

NODOS PANBIOGEOGRÁFICOS Y CONSERVACIÓN: LOS PECES DULCEACUÍCOLAS DE LA FAMILIA CHARACIDAE DE VENEZUELA COMO CASO DE ESTUDIO

Panbiogeographic nodes and conservation:
Freshwater fish from the Characidae Family of Venezuela
as a case study

Ana Bonilla y Aura Cristina Silveira*

Laboratorio de Ictiología, Centro Museo de Biología de la UCV (CMBUCV), Instituto de Zoología y Ecología Tropical, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela. *ana.bonilla@ucv.ve

RESUMEN

Los peces de los humedales dulceacuicolas se encuentran entre la biota más diversa, sin embargo, se estima que un 1/3 de ellas están amenazadas por factores antropogénicos. Para Venezuela se han descrito unas 1200 especies de peces, cuya conservación es prioritaria. La biogeografía permite determinar zonas de vulnerabilidad que puedan servir de referencia para los organismos involucrados en la toma de decisiones. Por ello, se realizó un análisis de Nodos Panbiogeográficos para 182 especies de la Familia Characidae, distribuidas en 22 regiones biogeográficas, a fin de establecer puntos de interés en conservación, considerando además información complementaria de endemismos, riqueza de especies, especies amenazadas y áreas protegidas. Se determinaron cinco Nodos a partir de un árbol de tendido mínimo; y además se encontraron dos áreas con alta riqueza de especies y 25 especies endémicas en siete áreas. Estos resultados proveen criterios cuantificables que permitirían establecer lineamientos para planes de conservación.

Palabras clave: biogeografía, carácidos, conservación, nodos, peces.

Keywords: Biogeography, caracids, conservation, nodes, fishes.

INTRODUCCIÓN

La panbiogeografía representa un enfoque biogeográfico sencillo que facilita la identificación de componentes bióticos, elemento clave para comprender la evolución espacio-temporal de la biota (Morrone, 2004). Por su parte, la Biogeografía de la Conservación involucra la aplicación de los principios biogeográficos, teorías y análisis, a fin de estudiar problemas concernientes a la conservación de la biodiversidad (Richardson y Whittaker, 2010). Utilizando los conceptos de trazos y nodos biogeográficos es factible identificar puntos de convergencia reciente de la biota y establecer si representan posibles áreas vulnerables que ameriten su conservación. Los nodos panbiogeográficos (NP) son estructuras compuestas que permiten delinear límites biogeográficos, implicando la “sutura de diferentes historias ecológicas y biogeográficas” (Craw y col, 1999, citados por Miguel-Talonia y Escalante, 2013).

Para Venezuela se han descrito unas 1.189 especies de peces dulceacuícolas (Lasso *y col.*, 2004a; 2004b), muchas de ellas amenazadas por factores contaminantes, extracción de agua y de arena, represas, cambio del uso de la tierra e introducción de especies para cultivos, por lo que es prioridad tomar medidas para su conservación.

En particular, la Familia Characidae (Subclase Actinopterygi, Superorden Ostariophysi, Orden Characiformes) constituye uno de los grupos de peces dulceacuícolas primarios más diversos y numerosos de Venezuela. Recientemente, esta familia fue objeto de un análisis filogenético, con datos morfológicos y genéticos, que la afirmó como grupo monofilético y la reorganizó internamente en cuatro clados principales que incluyen ocho Subfamilias (Mirande, 2019). Su condición de monofilia y la amplia representatividad geográfica lo convierten en un ejemplo excelente para estudios biogeográficos, por lo que el objetivo de este trabajo fue realizar un análisis panbiogeográfico basado en peces de la Familia Characidae de Venezuela, a fin de establecer puntos de interés en conservación, utilizando la metodología de Nodos Panbiogeográficos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El grupo biótico seleccionado para este estudio comprende los carácidos, cuyos representantes son peces conocidos comúnmente como sardinitas de agua dulce, generalmente de tamaño pequeño, dominantes en cuanto a diversidad de especies y con representantes en todas las cuencas hidrográficas del país. Con base en su distribución geográfica (Reis *y col.*, 2003; Lasso *y col.*, 2004a, 2004b; Dagosta y De Pinna, 2019; Mirande, 2019), se construyó una matriz de Área x Taxón, con datos de presencia/ausencia (1/0) para 182 especies (Taxón), distribuidas en 22 cuadrículas (Área: A1-A22), que contienen cuencas o subcuencas hidrográficas del país (Figura 1). A partir de esta matriz, se calcularon los valores de Riqueza de Especies y Especies Endémicas para cada Área.

