

Artículo Original

Registro de insectos acuáticos (Artropoda: Insecta) en dos hábitats *anpogeno* de VenezuelaRecord of aquatic insects (Artropoda: Insecta) in two *anpogeno* habitats from VenezuelaMauricio García¹  y Erickxander Jiménez-Ramos^{2,3} 

¹Centro de Investigaciones Biológicas, Facultad de Humanidades y Educación, Universidad del Zulia, Apartado 526, Maracaibo A-4001, Estado Zulia, Venezuela. ✉ liocanthyrus@yahoo.com

²Laboratorio de Ecología, Departamento de Biología, Escuela de Ciencias, Universidad de Oriente (UDO). Cerro Colorado, Cumaná, Estado Sucre 6101, Venezuela.

³Coordinación de Proyectos de Investigación, Universidad Politécnica Territorial de Oeste de Sucre Clodosbaldo Russian, Sede Araya, Estado Sucre, 6101, Venezuela. E-mail: erickxander1994bio@gmail.com

ZooBank: [urn:lsid:zoobank.org:pub:3D5EAB7B-A873-493C-AF9B-BA5A3398D631](https://doi.org/10.35249/rche.46.4.20.18)
<https://doi.org/10.35249/rche.46.4.20.18>

Resumen. En dos sistemas hidroecológicos de origen antropogénico (lagunas de estabilización-oxidación), ubicados en el nororiente y noroccidente de Venezuela, se realizó un estudio faunístico para identificar las especies de insectos acuáticos que habitan ambientes artificiales altamente contaminados. La recolección de los ejemplares se efectuó utilizando dos métodos de capturas en cinco microhábitats *anpogeno* del sistema antropogénico conocidos como *spaqua*, *supaqua*, *hercircum*, *caenum* y *petra*, lográndose el registro de 54 especies pertenecientes a cuatro órdenes de insectos acuáticos (Coleoptera, Hemiptera, Odonata y Diptera), con doce especies comunes en ambas zonas. La riqueza específica del hábitat *anpogeno* de Maracaibo fue de 49 especies, por 20 especies en la Península de Araya. El orden Coleoptera fue el más diverso con cinco familias y 39 especies. Del orden Hemiptera se registraron siete familias y nueve especies. De los órdenes Odonata y Diptera se registraron tres familias y tres especies respectivamente. El microhábitat *anpogeno* más diverso fue el *petra* con 32 especies, *caenum* con 30 especies, *spaqua* con 12 especies, *hercircum* con cuatro especies y el *supaqua* presento dos especies. Un total de 25 especies se presentaron en más de un microhábitat. Los resultados constituyen el primer estudio sistemático sobre insectos asociados a lagunas de estabilización en Venezuela, cuyo registro demostró la funcionalidad de los humedales artificiales como hábitats de una diversa fauna entomológica.

Palabras clave: Araya, insectos acuáticos, lagunas de estabilización, Maracaibo, nata orgánica.

Abstract. In two hydro-ecological systems of anthropogenic habitats (stabilization-oxidation lagoons), located in the northeast and northwest of Venezuela, a faunistic study was carried out to identify species of aquatic insects, which make life in such highly polluted artificial environments. The collection of the specimens was carried out using two capture methods in five *anpogeno* microhabitats of the anthropogenic system such as *spaqua*, *supaqua*, *hercircum*, *caenum* and *petra*, achieving the registration of 54 species of four orders of aquatic insects (Coleoptera, Hemiptera, Odonata and Diptera), with twelve common species in both areas. The specific richness of the *anpogeno* habitat of Maracaibo was 49 species, for 20 species in the Araya Peninsula. The

Recibido 17 Agosto 2020 / Aceptado 26 Noviembre 2020 / Publicado online 23 Diciembre 2020
Editor Responsable: José Mondaca E.

Coleoptera order was the most diverse with five families and 39 species. Of the order Hemiptera, seven families and nine species were recorded. Of the orders Odonata and Diptera, three families and three species were registered respectively. The most diverse *anpogeno* microhabitat was *petra* with 32 species, *caenum* with 30 species, *spaqua* with 12 species, *hercicum* with four species and *supaqua* with two species. A total of 25 species occurred in more than one microhabitat. The results constitute the first systematic study on insects associated with stabilization ponds in Venezuela, whose record demonstrated the functionality of artificial wetlands as habitats for a diverse entomological fauna.

Key word: Aquatic insects, Araya, Maracaibo, organic cream, stabilization ponds.

