

ESTATUS Y CONSERVACIÓN DE *Austrofundulus lehoignei* (RIVULIDAE) EN LAS PLANICIES COSTERAS DE VENEZUELA

Douglas Rodríguez-Olarte^{1*}, Juan Camilo Salgado-Gutiérrez^{1,2}, Jorge Luis Coronel², Crispulo Julián Marrero³ y Donald Charles Taphorn⁴,

¹Museo de Ciencias Naturales, Decanato de Agronomía, Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, Lara, Venezuela. ²Posgrado en Ciencias para el Desarrollo Estratégico, Centro de Estudios Ambientales, Universidad Bolivariana de Venezuela, Yaracuy, Venezuela. ³Instituto de Biodiversidad, Conservación y Gestión de Recursos Ambientales, Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora, Venezuela. ⁴1822 N. Charles St., Belleville, IL 62221, USA. *douglasrodriguez@ucla.edu ve

RESUMEN

Los humedales costeros de Venezuela están en riesgo y la valoración de su estado de conservación y el de sus peces es prioridad para su conservación. En las planicies costeras que drenan al Golfo Triste se evalúan el hábitat y las poblaciones del pez anual *Austrofundulus lehoignei* (Rivulidae) con muestreos estandarizados en charcas temporales, inspección de imágenes (satelitales y aéreas) y entrevistas informales (2023-2024). Todas las charcas evaluadas se asociaron con impactos humanos y sus aguas mostraron amplia variabilidad. La distribución de *A. lehoignei* fue muy localizada y con muy poca frecuencia en las muestras. Las poblaciones tuvieron usualmente individuos adultos ($n=41$; 29.5-52.5 mm LE; promedio= 39.29 mm LE; DE= 4.8) y predominio de hembras (1.73:1). Muy pocos pescadores y agricultores reconocieron a la especie y su ciclo vital. Se identifican variados impactos sobre estos humedales, destacando la pérdida de vegetación ribereña, la destrucción y desecación, así como la contaminación por effuentes urbanos y agrícolas. El estatus global para *Austrofundulus lehoignei* se asigna en la categoría de amenaza En Peligro (EN) B1ab(iii)+2ab(iii) y su estado de conservación se considera crítico. La protección de esta especie y los humedales dulceacuícolas regionales es prioritaria para la conservación de la biodiversidad acuática regional.

Palabras clave: Rivulidae, peces anuales, *Austrofundulus*, especies amenazadas, biología de la conservación.

Status and conservation of *Austrofundulus lehoignei* (Rivulidae) in the coastal plains of Venezuela

ABSTRACT

Venezuela's coastal wetlands are at risk, and assessing their conservation status and that of their fish is a priority for their conservation. In the coastal plains that drain into the Golfo Triste, the habitat and populations of the annual killifish *Austrofundulus lehoignei* (Rivulidae) are being assessed with standardized sampling in ephemeral ponds, inspection of imagery (satellite and aerial), and informal interviews (2023-2024). All assessed ponds were associated with human impacts, and its waters showed wide variability. The distribution of *A. lehoignei* was localized and very infrequent in the samples. Populations were typically predominantly adult ($n=41$; 29.5-52.5 mm SL; mean=39.29 mm SL; SD=4.8) with a female predominance (1.73:1). Very few native fishermen and farmers recognized the species and its life cycle. Various impacts on these wetlands were identified, including destruction and desiccation, as well as pollution from urban and agricultural effluents. The global status for *Austrofundulus lehoignei* is assigned as Endangered (EN) B1ab(iii)+2ab(iii), and its conservation status is considered critical. The protection of this species and the regional freshwater wetlands is a priority for the conservation of regional aquatic biodiversity.

Keywords: Rivulidae, annual fishes, *Austrofundulus*, threatened species, conservation biology.

INTRODUCCIÓN

Los peces de la familia Rivulidae son secundarios, pequeños y usualmente con fuerte dimorfismo y dicromatismo sexual, con machos más grandes y coloridos que las hembras (Loureiro *y col.*, 2018). En la familia destacan los peces anuales por su ciclo de vida, que es extremófilo y limitado por la dinámica de inundación de las charcas temporales en las planicies, y se resume así: al principio del período de lluvias se inundan las áreas bajas en las planicies y ahí nacen los peces anuales, estos crecen y maduran sexualmente muy rápido, se cortejan, reproducen y depositan periódicamente sus huevos en el fondo de sustrato, para luego morir, comúnmente por depredación o desecación del medio. Estos huevos son muy tolerantes a la desecación, anoxia y altas temperaturas, y permanecen en diapausa embrionaria hasta eclosionar cuando se forman las charcas a principios del período de lluvias (Podrabsky y Wilson, 2016).