Mediante el programa estadístico PAST versión 1.34 (Hammer *y col.*, 2001) se determinaron los Árboles de Tendido Mínimo (ATM; opción Coordenadas Principales), utilizando el índice de Simpson para cálculo de diversidad biótica; a partir del gráfico obtenido para las Coordenadas 1 vs 3, se construyó la matriz de conectividad que permitió calcular los valores nodales para cada Área y el Valor Nodal Promedio para el territorio nacional. Aquellas Áreas con valores nodales por encima del promedio se consideraron Nodos Panbiogeográficos (Craw, 1989). Finalmente, se realizó una búsqueda bibliográfica a fin de ubicar las especies de Characidae citadas en el Libro Rojo de la Fauna Venezolana y las Áreas Bajo Régimen de Administración Especial (ABRAE) establecidas para Venezuela, de manera de integrar esta la información con los resultados biogeográficos obtenidos.

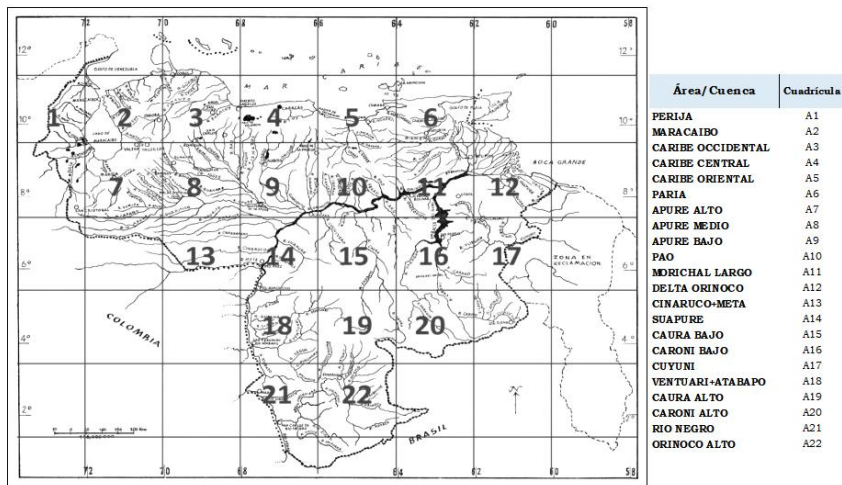


Figura 1. Área de estudio. Definición de 22 cuadrículas (A1-A22) sobre el mapa de Venezuela y sus principales cuencas hidrográficas asociadas.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos para los representantes analizados de la Familia Characidae indican que este grupo tiene presencia en todas las cuencas hidrográficas del país, con una mayor riqueza de especies en las cuencas de los ríos Cinaruco, Meta, Suapure y Ventuari-Atabapo, correspondientes a las cuadrículas A13, A14 y A18. A su vez, el área A19 arrojó el mayor número de especies endémicas para este grupo de peces dulceacuícolas, con 15. Igualmente, resaltan las cuencas Caribe Occidental y Caribe Central, con 4 y 2 especies endémicas (Tabla 1).

A partir del análisis ATM (Figura 2) y matriz de conectividad (Figura 3), se establecieron cinco (5) Nodos Panbiogeográficos correspondientes a las Áreas A9, A11, A14, A15 y A18. Estas cuadrículas incluyeron principalmente a las cuencas de los ríos Apure Bajo, Morichal Largo, Suapure, Caura Bajo y Ventuari-Atabapo, respectivamente. Las Áreas 14 y 15 resultaron con los mayores valores nodales, con 5 conexiones cada una. El área A14 conecta con A11, A12, A13, A4 y A5, siendo las tres primeras conexiones con Morichal Largo, Delta del Orinoco y Cinaruco-Meta y las dos últimas regiones de Caribe Central y Oriental. Por su parte A15, conecta con A10, A11, A16, A19 y A20, regiones que incluyen las cuencas de los ríos Pao, Morichal Largo, Caroní Bajo, Caura Alto y Caroní Alto.