Introducción

En respuesta al desarrollo demográfico, el ser humano ha construido una serie de complejos acuáticos artificiales para cubrir las necesidades de la población, entre los cuales destacan los destinados al entretenimiento (lagunas recreacionales, fuentes, etc.) y/o las estructuras para la reconversión de las aguas servidas (cloacales) en aguas reutilizables (lagunas de estabilización). Con el tiempo estos espacios artificiales dejan de cumplir su función original y en muchos casos son abandonados, llegando a ser colonizados y utilizados por una gran diversidad de especies de invertebrados, entre ellos insectos acuáticos y terrestres (García *et al.* 2016).

La ausencia de ambientes húmedos en las regiones cálidas, ha restringido a las especies acuáticas a sistemas hidroecológicos efímeros o artificiales como las lagunas temporales, pequeñas charcas o lagunas de estabilización; este último constituye un medio húmedo artificial altamente cambiante y contaminado, donde los niveles de temperatura y oxígeno (O₂) presentan oscilaciones muy marcadas (Rolim 1999, 2000; Romero 1999); así mismo, las altas concentraciones de diferentes compuestos químicos, originados por la acumulación de materia orgánica, detergentes y productos hidrocarbonados, contenidos en las aguas residuales provenientes de áreas urbanas, convierten a estos ambientes en microhábitats extremos altamente contaminados, los que a su vez acumulan una alta cantidad de nutrientes orgánicos que se van depurando a medida que aumenta la actividad biológica de algas y bacterias (Rolim 1999), a la cual se adaptan las especies para sobrevivir.

Las estructuras antropogénicas se encuentran subordinadas al mantenimiento dado por el hombre, siendo en muchos casos abandonadas con el paso del tiempo, y ante la ausencia de humedales naturales, los insectos terminan por colonizar estos nuevos ambientes, desarrollando parte o la totalidad de su ciclo de vida, utilizándolos como refugio, zonas de alimentación o reproducción. Las especies que logran colonizar estos hábitats artificiales altamente contaminados deberían ser consideradas especies extremófilas, por su clara adaptación a los mismos (García *et al.* 2016). En este sentido y ante la ausencia de estudios relacionados, el objetivo de esta investigación es registrar la entomofauna acuática que ha logrado adaptarse y desarrollar sus ciclos biológicos en las lagunas de estabilización, ubicadas en dos regiones cálidas de Venezuela.

Materiales y Métodos

Áreas de estudio

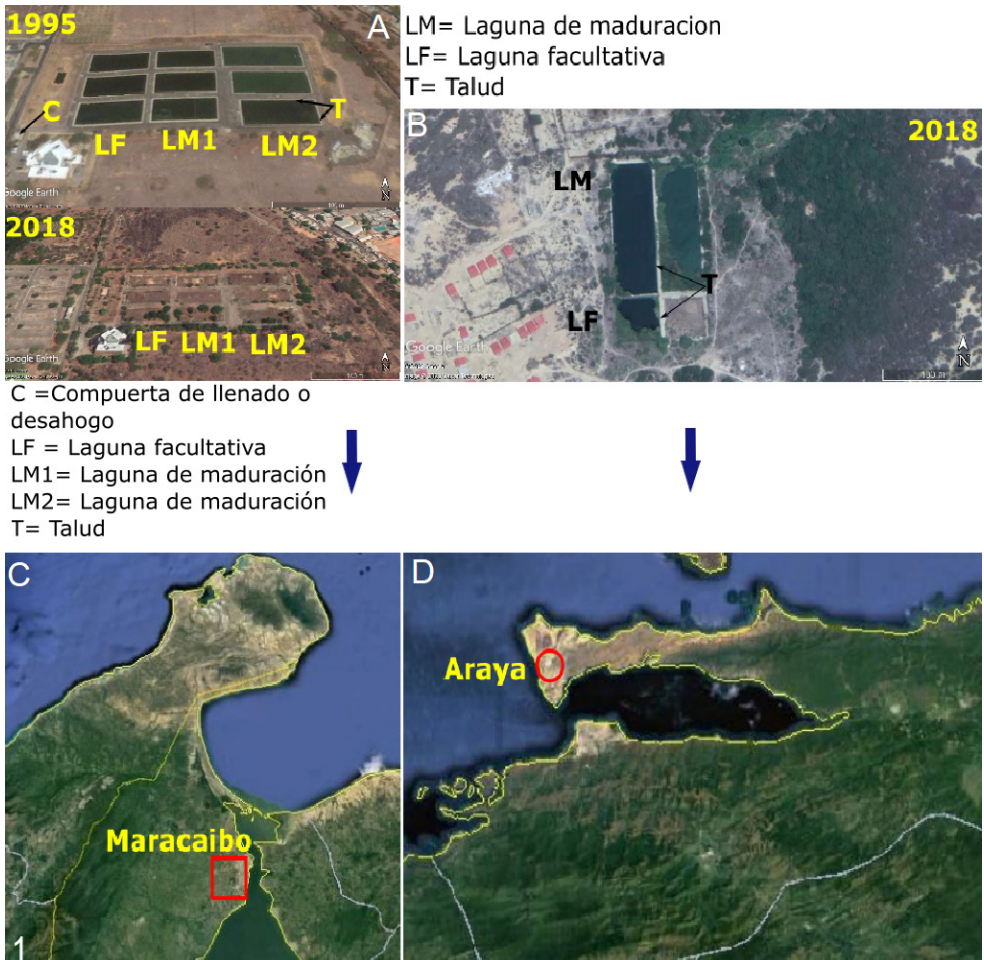
Los dos sistemas hidroecológicos evaluados corresponden a microhábitats *anpogenos*, específicamente a dos lagunas de estabilización utilizadas para el tratamiento de las aguas residuales en la Península de Araya, estado Sucre (nororiental) y Maracaibo, estado Zulia