De las siete especies de peces del género *Austrofundulus* (Rivulidae), cuatro habitan en las planicies costeras al norte de Venezuela. Estas especies anuales son muy similares en tamaño y coloración y su distribución concuerda con la historia geológica y climática al norte de Suramérica (Hrbek *y col.*, 2005). La especie *Austrofundulus lehoignei* Hrbek, Taphorn y Thomerson 2005, es el único Rivulidae anual reportado en las planicies que drenan al Golfo Triste, donde tiene una distribución muy restringida, además de tener muy poca frecuencia en los registros de colecciones biológicas. Las evaluaciones regionales del estatus de esta especie la ubicaron en la categoría de amenaza En Peligro (Rodríguez-Olarte *y col.*, 2011), clasificación que posteriormente fue incluida en el Libro Rojo de la Fauna Venezolana (Taphorn y Rodríguez-Olarte, 2015).

La carencia de información reciente sobre *Austrofundulus lehoignei*, y sus poblaciones, así como el rápido avance de la frontera agrícola y la extensa alteración de los ecosistemas acuáticos regionales (Rodríguez-Olarte *y col.*, 2018), justifican la urgencia para actualizar el estatus de las poblaciones y su hábitat; una información de interés para elaborar y promover políticas públicas que impliquen buenas prácticas para la conservación del patrimonio hidrobiológico. Este trabajo presenta la caracterización de atributos generales del hábitat, la distribución y rasgos bioecológicos de *Austrofundulus lehoignei* en las planicies de costeras de Venezuela y la evaluación global de su categoría de amenaza.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. Las planicies costeras que drenan al Golfo Triste de Venezuela se extienden entre las cuencas de los ríos Tucurere, Tocuyo, Aroa, Yaracuy, Urama, Sanchón y Aguas Calientes (Figura 1). El clima regional es macrotérmico (27-28 °C) y la precipitación anual varía entre la franja costera y las planicies (800-1400 mm), con dos picos al año (abril-

mayo, octubre-noviembre). Hay variados humedales en las planicies, como ríos, madreviejas, lagunas, caños de marea, albuferas, marismas y charcas temporales, y en estos se registra una considerable riqueza y endemismo de peces, muchos de ellos con importancia ecológica, así como en las pesquerías de subsistencia y artesanales (Rodríguez-Olarte y col., 2018).

La vegetación original en las planicies ha desaparecido en gran medida, pero en áreas protegidas y sectores apartados persisten algunos cordones de bosques ribereños, pantanos con palmeras y manglares. En las planicies se extiende el uso agrícola con predominio de la ganadería vacuna y los cultivos (cítricos, cocos, hortalizas), mientras que en la franja costera se desarrollan cordones urbanos y focos industriales, donde el turismo es permanente. Entre los impactos sobre los ambientes acuáticos regionales se cuentan la transformación de cauces, la desecación de humedales, la extracción masiva de agua superficial y subterránea, la deforestación de bosques ribereños, la contaminación por efluentes urbanos y residuos agrícolas, así como la introducción de varias especies de peces (Rodríguez-Olarte y col., 2018, 2024).

Prospección de campo y análisis de la información. Durante los períodos de lluvias y sequía (2023-2024), en las planicies se realizaron muestreos en charcas, lagunas y arroyos. Todas las localidades de muestreo fueron georreferenciadas en coordenadas y altura (metros sobre el nivel del mar, msnm) y caracterizadas en sus magnitudes y en sus zonas de ribera. En las aguas se midieron variables generales (ej. pH, conductividad, salinidad, sólidos disueltos totales) con sensores electrónicos portátiles. En las planicies, tramos fluviales y áreas de influencia a las charcas se caracterizaron las coberturas naturales y antrópicas detectadas en sensores remotos, fotografías aéreas (drone) y fuentes bibliográficas.

