 0,173$ $\eta^2 = 0,443$	0,870	0,435	0,168
Pulse Duration 90% (ms)	$F(2,6) = 0,238$ $p = 0,796$ $\eta^2 = 0,073$	0,999	0,843	0,836
Num. of pulses/call-note	$F(2,6) = 1,737$ $p = 0,254$ $\eta^2 = 0,367$	0,313	0,956	0,317
Pulse repetition rate (Pulses /s)	$F(2,6) = 0,579$ $p = 0,589$ $\eta^2 = 0,162$	0,824	0,564	0,876

Table 3. Summary and results of statistical comparisons (t Student results) for the 13 bioacoustic characteristics measured in the calls between *Scinax altae* and *Scinax staufferi*. Values are reported a mean \pm standard deviation, (minimum– maximum). n = Sample size. Statistically significant results ($p \leq 0.05$) are highlighted in bold.

Acoustic measurements	<i>Scinax altae</i> (n=152)	<i>Scinax staufferi</i> (n=138)	t-student Test
Num. Notes/call	1	1	-
Call duration 90% (s)	0,123 \pm 0,007 (0,115- 0,133)	0,127 \pm 0,020 (0,101-0,150)	t=-0,377 p= 0,718
Intercall interval (s)	0,487 \pm 0,078 (0,428-0,619)	0,425 \pm 0,101 (0,335-0,567)	t=1,047 p= 0,330
Num. Call/ Call series	6,079 \pm 1,363 (2-8)	24,333 \pm 8,165 (17-35)	t= -4,999 p= 0,002
Call series duration (s)	3,550 \pm 1,018 (2,217-4,736)	13,651 \pm 4,048 (8,763-17,739)	t= -5,457 p= 0,0009
Intercall series interval (s)	3,358 \pm 0,642 (2,633-4,205)	6,140 \pm 0,429 (5,837-6,443)	t= -5,490 p= 0,003
Frequency 5% (Hz)	1855,739 \pm 32,621 (1815,589-1899,229)	1622,684 \pm 127,448 (1528,846-1808,789)	t= 3,993 p= 0,005
Frequency 95% (Hz)	4645,477 \pm 397,300 (4086,538-4968,297)	4118,188 \pm 189,966 (3937,500-4319,712)	t= 2,418 p= 0,046
Bandwidth 90% (Hz)	2789,739 \pm 419,009 (2221,154-3136,017)	2495,504 \pm 2426,457 (2338,235-2790,865)	t= 1,279 p= 0,242
Dominant frequency (Hz)	2424,093 \pm 431,496 (1981,055-2885,449)	3542,758 \pm 421,957 (2918,179-3837,696)	t= -3,901 p= 0,006
Peak Time (s)	0,362 \pm 0,153 (0,219-0,540)	0,593 \pm 0,154 (0,362-0,680)	t= -2,245 p= 0,060
Pulse Duration 90% (ms)	4,358 \pm 0,624 (3,462- 5,100)	4,652 \pm 0,543 (3,890- 5,166)	t= -0,742 p= 0,482
Num. of pulses/call-note	21,591 \pm 0,885 (20,727-22,800)	20,998 \pm 1,217 (19,444-22,353)	t= 0,851 p= 0,423
Pulse repetition rate (Pulses /s)	131,734 \pm 5,336 (125,806-136,539)	124,589 \pm 16,271 (105,676-145,200)	t= 0,935 p= 0,381

pulsed notes do not present frequency modulations during the course of the call. The pulses that make up the notes are distinct, partly fused, without silent intervals. The majority of calls had an ascendant amplitude modulation from the first to the third pulse, until reaching a plateau, which was sustained throughout the call duration, where the first pulse always had a lower intensity (Fig. 5).

In high FFT resolution, the spectrogram is automatically structured into frequency bands (similar to towers of coins) that should not be confused with harmonics. According to Jackson (1996) and Gerhardt (1998), these frequency bands are caused by high rates of emission of acoustic structures (pulses), and thus reflect the pulse rate.

Because each coherent entity of sound emission is separated by silent intervals longer than the duration of the units themselves, we do not consider them as a series of

notes within a song, but as calls (consisting of one note) that are grouped together in call series with silent intervals between the series. Although the note-centered approach could consider the call series of songs as the coherent sound unit (call), Köhler *et al.* (2017) point out that it is important to compare homologous bioacoustic entities under a taxonomic perspective and apply the same name to them. In this way, comparative studies of advertisement calls of species in the genus *Scinax* (Carvalho *et al.* 2015, Bang & Giaretta 2016, Ferrão *et al.* 2022) coincide in considering the advertisement calls consisting of a single note, grouped into call series (Fig. 5).

The advertisement calls of *Scinax altae* are structured in call series composed of 2-8 calls per series (\bar{x} = 6,079 \pm 1,363); their duration varied from 2,217-4,736 s (\bar{x} =3,550 \pm 1,018), and they are separated by time in-

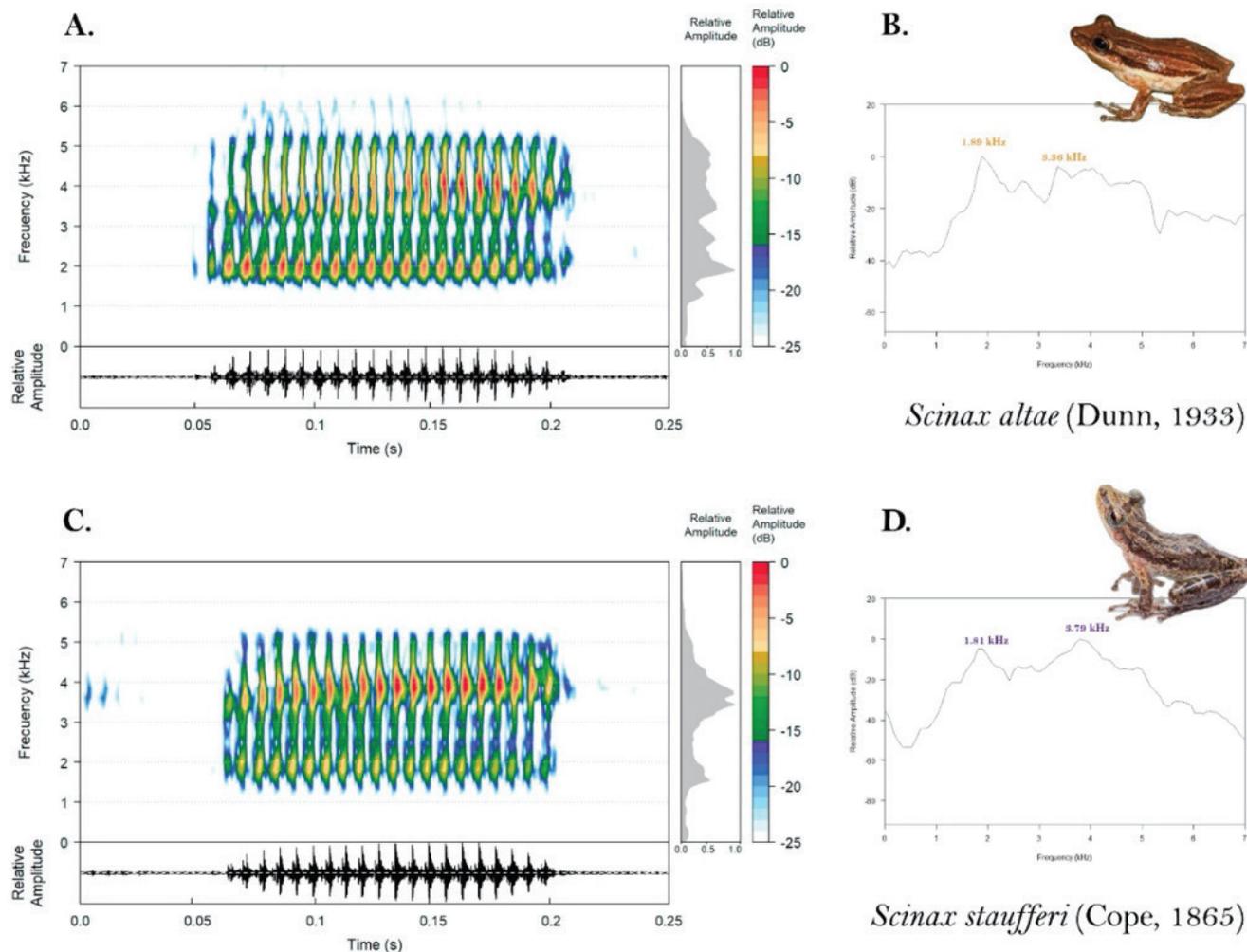


Figure 4. Comparison of the advertisement calls of *Scinax altae* and *Scinax staufferi*. Spectrogram, oscillogram (A) and mean frequency spectrum (B) of *S. altae*. Spectrogram, oscillogram (C) and mean frequency spectrum (B) of *S. staufferi*. Specimen photographs by Abel Batista and Victor Jiménez Arcos.

intervals between 2,633-4,205 s ($\bar{x} = 3,358 \pm 0,642$). Call duration varied from 0,115- 0,133 s ($\bar{x} = 0,123 \pm 0,007$), with intervals of 0,428-0,619 s ($\bar{x} = 0,487 \pm 0,078$). Calls had 20,7-22,8 pulses ($\bar{x} = 21,591 \pm 0,885$), emitted at rates of 125,806-136,539 pulses per second ($\bar{x} = 131,734 \pm 5,336$). The pulse duration varied from 3,462-5,100 ms ($\bar{x} = 4,358 \pm 0,624$). Regarding the spectral characteristics, dominant frequency varied from 1981,055-2885,449 Hz ($\bar{x} = 2424,093 \pm 431,496$); minimum frequency at 5% of the energy (Freq 5%) varied between 1815,589-1899,229 Hz ($\bar{x} = 1855,739 \pm 32,621$) and maximum frequency at 95% (Freq 95%) between 4086,538-4968,297 Hz ($\bar{x} = 4645,477 \pm 397,300$).

The advertisement calls of *Scinax staufferi* are structured in call series composed of 17 -35 calls per series ($\bar{x} = 24,333 \pm 8,165$); their duration varied from 8,763-

17,739 s ($\bar{x} = 13,651 \pm 4,048$), and were separated by time intervals between 5,837-6,443 s ($\bar{x} = 6,140 \pm 0,429$). Call duration varied from 0,101-0,150 s ($\bar{x} = 0,127 \pm 0,020$), with intervals of 0,335-0,567 s ($\bar{x} = 0,425 \pm 0,101$). Calls had 19,444-22,353 pulses ($\bar{x} = 20,998 \pm 1,217$), emitted at rates of 105,676-145,200 pulses per second ($\bar{x} = 124,589 \pm 16,271$). The pulse duration varied from 3,890- 5,166 ms ($\bar{x} = 4,652 \pm 0,543$). Regarding the spectral characteristics, dominant frequency varied from 2918,179-3837,696 Hz ($\bar{x} = 3542,758 \pm 421,957$); minimum frequency at 5% of the energy (Freq 5%) varied between 1528,846-1808,789 Hz ($\bar{x} = 1622,684 \pm 127,448$) and maximum frequency at 95% (Freq 95%) between 3937,500-4319,712 Hz ($\bar{x} = 4118,188 \pm 189,966$).