(noroccidente), de Venezuela (Fig. 1). Las características habitalógicas de los microhábitats *anpogeno*, como parte de un sistema hidroecológico artificial fueron descritas por García *et al.* (2016).

Península de Araya, Estado Sucre

Una de las lagunas evaluadas en esta investigación, se sitúa en el sector “El Cardonal”, de la localidad de Araya, región occidental de la península de Araya, estado Sucre, Venezuela, (10°35'16,74" N y 64°15'12,54" O, 9 msnm). Este complejo lagunar está conformado por cuatro estructuras rectangulares de 25 m de largo por 10 m de ancho y 2-3 m de profundidad, dispuestas en grupos paralelos de dos. En la actualidad se encuentran abandonadas y deterioradas por lo que presentan graves fallas en su manejo, siendo común el desborde de las aguas residuales y/o la acumulación de material biológico en descomposición (Fig. 1).

Los alrededores de este sistema artificial están dominados por una vegetación característicamente xerófila, donde las especies suculentas, caducifolias, herbáceas y arbustivas constituyen la vegetación dominante (García y Jiménez-Ramos 2020). Las familias Cactaceae y Caesalpinaceae son las mejor representadas, con la presencia relictual de algunos ejemplares de las familias Fabaceae y Poaceae.



Figuras 1A-1D. Ubicación de las lagunas de estabilización. 1A, 1C. “ICLAM-LUZ”, Maracaibo, Estado Zulia (noroccidente). 1B, 1D. “El Cardonal”, Península de Araya, estado Sucre (nororiental).

Maracaibo, Estado Zulia

Las lagunas de estabilización "ICLAM-LUZ" (10°41'12" N y 71°38'15" O, 37 msnm), formaban parte de un proyecto de colaboración entre el Instituto para la Conservación del Lago de Maracaibo y la Universidad del Zulia. El objetivo era reutilizar el agua servida de una serie de urbanizaciones que rodean las instalaciones de la Universidad del Zulia, núcleo agropecuario, de las facultades de Veterinaria y Agronomía emplazado y dirigido por el edificio "El Centro del Agua" de la facultad de Ingeniería de la institución universitaria (Fig. 1).

Ambos sistemas de lagunas "ICLAM-LUZ" en la localidad de Maracaibo y "El Cardonal" en la localidad de Araya están constituidos por lagunas en series. El primer sistema está conformado por tres series de lagunas de tres cuerpos de agua cada una y el sistema de "El Cardonal" está formado por dos series de lagunas de dos cuerpos de agua cada una. La primera es la receptora del agua servida (cloacal), que luego de un período de maduración (entre 20-25 días), pasan a la laguna número dos y el mismo período, pasan a la laguna tres (dos en el sistema de "El Cardonal"), antes de ser dispuestas como agua apta para el riego (Rolim 1999, 2000), de las instalaciones verdes de la ciudad universitaria, de la Universidad del Zulia (en el caso de "El Cardonal" son vertidas directamente al ambiente).

Nota. La evaluación del sistema lagunar antropogénico "ICLAM-LUZ" fue realizada en el año 1995. Estas estructuras no funcionan actualmente y no se encuentran disponibles (Fig. 1). La identificación de las especies se efectuó con las claves taxonómicas de Usinger (1956) y con la ayuda del especialista en Coleoptera acuática P. Spangler del Instituto Smithsonian, pero la mayor parte de las identificaciones fueron realizada por el primer autor hace 25 años.