Los peces fueron muestreados con redes de mano (tipo D) y trenes de pesca (6 m x 2 m) con 0,2-0,5 cm entre nudo. La identificación taxonómica de la especie se basó en la diagnosis de su descripción (Hrbek y col., 2005). En el laboratorio los peces se mantuvieron vivos en acuarios, luego se midieron en longitud total (LT) y longitud estándar (LE) en 0,1 mm y se pesaron (0,1 gr). Los peces fueron eutanizados y fijados en formalina [10%], luego preservados en etanol [70%] y catalogados en la Colección Regional de Peces (CPUCLA, números de colección en la Tabla 1), Museo de Ciencias Naturales de la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA).

En grupos humanos radicados en las inmediaciones de las localidades de muestreo se aplicaron entrevistas informales a actores clave (Reyes y col., 2020) para detectar el conocimiento sobre *A. lehoignei*, su hábitat y ciclo de vida, y la percepción sobre cambios históricos en el clima, los humedales y la ictiofauna local. Para la determinación de la categoría de amenaza con estatus global se siguieron los criterios de la Lista Roja de

Especies Amenazadas (IUCN v3.1, 2012). Las consideraciones sobre el estado de conservación de la especie se basaron en la interpretación de registros de campo y de colecciones biológicas, reportes de las coberturas terrestres (Delgado, 2024; Freitez, 2024), de los impactos ambientales en la región (Rodríguez-Olarte *y col.*, 2018) y resultados de entrevistas aplicadas.

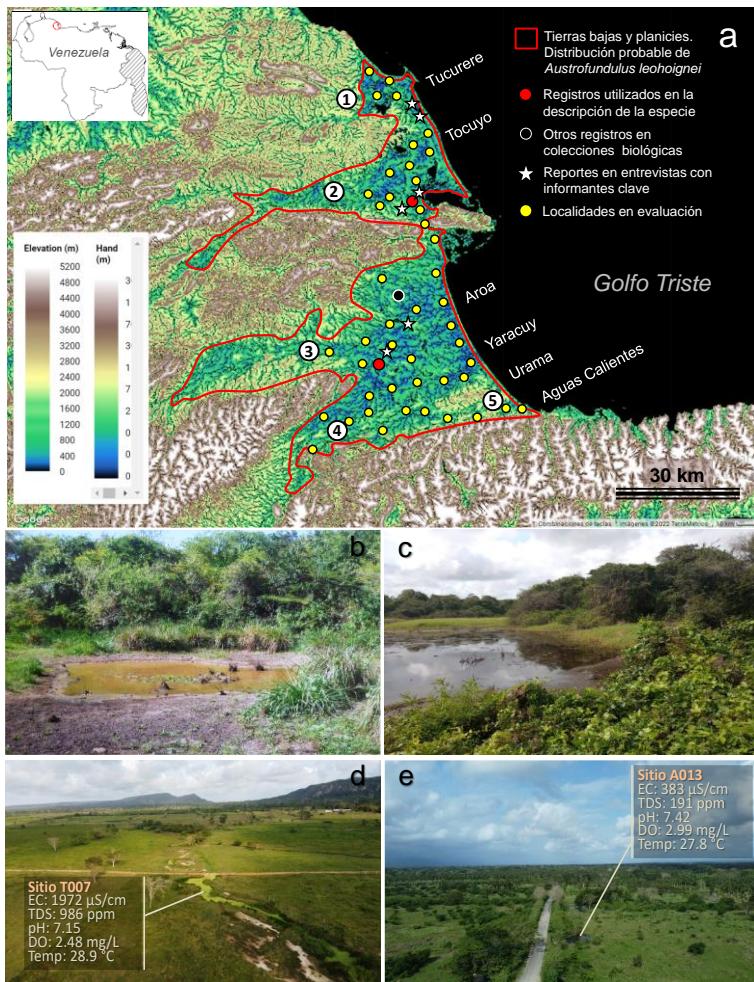


Figura 1. Drenajes al Golfo Triste (Venezuela) y probable distribución de *Austrofundulus lehoignei* (polígono rojo) en las tierras bajas (a). Se muestran localidades con presencia confirmada de la especie (círculos rojos y negros), localidades muestreadas a la fecha (círculos amarillos) y localidades con reportes de presencia de la especie (estrellas). El mapa modificado se basó en meritdataset.users.earthengine.app. El hábitat de la especie son las charcas temporales en las planicies costeras (b y c). Ejemplo de localidades de muestreo en las cuencas bajas de los drenajes al Golfete de Cuare (d) y del río Aroa (e).