Tabla 1. Riqueza de especies y especies endémicas por Área (A1-A22).

Área/Cuenca	Cuadrícula	Riqueza por Área	Especies Endémicas
PERIJA	A1	16	
MARACAIBO	A2	17	
CARIBE OCCIDENTAL	A3	25	4
CARIBE CENTRAL	A4	20	2
CARIBE ORIENTAL	A5	11	
PARIA	A6	32	
APURE ALTO	A7	67	
APURE MEDIO	A8	58	
APURE BAJO	A9	64	
PAO	A10	40	1
MORICHAL LARGO	A11	43	
DELTA ORINOCO	A12	50	
CINARUCO+META	A13	85	
SUAPURE	A14	93	1
CAURA BAJO	A15	75	
CARONI BAJO	A16	41	
CUYUNI	A17	27	1
VENTUARI+ATABAPO	A18	112	15
CAURA ALTO	A19	51	
CARONI ALTO	A20	41	
RIO NEGRO	A21	47	1
ORINOCO ALTO	A22	49	

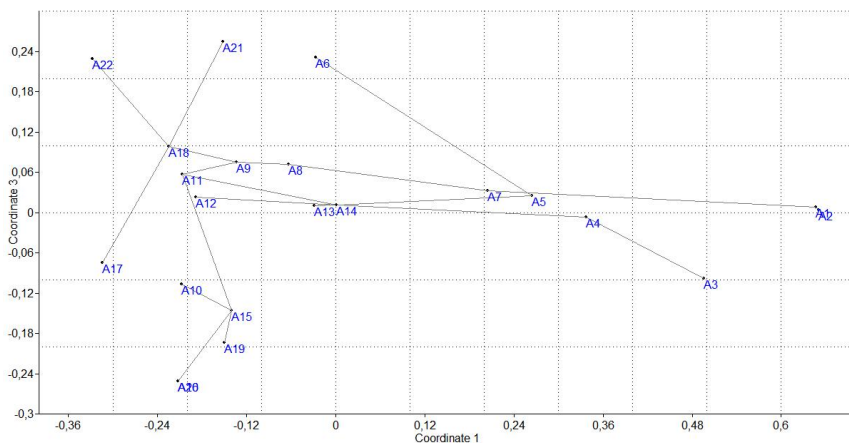


Figura 2. Árbol de Tendido Mínimo (ATM) obtenido para las CP lvs3.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22	
A1																							2
A2	1																						1
A3																							1
A4																							2
A5																							2
A6																							1
A7	1																						2
A8																							2
A9																							3
A10																							1
A11																							3
A12																							1
A13																							1
A14																							5
A15																							5
A16																							2
A17																							1
A18																							4
A19																							1
A20																							1
A21																							1
A22																							1
Promedio																							2.0

Figura 3. Matriz de Conectividad obtenida a partir del Árbol de Tendido Mínimo (ATM). Se resaltan los Valores Nodales y el Valor Nodal promedio.

Rodríguez *y col.* (2015) citaron tres (3) especies de Characidae en el Libro Rojo de la Fauna Venezolana: (1) la sardinita *Bryconamericus charalae*, ubicada en las cuencas de los ríos Aroa y Yaracuy con categoría de “Vulnerable” B1ab(iii); (2) el diente frío, *Creagrutus crenatus*, localizada en la cuenca del Río Tocuyo y categorizada “En Peligro” B1ab(iii); y (3) el Tetradiamante, *Moenkhausia pittieri*, reportada para las cuencas del Lago de Valencia y Río Tuy, y establecida como “Vulnerable” B1ab(iii,iv).

En Venezuela fueron creadas las Áreas Bajo Régimen de Administración Especial (ABRAE) con la finalidad de proteger aquellos espacios que merecen un tratamiento excepcional debido a sus características; son áreas sometidas a un régimen especial de manejo para su defensa, conservación y mejoramiento. Hasta la fecha se han creado 406 ABRAE que representan el 68% de la superficie del país, distribuidas en 24 categorías diferentes, 6 de ellas de importancia para la conservación de la biodiversidad: parques nacionales (43), monumentos naturales (21), refugio de fauna silvestre (7), reserva de fauna silvestre (2), santuario de fauna silvestres y reservas de biósfera (2) (Bevilacqua, 2003; Cloquel *y col.*, 2010; MINEC, 2023).

DISCUSIÓN

Al superponer las diferentes capas de información obtenida en este trabajo y recopilada de las referencias bibliográficas, es posible obtener un mapa integral mostrando los puntos de interés biogeográfico que es posible identificar en el país, con base en el grupo de los carácidos (Figura 4). Esta metodología permitió identificar a las cuencas de los ríos Ventuari-Atabapo (A18) como una región importante, no sólo por representar un área de intercambio biótico reciente (nodo), sino también por su alta riqueza de especies y elevado endemismo. En este nodo tan importante no existe una extensión protegida bajo alguna figura, por lo menos de Parque Nacional que cubra suficientemente todas las cuencas hidrográficas involucradas. Igual situación se observa para el resto de los nodos identificados, salvo en los casos de A9 -Apure Bajo- y A14 -Suapure- que cuentan con la figura de Parque Nacional, Aguaro-Guariquito y Cinaruco-Capanaparo (Cloquell *y col.*, 2010), respectivamente, que las protege parcialmente.

La otra región interesante identificada en este estudio fue Caribe Occidental y Central (Figura 4). A pesar de no haberse establecido como regiones nodales, estas zonas presentan la menor riqueza de especies (0-30 spp) y tres especies de carácidos en riesgo, según las diferentes categorías del Libro Rojo de la Fauna Venezolana (Rodríguez *y col.*, 2015). Estas categorías representan las siguientes condiciones: B1 Extensión de presencia a <5.000 km² En Peligro o <20.000 Km² Vulnerable; estado (a) severamente fragmentada <5 En Peligro y <10 Vulnerable; y (b) Disminución continua observada, estimada, inferida o proyectada en (iii)

área, extensión y/o calidad del hábitat o (iv) número de localidades o subpoblaciones. A la fecha de esta publicación, la especie *C. crenatus* presentaba un nivel de riesgo mayor que las especies *B. charalae* y *M. pittieri*. Importante resaltar que los ríos donde se ubican pertenecen a la cuenca Caribe, Occidental y Central y al Lago de Valencia, localidades sometidas a una elevada actividad antropogénica. Estas condiciones hacen de esta zona costera, con ríos aislados y de recorrido corto, una región de alta vulnerabilidad que debería estar bajo estrictos programas de conservación de su biodiversidad.

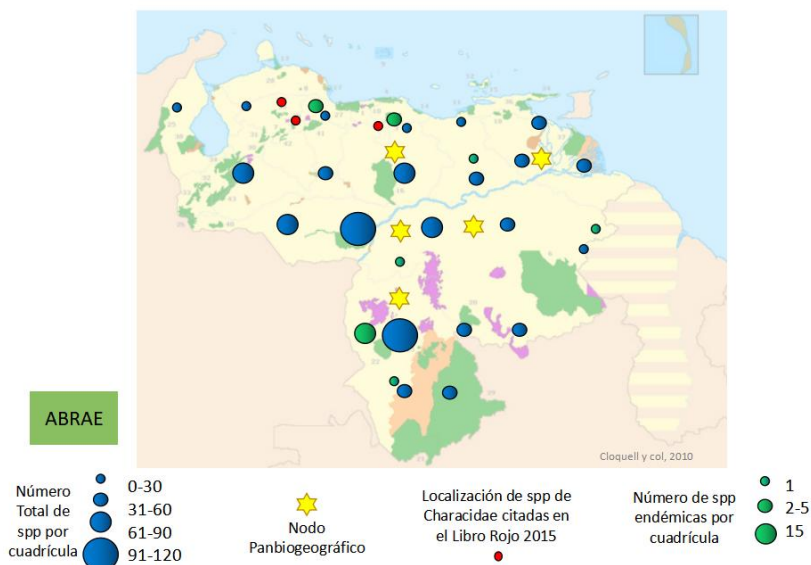


Figura 4. Mapa integral mostrando los cinco (5) Nodos Panbiogeográficos (estrellas amarillas) establecidos para la Familia Characidae en Venezuela, Riqueza de Especies (puntos azules), Endemismo (puntos verdes), más información complementaria de Especies en riesgo (puntos rojos) y Parques Nacionales (áreas en verde).

Las conexiones bióticas que se obtuvieron en este trabajo indican que, históricamente, las áreas nodales asociadas con la cuenca del Orinoco, constituyen zonas de confluencia biótica debido a la captura de ríos del piedemonte andino y escudo guayanés, durante los cambios de curso del río Proto Orinoco. Estos eventos pueden explicar la condición de nodo, la elevada riqueza de especie y los endemismos en toda la región que incluye las cuencas de los ríos Apure, Suapure, Ventuari y Atabapo. Posteriormente, el avance del curso del Orinoco ha tenido gran influencia en los carácidos que se distribuyen actualmente en el Orinoco bajo, evidenciado por las conexiones halladas por las especies compartidas, muy a pesar de las diferencias ecológicas que existen entre los distintos tramos de este río.

AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen la información suministrada por la Colección de Peces del MBUCV, en cuanto a taxonomía y ubicación geográfica de los representantes de la Familia Characidae en Venezuela.

LITERATURA CITADA

- Bevilacqua, M. 2003. Áreas protegidas y conservación de la diversidad biológica. En: *Biodiversidad en Venezuela*. Tomo II. (Aguilera, M., A. Azócar y E. González, Eds.) Fundación Polar. Ministerio de Ciencia y Tecnología.
- Craw, R. 1989. Quantitative panbiogeography: introduction to methods. *New Zealand Journal of Zoology* 16:485-494.
- Dagosta, F.C.P. y M. De Pinna. 2019. The fishes of the Amazon: Distribution and Biogeographical patterns, with a comprehensive list on species. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 431:163 pp.
- Hammer, O., D. Harper y P. Ryan. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1):1-9.
- Lasso, C.A.; D. Lew; D. Taphorn; C. DoNascimento; O. Lasso-Alcalá; F. Provenzano y A. Machado-Allison. 2004a. Biodiversidad ictiológica continental de Venezuela. Parte I. Lista de especies y distribución por cuenca. *Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales* 159-160: 105-195.
- Lasso, C.A.; J.I. Mojica; J.S. Usma; J.A. Maldonado; C. DoNascimento; D.C. Taphorn; F. Provenzano; O.M. Lasso; G. Galvis; L. Vásquez; M. Lugo; A. Machado-Allison; R. Royero; C. Suárez y A. Ortega-Lara. 2004b. Peces de la cuenca del río Orinoco. Parte I: lista de especies y distribución por subcuencas. *Biota Colombiana* 5: 95-158.
- MBUCV. 2023. Colección de Peces del Museo de Biología de Universidad Central de Venezuela (MBUCV-V), Instituto de Zoología y Ecología Tropical, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela.
- Miguel-Talonia, C. y T. Escalante. 2013. Los nodos: el aporte de la panbiogeografía al entendimiento de la biodiversidad. *Biogeografía. Bulletin of the Systematic and Evolutionary Biogeographical Association* 6:30-42.
- Ministerio del Poder Popular para Ecosocialismo. ¿Qué es un ABRAE?. Recuperado de: <http://sigta.minec.gob.ve/sigta/abrae.php>.
- Mirande, J.M. 2019. Morphology, molecules and the phylogeny of Characidae (Teleostei, Characiformes). *Cladistics* 35:282-300.
- Morrone, J.J. 2004. Panbiogeografía, componentes bióticos y zonas de transición. *Revista Brasileira de Entomologia* 48(2):149-162.
- Richardson, D.M. y R.J. Whittaker. 2010. Conservation biogeography - foundations, concepts and challenges. *Diversity Distrib.* 16:313-320.
- Reis, R.E., S.O. Kullander y C.J. Ferraris, Jr. (Eds.). 2003. Check List of the Freshwater Fishes of South and Central America. Porto Alegre EDIPUCRS. 742 pp.
- Rodríguez, J. P., A. García-Rawlins y F. Rojas-Suárez (eds.). 2015. Libro Rojo de la Fauna Venezolana. Cuarta edición. Provita y Fundación Empresas Polar, Caracas, Venezuela. 470 pp.