Material examinado. Se recolectaron y examinaron 250 ejemplares entre ambos sistemas lagunares. En el caso del sistema "ICLAM-LUZ", la recolección incluye la estructura lagunar y la compuerta de llenado o de desahogo, en el caso del sistema de "El Cardonal" solo la estructura lagunar.

Extracción. La recolección de los insectos se realizó utilizando una malla para capturas acuáticas con aro rectangular de 30 cm de largo por 20 cm de ancho y tela con poros de 0,5 micras, con un mango telescópico de 3 m de largo, utilizada para muestreos sobre los taludes (microhábitat *petra*), fondo (*caenum*), el cuerpo de agua (*spaqua* y *supaqua*) y el *hercircum* que solo estuvo presente en el sistema "El Cardonal". Cada muestreo recuperaba nata orgánica (material orgánico producto de la descomposición bacteriana y algas procedentes de la laguna facultativa), sobre los taludes, superficie del agua y fondo. El material era vertido sobre el suelo, los ejemplares medianos a grandes fueron extraídos de forma manual utilizando pinzas y para los ejemplares más pequeños se utilizaron succionadores con un seguro de succión para evitar aspirar materia orgánica o contaminante. En el sistema "ICLAM-LUZ" algunos ejemplares fueron recolectados directamente de los intersticios de los taludes por encima de la superficie del agua con los aspiradores manuales.

Montaje y conservación. Los ejemplares recolectados (medianos y pequeños) fueron colocados en microfrascos de vidrio con alcohol 70% y posteriormente pegados sobre puntillas de cartulina pinchadas con alfileres entomológicos. Los ejemplares de mayor tamaño fueron sacrificados en frascos letales con vapores de cianuro cálcico y montados directamente con alfileres entomológicos. Cada ejemplar porta sus respectivas etiquetas de recolección e identificación.

Identificación taxonómica. Para la identificación, se utilizó un estereomicroscopio Leica M6 con lente de 80x y objetivos de 25x. Los ejemplares recolectados fueron depositados en el Museo de Artrópodos de la Universidad del Zulia (MALUZ). En la identificación de los insectos del complejo lagunar del “ICLAM-LUZ (año 1995)”, se utilizó la clave para insectos acuáticos de Usinger (1956) además de la colaboración de P. Spangler del Instituto Smithsonian de Washington, Estados Unidos. La identificación del material del complejo lagunar “El Cardonal (año 2018)” fue realizada por el primer autor como especialista en coleópteros acuáticos.

Fotografías. Las fotografías satelitales de las localidades en donde se ubican ambos complejos lagunares se obtuvieron con el programa Google Earth.

Resultados

Se identificaron cuatro ordenes, 18 familias, 37 géneros y 54 especies correspondientes insectos acuáticos y semiacuáticos. El orden Coleoptera presento la mayor riqueza con 39 especies (72,22%), seguido por Hemiptera con nueve especies (16,66%), y finalmente los órdenes Odonata y Diptera con tres especies cada una, ambos órdenes en conjunto aportan el 10,10 % del registro total (Tabla 1).

Tabla 1. Listado de insectos acuáticos encontrados en microhabitats anpogenos de dos regiones cálidas del nororiente (Península de Araya, Sucre) y noroccidente (Maracaibo, Zulia) de Venezuela.

| Familia | Especie | P.A. | MBO |
|---------------|--|------|-----|
| | COLEOPTERA | | |
| Dytiscidae | <i>Bidessonotus</i> sp. | - | C-P |
| | <i>Copelatus caelatipennis princeps</i> Young, 1963 | - | Spq |
| | <i>Copelatus</i> sp. 2 | - | Spq |
| | <i>Desmopachria</i> sp. | - | C-P |
| | <i>Eretes sticticus</i> (Linnaeus, 1767) | - | Spq |
| | <i>Laccophilus fasciatus</i> Aubé, 1838 | - | C-P |
| | <i>Laccophilus</i> sp. 2 | - | C-P |
| | <i>Laccodytes</i> sp. | - | C-P |
| | <i>Neobidessus</i> sp. | - | C-P |
| | <i>Megadytes (Bifurcitus) lherminieri</i> (Guérin-Méneville, 1829) | - | Spq |
| | <i>Megadytes (Megadytes) flohri</i> Sharp, 1882 | - | Spq |
| | <i>Pachydruus obesus</i> Sharp, 1882 | - | C-P |
| | <i>Thermonectus circumscriptus</i> (Latreille, 1809) | - | Spq |
| | <i>Thermonectus margineguttatus</i> (Aubé, 1838) | - | Spq |
| Hydrophilidae | <i>Berosus elsae</i> García y Jiménez-Ramos, 2020a | P | - |
| | <i>Berosus patruellis</i> Berg, 1885 | - | C-P |
| | <i>Berosus truncatipennis</i> Castelnau, 1840 | - | C-P |
| | <i>Derallus ambitus</i> Orchymont, 1940 | - | C |
| | <i>Enochrus sharpi</i> Gundersen, 1977 | - | C-P |