RESULTADOS

Las charcas ($n=35$) se localizaron principalmente en medio de una matriz de usos agrícola y urbano. Las charcas pequeñas ($< 1000 \text{ m}^2$) fueron habituales, pero en sectores cercanos al mar la interconexión temporal cubrió áreas muy extensas, como en los drenajes del río Yaracuy, donde el humedal asociado cubrió más de 3000 ha. El sustrato de las charcas habitualmente fue una mezcla de fango y restos vegetales. Las aguas de las charcas fueron entre claras, húmicas y turbias, y tuvieron amplias variaciones a lo largo de las planicies: temperatura (23,7-35,8 °C), pH (6,29-8,3), conductividad eléctrica (193-1972,0 µS/cm), sólidos disueltos totales (96,5 - 986,9 mg/l) y oxígeno disuelto (1,1 - 13,4 mg/l). Las charcas mostraron la vegetación ribereña muy alterada, salvo en áreas protegidas, donde destacaron algunos parches boscosos. En las riberas predominaron gramíneas (*Hymenachne*, *Paspalum*) y fueron habituales los arbustos (*Genipa*, *Malpighia*) y pocos árboles (*Brownea*, *Hecatostemon*, *Senna*). La vegetación acuática fue profusa y variada, abundando las formas flotantes (*Eichornia*, *Lemna*, *Pistia*) y arraigadas (*Acmella*, *Limnocharis*, *Ludwigia*, *Neptunia*, *Nymphaea*, *Typha*, *Utricularia*).

La presencia actual de *A. lehoignei* solo se registró en las planicies asociadas con la cuenca del río Tocuyo (Figura 1, Tabla 1). El dimorfismo se expresó con machos más coloridos que las hembras (Figura 2); estos también fueron más grandes (promedio= 41,79 mm LE; DE= 5,4; 29,5-49,6 mm LE) que las hembras (promedio= 37,83 mm LE; DE= 3,9; 33,3-52,5 mm LE). Las hembras tuvieron mayor proporción en las capturas (Hembras 1,73:1 Machos). El número promedio de ovocitos por hembra fue de 34,96 (mínimo 8; máximo 110) y estos mostraron diferentes grados de desarrollo, sugiriendo un desove fraccionado. Junto a la especie habitaron pocos individuos de *Hyphessobrycon scholzei* (Acestrorhamphidae), *Poecilia koperi* (Poeciliidae) y *Caquetaia kraussii* (Cichlidae). En donde no se registró *A. lehoignei* la abundancia de otros peces fue elevada, incluyendo además otras especies típicas de las planicies, como *Andinoacara* (Cichlidae), *Hoplias* (Erythrinidae) y *Hoplosternum* (Callichthyidae).

El conocimiento regional y local sobre *Austrofundulus lehoignei* fue muy escaso. Casi todos los informantes clave, usualmente agricultores y pescadores, no reconocieron estos peces, ni los diferenciaron de otras especies similares al comparar entre fotografías (ej. *Cyprinodon*, *Kryptolebias*). No obstante, algunos informantes reconocieron estos peces e incluso identificaron aspectos de su ciclo vital en cuanto a su presencia en las planicies inundadas durante el periodo de lluvias.

El área de distribución para la especie se estimó desde las cercanías del litoral costero (~2 msnm) hasta las planicies aguas arriba (~100 msnm), abarcando unos 3.700 km² (Figura 1). Los drenajes de distribución

incluyeron las planicies costeras de las cuencas Tucurere, Tocuyo, Aroa, Yaracuy, Urama, Morón, Sanchón y Aguas Calientes, incluyendo también drenajes menores interconectados entre las cuencas.