Despite the similarity, the acoustic and statistical analyses (t-student test) show that there are significant differ-

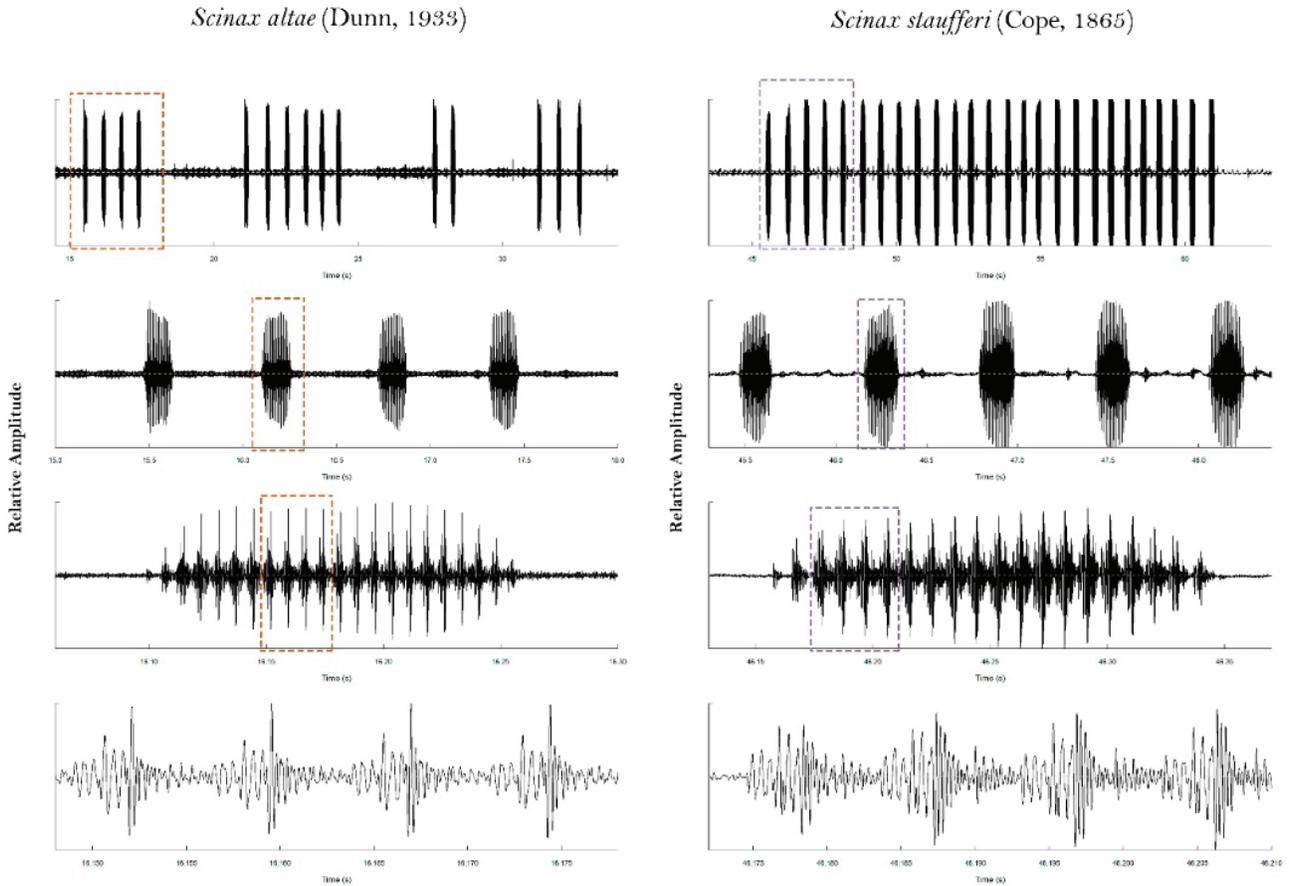


Figure 5. Advertisement calls structure. Oscillogram zooming (through shorter time slices) of *Scinax altae* and *Scinax staufferi*. Upper panel: Shown how advertisement calls are organized into call series. Short call series for *S. altae*, and very long call series for *S. staufferi*. Upper central panel: An approach to the structure of one of the call series for *S. altae* and its equivalence in time for a portion of the call series for *S. staufferi*. Lower central panel: an approach to the structure of the advertisement call, consisting of a single pulsed-type note. Lower panel: An approach to the structure of the pulses, which are distinct, partly fused, without silent intervals.

ences between the advertisement calls of these species for some structural variables (Number of notes per call); temporal variables (Call series duration, Intercall series interval); and spectral variables (Frequency 5%, Frequency 95%, Dominant frequency). The variability of the acoustic parameters can be visualized in box-and-whisker plots (Fig. 6). The most striking difference is in Dominant frequency, where *S. altae* shows $2424,093 \pm 431,496$ Hz while *S. staufferi* is much higher ($3542,758 \pm 421,957$ Hz). Likewise, it was found that the way in which their calls are organized is different. Series of short calls ($6,079 \pm 1,363$ calls per series) characterize *S. altae*, while in *S. staufferi* calls are organized in series of greater numbers ($24,333 \pm 8,165$ calls per series), showing the importance of examining and integrating these types of structural characteristics of advertisement calls, in addition to the traditional temporal and spectral characteristics.

Previous call analyses of both species (León 1969, Duellman 1970) failed to provide modern statistical data.

Observations on natural history

The Buenos Aires population is in a rapidly reducing lagoon in the middle of the city. Many species called on the night of April 30, 2018, after heavy but short rainfall; other species calling included *Dendropsophus microcephalus* (Cope, 1886), *D. ebraccatus* (Cope, 1874), *Scinax elaeochrous*, *Leptodactylus poecilochilus* (Cope, 1862). *Scinax altae* call randomly every several minutes. The call is striking but difficult to locate among so many other loud calling species.

In La Florida, only two males were located by MC, and only once each time, when the photos and recordings were made. Both individuals were seen around an artificial pond made to attract local amphibians, such as *Agalych-*

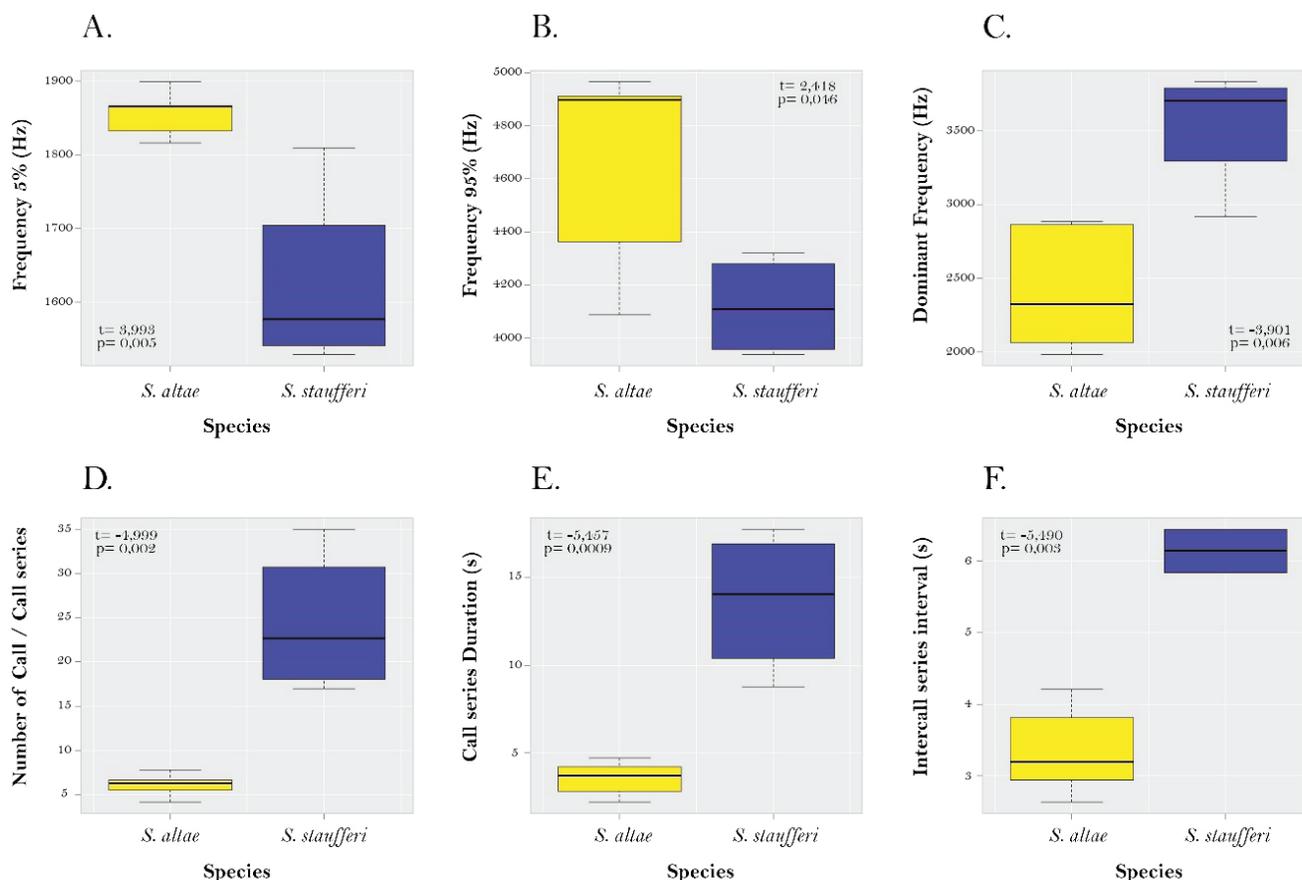


Figure 6. Box-and-whisker plots for six bioacoustic character measurements of the advertisement calls of *Scinax altae* and *Scinax staufferi*, that presented statistically significant results ($p \leq 0.05$) from t-student Test. A. Frequency 5%. B. Frequency 95%. C. Dominant Frequency. D. Number of calls/call series. E. Call series duration. F. Intercall series interval.

nis callidryas, *A. spurrelli*, *Scinax boulengeri*, *Engystomops pustulosus*, and *Leptodactylus savagei*, among others. It appears that the species is a new arrival to the area, as there is not an apparent established population, but, rather, a few single males calling and probably dispersing.

DISCUSSION

The phylogenetic evidence suggests that the populations of *Scinax* from southwestern Pacific Costa Rica can be referred to *S. altae* with high confidence. The genetic distances among *S. altae* and *S. staufferi* are around the thresholds of 3% in 16S suggested by Fouquet *et al.* (2007) to separate among species or define candidate species. However, it is necessary to highlight that the only available sequence of *S. staufferi* is from Guatemala (Araujo-Vieira *et al.* 2023); therefore, it is possible that these relationships will change with new sequences throughout the distribution range of this species. It is necessary to include

additional specimens of *S. staufferi* from Northwestern Costa Rica, to update the distribution range of this species and further delineate *S. altae* and *S. staufferi*.

At a bioacoustic level, despite the similarity that it seems to show, the acoustic and statistical analyses (t-student test) display that there are significant differences between the advertisement calls of these species, for some structural variables (number of notes per call); temporal variables (call series duration, intercall series interval) and spectral variables (frequency 5%, frequency 95%, dominant frequency). The variability of the acoustic parameters can be visualized in box-and-whisker plots (Fig. 6). The most striking difference is in Dominant frequency, where *S. altae* show $2424,093 \pm 431,496$ Hz while *S. staufferi* is quite higher ($3542,758 \pm 421,957$ Hz). Furthermore, the way in which their calls are organized is different. Series of short calls ($6,079 \pm 1,363$ calls per series) characterize *S. altae*, while in *S. staufferi* calls are organized in series of greater numbers ($24,333 \pm 8,165$ calls per series), showing the im-

portance of examining and integrating these types of structural characteristics of advertisement calls, in addition to the traditional temporal and spectral characteristics.

The record of this acoustically prominent species (*Scinax altae*) in the Pacific slopes of southern Costa Rica is highlighted due to the fact that this region has been historically well sampled and explored. This new record joins recent records of two frogs, *Pristimantis taeniatus* (Boulenger, 1912) (Arias *et al.* 2023) and *Elachistocleis pearsei* (Ruthven, 1914) (Vargas & Barrio-Amorós 2023) on the South Pacific versant of Costa Rica. Very little is known about the natural history and habitat use of these species in Costa Rica. It is necessary to evaluate whether these new records correspond to chance finds in unexplored microhabitats or if it is possible that recent expansion ranges explain their presence. The distribution ranges of these three species recently recorded for the Pacific slope of Costa Rica is limited due to big agricultural expansions (pineapple and oil palm). However, it seems possible that these species are dispersed via transportation of fruits or other agricultural items.

León (1969) and Duellman (1970) described the mating calls of *S. altae* and *S. staufferi* as a series of short nasals notes “ah-ah-ah”, which present a fundamental frequency of about 106 Hz for *S. staufferi* and around 112 Hz for *S. altae*.

Currently, the fundamental frequency to describe the advertisement calls is little used, because it can be rather difficult to identify which one is the base frequency produced by the vocal chords, therefore, pinpointing the fundamental frequency of secondary importance (Köhler *et al.* 2017).

Köhler *et al.* (2017) and Emmrich *et al.* (2020) developed a set of parameters for the description of advertisement calls. According to these authors, in general, the calls of these two species are better classified as a pulse repetition sound, since they consist of bursts of sound energy represented as several acoustic units.

ACKNOWLEDGEMENTS

We thank Edgar Chinchilla for providing the first notice of the presence of the species in Buenos Aires; Luis Díaz Gamboa sent calls of *Scinax staufferi* from Yucatan for comparison, and Gerardo Chaves “Cachi” also sent us calls recorded by Eberhard Meyer in Costa Rica. Our gratitude to Mauricio Rivera-Correa, for advice on the bioacoustic description of the frog calls, as well as to two anonymous reviewers for their useful comments. This work is benefited by the corresponding scientific collecting permits (SINAC-SE- GAS-PI-R 59-2015).

REFERENCES

- Araujo-Vieira, K., A. C. C. Lourenço, J. V. A. de Lacerda, M. L. Lyra, B. L. Blotto, S. R. Ron, D. Baldo, M. O. Pereyra, Á. M. Suárez-Mayorga, D. Baêta, R. B. Ferreira, C. L. Barrio-Amorós, C. Borteiro, R. A. Brandão, C. A. Brasileiro, M. A. Donnelly, M. J. M. Dubeux, J. Köhler, F. Kolenc, F. S. F. Leite, N. M. Maciel, I. Nunes, V. G. D. Orrico, P. L. V. Peloso, T. L. Pezzuti, S. Reichle, F. J. M. Rojas-Runjaic, H. R. da Silva, M. J. Sturaro, J. A. Langone, P. C. de A. Garcia, M. T. Rodrigues, D. R. Frost, W. C. Wheeler, T. Grant, J. P. Pombal, Jr., C. F. B. Haddad & J. Faivovich. 2023. Treefrog diversity in the Neotropics: Phylogenetic relationships of Scinaxini (Anura: Hylidae: Hylinae). *South American Journal of Herpetology* 27 (SI): 1–143.
- Arias, E., G. Chaves & G. Parra-Olea. 2018. A new species of *Craugastor* (Anura: Craugastoridae) from the montane rainforest of the Cordillera de Talamanca, Costa Rica. *Phyllomedusa* 17(2): 211–232.
- Arias, E., C. L. Barrio-Amorós, A. García & G. Chaves. 2023. Geographic distribution, advertisement call description and phylogenetic position of *Pristimantis taeniatus* (Anura: Craugastoridae). *Revista de Herpetologia Latinoamericana* 5(4): 1–9.
- Bang D. L. & A. A. Giaretta. 2016. Redescription of the advertisement calls of *Scinax tigrinus* and *Scinax maracaya* (Anura: Hylidae) and an evaluation of their differential diagnosis. *Revista Brasileira de Biociências* 14(3): 181–186.
- Carvalho T. R., B. F. V. Teixeira, W. E. Duellman & A. A. Giaretta. 2015. *Scinax cruentommus* (Anura: Hylidae) in the upper Rio Negro drainage, Amazonas state, Brazil, with the redescription of its advertisement call. *Phyllomedusa* 14(2):139–146.
- Dinerstein, E., D. Olson, A. Joshi, C. Vynne, N. D. Burgess, E. Wikramanayake, N. Hahn, S. Palminteri, P. Hedao, R. Noss, M. Hansen, H. Locke, E. C. Ellis, B. Jones, C. V. Barber, R. Hayes, C. Kormos, V. Martin, E. Crist, W. Sechrest, L. Price, J. E. M. Baillie, D. Weeden, K. Suckling, C. Davis, N. Sizer, R. Moore, D. Thau, T. Birch, P. Potapov, S. Turubanova, A. Tyukavina, N. de Souza, L. Pintea, J. C. Brito, O. A. Llewellyn, A. G. Miller, A. Patzelt, S. A. Ghazanfar, J. Timberlake, H. Klöser, Y. Shennan-Farpón, R. Kindt, J-P. Barnekow Lilleso, P. van Breugel, L. Gaudal, M. Voge, K. F. Al-Shammari & M. Saleem. 2017. An ecoregion-based approach to protecting half the terrestrial realm. *BioScience* 67(6): 534–545.
- Duellman, W. E. 1970. *The hylid frogs of Middle America*. 2 volumes. Monograph. Museum of Natural History, University of Kansas: 1–753.
- Duellman, W. E. 2001. *Hylid frogs of Middle America*. Contributions to Herpetology 18. 2nd ed. USA: Society for the Study of Amphibians and Reptiles, 694 pp.
- Duellman, W. E. & J. J. Wiens. 1992. The status of the hylid frog genus *Ololygon* and the recognition of *Scinax* Wagler, 1830. *Occasional Papers of the Museum of Natural History, University of Kansas* 151: 1–23.

- Dunn, E. R. 1933. A new *Hyla* from the Panama Canal Zone. *Occasional Papers of the Boston Society of Natural History* 8: 61–64.
- Emmrich, M., M. Vences, R. Ernst, J. Köhler, M. F. Barej, F. Glaw, M. Jansen & M.-O. Rödel. 2020. A guild classification system proposed for anuran advertisement calls. *Zoosystematics and Evolution* 96(2): 515–525.
- Ferrão, M., J. Moravec, A. S. Ferreira, L. Moraes & J. Hanken. 2022. A new snouted treefrog of the genus *Scinax* (Snura, Hylidae) from the white-sand forests of Central Amazonia. *Breviora* 573: 1–36.
- Fouquette, M. J., Jr., & A. J. Delahoussaye. 1977. Sperm morphology in the *Hyla rubra* group (Amphibia, Anura, Hylidae), and its bearing on generic status. *Journal of Herpetology* 11: 387–396.
- Fouquet, A., A. Gilles, M. Vences, C. Marty, M. Blanc & N.J. Gemmill. 2007. Underestimation of species richness in Neotropical frogs revealed by mtDNA analyses. *Plos One* 10 e1 109
- Fox J & Weisberg S. 2019. *An R companion to applied regression*. 3rd ed. Thousand Oaks, CA: Sage, <https://socialsciences.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion/>
- Frost, D. R. 2023. *Amphibian Species of the World: an Online Reference*. Version 6.2 (25 September 2023). <https://amphibiansoftheworld.amnh.org/Amphibia/Anura/Hylidae/Hylinae/Scinax/Scinax-staufferi> American Museum of Natural History, New York, USA.
- Gerhardt, H. C. 1998. Acoustic signals of animals: recording, field measurements, analysis and description. pp. 1–23. In: Hopp, S. L., M. J. Owren. & C. S. Evans (eds.). *Animal acoustic communication: Sound analysis and research methods*. Berlin: Springer.
- Ibáñez, R. D., S. Rand, M. J. Ryan & C. A. Jaramillo. 1999. *Vocalizaciones de ranas y sapos del Monumento Natural Barro Colorado, Parque Nacional Soberanía y áreas adyacentes*. Costa Rica: Sony Music Entertainment, audio CD.
- Jackson, L. 1996. Sidebands – artefacts or facts?. *Bioacoustics* 7: 163–164.
- K. Lisa Yang Center for Conservation Bioacoustics at the Cornell Lab of Ornithology. 2023. *Raven Pro: Interactive Sound Analysis Software (Version 1.6.1)* [Computer software]. Ithaca, NY: The Cornell Lab of Ornithology. Available from <https://ravensoundsoftware.com/>
- Kassambara A. 2023. *rstatix: Pipe-friendly framework for basic statistical tests*. R package version 0.7.2, <https://rpkgs.datanovia.com/rstatix/>
- Köhler, G. 2011. *Amphibians of Central America*. Offenbach, Germany: Herpeton, 379 pp.
- Köhler, J., M. Jansen, A. Rodríguez, P. J. R. Kok, L. F. Toledo, M. Emmrich, F. Glaw, C. F. B. Haddad, M.-O. Rödel & M. Vences. 2017. The use of bioacoustics in anuran taxonomy: theory, terminology, methods and recommendations for best practice. *Zootaxa* 4251: 1–124.
- Leenders, T. 2016. *Amphibians of Costa Rica: A field guide*. Ithaca, NY: Cornell University Press, 531 pp.
- León, J. R. 1969. The systematics of the frogs of the *Hyla rubra* group in Middle America. *University of Kansas Publications. Museum of Natural History* 18: 505–545.
- R Core Team. 2023. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. www.R-project.org
- Ríos-Chelén, A. A., A. N. McDonald, A. Berger, A. C. Perry, A. H. Krakauer & G. L. Patricelli. 2017. Do birds vocalize at higher pitch in noise or is it a matter of measurement?. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 71(1): [10.1007/s00265-016-2243-7](https://doi.org/10.1007/s00265-016-2243-7)
- Sambrook, J. & D.W. Russell. 2006. Purification of nucleic acids by extraction with phenol: chloroform. *Cold Spring Harbor Protocols*, pdb-prot4455.
- Savage, J. M. 2002. *The amphibians and reptiles of Costa Rica: A herpetofauna between two continents, between two seas*. Chicago, Ill.: The University of Chicago Press, 934 pp.
- Sueur, J., T. Aubin & C. Simonis. 2008. Seewave: a free modular tool for sound analysis and synthesis. *Bioacoustics* 18: 213–226.
- Sueur J. 2018. *Sound analysis and synthesis with R*. Berlin: Springer-Verlag, iv + 637 pp.
- Taylor, E. H. 1952. A review of the frogs and toads of Costa Rica. *University of Kansas Science Bulletin* 35: 577–942.
- Wickham H. 2016. *ggplot2: Elegant graphics for data analysis*. New York: Springer-Verlag, <https://ggplot2.tidyverse.org>.

Crustáceos decápodos del canal de entrada de la laguna de Punta de Piedras, isla de Margarita, Venezuela

Decapod crustaceans of the entrance channel of Punta de Piedras Lagoon, Margarita Island, Venezuela

Jonathan Vera-Caripe^{1,2} & Carlos Lira¹

¹ Grupo de Investigación en Carcinología, Universidad de Oriente, Núcleo Nueva Esparta, Calle Principal - La Marina, Boca del Río, isla de Margarita, Venezuela. Apdo. 6304.

² Centro Museo de Biología de la Universidad Central de Venezuela (MBUCV), Laboratorio de Invertebrados, Facultad de Ciencias, Paseo Los Ilustres, Los Chaguaramos, Apartado Postal 47058, Caracas 1041, Distrito Capital, Venezuela.

Correspondence: jonathanveracaripe@gmail.com

(Recibido: 10-10-2023 / Aceptado: 15-12-2023 / En línea: 31-12-2023)

RESUMEN

Las lagunas litorales o marino costeras, son ecosistemas estuarinos de gran importancia para el mantenimiento de la biodiversidad costera, así como por la gama de servicios ecosistémicos que ofrecen al ser humano. Venezuela, en el sureste del mar Caribe, cuenta con al menos 59 de estos ecosistemas, siendo el sistema litoral de la laguna de Punta de Piedras, en la isla de Margarita, uno de los menos estudiados en cuanto a su fauna marina. Debido a los vacíos de información existentes sobre la biodiversidad y a las diferentes amenazas antropogénicas presentes en este ecosistema, fue realizado un inventario de los crustáceos decápodos, mediante muestreos manuales (salabardos, bomba de succión tipo *yabby* y chinchorros playeros), durante 15 meses, entre mayo de 2007 y julio de 2008. Fueron capturados 422 individuos pertenecientes a 13 familias, 31 géneros y 41 especies. Los cangrejos (infraorden Brachyura) representaron el 84,12% del total de ejemplares analizados, siendo *Panopeus occidentalis* (Panopeidae) y *Omalacantha bicornuta* (Mithracidae), las especies con mayor ocurrencia durante los muestreos. Entre los camarones, la especie con mayor ocurrencia fue *Synalpheus cf. brevicarpus* (Alpheidae). El género con el mayor número de especies (cuatro especies) fue *Alpheus* (Alpheidae), mientras que otros 19 géneros estuvieron representados por una especie. La mayor ocurrencia de especies (26) durante los muestreos fue en las raíces del mangle rojo *Rhizophora mangle* y en praderas del pasto marino *Thalassia testudinum* (13 especies). Si bien todas las especies registradas en este sistema lagunar ya han sido señaladas para otros ecosistemas de la isla de Margarita y costas de Venezuela, destaca la importancia de una riqueza de especies elevada, con especies crípticas o poco frecuentes, en comparación con otros sistemas similares, a pesar de las múltiples amenazas registradas, como la contaminación por aguas servidas, presencia de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos, deforestación de manglares y especies introducidas. Estos resultados demuestran la necesidad urgente de proteger de forma más efectiva este complejo marino costero.

Palabras clave: amenazas a la biodiversidad, bentos, biodiversidad, lagunas marino costeras, mar Caribe, taxocenosis.

ABSTRACT

Coastal or marine coastal lagoons are estuarine ecosystems of great importance for the maintenance of coastal biodiversity, as well as for the range of ecosystem services they offer to humans. Venezuela, in the Southeast of the Caribbean Sea, has at least 59 of these ecosystems, with the coastal system of the Punta de Piedras Lagoon, on Margarita Island, being one of the least studied in terms of its marine fauna. Due to the existing information gaps on biodiversity and the different anthropogenic threats present in this ecosystem, an inventory of decapod crustaceans was carried out using manual sampling (hand nets, “yabby” type suction pump and beach nets), for 15 months, between May 2007 and July 2008. 422 individuals

belonging to 13 families, 31 genera and 41 species were captured. Crabs (infraorder Brachyura) represented 84.12% of the total specimens analyzed, with *Panopeus occidentalis* (Panopeidae) and *Omalacantha bicornuta* (Mithracidae) being the species with the highest occurrence during the sampling. Among shrimp, the species with the highest occurrence was *Synalpheus cf. brevicarpus* (Alpheidae). The genus with the greatest number of species (four species) was *Alpheus* (Alpheidae), while 19 other genera were represented by one species. The highest occurrence of species (26) during the sampling was in the roots of the red mangrove *Rhizophora mangle* and seagrass meadows *Thalassia testudinum* (13 species). Although all the species recorded in this lagoon system have already been identified for other ecosystems on Margarita Island and the coasts of Venezuela, the importance of a high species richness stands out, with cryptic or rare species, compared to other similar systems, despite the multiple threats recorded, such as pollution by wastewater, presence of organic and inorganic solid waste, deforestation of mangroves and introduced species. These results demonstrate the urgent need to more effectively protect this coastal marine complex.

Keywords: benthos, biodiversity, Caribbean Sea, coastal marine lagoons, taxocenotic, threats to biodiversity.

INTRODUCCIÓN

Las lagunas marino costeras son cuerpos de agua poco profundos, comunicados temporal o permanentemente con el mar, que reciben aportes limitados o abundantes de agua dulce y de origen fluvial o pluvial, que suelen ser transferidos, en parte, a las aguas marinas adyacentes (Ramírez-Villarroel 1996). Son ecosistemas estuarinos, por cuya salinidad, menor o mayor a la del agua de mar adyacente, son clasificados como positivos (salobres) o negativos (hipersalinos) respectivamente (Cervigón & Gómez 1986, Rodríguez *et al.* 2021, Lasso-Alcalá *et al.* 2023). Estos ecosistemas proporcionan una gran variedad de servicios ecológicos y ecosistémicos, entre los cuales se encuentran la protección costera, turismo, pesquerías comerciales y deportivas, así como la acuicultura, entre otros. Adicionalmente, albergan una notable biodiversidad y constituyen viveros naturales de gran variedad de peces, moluscos y crustáceos, entre otros grupos de organismos (Beck *et al.* 2003).

Venezuela, cuenta con 35 sistemas lagunares marino costeros continentales y 24 insulares (Lasso-Alcalá *et al.* 2023), de los cuales, 11 se encuentran en la isla de Margarita (Ramírez-Villarroel 1996). Uno de estos sistemas litorales, es la laguna de Punta de Piedras, ubicada al norte de la población homónima, en el municipio Tubores del estado Nueva Esparta, formando parte del Sistema Lagunar El Atolladar junto a los Caimanes, Juan Benito, Laguna de Raya y otras lagunas de menor tamaño (Pereira *et al.* 2019).

A pesar de formar parte de una figura administrativa de protección (Área Bajo Régimen de Administración Especial) denominada Monumento Natural Tetas de María Guevara, este cuerpo de agua está sujeto a numerosas presiones antropogénicas que amenazan la integridad y la calidad ambiental de la laguna y ponen en peligro su biodi-

versidad, la cual se mantiene aún poco conocida, pues carece de inventarios de los principales grupos taxonómicos que la conforman, con tan solo algunos estudios de peces, moluscos, foraminíferos y zooplancton (Rada 1985, Guevara 1993, Ramírez-Villarroel 1993, Mass 2006). Con la finalidad de ayudar a llenar estos vacíos de información, fue realizado un inventario preliminar de los crustáceos decápodos (anomuros excluidos) presentes en el canal de entrada de la laguna.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La laguna de Punta de Piedras (Fig. 1), está ubicada al norte de la población homónima, en el municipio Tubores del estado Nueva Esparta, a 5 m s.n.m., en el extremo sur de la isla de Margarita, entre los 10° 50' y los 10° 55' N. y entre los 64° 05' y los 64° 10' O (Ramírez-Villarroel 1996, Barcelo *et al.* 2008). Este sistema lo componen tres cuerpos de agua diferentes, la laguna de Punta de Piedras (53,61 ha.), la Laguna de Los Caimanes (19,5 ha.) y la laguna El Atolladar (40,30 ha.), con profundidades máximas que varían entre 0,5 y 2,4 m, y están comunicadas entre sí por pequeños canales que discurren a través del bosque de manglar (*Rhizophora mangle* L. y *Avicennia germinans* (L.) Stearn) que las separa y bordea casi en su totalidad (Ramírez-Villarroel 1996). El fondo del sistema lagunar está cubierto por sedimentos arenosos y fangosos (Llano 1987), y en la zona central por praderas del pasto marino *Thalassia testudinum* Banks y Sol. ex K. D. Koenig 1805. Se comunica con mar abierto por un único canal que mide cerca de 200 m de largo y presenta su mayor amplitud en la desembocadura, la cual mide entre 20 y 25 m, mientras que su profundidad máxima es de 2,5 m (Ramírez-Villarroel 1996, Pereira *et al.* 2019).

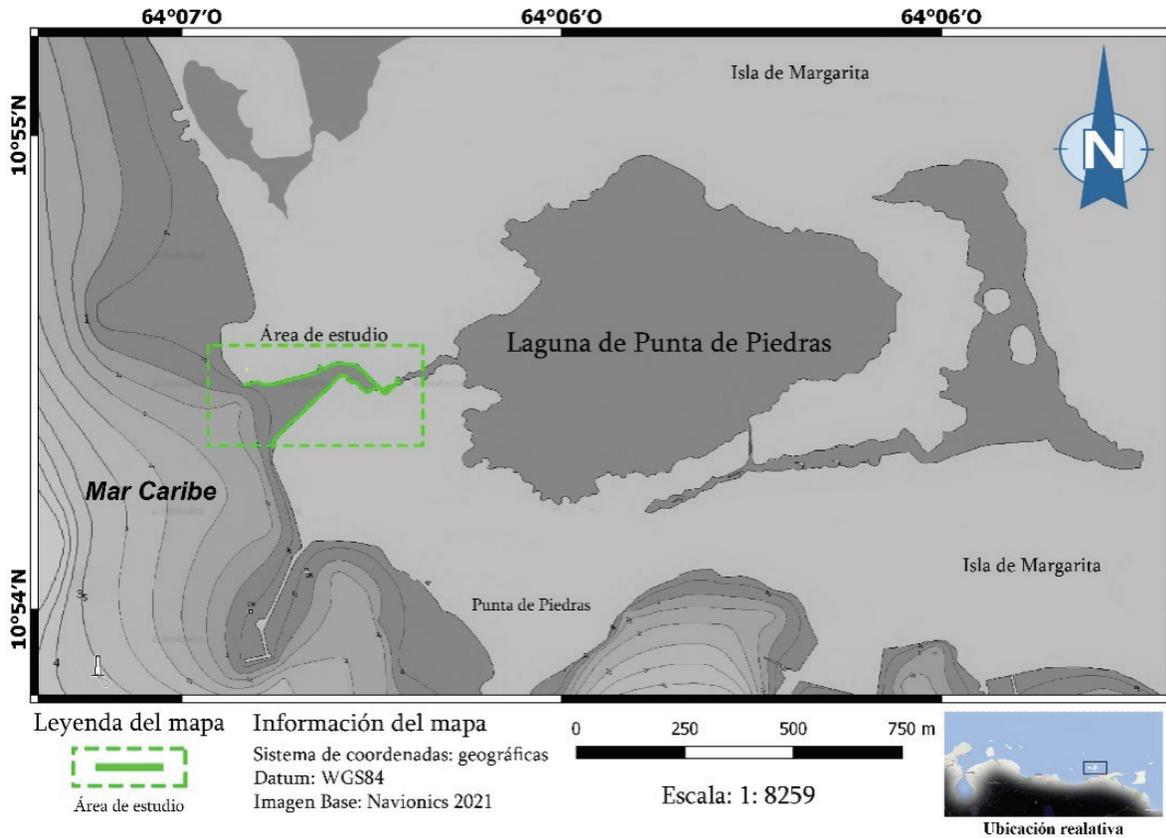


Figura 1. Ubicación del área de estudio, en el sistema litoral laguna de Punta de Piedras, isla de Margarita, Venezuela.

Debido al clima semiárido de la región, caracterizado por presentar escasas precipitaciones (3,2 a 9,6 mm) y elevada evaporación (209,8 a 320,9 mm), las aguas de este sistema lagunar presentan temperaturas entre 24,9 y 31,5 °C, y variaciones en la salinidad entre 37 y 44 UPS (Ramírez-Villaruel 1993), lo que le confiere las características típicas de un estuario negativo o hipersalino (Cervigón & Gómez 1986, Lasso-Alcalá *et al.* 2023).

Trabajo de campo y laboratorio

Los muestreos fueron realizados durante un período de 15 meses comprendidos entre mayo 2007 y julio 2008. Los crustáceos fueron recolectados manualmente a lo largo del canal de entrada de la laguna, haciendo uso para ello de salabardos, bomba de succión tipo *yabby* y chinchorros playeros, adicionalmente fueron realizados muestreos en raíces de mangle rojo, esponjas, mejillones, ascidias y otros organismos para extraer los crustáceos asociados a éstos. Los ejemplares recolectados fueron colocados en frascos de vidrio debidamente rotulados e introducidos en un contenedor con hielo para aletargarlos y así prevenir la autotomía de los apéndices y posteriormente fijarlos y preservarlos en alcohol etílico al 70%. El material correspondiente al infraorden Anomura MacLeay, 1838 fue excluido

del presente inventario debido a problemas en el procesamiento y preservación, ya que el material se dañó antes de ser identificado.

La determinación taxonómica de los organismos fue realizada hasta la categoría más baja posible con ayuda de claves y/o descripciones suministradas por Coutière (1909), Holthuis (1951a, b, 1952, 1980), Pérez-Farfante (1969), Chace (1972), Rodríguez (1980), Williams (1984), Abele & Kim (1986), Rodríguez (1986), Pérez-Farfante & Kensley (1997), Martínez-Iglesias *et al.* (1997), Melo (1999) y Anker *et al.* (2012). Para el ordenamiento taxonómico general se siguió a Poore & Ah Yong (2023). Una colección de referencia de las especies encontradas en este estudio fue depositada en el Laboratorio de Carcinología de la Universidad de Oriente, Núcleo Nueva Esparta.

RESULTADOS

Fueron analizados 422 crustáceos decápodos, identificando un total de 41 especies pertenecientes a 31 géneros y 13 familias (Tabla 1). Los cangrejos (infraorden Brachyura Latreille, 1802) representaron el 84,12% del total de ejemplares estudiados, siendo *Panopeus occidentalis* de Saussure, 1857 (Panopeidae Ortmann, 1893) y *Omalacantha bicor-*

Tabla 1. Crustáceos decápodos de la laguna de Punta de Piedras y sustratos en donde fueron recolectados.

Nº	Familias	Especies	Sustrato				
			<i>Thalassia testudinum</i>	Raíces de mangle	Esponjas	Galerías en el sedimento	<i>Crassostrea rizophorae</i>
1	Sicyonidae	<i>Sicyonia laevigata</i> Stimpson, 1871	X				
2		<i>Sicyonia typica</i> (Boeck, 1864)	X				
3	Palaemonidae	<i>Ancylomenes pedersoni</i> (Chace, 1958)		X	X		
4		<i>Cuapetes americanus</i> (Kingsley, 1878)		X			
5		<i>Palaemon northropi</i> (Rankin, 1898)		X			
6		<i>Periclimenes iridescens</i> Lebour, 1949		X			
7		<i>Periclimenes yucatanicus</i> (Ives, 1891)		X	X		
8	Alpheidae	<i>Alpheus heterochaelis</i> Say, 1818				X	
9		<i>Alpheus estuarensis</i> Christoffersen, 1984				X	
10		<i>Alpheus packardii</i> Kingsley, 1880	X				
11		<i>Alpheus nuttingi</i> (Schmitt, 1924)	X				
12		<i>Leptalpheus felderi</i> Anker, Vera-Caripe & Lira, 2006				X	
13		<i>Salmones carvachoi</i> Anker, 2007				X	
14		<i>Synalpheus</i> cf. <i>brevicarpus</i> (Herrick, 1891)		X			
15		<i>Synalpheus apioceros</i> Coutière, 1909		X			
16		<i>Synalpheus fritzmuelleri</i> Coutière, 1909		X			
17		Hippolytidae	<i>Latreutes parvulus</i> (Stimpson, 1871)	X			
18	<i>Thor manningi</i> Chace, 1972		X	X			
19	Axianassidae	<i>Axianassa</i> sp. Schmitt, 1924				X	
20	Mithracidae	<i>Mithrax hispidus</i> (Herbst, 1790)	X	X			
21		<i>Mitraculus forceps</i> A. Milne-Edwards, 1875 (Fig. 3c)	X	X			
22		<i>Omalacantha bicornuta</i> (Latreille, 1825) (Fig. 3d)	X	X			
23	Epialtidae	<i>Epialtus bituberculatus</i> H. Milne Edwards, 1834 (Fig. 3e)	X				
24	Grapsidae	<i>Goniopsis cruentata</i> (Latreille, 1803)		X			
25		<i>Pachygrapsus gracilis</i> (Saussure, 1858)		X			
26		<i>Pachygrapsus transversus</i> (Gibbes, 1850)		X			
27	Sesarmidae	<i>Aratus pisonii</i> (H. Milne Edwards, 1837)		X			
28	Partenopidae	<i>Heterocrypta granulata</i> (Gibbes, 1850) (Fig. 3a)				X	
29	Pinnotheridae	<i>Glassella floridana</i> (Rathbun, 1918)				X	
30		<i>Zaops ostreum</i> [Say, 1817 (en Say, 1817-1818)](Fig. 3f)					X
31	Portunidae	<i>Callinectes exasperatus</i> (Gerstaecker, 1856)	X				
32		<i>Charybdis helleri</i> (A. Milne-Edwards, 1867) (Fig. 3b).	X	X			
33		<i>Cronius ruber</i> (Lamarck, 1818)	X	X			

Tabla 1. Continuación

Nº	Familias	Especies	Sustrato				
			<i>Thalassia testudinum</i>	Raíces de mangle	Esponjas	Galerías en el sedimento	<i>Crassostrea rizophorae</i>
34	Panopeidae	<i>Hexapanopeus paulensis</i> Rathbun, 1930		X			
35		<i>Micropanope</i> sp. Stimpson, 1871		X			
36		<i>Acantholobulus bermudensis</i> (Benedict & Rathbun, 1891)		X			
37		<i>Panopeus herbstii</i> H. Milne Edwards, 1834		X			
38		<i>Panopeus occidentalis</i> de Saussure, 1857		X			
39	Pilumnidae	<i>Pilumnus caribaeus</i> Desbonne en Desbonne & Schramm, 1867		X			
40		<i>Pilumnus dasypodus</i> Kingsley, 1879		X			
41		<i>Pilumnus gemmatus</i> Stimpson, 1860		X			

nuta las especies con mayor frecuencia de ocurrencia en los muestreos, mientras que entre los camarones la especie más frecuente fue *Synalpheus* cf. *brevicarpus* (Fig. 2). El género con mayor cantidad de taxones (4 especies) fue *Alpheus* Fabricius, 1798, mientras que 19 géneros estuvieron representados solo por una especie.

La mayor parte de las especies fueron capturadas en asociación con las raíces del mangle rojo (26 especies) y praderas de *Thalassia testudinum* (13 especies), seguidas en menor número por organismos infaunales que construyen túneles o galerías en el sedimento (siete especies), las esponjas (dos especies) y la ostra de mangle *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828) (una especie) (Tabla 1).

DISCUSIÓN

Todas las especies encontradas en el presente estudio son nuevos registros para la laguna de Punta de Piedras y han sido previamente registradas en Venezuela, incluyendo el estado Nueva Esparta (Morao 1983, Soler 1984, Hernández 1992, 1999, Marcano 1996, Vera-Caripe & Lira 2019). Juveniles de *Penaeus brasiliensis* Latreille, 1817 y de *P. notialis* Pérez-Farfante, 1967, han sido encontrados con frecuencia y abundantemente en el interior de las lagunas litorales de la isla de Margarita (Hernández 1992), sin embargo, en este estudio no fueron capturados ejemplares de estas especies, quizás debido a problemas referentes al método de muestreo y no a la ausencia de las mismas en la laguna.

Las especies más frecuentes en los muestreos fueron los braquiuros *Panopeus occidentalis*, *Omalacantha bicornuta* y el camarón carideo *Synalpheus* cf. *brevicarpus*. La presencia de *P. occidentalis* en las islas del estado Nueva Esparta ha

sido ampliamente documentada (Rodríguez 1959, 1980, Soler 1984, Marcano 1987, Hernández 1992, Hernández *et al.* 1999, Hernández-Ávila *et al.* 2007), y es una especie relativamente frecuente en ambientes rocosos (debajo de rocas y coral muerto) y raíces sumergidas de mangle rojo (Soler 1984, Lira 2004, Vera 2016); también puede ser encontrada asociada a esponjas, ascidias y algas (Williams 1984).

Omalacantha bicornuta también es una especie muy frecuente y su presencia en el país no solo ha sido documentada para la isla de Margarita, sino también para los islotes Lobos y Caribe, archipiélagos de Los Frailes y Los Roques, e islas de Aves, La Blanquilla, Cubagua y La Tortuga, así como en el territorio continental en los estados Sucre, Falcón y Zulia (según Vera 2016) y sobre una gran variedad de sustratos, como raíces de mangle, praderas de *Thalassia*, sobre corales del género *Porites* Link, 1807, rocas, corales muertos, algas, esponjas, colonias de hidroides y anémonas (Rodríguez 1980, Williams 1984, Hernández 1992, Lira 2004), esta amplia diversidad de ecosistemas, hábitats y asociaciones interespecíficas puede explicar por qué fue uno de los crustáceos decápodos con mayor frecuencia de ocurrencia en el presente estudio.

Synalpheus cf. *brevicarpus* fue otra de las especies muy frecuentes durante los 15 meses de muestreo. Esta especie, al igual que *Panopeus occidentalis* y *Omalacantha bicornuta*, tiene una amplia distribución en el continente americano y Venezuela (Anker *et al.* 2012, Vera-Caripe & Lira 2019), además su presencia está documentada en una gran variedad de sustratos como esponjas, raíces de mangle, rocas, coral muerto y otros (obs. pers.). *Synalpheus brevicarpus* conforma un complejo de especies que incluyen a *S. brevicarpus*, *S. digueti* Coutière, 1909 y a otras especies aun



Figura 2. *Synalpheus cf. brevicarpus* (Herrick, 1891) hembra.

sin describir o en estado taxonómico abierto (Anker *et al.* 2012, Vera-Caripe & Lira 2019).

Por lo general, los sustratos duros presentan mayor biodiversidad que los sustratos no consolidados, entre otras causas, por su mayor complejidad estructural y por presentar mayor superficie disponible por unidad de área (Lira 1997). En el presente estudio, el sustrato de raíces de mangle presentó mayor número de especies (26 especies), lo cual coincide con los resultados reportados por Soler (1984) para la laguna de La Restinga, pero difiere de lo hallado por Maza (1986) para la laguna del Morro y por Hernández (1992) para Las Marites, donde los sustratos fangoso y rocoso presentaron mayor número de especies, respectivamente.

El empleo de la bomba de succión tipo *yabby* contribuyó a aumentar el número de especies, pues las especies infaunales son difíciles de recolectar por otros métodos y frecuentemente están ausentes de los inventarios faunísticos, tal es el caso de los Alpheidae: *Alpheus estuariensis*, *A. heterochaelis*, *Leptalpheus felderi* y *Salmoneus carvachoi*; el gebiideo *Axianassa* sp. y los braquiuros *Heterocrypta granulata* y *Glassella floridana*. Algunas de estas especies fueron halladas en asociaciones simbióticas con otros crustáceos como en los casos de *A. estuariensis*, *S. carvachoi* y *Axianassa* sp., que fueron recolectados compartiendo un mismo sistema de galerías. Otra posible asociación fue la del cangrejo *H. granulata*, el cual fue hallado enterrado en

la arena junto a varios moluscos bivalvos del género *Trachicardium* Mörch, 1853.

Por otra parte, es importante señalar la presencia en la laguna del cangrejo portúnido *Charybdis helleri*. Esta especie exótica invasora presenta una distribución natural que incluye las costas de los océanos Índico y Pacífico occidental (Lemaitre 1995). En Venezuela se conoce su presencia desde 1985 (Lira & Vera Caripe 2016) y ha sido registrada como exótica establecida e invasora a lo largo de toda la costa de Venezuela (Bolaños *et al.* 1997, Rodríguez & Suárez 2001, Morán & Atencio 2006).

La laguna de Punta de Piedras presenta serios problemas de conservación como: contaminación por aguas servidas (Barceló *et al.* 2008), metales pesados (Barceló 2008), desechos sólidos, deforestación del manglar (Lira 2001) y más recientemente, uso de la misma para el cultivo incontrolado del alga exótica e invasora *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty ex P.C. Silva, 1996 (SVA 2023).

Aunque este estudio se refiere solo al canal de entrada de la laguna de Punta de Piedras, el registro de 41 especies indica que este cuerpo de agua alberga una importante diversidad de crustáceos decápodos, en comparación con otras lagunas costeras del estado, pues Soler (1984) señaló 64 especies de decápodos para La Restinga, incluyendo siete especies de anomuros. Por su parte, Hernández (1992) señaló 62 especies para Las Marites, de las cuales 15 eran anomuros, mientras que Maza (1986) en la laguna del Mo-

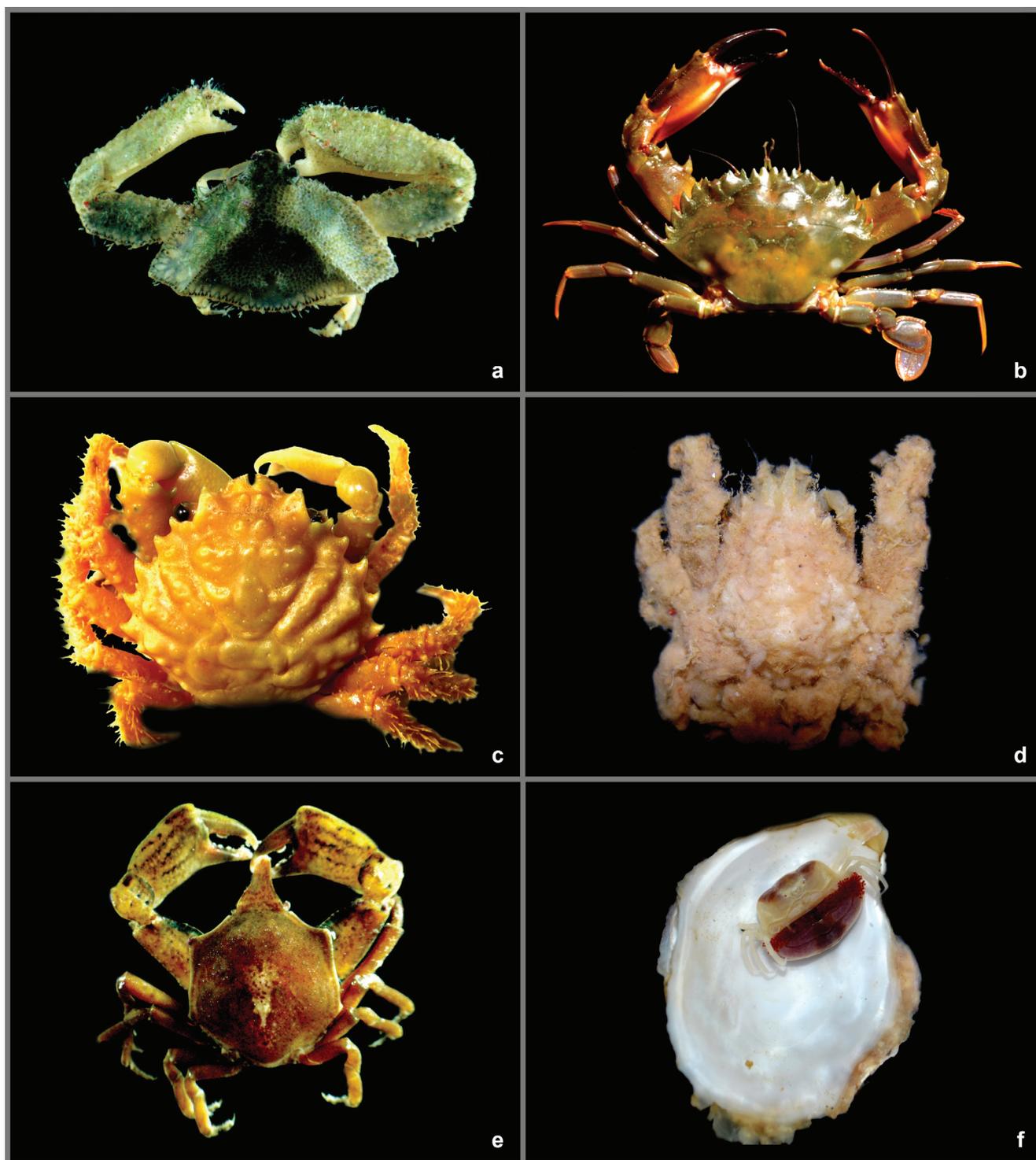


Figura 3. Algunos representantes del infraorden Brachyura presentes en la laguna de Punta de Piedras, isla de Margarita. A. *Heterocrypta granulata* (Gibbes, 1850) macho. B. *Charybdis helleri* (A. Milne-Edwards, 1867) macho. C. *Mitraculus forceps* A. Milne-Edwards, 1875 macho (coloración postmortem). D. *Omalacantha bicornuta* (Latreille, 1825). E. *Epialtus bituberculatus* H. Milne Edwards, 1834. F. *Zaops ostreum* [Say, 1817 (en Say, 1817-1818)].

rro solo registró 38 especies de crustáceos, incluyendo decápodos (29 especies, incluidas seis especies del infraorden Anomura), cirrípedos, isópodos y anfípodos.

Estos resultados demuestran la necesidad urgente de proteger de forma efectiva este ecosistema o complejo marino costero, más allá de su mera inclusión dentro de un Área Bajo Régimen de Administración Especial, por la importancia de la misma en el mantenimiento de la biodiversidad marina insular.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento al Instituto de Investigaciones Científicas (IIC) de la Universidad de Oriente, núcleo Nueva Esparta (UDONE), por prestarnos la colaboración en las salidas de campo. A Joauris Luna Noriega, Ximena Hernández-Flores y Henry Montoya por su colaboración en la captura de las muestras y en la identificación taxonómica de algunos organismos. A dos evaluadores anónimos y a Oscar Lasso-Alcalá, por los comentarios, sugerencias, información y referencias bibliográficas que ayudaron a mejorar la presentación y contenido de este artículo.

REFERENCIAS

- Abele, L. & W. Kim. 1986. *An illustrated guide to the marine decapods crustaceans of Florida*. Department of Environmental Regulation. Techniques Series 8: 1–326.
- Anker, A., P. Pachel, S. De Grave & K. Hultgren. 2012. Taxonomic and biological notes on some Atlantic species of the snapping shrimp genus *Synalpheus* Spence Bate, 1888 (Decapoda, Alpheidae). *Zootaxa* 3598: 1–96.
- Barceló, A. 2008. *Determinación de metales, en sedimento marino y sestón de la región marino-costera de Punta de Piedras, isla de Margarita, estado Nueva Esparta*. Cumaná: Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, 154 pp. (tesis de maestría)
- Barceló A., L. Mairin & E. Izaguirre. 2008. Parámetros geoquímicos en sedimentos superficiales de la región marino-costera de Punta de Piedras, isla de Margarita, estado Nueva Esparta. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela* 47(1): 33–40.
- Beck, M. W., K. L. Heck, Jr., K. W. Able, D. L. Childers, D. B. Eggleston, B. M. Gillanders, B. S. Halpern, C. G. Hays, K. Hoshino, T. J. Minello, R. J. Orth, P. F. Sheridan & M. P. Weinstein. 2003. The role of nearshore ecosystems as fish and shellfish nurseries. *Issues in Ecology* 11: 1–12.
- Bolaños, J., G. Hernández, J. E. Hernández & J. C. Martínez-Iglesias. 1997. Presencia de *Charibdys helleri* (A. Milne-Edwards, 1867) (Crustacea: Decapoda: Portunidae) en aguas marinas de Venezuela. *Avicennia* 6/7: 147–148.
- Cervigón, F. & A. Gómez. 1986. *Las lagunas litorales de la isla de Margarita sus recursos y su conservación*. Caracas: Fundación Científica Los Roques / Editorial Arte, 89 pp.
- Chace, F. 1972. The shrimps of the Smithsonian-Breeding Caribbean expeditions with a summary of the West Indian shallow-water species (Crustacea: Decapoda: Natantia). *Smithsonian Contributions to Zoology* 98: 1–170.
- Coutiere, H. 1909. The American species of snapping shrimps of the genus *Synalpheus*. *Proceedings of the United States National Museum* 36: 1–93.
- Guevara, P. I. 1993. Distribución y sistemática de los foraminíferos bentónicos en la Laguna de Punta de Piedras, isla de Margarita, Venezuela. *Memoria de la Sociedad de Ciencias Naturales La Salle* 140: 77–90.
- Hernández, G. 1992. *Crustáceos decápodos bentónicos de la Laguna de Las Marites, isla de Margarita*. Cumaná: Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, 227 pp. (tesis de maestría)
- Hernández, G., L. Lares, J. Bolaños & J. Hernández. 1999. Crustáceos decápodos bentónicos de la Laguna de Las Marites, isla de Margarita, Venezuela. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela* 38(2): 25–32.
- Hernández-Ávila, I., A. Gómez, C. Lira & L. Galindo. 2007. Benthic decapod crustaceans (Crustacea: Decapoda) of Cubagua Island, Venezuela. *Zootaxa* 1557: 33–45.
- Holthuis, L. 1951a. The subfamilies Euryrhynchinae and Pontoninae. Part I. *In*: A general revision of the Palaemonidae (Crustacea: Decapoda: Natantia) of the Americas. *Allan Hancock Foundation Publications Occasional Papers* 11: 1–332, 63 pls.
- Holthuis, L. 1952. A general revision of the Palaemonidae (Crustacean: Decapoda: Natantia) of the Americas. II. The Subfamily Palaemonidae. *Allan Hancock Foundation Publications Occasional Papers* 12: 1–396.
- Lasso-Alcalá, O. M., J. A. Bello Pulido, E. Quintero-T., I. D. Mikolji & J. H. Peñuela. 2023. The Mozambique Tilapia (*Oreochromis mossambicus*), in hypersaline waters of Venezuela, Southeastern Caribbean Sea. *Anartia*. 36: 51–62.
- Lira, C. 1997. *Crustáceos anomuros costeros de la península de Macanao, isla de Margarita, Venezuela*. Cumaná: Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, 201 pp. (tesis de maestría)
- Lira, C. 2001. *Saneamiento y recuperación integral de la Laguna de Punta de Piedras*. Margarita, Nueva Esparta: Alcaldía del Municipio Tubores, 42 pp.
- Lira, C. 2004. *Crustáceos decápodos litorales de la isla de La Tortuga, Venezuela*. Caracas: Informe final Fonacit. Proyecto S1-99000932, 223 pp. (informe técnico)
- Lira, C. & J. Vera-Caripe. 2016. Alien marine decapod crustaceans in the Caribbean: A review with first record of *Athanas dimorphus* Ortmann, 1984 (Caridea: Alpheidae). *Acta Biologica Venezuelica* 36(1): 1–17.
- Llano, M. 1987. Dinámica sedimentaria de la Laguna de Punta de Piedras: I. Época de mareas mínimas. *Memoria de la Sociedad de Ciencias Naturales La Salle* 127-128: 37–75.

- Mass, F. 2006. *Los Moluscos de la Laguna de Punta de Piedras, isla de Margarita, Venezuela, su distribución y abundancia*. Punta de Piedras: Instituto Universitario de Tecnología del Mar, Fundación La Salle de Ciencias Naturales, 89 pp. (trabajo de grado)
- Marcano, J. G. 1987. *Cangrejos Brachyura de la isla de Margarita, estado Nueva Esparta*. Cumaná: Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, 123 pp. (tesis de maestría)
- Marcano, J. G. 1996. *Cangrejos Brachyura de las islas de Margarita y Cubagua y de los islotes Lobos y Caribe*. Universidad de Oriente, Escuela de Ciencias Aplicadas del Mar, 122 pp. (trabajo ascenso).
- Martínez-Iglesias, J. C., R. Ríos & A. Carvacho. 1997. Las especies del género *Alpheus* (Decapoda: Alpheidae) de Cuba. *Revista de Biología Tropical* 44(3) /45(1): 401–429.
- Maza, M. 1986. *Taxonomía, distribución y abundancia de los crustáceos de la Laguna El Morro, isla de Margarita, estado Nueva Esparta, Venezuela*. Venezuela: Universidad de Oriente, 94 pp. (tesis de grado)
- Melo, G. 1999. *Manual de identificação dos crustacea decapoda do litoral brasileiro: Anomura, Thalassinidea, Palinuridea, Astacidea*. São Paulo: Editora Plêiade, 551 pp.
- Morán, R. & M. Atencio. 2006. *Charybdis hellerii* (Crustacea: Decapoda: Portunidae), especie invasora en la península de Paraguaná, estado Falcón, Venezuela. *Multiciencias* 6(2): 202–209.
- Morao, A. 1983. *Diversidad de fauna de moluscos y crustáceos asociados a raíces de mangle rojo Rhizophora mangle, en la Laguna de La Restinga*. Venezuela: Universidad de Oriente, 95 pp. (tesis de grado)
- Pereira, G., F. López-Monroy, K. Salazar & I. Colmenares. 2019. Condiciones hidrográficas de la Laguna de Punta de Piedras, isla de Margarita, Venezuela. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela* 58(2): 3–13.
- Pérez-Farfante, I. 1969. Western Atlantic shrimps of the genus *Penaeus*. *Fishery Bulletin* 67: 461–591.
- Pérez-Farfante, I. & B. Kensley. 1997. Penaeoid and sergestoid shrimps and prawns of the world. *Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle* 175: 1–233.
- Poore, G. C. B. & S. T. Ahyong. 2023. *Marine decapod Crustacea: A guide to families and genera of the world*. Boca Raton: CSIRO Publishing, CRC Press, 916 pp.
- Rada, J. 1985. *Variación del zooplancton y su relación con los cambios de marea en la Laguna de Punta de Piedras, isla de Margarita, Venezuela, durante septiembre de 1984*. Punta de Piedras: Instituto Universitario de Tecnología del Mar. Fundación La Salle de Ciencias Naturales, 75 pp. (trabajo de grado)
- Ramírez-Villarroel, P. 1993. Ecología y estructura de las comunidades de peces de la Laguna de Punta de Piedras, isla de Margarita, Venezuela. *Memoria de la Sociedad de Ciencias Naturales La Salle* 139: 23–46.
- Ramírez-Villarroel, P. 1996. *Lagunas costeras venezolanas*. Porlamar: Editorial Benavente & Martínez, 275 pp.
- Rodríguez, B. 1986. *Los camarones (Crustacea: Decapoda: Natantia) del Parque Nacional Archipiélago de Los Roques*. Caracas: Universidad Central de Venezuela, 350 pp. (tesis de grado)
- Rodríguez, E., E. Ron, I. Mikolji, J. L. Fuentes & O. M. Lasso Alcalá. 2021. Invasive Mozambique tilapia (*Oreochromis mossambicus*), dominates Southeastern Caribbean Sea island estuary. *Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales* 188: 75–104.
- Rodríguez, G. 1959. The marine communities of Margarita Island, Venezuela. *Bulletin of Marine Science of the Gulf and Caribbean* 9(3): 237–280.
- Rodríguez, G. 1980. *Crustáceos decápodos de Venezuela*. Caracas: Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, 444 pp.
- Rodríguez, G. & H. Suárez. 2001. Anthropogenic dispersal in aquatic environments. *Interciencia* 26(7): 282–286.
- SVA [Sociedad Venezolana de Acuicultura]. 2023. Algunos comentarios sobre la alguicultura en la Laguna de Punta de Piedras, isla de Margarita, Venezuela. *El Acuicultor* 3(2): 50–54.
- Soler, M. 1984. *Crustáceos decápodos de la Laguna de la Restinga, isla de Margarita, Venezuela*. Cumaná: Universidad de Oriente, 139 pp. (tesis de grado)
- Vera, J. 2016. *Inventario de crustáceos decápodos bentónicos en áreas del Parque Nacional Mochima, Anzoátegui, Venezuela*. Cumaná: Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, 268 pp. (tesis de maestría).
- Vera-Caripe, J. & C. Lira. 2019. Camarones litorales (Crustacea: Penaeoidea y Caridea) de la isla de Coche, estado Nueva Esparta, Venezuela. *Acta Biológica Venezuelica* 39(1): 1–47.
- Williams, A. B. 1984. *Shrimps, lobsters, and crabs of the Atlantic coast of the eastern United States, Maine to Florida*. Washington, D. C.: Smithsonian Institute Press, xviii + 550 pp.

Noticias

Hallazgo entomológico en Australia

Recientemente (junio-septiembre 2023) llevamos a cabo investigaciones en los gabinetes históricos de Alexander Macleay (1767-1848) en el Museo Chau Chak Wing de la Universidad de Sydney, Australia. El objetivo de este proyecto fue localizar algunos posibles ejemplares tipo de especies de mariposas descritas por contemporáneos de Alexander Macleay, en particular Johan C. Fabricius (1745-1808), Dru Drury (1724-1803) y Edward Donovan (1768-1837). Estos miembros de la industriosa comunidad de entomólogos linneanos de Londres practicaban intensos intercambios de muestras y compraban colecciones de historia natural, lo que vino a complicar posteriormente el rastreo de los especímenes que en muchos casos fueron la fuente de sus estudios fundacionales en entomología sistemática. Sin embargo, sorprendentemente durante estas investigaciones se localizaron en Sydney más de doscientos cincuenta tipos primarios de lepidópteros (McIntyre 2023).

El Museo Chau Chak Wing alberga las colecciones biológicas y parte de la biblioteca personal de Alexander Macleay, comerciante de vinos, funcionario público británico, y primer secretario de la Sociedad Linneana de Londres (1798-1825), puesto que le dio acceso íntimo y privilegiado a las colecciones vendidas y comercializadas en su época en Londres. En 1826 fue nombrado Secretario Colonial de Nueva Gales del Sur, Australia. Llegó a Sydney con su familia y pertenencias, las cuales incluían sus famosos gabinetes, privando tempranamente a los círculos académicos de Inglaterra y Europa del acceso a una importante acumulación de objetos de historia natural (Stanbury & Holland 1988, Cherry 2012, Donaldson 2017). A través del estudio razonado de ejemplares de catálogos de diversas subastas, conservados en Sydney y anotados a mano por el propio Macleay, está siendo posible reconstruir, al menos parcialmente, la complejidad histórica de sus gestiones para adquirir, en particular, gran parte de las colecciones de Drury y Donovan.

El estudio minucioso de las cajas de muestras de Macleay y las láminas coloreadas a mano de Moses Harris (1730-1787) publicadas en las *Illustrations of Natural History* (Drury, 1770, 1773, 1782), dieron como resultado la detección inesperada de una alta proporción de las muestras biológicas originalmente examinadas para ilustrar los insectos lepidópteros que aparecen descritos en estos volúmenes pioneros de la entomología mundial (Calhoun, 2023a, 2023b).

También fueron fundamentales para estos estudios las legendarias acuarelas de William Jones of Chelsea (1745-1818) (Waterhouse 1938), que representan pictóricamente no sólo

una parte importante de la excelente colección entomológica de Drury, sino también de la del propio Jones y de sus contemporáneos John Francillon (1744-1816) y John Latham (1740-1837), entre otros. Durante el tedioso examen de la gran colección entomológica de Macleay, se identificaron numerosos especímenes de mariposas, preservados en el siglo XVIII. Esta tarea solo ha sido posible gracias a la asombrosa precisión de Jones como ilustrador y al cuidado de tan valiosas muestras por varias generaciones de curadores de los gabinetes de Macleay en Sydney.

Los *Icones* de Jones, gruesos volúmenes conservados durante casi un siglo en la Universidad de Oxford, solo pudieron ponerse al alcance del gran público en los últimos años (Vane-Wright/OUM, 2021). Su mérito artístico es notable, a lo que se agrega el tremendo valor científico que tienen por haber sido estudiados por el entomólogo danés, discípulo favorito de Linnaeus, Johann Christian Fabricius, durante la elaboración de su *Entomologia Systematica* (Fabricius 1793), obra en la que describió poco más de 150 especies de mariposas basándose en las acuarelas de Jones. Fabricius y Jones establecieron un eficaz sistema de referencias cruzadas entre sus textos y figuras, respectivamente, que ha permitido la posterior identificación inequívoca de estos taxones.

Durante nuestros estudios identificamos y etiquetamos: los tipos primarios de 91 de las 104 especies nominales de lepidópteros diurnos (87,5%) descritas por Dru Drury (1773-1782); los tipos primarios de 151 de las 205 especies nominales de mariposas (73,7%) descritas por Johan Christian Fabricius (1793), a partir de los *Icones* de Jones; y los tipos primarios de 14 de las 15 especies nominales de mariposas (93,3%) descritas por Edward Donovan en sus trabajos sobre los insectos de China (1798-99) y Australia, Nueva Zelanda, Nueva Guinea e islas asociadas (1805).

También hemos podido localizar 29 tipos primarios de varios otros lepidópteros, incluidas 4 especies de polillas.

Los 281 especímenes tipos descubiertos representan 260 especies nominales de lepidópteros descritas entre 1770 y 1805.

Junto a los avances en las tecnologías digitales y a las publicaciones recientes que permiten mejores análisis comparativos, hay otros factores que explicarían la gran cantidad de tipos primarios detectados, un evento bastante excepcional en el siglo XXI: el descuido y el desdén. Hasta la fecha, varios autores venían enfatizando erróneamente la probabilidad de que los lepidópteros de la colección Macleay se hubiesen perdido o hubiesen sido destruidos. Los resultados detallados que derivan de nuestra investigación (Vilorio *et al.*, en prep.) expondrán el protocolo que aseguró la detección de este valioso material biológico asociado a trabajos descriptivos del período fundacional de la taxonomía

linneana, y describirán los métodos de verificación de procedencia e identidad de cada uno de los ejemplares. El descubrimiento de los tipos primarios de estas especies de mariposas y polillas y su designación formal de acuerdo con las normas establecidas por el Código Internacional de Nomenclatura Zoológica (ICZN 1999) anticipan la invalidación de neotipos previamente designados sin las investigaciones históricas apropiadas ni búsquedas suficientes en colecciones y museos.

Nuestro extraordinario hallazgo es de suma relevancia para la estabilidad nomenclatural de un número significativo de taxones de mariposas de todo el mundo, la mayoría de ellas especies bien conocidas o emblemáticas en varios países, pero otras francamente raras o probablemente extintas. Este descubrimiento pone de relieve la necesidad de valorar en su justa medida las colecciones históricas y antiguas, que con demasiada frecuencia son despreciadas por la moda imperante o han quedado parcialmente olvidadas en museos considerados instituciones menores por su carácter local o provincial.

REFERENCIAS

- Calhoun, J. V. 2023a. The original drawings for Dru Drury's *Illustrations of Natural History* (1770-1782) are rediscovered in rural Virginia. *News of the Lepidopterists' Society*, 65(2): 64–72.
- Calhoun, J. V. 2023b. Additional notes on Dru Drury's *Illustrations of Natural History* (1770-1782). *News of the Lepidopterists' Society*, 65(3): 124–130.
- Cherry, D. 2012. *Alexander Macleay: from Scotland to Sydney*. Kulnura, NSW: Paradise Publishers, 452 pp.
- Donaldson, J. 2017. *Colonial Mandarin: the life and times of Alexander Macleay*. London: Austin Macauley Publications, 367 pp.
- Donovan, E. 1798-1799. *An epitome of the natural history of the insects of China: Comprising figures and descriptions of upwards of one hundred new, singular, and beautiful species; together with some that are of importance in medicine, domestic economy, &c. The figures are accurately drawn, engraved, and coloured, from specimens of the insects; the descriptions are arranged according to the system of Linnaeus; with references to the writings of Fabricius, and other systematic authors*. London: Author, [98] pp. [50] pls.
- Donovan, E. 1805. *An epitome of the natural history of the insects of New Holland, New Zealand, New Guinea, Otaheite, and other Islands in the Indian, Southern, and Pacific Oceans: Including the figures and descriptions of one hundred and fifty-three species*. London: Author, [180] pp. [42] pls.
- Drury, D. 1770. *Illustrations of natural history. Wherein are exhibited upwards of two hundred and forty figures of exotic insects, according to their different genera; very few of which have hitherto been figured by any author, being engraved and coloured from nature, with the greatest accuracy, and under the author's own inspection, on fifty copper-plates. With a particular description of each insect: interspersed with remarks and reflections on the nature and properties of many of them [Volume I]*. London: B. White, xxviii + 130 pp., 50 pls.
- Drury, D. 1773. *Illustrations of natural history. Wherein are exhibited upwards of two hundred and twenty figures of exotic insects, according to their different genera; very few of which have hitherto been figured by any author, being engraved and coloured from nature, with the greatest accuracy, and under the author's own inspection, on fifty copper-plates. With a particular description of each insect: interspersed with remarks and reflections on the nature and properties of many of them. Volume II*. London: B. White, vii + 90+ [4] pp., 50 pls.
- Drury, D. 1782. *Illustrations of natural history. Wherein are exhibited upwards of two hundred and forty [two hundred and twenty; two hundred] figures of exotic insects, according to their different genera; very few of which have hitherto been figured by any author, being engraved and coloured from nature, with the greatest accuracy, and under the author's own inspection, on fifty copper-plates. With a particular description of each insect: interspersed with remarks and reflections on the nature and properties of many of them. Volume III*. London: B. White, xxvi + 76 + [2] pp., 50 pls.
- Fabricius, J. C. 1793. *Entomologia systematica emendata et aucta. Secundum classes, ordines, genera, species adjectis synonymis, locis, observationibus, descriptionibus*. Hafniae: Christian Gottlieb Proft, Fil. et Soc., 3(1): [vi] + 488 pp.
- ICZN [International Commission on Zoological Nomenclature]. 1999. *International Code of Zoological Nomenclature / Code International de Nomenclature Zoologique*. 4th ed. London: The International Trust for Zoological Nomenclature, xxx + 306 pp.
- McIntyre, S. 2023. Atypical discovery. *Muse* (Sydney) 31: 14-18.
- Stanbury, P. & J. Holland (eds.). 1988. *Mr. Macleay's celebrated cabinet. The history of the Macleays and their museum*. Sydney: The Macleay Museum, The University of Sydney, 170 pp.
- Vane-Wright, R. I. / Oxford University Museum (eds.). 2021. *Iconotypes: A compendium of butterflies and moths. Jones's Icones complete*. London / Oxford: Thames and Hudson Ltd / Oxford University Museum of Natural History, 688 pp.
- Waterhouse D. F. 1938. Notes on Jones' 'Icones' (Lepidoptera). With footnotes and appendix by Sir Edward Poulton. *Proceedings of the Royal Entomological Society of London (A)*, 13: 9–17.
- Ángel L. Viloria^{1,2,*}, Matthew Huan², Anthony C. Gill^{2,3,4} & Jude Philp^{2,*}
- ¹Centro de Ecología, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, km 11 carretera Panamericana, Altos de Pipe, edo. Miranda 1204, Venezuela (Macleay- Miklouho-Maclay Fellow 2023).
- ²Macleay Collections, Chau Chak Wing Museum, University Avenue, The University of Sydney, NSW 2006, Australia.
- ³School of Life and Environmental Sciences, The University of Sydney, NSW 2006, Australia.
- ⁴Ichthyology, Australian Museum Research Institute, 1 William Street, Sydney, New South Wales 2010, Australia.
- *Correspondencia: sebastianviloriacarrizo@gmail.com; jude.philp@sydney.edu.au

Tipos de peces devónicos de Perijá retornan a Venezuela

El pasado mes de septiembre durante una breve visita a la ciudad de Canberra –auspiciada por la Embajada de la República Bolivariana de Venezuela en la Mancomunidad de Australia y por su homólogo en Polonia– fue posible el reencuentro de Ángel L. Viloria (Centro de Ecología, IVIC), quien se hallaba en Sydney como investigador visitante del Chau Chak Wing Museum y Gavin C. Young (Australian National University ANU, <https://>

physics.anu.edu.au/contact/people/profile.php?ID=1965). Ambos investigadores habían formado parte de una expedición paleontológica conjunta del Museo de Biología de la Universidad del Zulia, MBLUZ y del entonces Australian Geological Survey Organisation, AGSO en junio-julio de 1992, desarrollada en la Sierra de Perijá, Venezuela, específicamente en la cuenca del río Palmar, sector Caño Colorado (Moody 1992, Casas *et al.* 1992, 2022). De aquella expedición, dirigida por John M. Moody, Jr., como ha sido referido anteriormente en esta revista (Viloria 2023), se recuperaron numerosos restos fósiles de plantas y animales asignados al periodo Devónico (Paleozoico), cuya edad oscila entre 419 y 359 millones de años. La expedición, que estuvo mayormente enfocada en la búsqueda y extracción de fósiles de peces, fue bastante exitosa en lo que respecta al hallazgo de nuevos taxones y a las inferencias paleobiogeográficas derivadas de estudios comparativos con faunas similares de afloramientos geológicos sincrónicos con el de Perijá, pero en otros continentes. Los resultados fueron comunicados formalmente por Young *et al.* (2000) y Young & Moody, Jr. (2002). Más tarde Janvier & Maisey (2010) se ocuparon de actualizar estos y otros registros faunísticos del Devónico suramericano y contextualizarlos biogeográficamente con mayor amplitud.

En la diversidad de peces fósiles reconocidos en la Formación Campo Chico de la Sierra de Perijá se describieron las especies *Bothriolepis perija* Young & Moody, 2002 y *Venezuelepis mingui* Young & Moody, 2002 (Placodermi: Bothriolepidae). Los especímenes tipo del segundo taxón (MBLUZ-P-247) habían permanecido en la Australian National University durante años en calidad de préstamo institucional, aun después de finalizado su estudio. El Dr. G. C. Young aprovechó la referida visita de Á. L. Viloria a Canberra para retornar el preciado material a la Universidad del Zulia, mismo que arribó a Venezuela a finales de septiembre de 2023 y hoy se encuentra reincorporado a la colección paleontológica del MBLUZ.

REFERENCIAS

- Casas, J. E., C. M. Berry, J. M. Moody, Jr. & G. C. Young. 2022. Formación Campo Chico, una increíble ventana a la flora y fauna fósil del Devónico (Givetano – Frasniano) en la Sierra de Perijá, Venezuela. *Publicación Electrónica Asociación Paleontológica Argentina* 22(1): 20-35.
- Casas, J. E., J. M. Moody, Jr. & G. C. Young. 1992. *Vertebrados fósiles de la Formación Campo Chico (Devónico medio-superior)*. Reporte Maraven EPC-12.972, Caracas: Maraven, 7 pp., 13 fig., 1 anexo.
- Janvier, P. & J. G. Maisey. 2010. The Devonian vertebrates of South America and their biogeographical relationships. pp. 431-451. *In*: Elliot, D. K., J. G. Maisey, X. Yu & D. Miao (eds.). *Morphology, phylogeny and paleobiogeography of fossil fishes*. München: Verlag Dr. Friedrich Pfeil.
- Moody, J. M., Jr. 1992. Update on Sierra de Perija Fossils, Venezuela. *The Fossil Record* (Dallas) 8(10): 3.
- Viloria, Á. L. 2023. Recensión: *Different lives in one. A collection of memories*. John M. Moody. 2019. [1st ed.]. Columbia, SC: Kindle Direct Publishing, [vi] + 291 pp. + [ii]. ISBN 13: 9781093419580 (pbk, US\$ 12.00). *Anartia* 35: 46-53.
- Young, G. C., J. M. Moody, Jr. & J. E. Casas. 2000. New discoveries of Devonian vertebrates from South America, and implications for Gondwana-Euramerica contact. *Comptes Rendus de la Académie des Sciences de Paris. Sciences de la Terre et des planètes* 331: 755-761.
- Young, G. C. & J. M. Moody, Jr. 2002. A Middle-Late Devonian fish fauna from the Sierra de Perija, western Venezuela, South America. *Mitteilungen aus dem Museum für Naturkunde in Berlin, Geowissenschaftliche Reihe* 5(1): 155-206.
- Ángel L. Viloria
 Centro de Ecología, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC), km 11 carretera Panamericana, Altos de Pipe, estado Miranda 1204, Venezuela.
 Correspondencia: sebastianviloriacarrizo@gmail.com

Contenido

- 3 Alfred Russel Wallace: el naturalista humilde, descolonizado y moderno
Ángel L. Vilorio & Carlos Bosque
- 7 Editorial
- ARTÍCULOS**
- 9 Invertebrados de islas flotantes de macrofitas en el Lago de Maracaibo y río Concha, Venezuela
Leida Valero-Lacruz & Jaime E. Péfaur
- 25 Comunidad de murciélagos en un ambiente tropical xerófilo al noreste del estado Zulia, Venezuela
Mónica M. Chocrón C., Belkis Alicia Rivas Rodríguez & Rosanna Calchi La Corte
- 34 The presence of *Scinax altae* (Dunn, 1933) in Costa Rica, with redescription of its advertisement call
César Barrio-Amorós, Andrés Mauricio Forero-Cano, Remco Stuster, Abel Batista, Mike Canzoneri & Erick Arias
- 47 Crustáceos decápodos del canal de entrada de la laguna de Punta de Piedras, isla de Margarita, Venezuela
Jonathan Vera-Caripe & Carlos Lira

NOTICIAS

ISSN 1315-642X (impresa)
ISSN 2665-0347 (digital)

ANARTIA

Publicación del Museo de Biología de la Universidad del Zulia
No. 37 (diciembre 2023)

3 Alfred Russel Wallace: el naturalista humilde, descolonizado y moderno
Ángel L. Vilorio & Carlos Bosque

7 Editorial

ARTÍCULOS

9 Invertebrados de islas flotantes de macrofitas en el Lago de Maracaibo y
río Concha, Venezuela
Leida Valero-Lacruz & Jaime E. Péfaur

25 Comunidad de murciélagos en un ambiente tropical xerófilo al noreste
del estado Zulia, Venezuela
Mónica M. Chocrón C., Belkis Alicia Rivas Rodríguez
& Rosanna Calchi La Corte

34 The presence of *Scinax altae* (Dunn, 1933) in Costa Rica, with rede-
scription of its advertisement call
César Barrio-Amorós, Andrés Mauricio Forero-Cano, Remco Stuster,
Abel Batista, Mike Canzoneri & Erick Arias

47 Crustáceos decápodos del canal de entrada de la laguna de Punta de
Piedras, isla de Margarita, Venezuela
Jonathan Vera-Caripe & Carlos Lira

NOTICIAS