| | | | |
|----------------|--|------|------|
| | <i>Enochrus</i> sp.2 | - | C |
| | <i>Hydrophilus (Hydrophilus) ensifers</i> Brullé, 1837 | H | - |
| | <i>Hydrophilus (Hydrophilus) insularis</i> Castelnau, 1840 | - | C-P |
| | <i>Paracymus aitanae</i> García y Jiménez-Ramos, 2020b | P | - |
| | <i>Paracymus</i> sp. 2 | - | C |
| | <i>Paracymus</i> sp. 3 | - | C |
| | <i>Tropisternus (Pritosternus) apicipalpis</i> Chevrolat, 1834 | Spq | C-P |
| | <i>Tropisternus (Strepitornus) collaris collaris</i> Fabricius, 1775 | P | C-P |
| | <i>Tropisternus (Tropisternus) lateralis lateralis</i> Fabricius, 1775 | P | C-P |
| | <i>Tropisternus</i> sp. 2 | - | P |
| | <i>Tropisternus</i> sp. 3 | P | - |
| | <i>Tropisternus</i> sp. 4 | P | - |
| Hydraenidae | <i>Ochthebius (Ochthebius) lineatus</i> LeConte, 1852 | - | C |
| Hydrochidae | <i>Hydrochus</i> sp. 1 | - | C |
| | <i>Hydrochus</i> sp. 2 | - | C |
| Noteridae | <i>Hydrocanthus (Hydrocanthus) debilis</i> Sharp, 1882 | - | C-P |
| | <i>Hydrocanthus (Hydrocanthus) levigatus</i> (Brullé, 1873) | - | C-P |
| | <i>Jolyssellus nigrinus</i> (Aubé, 1838) | - | C-P |
| | <i>Notomicrus</i> sp. | - | C-P |
| | <i>Suphis cimicoides</i> Aubé, 1837 | - | C-P |
| HEMIPTERA | | | |
| Belostomatidae | <i>Belostoma</i> sp. | - | P |
| Corixidae | <i>Hesperocorixa</i> sp. | Spq | Spq |
| | <i>Sigara</i> sp. | Spq | Spq |
| Hydrometridae | <i>Hydrometra</i> sp. | Supq | Supq |
| Mesovellidae | <i>Mesovellia</i> sp. | Supq | Supq |
| Notonectidae | <i>Buenoa</i> sp. | Spq | Spq |
| | <i>Notonecta</i> sp. | Spq | Spq |
| Pleidae | <i>Paraplea puella</i> Barber, 1953 | - | C-P |
| Saldidae | <i>Pentacora</i> sp. | - | P |
| ODONATA | | | |
| Coenagrionidae | <i>Argias</i> sp. | P | P-H |
| Lestidae | <i>Lestes</i> sp. | P | P-H |
| Libellulidae | <i>Libellula</i> sp. | P | P-H |
| DIPTERA | | | |
| Ephydriidae | <i>Ephydra</i> sp. | C-P | P-C |
| Syrphidae | <i>Tubifera</i> sp. | C-P | P-C |
| Tendipedidae | <i>Tendipes (Tendipes) plumosus</i> Linnaeus, 1758 | C | C |

MBO: Maracaibo, PA: Península de Araya, C: Caenum, P: Petra, Spq: Spaqua, Supq: Supaqua, H: Hercicum.

Dentro del orden Coleoptera, las familias Hydrophilidae (17), Dytiscidae (14) y Noteridae (5) presentaron la mayor riqueza de especies, entre tanto los géneros mejor representados en número de especies fueron: *Tropisternus* Solier (6), *Paracymus* Thomson (3) y *Berosus* Leach (3). Con respecto al orden Hemiptera, Corixidae y Notonectidae (dos especies cada una), fueron las únicas familias con más de una especie recolectada, en tanto Odonata y Diptera, estuvieron presentes dentro del material recolectado con tres familia y tres especies.