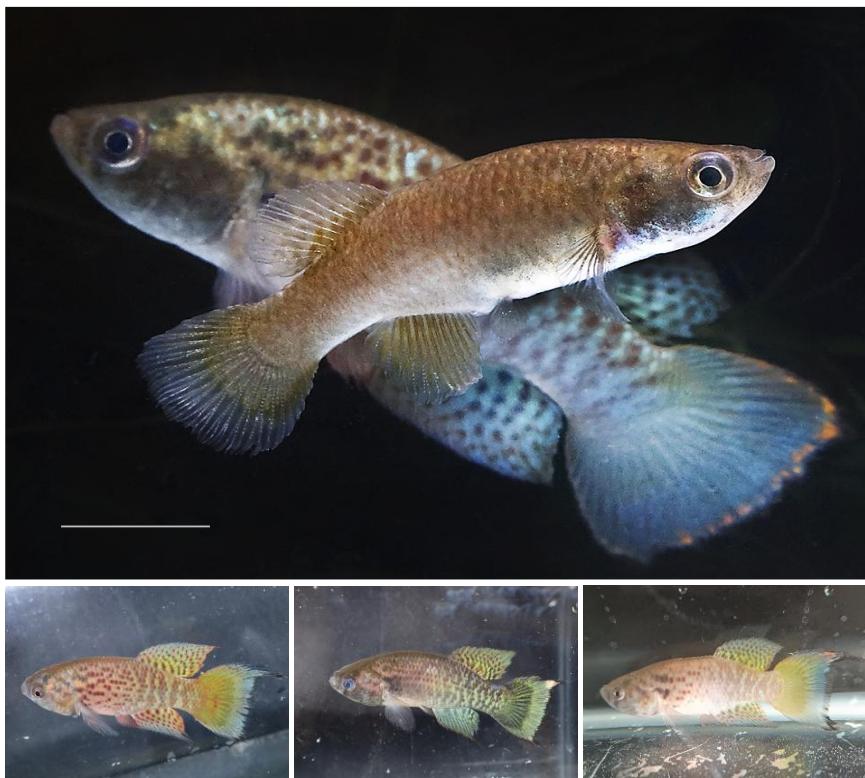


Figura 2. Arriba: Pareja de *Austrofundulus leohoignei*. Hembra en primer plano. La linea horizontal representa un centímetro. Abajo: variación del patrón de color en los machos. Los individuos provienen de los drenajes al Golo Triste. Fotografías: Douglas Rodríguez-Olarte.

En la categorización de amenaza para la especie se aplicaron las directrices de la Lista Roja de la IUCN. Se cumplió con el criterio de distribución geográfica (B). Para la especie *A. leohoignei* el criterio fue determinado por la extensión de presencia (EOO) menor a 5.000 km² y/o por un área de ocupación (AOO) menor a 500 km²; además, se cumplieron las dos condiciones, como fue (a) el hábitat severamente fragmentado y la presencia de la especie en muy pocas localidades, así como (b) la reducción detectada del área o la calidad del hábitat (iii). En consecuencia, para *Austrofundulus leohoignei* correspondió la categoría de amenaza En Peligro (EN) B1ab(iii)+2ab(iii) de la Lista Roja de la IUCN.

Tabla 1. Características de las charcas donde se reportó la especie *A. leohoignei* en registros de 2023-2024 y en colecciones biológicas (MCNG; Araujo y col., 2024). Las variables del agua son en mínimos y máximos: Temperatura (T), Conductividad eléctrica (CE), Sólidos disueltos totales (SDT) y Oxígeno disuelto (O₂). La proporción de sexos es Hembras:Machos (H:M). La longitud estándar (mm LE) es en promedio y la LE máxima en paréntesis. Las coberturas de la tierra son bosque primario (BP), vegetación secundaria (VS), agrícola (AG), urbana (UR) y vialidad (VI). Para CPUCLA (Colección Regional de Peces del Museo de Ciencias Naturales UCLA) se muestran los números de colección. MCNG: Museo de Ciencias Naturales Guanare. RFS: Refugio de Fauna Silvestre; PN: Parque Nacional. Los estresores ambientales fueron identificados en el área y la intensidad de los impactos ambientales es una medida aparente.

