

# 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](mailto: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.

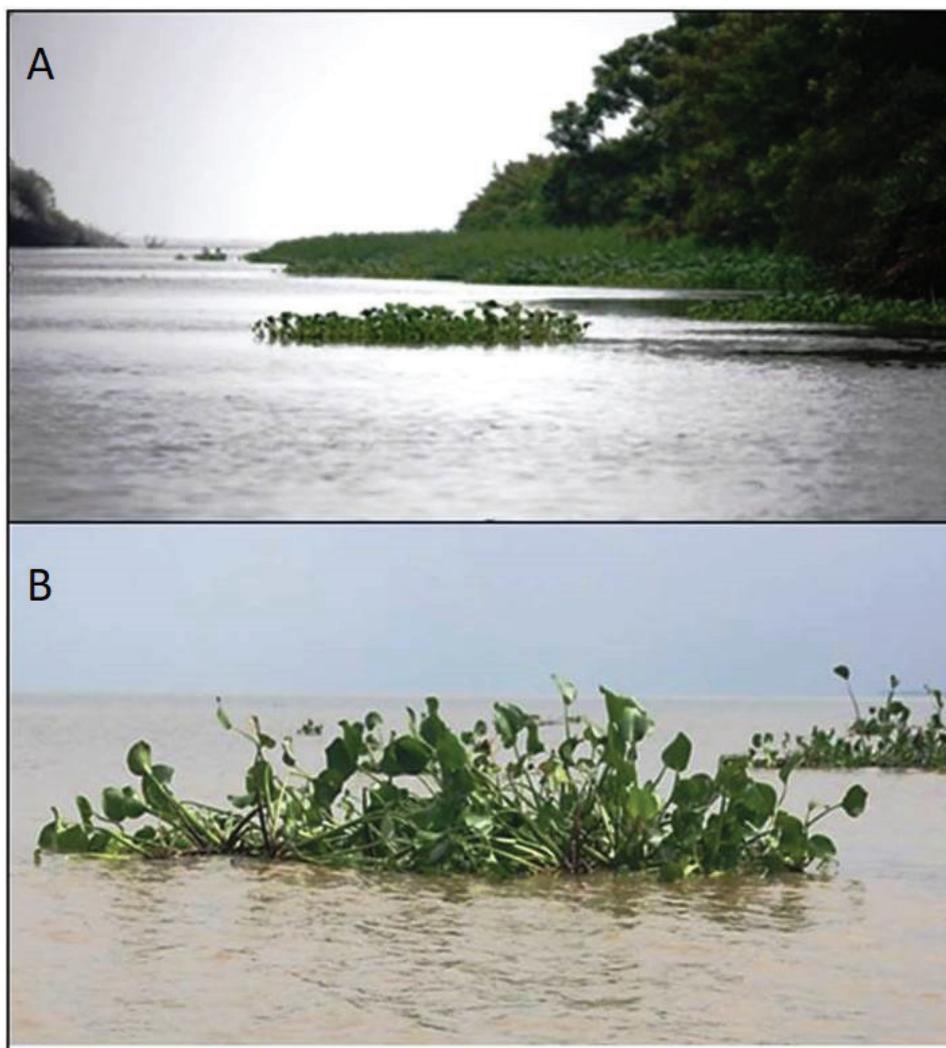
## INTRODUCCIÓN

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.

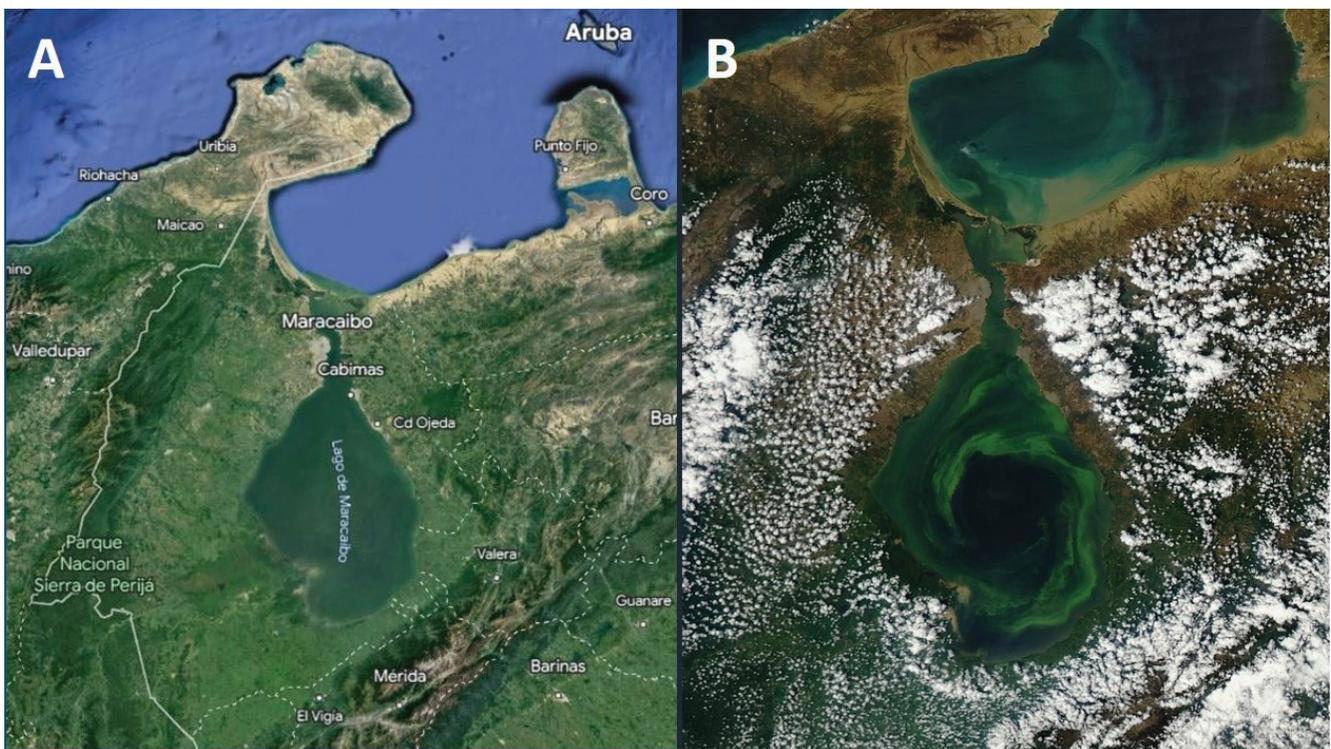
El objetivo final fue conocer, de manera preliminar, la composición de la fauna invertebrada presente en muestras de plantas macrofitas de las islas flotantes en el Lago de Maracaibo y de las riberas cercanas a la desembocadura del río Concha, así como explorar tentativamente si en estos dos ambientes 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 km<sup>2</sup> 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/](http://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 m<sup>2</sup>. 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 m<sup>2</sup> 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 (m<sup>2</sup>) de las islas flotantes de macrofitas estudiadas en el Lago de Maracaibo, estado Zulia, Venezuela.

Isla	Largo (m)	Ancho (m)	Superficie (m <sup>2</sup> )
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 m<sup>2</sup> 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:  $\beta_{cc}$  = disimilitud total,  $\beta_{-3}$  = disimilitud debida al reemplazo y  $\beta_{rich}$  = 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)

	Morfortipos	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 morfortipos		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 morfortipos fueron considerados intermedios, presentando valores entre 2 y 77 individuos. Finalmente, otros 25 morfortipos 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 morfortipos, respectivamente.

El estudio comparado de la fauna de islas y muestras ribereñas mostró que la isla con menor área (0,717 m<sup>2</sup>) presentó el menor número de morfortipos (13), mientras que la isla con mayor área (9,454 m<sup>2</sup>) 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 morfortipos ( $S_{RRC} = 84$ ) que las islas ( $S_1 = 58$ ). Al incluir todos los morfortipos 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  $N_1 = 17,29$  morfortipos 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 m<sup>2</sup>) tuvo el menor número de morfotipos, y la isla con mayor área (9,454 m<sup>2</sup>) 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.