La riqueza específica de las lagunas de estabilización del "ICLAM-LUZ" de Maracaibo es de 18 familias y 49 especies, 34 de ellas pertenecen al orden Coleoptera, nueve son hemípteros, tres dípteros y tres odonatos. En el caso de las lagunas de estabilización "El Cardonal" en la Península de Araya, se identificaron 11 familias y 20 especies, ocho son coleópteros de la familia Hydrophilidae, seis son hemípteros, tres dípteros y tres odonatos.

Discusión

Habitología del complejo lagunar. Los microhábitats *anpogenos* presentes en ambos complejos lagunares, se encuentran superpuestos de igual manera a como sucede en los ambientes naturales (García *et al.* 2016; García 2017), por lo que no es posible determinar con exactitud, cual es el microhábitat específico de cada especie. Son muchas las variables, entre ellas la depredación que obliga a los individuos más vulnerables a escoger ciertos microhábitats, por ejemplo, algunos individuos utilizan el *caenum* como refugio, pero también podría ser el área de alimentación o lugar para la reproducción de esta misma especie; en este sentido se debe destacar que una especie puede realizar su ciclo de vida en uno o en diferentes microhábitats.

El *caenum* es la masa orgánica amorfa (nata orgánica que flota o sobrenada en la masa de agua) que se encuentra sobre las paredes inclinadas o taludes de cada estructura estudiada, además del fondo de los cuerpos de agua. La única especie que si utiliza este microhábitat en ausencia de luz es *Tendipes plumosus* (Diptera) que posee un alto contenido de hemoglobina, a eso se debe el color rojo de las larvas (Wirth y Stone 1956). Parte del *caenum* se encuentra flotando en la superficie de la masa de agua como nata orgánica sobre el *supaqua* y *spaqua* o se encuentra acumulado sobre el *petra* (taludes de las estructuras artificiales). Es muy difícil determinar porque las especies se encuentran ocupando esos microhábitats, lo que sí puede argumentarse es que, en cada uno de ellos, están aprovechando las propiedades que le brindan cada medio.

Las especies de Dytiscidae se movilizan por el *spaqua* y *supaqua* buscando presas, pero también se encuentran en la superficie del *petra* cuando están en reposo, por ende, también se presentan en el *caenum* que se deposita en el *petra*. No hay forma de determinar que microhábitat es más aceptado por las especies de insectos acuáticos que han sido recolectados en ambos complejos y no se pueden establecer valores estadísticos sobre, cual es el que más especies contiene, porque no representaría valores confiables o determinantes, considerando que las especies de insectos utilizan los hábitats según las necesidades que presenten y las oportunidades que ofrecen.

Influencia de las condiciones climáticas. Las zonas áridas se caracterizan por tener precipitaciones anuales que no superan los 250 mm, una intensa radiación solar, altas temperaturas atmosféricas, temperaturas extremas en la superficie del suelo (Granados-Sánchez *et al.* 1998; Cumana 1999; Llamozas *et al.* 2003; Lopez-Monroy y Trocoli 2014) y la ausencia casi completa de humedales de agua dulce, por lo que la formación de charcas y lagunas temporales durante la época de lluvia en conjunto con abrevaderos y sistemas acuáticos artificiales, juegan un papel importante en el mantenimiento de la diversidad biológica de estas áreas (Brönmark y Hansson 2005; Williams 2006). Las lagunas de

oxidación o estabilización, entran en el conjunto de estructuras artificiales creadas por el hombre, cuya función principal es el tratamiento de aguas residuales; en este sentido García *et al.* (2016), definen los cuerpos de agua artificiales como sistemas hidroecológicos antropogénicos, comunes en zonas donde con una alta actividad humana como los centros poblados (urbanos, semiurbanos y rurales), describiendo a este hábitat como un hábitat global; sin embargo, el presente estudio permitió determinar que el hábitat *anpogeno* recoge los diferentes microhábitats que forman parte del sistema Límnic subsistema léntico, solo que bajo condiciones físico-químicas diferentes. Los microhábitats de un sistema límnic son los mismos y las especies asociadas a cada uno de los microhábitats del sistema hidroecológico antropogénico, presentan adaptaciones y características en las encontradas en los mismos microhábitats de sistema Límnic subsistema léntico de agua dulce (García *et al.* 2016).