Localidades	Cuenca Tocuyo		Cuenca Aroa		
	CPUCLA 3611	CPUCLA 3610	CPUCLA Registros	Año 1969 MCNG 56510	Año 2008 MCNG 56259
Sector					
Centro urbano asociado	Tibana	Tibana	El Veintiséis	Palma Sola	Las Lapas
Áreas protegidas asociadas	RFS Cuare, PN Morrocoy		-	-	-
Usos de la tierra	Turismo, servicios, agrícola		Agrícola	Agrícola	Agrícola
Localidad					
Coordenadas	10.9116° -68.3804°	10.9098° -68.3764°	10.6195° -68.4919°	10.6314° -68.4803°	10.7417° -68.4476°
Altura (msnm)	5	9	29	27	39
Tipo de charca	Natural	Intervenida	Natural	Intervenida	Construida
Temporalidad	Efímera	Efímera	Efímera	Efímera	-
Profundidad (m)	0,5	0,6	0,3	-	-
Superficie (m ²)	86	6480	5925	~60	~1000
Aguas					
T (°C)	26,1-29,0	28,1-31,0	29,5-32,1	-	-
pH	6,7-7,4	5,29-5,49	6,7-8,1	-	-
CE (µS/cm)	238-888	484-511	193-421	-	-
SDT (mg/l)	119-301	242-255	86-210	-	-
O ₂ (mg/l)	3,06-4,9	4,17-6,05	1,43-5,4	-	-
<i>Austrofundulus leohoignei</i>					
Número (n)	16	29	Ausente	25	148
H:M	2:1	1,4:1	-	1:1,3	-
LE Machos	41,6 (45,9)	41,5 (49,6)	-	-	-
LE Hembras	37,9 (41,2)	37,8 (52,1)	-	-	-
Coberturas, impactos e intensidad					
Coberturas predominantes	UR, VI, VS	BP, VS, VI	AG, VS, UR	AG, VS, UR	AG, VS, UR
Estresores ambientales	Efluentes, desechos, deforestación	Pastoreo, deforestación	Deforestación, efluentes urbanos, desechos agrícolas, canalización, taponamiento, desvío y derivaciones de cauces, extracción de agua		
Intensidad de los Impactos	Muy elevada	Baja	Elevada	Elevada	Elevada

DISCUSIÓN

Las charcas mostraron variación importante en sus condiciones fisico-químicas, principalmente en la transparencia de las aguas, temperatura y concentración de oxígeno disuelto. La amplia variación en las aguas es típica en las charcas efimeras, condición que se asocia con la elevada tolerancia de los peces anuales a los climas extremos de esos ambientes (Podrabsky *y col.*, 1997). El sustrato de las charcas tiene condiciones especiales para los peces anuales: al ser conformado por una mezcla de fango con predominio de arcillas (vertisol) y restos vegetales, concentra humedad que favorece la sobrevivencia de los huevos. Estos sustratos son habituales en ambientes efimeros de zonas costeras y áridas, siendo aprovechados por los peces anuales (Podrabsky y Wilson, 2016).

Los diferentes grados de desarrollo en los ovocitos de cada hembra sugiere un desove fraccionado como estrategia de sobrevivencia en ambientes con duración impredecible, como ha sido sugerido para *A. limnaeus* (Podrabsky y Wilson, 2016), una especie muy similar que es endémica de los drenajes nororientales del Lago de Maracaibo. Así, la condición efímera de las charcas magnifica la eliminación de juveniles y adultos durante la sequía, tanto por desecación y depredación, mientras que los embriones en diapausa provenientes de diferentes desoves permanecen en el sustrato y soportan la deshidratación (Clouser *y col.*, 2025). En laboratorio, las hembras de *A. limnaeus* desovaron un promedio de 29 huevos en algunas horas, y estas hembras acumularon un promedio de 2.642 huevos a lo largo de su vida media, cuantificada en un poco más de dos años (Podrabsky, 1999). Los datos anteriores advierten de la elevada tolerancia de estos peces anuales a los ambientes extremos y posiblemente a los impactos de origen humano.

Los nuevos registros de la especie se restringieron solo a drenajes del Golfete de Cuare (Figura 1). De ahí provinieron los individuos (1969) para describir la especie, así como otros ejemplares (1995) procedentes de las planicies en la cuenca contigua del río Aroa (Hrbek *y col.*, 2005). Otros registros en colecciones biológicas (2008) provinieron de charcas en los drenajes difusos que desembocan al mar al norte de Boca de Aroa (Araujo *y col.*, 2024). A pesar del esfuerzo de muestreo acumulado en los drenajes costeros al Golfo Triste, los nuevos registros con *Austrofundulus leohoignei* son muy pocos y localizados, pudiendo indicar que sus poblaciones son residuales. Lo anterior plantea la necesidad de continuar con muestreos periódicos planificados según los reportes climáticos para refinar el mapeo satelital de las áreas de inundación y aplicar monitoreos con mayor oportunidad de detectar las poblaciones de la especie.