El desuso y poco mantenimiento de las lagunas de oxidación permite que la naturaleza las tome como parte de su entorno, llegando a representar ambientes fácilmente colonizable por diversas especies acuáticas, que ante la ausencia de cuerpos de agua dulce se han establecido paulatinamente en estos sistemas (García y Jiménez-Ramos 2020a; García y Jiménez-Ramos 2020b, en prensa). Las lagunas de estabilización del "Cardonal", en la Península de Araya, son estructuras abandonadas, las aguas residuales continúan vertiéndose en ellas sin ningún tipo de control manual o estructural por parte de sus constructores. Este proceso de llenado continuo sobre la primera laguna receptora o facultativa permite que siga depositándose la mayor cantidad de materia orgánica, y la concentración de productos químicos y materia fecal es mayor. Sin control alguno, el excedente pasa a la segunda laguna, lo que provoca su desbordamiento hacia terreno árido. En esta etapa las aguas presentan menor concentración de contaminantes, por la acción bacteriana y la acción de la fotosíntesis producida por las microalgas que subsisten en la laguna receptora (Rolim 1999, 2000; Romero 1999; Romero-Rojas 2005). Aunque los límites de contaminación siguen siendo altos para una inmensa cantidad de organismos acuáticos se recolectaron especies de insectos acuáticos de los cuatro ordenes descritos, cohabitando con una especie de pequeños peces conocidos como "Guppys" (*Poecilia reticulata* Peter) que se encuentran adaptados al medio contaminante (peces exóticos descontaminantes sembrados artificialmente).

A diferencia del sistema antropogénico de Araya, las lagunas de oxidación del "ICLAM-LUZ", son de mayor dimensión, aunque también dejaron de cumplir los fines para las que fueron creadas. El proceso de transformación de la materia residual es el mismo principio (Rolim 1999, 2000; Romero 1999). En este sistema la mayoría de las especies fueron recolectadas en la laguna número tres del complejo, así como en los taludes de la misma y la compuerta de llenado o desahogo.

Las especies identificadas en ambos sistemas conforman una comunidad integrada principalmente por individuos extremófilos, adaptados a la vida en condiciones altamente deterioradas. Es posible que la colonización de estos ambientes se deba principalmente a la escasez de humedales apto, en las zonas evaluadas, hecho que por largo tiempo ha obligado a estos organismos a adaptarse a vivir en ambientes con altas concentraciones de nutrientes y compuestos químicos generados por la actividad humana, donde los niveles de oxígeno, pH y niveles térmicos varían drásticamente.

Los insectos identificados están sometidos a un ambiente donde los niveles de oxígeno solo están disponibles en la porción superficial (*spaqua* y *supaquá*), con ausencia total de oxígeno en el fondo de las lagunas (Rolim 2000). Aquí la acumulación de materia orgánica y la entrada de aguas residuales ricas en fósforo y nitrógeno ocasionan un proceso similar a la eutrofización en lagos, que genera la proliferación de algas unicelulares, y un empobrecimiento de la diversidad (Rolim 1999, 2000; Rafo-Lecca y Ruiz-Lizama 2014). Si bien la eutrofización se da por una abundancia anormal de nutrientes (Romero-Rojas 2005), genera la disminución de los niveles de oxígeno, aumento del pH del agua y aumento

de las concentraciones de diferentes compuestos químicos producto de la degradación biológica (bacteriana) de sustancias orgánicas e inorgánicas (Rafo-Lecca y Ruiz-Lizama 2014). La disponibilidad de nutrientes permite la proliferación de algas unicelulares, coloniales y filamentosas y posterior incremento de la actividad fotosintética traducida en una elevación de los niveles de oxígeno en la superficie de las lagunas (Romero 1999; Rolim 2000), permitiendo la subsistencia de los insectos recolectados.

Conclusiones

Esta investigación reconoce la importancia de los humedales artificiales en las regiones cálidas, y como la fauna insectil tiene la capacidad de colonizar sistemas tan cambiantes como las, aguas residuales, producidas por la actividad antropogénica. Además, abre la posibilidad a futuros estudios sobre el funcionamiento de las comunidades biológicas asociadas a estos cuerpos de aguas artificiales y la importancia de estos en el mantenimiento de la diversidad entomológica.

El comportamiento habitológico de las especies de insectos en esta investigación, no representa un estándar generalizado. La selección de los microhábitats podría estar determinada por diversos factores como, por ejemplo, un refugio ante la depredación, abundancia de nutrientes o reproducción (García *et al.* 2016).

El microhábitat *caenum* está presente en las compuertas de llenado, donde se encontraron algunos ejemplares de coleópteros como *Paracymus*, *Ochthebius* Leach y *Neobidessus* Young. El microhábitat *petra* está representado por los taludes de los complejos lagunares, en los cuales se acumulaba el *caenum* (las especies de Dytiscidae e Hydrophilidae cuando no están activos, se aferran a la superficie rugosa del *petra* antes de subir a la superficie a respirar), algunas especies fueron recolectadas en este microhábitat, pero no lo utilizan como su hábitat específico, siendo comunes entre el *supaqua* y *spaqua*. En un ambiente natural estas especies se aferran sobre pequeños tallos, rocas y arena, que representan el *hercircum*, el *petra* y el *ramentum* (García *et al.* 2016).

Agradecimientos

A Eduardo Boada, por su apoyo en la recolección de material en las lagunas de oxidación "El Cardonal". A Alberto Trujillo, por su apoyo y logística en el complejo lagunar "ICLAM-LUZ". A Magally Quiroz por la colaboración brindada a través del Museo de Artrópodos de la Universidad del Zulia, y por ofrecerme la oportunidad de realizar esta investigación en las lagunas del "ICLAM-LUZ". A Jesús Camacho por su apoyo y colaboración en la identificación de los ejemplares.

Literatura Citada

- Brönmark, C. y Hansson, L. (2005)** *The Biology of lakes and Ponds. Biology of Hábitats.* (2nd. Edition), Oxford University Press. 285 pp.
- Cumana, L. (1999)** Caracterización de las formaciones vegetales de la Península de Araya, estado Sucre, Venezuela. *Saber*, 11(1): 7-16.
- García, M. (2017)** *La Habitalogía.* Editorial Académica Española, 130 pp.
- García, M. y Jiménez-Ramos, E.J. (2020a)** *Berosus elsae*, nueva especie de coleóptero acuático (Hydrophilidae: Hydrophilinae: Berosini) de un microhábitat anopogeno en la Península de Araya, Venezuela. *Novitates Caribaea*, 16: 98-109.
- García, M. y Jiménez-Ramos, E.J. (2020b)** Nuevas especies de *Paracymus* Thomson (Coleoptera: Hydrophilidae: Hydrophilinae: Laccobiini) de la Península de Araya, Nororiente de Venezuela. *Folia Entomológica* n.s. (en prensa).

- García, M., Vera, A., Benetti, C.J. y Blanco-Belmonte, L. (2016)** Identificación y clasificación de los microhábitats de agua dulce. *Acta Zoológica Mexicana*, 32(1): 12-31.
- Granados-Sánchez, D., López-Ríos, J. y Gama-Flores, L. (1998)** Adaptaciones y estrategias de las plantas de zonas áridas. *Revista Chapingo Sene Ciencias Forestales y del Ambiente*, 4(1): 169-178.
- Llamosas, S., Duno, R., Winfried, M., Rina, R., Stauffer, F., Aymard, G., Huber, O. y Ortiz, R. (2003)** *Libro rojo de la flora venezolana*. Provita, Fundación Polar. Fundación Jardín Botánico de Venezuela "Dr. Tobías Lasser". Caracas. 542 pp.
- López-Monroy, F. y Tróccoli, L. (2014)** Aproximación sobre la climatología de la Isla de Margarita y su importancia en los procesos oceánicos. *Saber*, 26(4): 465-471.
- Rafo-Lecca, E. y Ruiz-Lizama, E. (2014)** Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Industrial Data*, 17(1): 71-80.
- Rolim, M.S. (1999)** Lagunas de estabilización ¿Por qué no usarlas? Seminario Internacional tratamiento de aguas residuales a través de humedales naturales y artificiales y lagunas de estabilización. Bogotá: Organización Panamericana de la Salud.
- Rolim, M.S. (2000)** Lagunas de Estabilización. *En: Como utilizar Aguas Residuales Tratadas en Sistemas de Regadío*. Santa Fé de Bogotá, Colombia. McGraw-Hill.
- Romero, J.A. (1999)** "Tratamiento de aguas residuales por lagunas de estabilización". Editorial Alfa omega. 3ª. Edición. México. 281 pp.
- Romero-Rojas, J. (2005)** *Lagunas de estabilización de aguas residuales*. Bogotá: Colombia, Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. 121 pp.
- Usinger, R.L. (1956)** *Aquatic Insects of California*. University of California Press. Berkeley and Los Angeles. 508 pp
- Williams, D. (2006)** *The Biology of Temporary Waters*. Oxford University Press. Inc., New York. 337 pp.
- Wirth, W.W. y Stone, A. (1956)** *Diptera Aquatic* (ed. Usinger R.L. in: "Aquatic Insects of California". University of California Press, Berkeley and Los Angeles, 508 pp.