La evaluación de reportes e imágenes (satelitales y aéreas) evidenció pérdidas extensas de la cobertura vegetal regional, principalmente de las formaciones ribereñas asociadas con los ambientes acuáticos, destacando

la eliminación de bosques secos y bosques de palmas. Las extensas superficies deforestadas o con incendios periódicos en las planicies se asocian principalmente con la expansión agrícola y sus prácticas habituales (Figura 1). También destacan la transformación de arroyos y charcas por la obstrucción de cauces y la construcción de vías, así como la contaminación por efluentes y residuos agrícolas y urbanos. Las pérdidas históricas de las coberturas terrestres durante este siglo han sido reportadas en varios drenajes de estas planicies (Rodríguez-Olarte *y col.*, 2018; Delgado, 2024; Freitez, 2024) y en todos los casos se proyecta la retracción futura de las coberturas remanentes de bosques y ambientes acuáticos. Lo anterior demuestra la necesidad de determinar la variación espacio-temporal de las coberturas de la tierra, así como de las características de los ambientes acuáticos, que son críticas para la sobrevivencia y conservación de la ictiofauna regional, en especial en ríos, lagunas y charcas temporales donde se registra una ictiofauna diversa.

La categoría En Peligro (EN) para *A. leohoignei* coincidió con reportes previos (Rodríguez-Olarte *y col.*, 2011; Taphorn y Rodríguez-Olarte, 2015), indicando que la especie enfrenta un riesgo muy alto de extinción en su estado silvestre. La pérdida de coberturas naturales y de ambientes acuáticos sugiere un estado de conservación crítico para la especie, requiriendo soluciones que enfrenten la marcada alteración y pérdida de los ecosistemas terrestres y acuáticos en las planicies costeras y donde los humedales son transformados, contaminados y destruidos rápidamente (Rodríguez-Olarte *y col.*, 2018; Segnini *y col.*, 2025).

La aplicación de nuevas políticas públicas en las áreas protegidas locales (Refugio de Fauna Silvestre de Cuare, Parque Nacional Morrocoy), que ya cubren sectores donde habita la especie, serían de garantía para la conservación de los ecosistemas acuáticos, incluyendo las charcas temporales y sus peces anuales. Las medidas para la conservación de los humedales deben orientarse a la reducción progresiva de los impactos agrícolas y urbanos mediante planes de educación ambiental, restauración de ambientes acuáticos y la gestión de las contribuciones de la naturaleza (clima, agua, alimentos) para sostener modos de vida que dependen de los humedales y sus peces (Marrero y Rodríguez-Olarte, 2017). Que los grupos humanos desarrollen y autogestionen el monitoreo participativo de sus humedales patrimoniales, incluyendo sus peces, es una de las metas en hoja de ruta para la conservación del patrimonio acuático.

AGRADECIMIENTOS

Este reporte es resultado parcial de los proyectos auspiciados por The Mohamed Bin Zayed Species Conservation Found (212528182, 230531876), Idea Wild (rodrvrene1221), CDCHT-UCLA (1081-AG-2017, 1209-RAG-2022), MINCYT-FONACIT (2023000 79), ONCC-MINEC (DGD-SP-NC-23-002) y SocioNatura (PI0222). Los permisos fueron otorgados por

INSOPESCA (MPPPA). Agradecemos en los muestreos a Ramón Sequera, Viviana Ramos y Brenlys Rodríguez (MCN-UCLA), y por los registros botánicos a Hipólito Alvarado y Wilmer Díaz (Herbario UCLA).

LITERATURA CITADA

- Araujo Quintero A., D.C. Taphorn, O. Castillo, C. Marrero y D. Rodríguez-Olarte. 2024. Colección Ictiológica Museo de Ciencias Naturales de Guanare MCNG - INBIO Venezuela. Version 1.2. INBIO-Venezuela. Occurrence dataset. www.cloud.gbif.org/lac/resource?r=inbio-ve_colec_peces_2024&v=1.2.
- Clouser, P.R., Riggs, C.L., Romney, A.L., y J.E. Podrabsky. 2025. Diapause and Anoxia-Induced Quiescence Are Unique States in Embryos of the Annual Killifish, *Astrofundulus limnaeus*. *Biomolecules* 15(4):515.
- Delgado, J. 2024. Evaluación espaciotemporal de las coberturas naturales en los tramos finales de los ríos Aroa y Yaracuy y diagnosis de su estado de conservación. Trabajo especial de grado. Decanato de Agronomía, UCLA. Barquisimeto. Venezuela
- Freitez, J.G. 2024. Conectividad ribereña en ríos costeros y diagnosis de su estado de conservación en los drenajes al Golfo Triste, Venezuela. Trabajo especial de grado. Decanato de Agronomía, UCLA. Barquisimeto. Venezuela.
- Hrbek, T., D.C. Taphorn, y J.E. Thomerson. 2005. Molecular phylogeny of *Astrofundulus* Myers (Cyprinodontiformes: Rivulidae), with revision of the genus and description of four new species. *Zootaxa* 825:1–39.
- Loureiro, M., R. Sá, S.W. Serra, F. Alonso, L.E.K. Lanés, M.V. Volcán, P. Calviño, D. Nielsen, A. Duarte y G. García. 2018. Review of the family Rivulidae (Cyprinodontiformes, Aplocheiloidei) and a molecular and morphological phylogeny of the annual fish genus *Austrolebias* Costa 1998. *Neotropical Ichthyology* 16(03), e180007.
- Marrero C., y Rodríguez-Olarte, D. 2017. Los humedales costeros venezolanos en los escenarios de cambios climáticos: vulnerabilidad, perspectivas y tendencias. p. 461-476. En: Botello A. V., Villanueva, S., Gutiérrez, J. y Rojas Galaviz J. L. (eds.). Vulnerabilidad de las zonas costeras de Latinoamérica al cambio climático. UJAT, UNAM, UAC. 476 p.
- Podrabsky, J.E. 1999. Husbandry of the annual killifish *Astrofundulus limnaeus* with special emphasis on the collection and rearing of embryos. *Environmental biology of fishes* 54(4):421-431.
- Podrabsky, J.E. y N.E. Wilson. 2016. Hypoxia and anoxia tolerance in the annual killifish *Astrofundulus limnaeus*. *Integrative and Comparative Biology* 56(4):500-509.
- Podrabsky, J.E., T. Hrbek y S.C. Hand. 1997 Physical and chemical characteristics of ephemeral pond habitats in the Maracaibo basin and Llanos region of Venezuela. *Hydrobiologia* 362:67-77.
- Reyes Grande, F., A. Espinoza Tenorio y M.A. Díaz Perera. 2020. Ya no hay pescado. Subsistencia e incertidumbre en una localidad pesquera del Golfo de México. *Intersticios sociales* 20:193-223.
- Rodríguez-Olarte D., C.J. Marrero y D.C Taphorn. 2018. Ríos en riesgo al Mar Caribe y al Golfo de Venezuela. En: *Ríos en riesgo de Venezuela*. Volumen 2. (Rodríguez-Olarte, D., Ed.). Colección Recursos hidrobiológicos de Venezuela. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA). Barquisimeto, Lara. Venezuela. Capítulo 4:71-102.

- Rodríguez-Olarte, D., D.C. Taphorn, D.C. y J. Lobon-Cervia. 2011. Do protected areas conserve Neotropical freshwater fishes? A case study of a biogeographic province in Venezuela. *Animal Biodiversity and Conservation* 34(2):273-285.
- Rodríguez-Olarte, D., J. L. Marrero, D.C. Taphorn y J.L. Coronel. 2024. First register of Southern Platypfish, *Xiphophorus maculatus* (Günther, 1866), (Cyprinodontiformes: Poeciliidae) in coastal streams of Venezuela and implications for conservation. *Acta Limnologica Brasiliensis* 36,e12.
- Segnini, S., D. Rodríguez-Olarte, J.E. Rincón, J.F. Blanco Libreros y D. López Rodríguez. 2025. Rivers of the Caribbean. En: *Rivers of South America* (Graça, M.A.S., M. Callisto, F. Texeira de Mello y D. Rodríguez-Olarte, Eds). Elsevier. Chapter 2:19-56.
- Taphorn, D.C. y D. Rodríguez-Olarte. 2015. Pez anual de Tucacas, *Austrofundulus lehoignei* (Pp 258). En: *Libro Rojo de la Fauna Venezolana*. Cuarta edición (Rodríguez, J.P., A. García-Rawlins y F. Rojas-Suárez, Eds.). Provita y Fundación Empresas Polar, Caracas, Venezuela.
- IUCN. 2012. *Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN: Versión 3.1*. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales. Segunda edición. Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido.