

Patrones de Distribución de los Peces de la Cuenca del Lago de Maracaibo, Venezuela.

Alfredo Pérez Lozano,¹ Donald Charles Taphorn, B.²

¹ UNELLEZ-Apure Programa de Ciencias del Agro & Mar, Apartado Postal No. 04 San Fernando 7001, Estado Apure, Venezuela. piracatinga@yahoo.com.br

² UNELLEZ- Guanare, Centro para la Conservación de la Biodiversidad Neotropical (Bio-Centro), Mesa de Cavaca, Estado Portuguesa, Venezuela. taphorn@gmail.com

RESUMEN

Los patrones de distribución de los peces de agua dulce de la cuenca del lago de Maracaibo fueron determinados con base en el análisis de las colecciones de peces en los museos de Venezuela, así como en información ictiológica publicada. Fue usado el análisis corológico. Fueron identificadas 116 especies, agrupadas en 77 géneros, 28 familias y 7 órdenes. El grupo taxonómico mejor representado fue el orden Siluriformes (54 especies). Los resultados basados en las áreas de distribución de las 113 especies de la cuenca incluyendo a las especies exóticas o introducidas (6 especies), permitieron identificar cuatro unidades ictiogeográficas (Limón, Andina-Perijá, Maracaibo, Catatumbo), caracterizadas por grupos específicos de especies. La mayor riqueza de especies fue localizada en la área comprendida entre el piedemonte de la sierra de Perijá y las ciénagas de Juan Manuel de Aguas Negras y aguas Blancas, así como entre los ríos Yasa y Catatumbo. Un alto porcentaje de endemismo fue determinada en la cuenca del lago de Maracaibo (39%), siendo la unidad del Catatumbo con el porcentaje más alto (22%). La distribución disyuntiva de varias especies en la cuenca es discutida. Tres barreras zoogeográficas son propuestas para explicar las tendencias en la dispersión de las especies.

Palabras claves: zoogeografía, distribución, peces, cuenca lago de Maracaibo, Venezuela

ABSTRACT

The purpose of the present study is to document the distribution of fresh water fish in the Maracaibo Basin. To this end, fish collections from biology museums in Venezuela, as well as appropriate ichthyological and geological references for the basin were reviewed to interpret of the generated information,. The fresh water fish of the Maracaibo Basin are represented by 107 species grouped into 84 genera, 28 families and 10 Orders. The best represented group is made up of species (54) from the Order Siluriformes. Equally 113 distribution maps were generated from which four ichthyogeographical units were determined: (LIMON, ANDINA-PERIJA, MARACAIBO and CATATUMBO). The greatest species richness was located in an area bordered by foothills of the Sierra de Perijá and the Juan Manuel Swamp, with the Yasa River As the northern limit and the Catatumbo River as the southern limit. A high rate of endemism was determined in the Basin (39%), and the highest level was encountered in the CATATUMBO unit (22%). The disjunct distribution of the various species present in the basin is discussed. And three zoogeographical barriers are proposed.

Key words: zoogeography, distribution, fishes, Maracaibo Basin, Venezuela

INTRODUCCIÓN

Lagler *et al.*, (1977) desarrollaron modelos biogeográficos para tratar de explicar la distribución actual de las especies de los peces, sosteniendo que las diferencias entre las ictiofaunas de cada continente amerita un gran modelo de distribución de peces de agua dulce. Por otro lado, Myers (1938), estableció una clasificación ecológica para los peces de agua dulce considerando su origen en: 1) Peces Primarios (que evolucionaron en un medio acuático continental y por tanto no toleran el agua salada). 2) Peces Secundarios (de origen marino que invadieron el medio dulceacuícola y que ha persistido hasta nuestros días). 3) Peces Perimetrales (peces marinos que están adaptados a los cambios de salinidades y ocasionalmente se les consiguen en agua dulce).

Miller (1966), quien tomó en consideración la clasificación ecológica de Myers (1938), estudió la distribución geográfica de los peces de agua dulce de América Central, basándose principalmente en los trabajos de Regan (1906-1908), Rosen & Bailey (1963), constato que las familias Poeciliidae y Cichlidae, son particularmente abundantes y ricas en especies, en la América Central y los peces del Superorden Ostariophysii, únicamente es diverso en la zona Panameña.

Analizando estas informaciones, Bussing (1985) propuso que la colonización de los ambientes acuáticos de América Central se desarrolló a través de tres invasiones. La primera ocurrió en el Eoceno cuando, peces de América del Sur lograron alcanzar América Central antes de la ruptura continental entre las Américas. La segunda se inició en el Plioceno cuando la conexión entre las Américas se restituyó permitiendo que un nuevo grupo de especies de América del Sur se dispersaran hacia América Central. La tercera con origen Neártico (América del Norte), que fue de limitado alcance se desarrolló durante el Pleistoceno. De estas informaciones se sugieren que no todo los patrones de distribución, puede ser

explicado por eventos vicariantes como lo han señalados varios autores (Vari 1984; Wiley, 1988) y que la dispersión en los peces de agua dulce es real en una escala temporal mas limitada.

Con respecto a América del sur, podemos decir que los investigadores que han realizado estudios biogeográficos en la región Neotropical, reconocen que la Cuenca de río Amazonas es el centro de dispersión; debido a su alta riqueza de especies (1337 sp.). Según Lowe Mc-Connell (1987), el número de especies se hace menor en los límites norte (Venezuela, 494 sp.) y sur (Paraguay, 447 sp.) de la Cuenca del río Amazonas moderadamente pobre en la aislada cuenca del río Magdalena (397 sp.) y mucho menor en comparación con los ríos de la costa del océano pacifico de Colombia y Ecuador (102 sp.). Ocurriendo lo mismo en la región de los andes (277 sp.), en la cual solo existen especies adaptadas a ríos de aguas caudalosas y lagos de elevada altitud (Lowe Mc-Connell, 1987). Sin embargo esta consideración no es valida al menos para Venezuela en donde se han descrito cerca de 1000 especies (Lasso *et al.*, 2003).

La ictiofauna dulceacuícola de Venezuela es consideradas como una de las mas rica de la América del sur (Mago, 1970; Lasso *et al.*, 2003), encontrándose diversas biotas (lago de Maracaibo, los llanos, el Escudo de Guayana, el delta del Orinoco y los Andes) asociados a sus cuencas hidrográficas. En la bibliografía existen varias referencias de trabajos sobre rangos distribucionales de especies de peces de agua dulce para la Región Neotropical (Bussing, 1985; Dahl, 1971; Fowler, 1944, 1952; Hubbs, 1957; Gery, 1962, 1977; Jordan & Evermann, 1896; Lasso, 1989; Mago, 1967, 1970; Menezes, 1972; Miles, 1943, 1971; Vari, 1987).

El conocimiento de la distribución geográfica de la ictiofauna de la cuenca del Lago de Maracaibo es relativamente escaso. Se puede decir que los estudios ictiológicos en forma sistematizada comenzaron a raíz de los trabajos de Schultz (1944a, 1944b, 1949),

los cuales, constituyen el primer esfuerzo serio para inventariar las especies de peces presentes, además de conocer y determinar su área de distribución en la cuenca.

En la década de los años 80 se comienza a generar nuevamente datos distribucionales, a partir de varios trabajos de grados de los estudiantes en la Universidad de los Andes y de la Universidad del Zulia en los ríos Chama, Tamare (Costa oriental del lago) y Caño el Sargento en el río Limón.

Taphorn y Lilyestrom (1984) señalaron para la Cuenca del Lago de Maracaibo 117 especies de peces de agua dulce, sin embargo hay que aclarar que, de éste total 4 son exóticas y 5 son estuarinas, de modo que las restantes 108 especies 12 corresponden a peces secundarios y 96 a peces primarios. Sin embargo, estos autores no proporcionaron información sobre la distribución de las especies.

Es importante acotar que toda la información ictiogeográfica analizada en este trabajo esta referenciada hasta el año 1993, desde entonces no existe nuevos registros en la colección de peces del Museo de Biología de la Universidad del Zulia ni en ningún otra colección de referencia ictiológica en los museos de historia natural de Venezuela, solamente se han realizado actualizaciones taxonómicas tales como: cambios de nombres científico o de genero

En este trabajo, aplico una metodología poco conocida en biogeografía descriptiva denominada areografía desarrollada por Rapoport (1975) que intenta ofrecer una descripción de cómo las especies se distribuyen en el espacio, y con la ayuda de la corología, determinar la existencia de unidades o distritos ictiogeográficos. Rapoport (1975) definió a la corología como una disciplina de la biogeografía que estudia la forma, el tamaño y la dinámica de las áreas de distribución de las especies, es decir las formas de dispersión de las especies.

El objetivo del presente estudio, es determinar la existencia de algún patrón en la distribución de los peces de agua dulce, aplicando la metodología desarrollada por

Rapoport (1975) y mejorada por Del Castillo (1986, 1988), que permita identificar la existencia de unidades o distritos ictiogeográficos dentro de la Cuenca del Lago de Maracaibo.

ÁREA DE ESTUDIO

El sistema del Lago de Maracaibo incluye una extensa depresión costera comprendida aproximadamente entre los 9° y 12° N y los 70° y 72° O (Rodríguez, 2000). Pero la Cuenca del Lago de Maracaibo, es el sistema de ríos que descarga sus aguas al Lago de Maracaibo, sin incluir a éste último. Las cabeceras de los ríos de la Sierra de Perijá y la porción Suroeste de la Cuenca del Lago de Maracaibo, que se encuentra en la República de Colombia, no fueron consideradas en el presente estudio debido a su difícil acceso y al limitado apoyo logístico disponible, para hacer muestreos estas áreas que no aparecen cubiertas en los mapas de muestreos de las diferentes colecciones ictiológicas del país.

De acuerdo con Rodríguez (2000), el área norte de la Cuenca, constituida por las subcuencas de los ríos Guasare, Socuy, Cachirí y por ende el Río Limón, no pertenecen estrictamente a la Cuenca del Lago de Maracaibo. Pero debido a que estas subcuencas presentan una similitud muy grande entre las ictiofaunas de estos ríos con el resto de la Cuenca, fueron incluidas en el presente estudio (Figura 1).

La Cuenca del Lago de Maracaibo se extiende hasta la vecina República de Colombia y tiene un área aproximada de 90.000 km², de los cuales alrededor de 65.000 km² (incluyendo el Lago de Maracaibo) corresponden a la Cuenca en Venezuela (Mago, 1970). El Lago de Maracaibo presenta un área de 12.013 km², su salinidad promedio de las aguas superficiales del lago en dirección N-S disminuye desde el golfo de Venezuela con salinidades alrededor de 35 ‰ hasta las aguas estuarinas de la bahía de El Tablazo, el estrecho de Maracaibo y el cuerpo principal del Lago (Medina & Barboza, 2006).

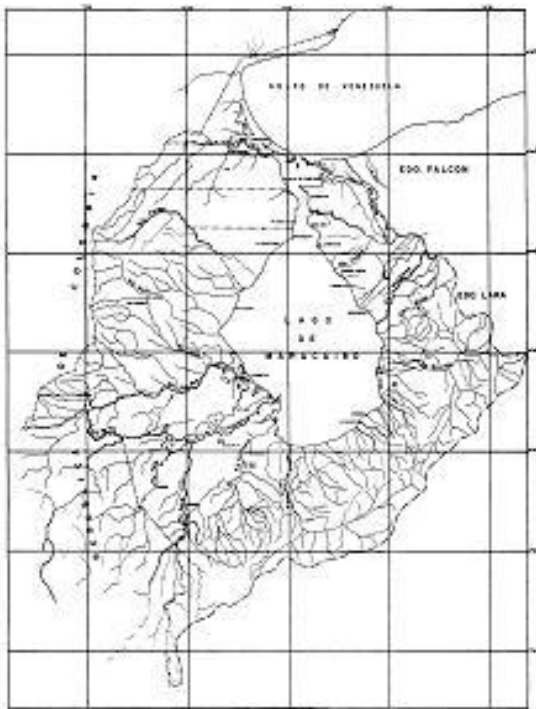


Figura 1. Cuenca del Lago de Maracaibo, mostrando su ubicación relativa en Venezuela

Los valores de salinidad son más variables en la bahía de El Tablazo y en el extremo superior del estrecho de Maracaibo como sería de esperar por las variaciones anuales de precipitación y escorrentía terrestre, como en el sur del lago, donde las aguas contienen una salinidad promedio de 2 o/oo y están completamente mezclada en sus márgenes, debido a las aguas de lluvia que cae sobre la Cuenca y las que son aportadas por los ríos (Rodríguez, 2000; Medina & Barboza, 2006).

MATERIALES Y METODOS

Se empleó un mapa hidrográfico base de la Cuenca del Lago de Maracaibo, con una escala 1:500.000, en el cual se colocaron los puntos de colecta para cada especie señalada para la cuenca. Para la determinación de las áreas de distribución de las especies de peces de agua dulce de la cuenca, fue seleccionada la información contenida en los catálogos de las

colecciones de peces de las siguientes instituciones: Museo de Biología de la Universidad del Zulia (MBLUZ); Museo de Biología de la Universidad Central de Venezuela (MBUCV); Museo de Historia Natural la Salle (MHNLS); Museo de Ciencias Naturales de Guanare (MCNG); Colección de Vertebrados de la Universidad de los Andes (CVULA). Igualmente se obtuvo los datos distribucionales de las especies colectadas por el antiguo Centro de Investigaciones sobre Contaminación Ambiental (CISCA) del Ministerio de Sanidad y Asistencia Social (MSAS), cuya colección se encuentra en la Estación Biológica de Rancho Grande (EBRG), dependiente del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales (MARN). También se incluyó toda aquella información sobre distribución de las especies, señalada por la bibliografía ictiológica, referida a la Cuenca del Lago de Maracaibo (Figura 2). Para la ordenación de la lista de las especies, se siguió a la clasificación propuesta por Eschmeyer (1998) y Reis *et al.*, 2003).

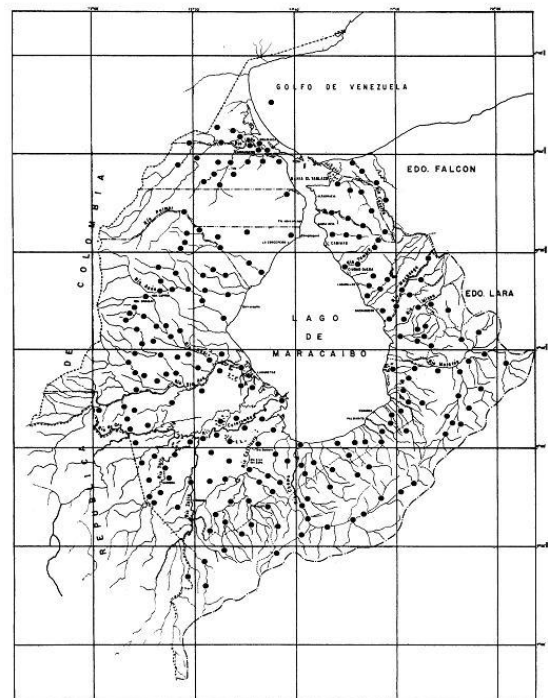


Figura 2. Área de muestreo en la Cuenca del Lago de Maracaibo, mostrando los puntos de colecta.

Antes de realizar el análisis corológico se procedió a evaluar el tipo de distribución de las especies para cuantificar cual de ellas presentaban una distribución pandémicas, restringida, endémica o localizar áreas con alta riqueza de especies.

ANÁLISIS AREOGRÁFICO

Para la identificación de patrones de distribución de las especies se empleó la metodología desarrollada por Del Castillo (1986, 1988). La cual se basa en el establecimiento de relaciones entre las especies tomando en cuenta la superficie de intersección entre sus áreas de distribución, calculadas por un análisis de cluster tipo R y usando el algoritmo UPGMA.

Para el análisis corológico se tomaron dos criterios: a) Los datos de distribución de peces primarios y secundarios originarios de la cuenca, b) El área de distribución de cada especie fue considerada homogénea y asimilable a un conjunto de puntos en el dominio de un plano cartesiano.

En la determinación del área de distribución de cada especie, se procedió de la siguiente forma:

a) El área de distribución para cada especie, se delimitó por el criterio de "propinquidad media" de Rapoport (1975), basado en la teoría de grafos, consiste en conectar los puntos vecinos más próximos mediante arcos, conduciendo a la formación de colonias de máxima propinquidad (*propinquus* = cercano), las cuales se conectan con las colonias más cercanas, para formar "un Árbol" con todo los nodos conectados, para luego dibujar el contorno del área de distribución de la especie.

b) Posteriormente se calcó el límite de distribución de cada especie y luego, con un planímetro digital (marca LICOR, modelo LI-3100) se estimó la superficie en Km²

c) Del conjunto de las 116 especies de origen primario se escogió una muestra de 57 especies, ya que las restantes especies, presentaban distribuciones muy localizadas o se encontraban ampliamente distribuidas en la cuenca, lo cual en ambos casos producían "ruido" en el análisis empleado por el programa de computación.

Para obtener una medida de similitud entre las áreas de las especies se empleó la distancia angular de Bhattacharyya, recomendada por Del Castillo (1988).

$$d_{ab} = 2 \cdot \arccos \sqrt{\frac{I}{A \cdot B}}$$

Donde:

I = área de intersección entre las dos superficies de los taxa A y B

A = superficie en Km² del taxon a

B = superficie en Km² del taxon b

0 < d < 3.1415

La cual compara el grado de solapamiento de superficie entre pares de especies, midiendo la zona ocupada por dos especies cualquiera, sin tomar en cuenta si realmente viven juntas en el mismo hábitat acuático. A partir de esta distancia, d_{ab} se construyó cuatro matrices de similitud simétricas, mediante el programa NTSYS-pc 1.2. Con ellas, se generaron dendrogramas de relaciones entre especies a través de un análisis de cluster usando el algoritmo UPGMA, que calcula la media aritmética de la similaridad entre el objeto que se trata de introducir en un grupo y atribuye a todos los objetos el mismo peso (Del Castillo, 1986).

Para la determinación de posibles barreras zoogeográficas, que limiten la distribución de las especies en la cuenca (Figura 3), se empleó el método de estimación de curvas de isoprobabilidad de Rapoport (1975) el cual consiste en:

a) cuadricular la cuenca entera de Lago de Maracaibo, para la determinación de las líneas de isoprobabilidad

b) identificar cada cuadrado de la cuadrícula de la cuenca con una superficie de 756 Km².

c) Elegir un cuadrado con el mayor número de especies, y registrando el número de especies.

d) Anotar en cada cuadrado del mapa el número de especies comunes compartidas con el cuadrado de referencia.

e) La razón entre el número de especies compartidas con el número total de

especies para cada cuadrado en el mapa, genera el valor correspondiente de probabilidad.

f) Triangular los puntos de cada área y trazar las curvas de igual probabilidad o isoprobabilidad.

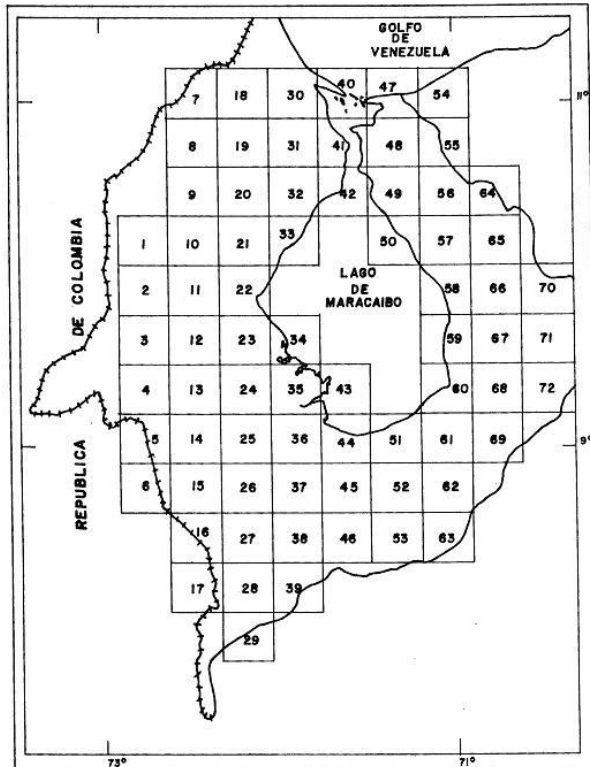


Figura 3. Cuadrícula de la Cuenca del Lago de Maracaibo, (756 Km² cada una)

Las curvas resultantes (curvas isoprobabilísticas) muestran, las barreras que se oponen a la "difusión" (dispersión) de las especies, siendo más efectivas cuanto más próximas se encuentren, por el contrario, cuando las curvas de isoprobabilidad se encuentran separadas, indicarían posibles corredores; en otros términos, las rutas por donde verosiblemente han fluido o se dispersan las especies.

RESULTADOS

La transcripción de la información recogida de las diversas fuentes consultadas sobre las áreas de colectas de las especies reportadas para la Cuenca del Lago de Maracaibo, permitió generar 116

áreas de distribución, constituyendo el insumo principal de la representación gráfica de las especies para su análisis corológico, mostrando como están distribuidas las especies de peces en la cuenca del Lago de Maracaibo en 1993.

Del análisis de los mapas de distribución, se pudo observar que 12 especies tienen una amplia distribución (pandémicas) en la cuenca del Lago de Maracaibo (>10.000 Km²) y 18 especies con una distribución restringida (<1.000 Km²) (Tabla 1).

Por otro lado, fue observado una alta concentración de especies en un área ubicada entre el piedemonte de la Sierra de Perijá y Las Ciénagas de Juan Manuel, con orientación Noreste-Suroeste que se inicia desde la confluencia de los ríos Negro-Yasa hasta el río Tarra (Figura 4a), puede ser atribuida posiblemente al hecho que, en ésta área es una zona de transición entre las fronteras de los ecosistemas de tierras altas y tierras bajas (posible efecto de borde), Ya que allí se localiza, el límite inferior de la distribución de las especies de la parte alta de los ríos (ritron) y el límite superior de las especies de tierras bajas (potamon).

Con relación a la distribución de las especies endémicas, se observó que de las 56 especies endémicas de la Cuenca, solo una especie (*Hyphessobrycon sovichthys*) tiene una distribución pandémica dentro de la cuenca, mientras que 38 especies presentan una amplia distribución en la Cuenca y las restantes 18 son de distribución restringida.

Por otro lado, toda la región de tierras bajas al este de la Sierra de Perijá contiene 15% de las especies endémicas de la Cuenca, mientras que las tierras bajas de la Costa Oriental del Lago se reducen al 12%, pero al sur del lago (Región del Catatumbo) se consigue el mayor valor (22%) en comparación con los valores bajos de las zonas montañosas (8%) y en la subcuenca del río Limón (3%) (Figura 4b).

Otras especies también mostraron la existencia de ciertas especies (*B. polylepis*; *B. unicolor*, *C. perijae*, *A. galani*) con áreas de distribución restringida muchas de ellas

Tabla 1 Listado de especies de peces primarios con distribución pandémica y restringida en la cuenca del lago de Maracaibo.

Especies con distribución pandémicas	Especies con distribución restringida
- <i>Astyanax fasciatus</i>	- <i>Brycon polylepis</i>
- <i>Astyanax magdalenae</i>	- <i>Creagrutops maracaiboensis</i> *
- <i>Aequidens af. pulcher</i>	- <i>Gibertolus maracaiboensis</i> *
- <i>Caquetaia kraussii</i>	- <i>Cetopsorhamdia picklei</i> *
- <i>Cyphocharax magdalenae</i>	- <i>Dupouichthys sapito</i> *
- <i>Hoplias malabaricus</i>	- <i>Dolichancistrus cobrensis</i> *
- <i>Hyphessobrycon sovichthys</i> *	- <i>Cordylancistrus perijae</i> .
- <i>Pimelodella odynea</i>	- <i>Distocyclus goajira</i> *
- <i>Poecilia caucana</i>	- <i>Hoplomyzon atrizona</i>
- <i>Rhamdia quelen</i>	- <i>Brachyhypopomus occidentalis</i>
- <i>Roeboides dientonito</i>	- <i>Megalonema platycephalum</i>
- <i>Rineloricaria magdalenae</i>	- <i>Lamontichthys maracaibero</i> *
	- <i>Panaque suttonorum</i> *
	- <i>Pseudocetopsis motatanensis</i>
	- <i>Perrunichthys perruno</i> *
	- <i>Rhinodoras thomersoni</i> *
	- <i>Tridensimilis venezuelae</i> *
	- <i>Xiliphius kryptos</i> *

* Especies endémicas

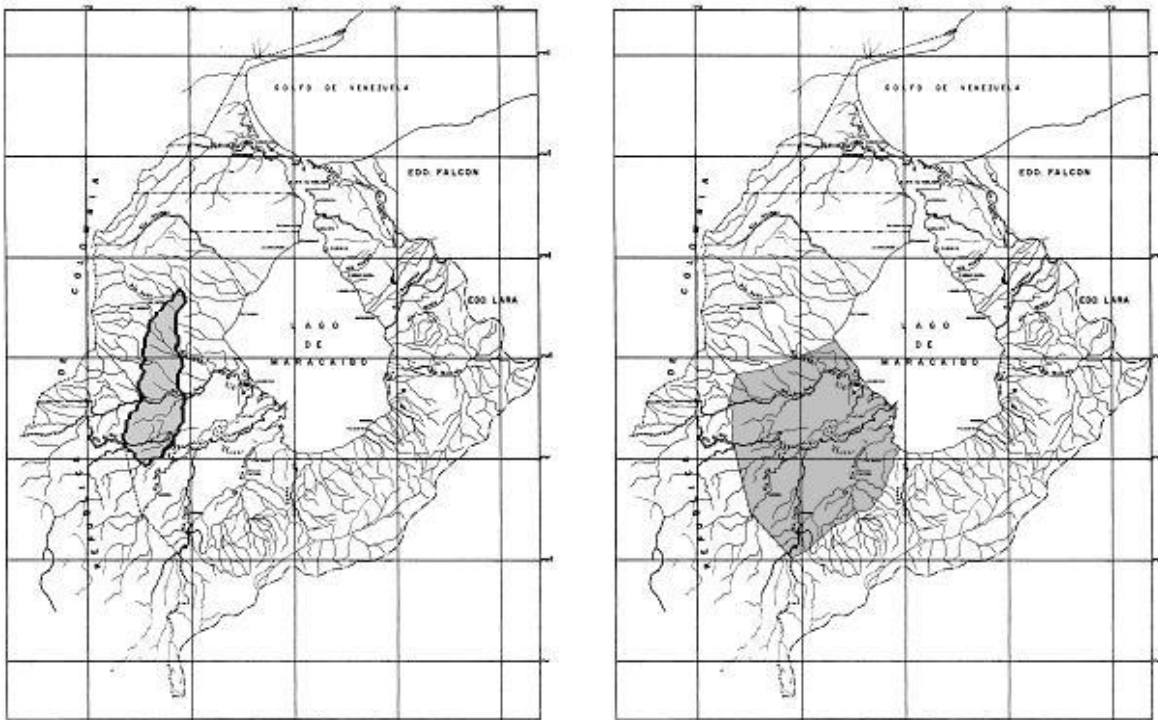


Figura 4. Area de mayor riqueza y endemismo de especies en la Cuenca del Lago de Maracaibo.

en zonas donde se desarrolla un notable de actividad minera y agropecuaria.

ANÁLISIS COROLÓGICO

Como resultado del análisis de cluster aplicado a cada una de las matrices de similitud, obtuvimos cuatro dendrográmas constituidos por cuatro grupos de peces conformados por los Characiformes, Siluriformes, Loricariidae y u grupo mixto

formado por representantes de las familias Apterontidae, Cichlidae y Rivulidae.

El primero conformado por peces carácidos (Figura 5a), en el cual permitió diferenciar tres grupos, el primero por: *A. magdalenae*, *C. hujeta*, *N. insignis*, *H. sovichthys*, *P. reticulatus*, *S. melanostigma*, *M. acanthogaster*; *P. laticeps*, *G. maculatus*, *S. corti*, especies conspicuas de las regiones de tierras bajas de la cuenca. El segundo arreglo constituido

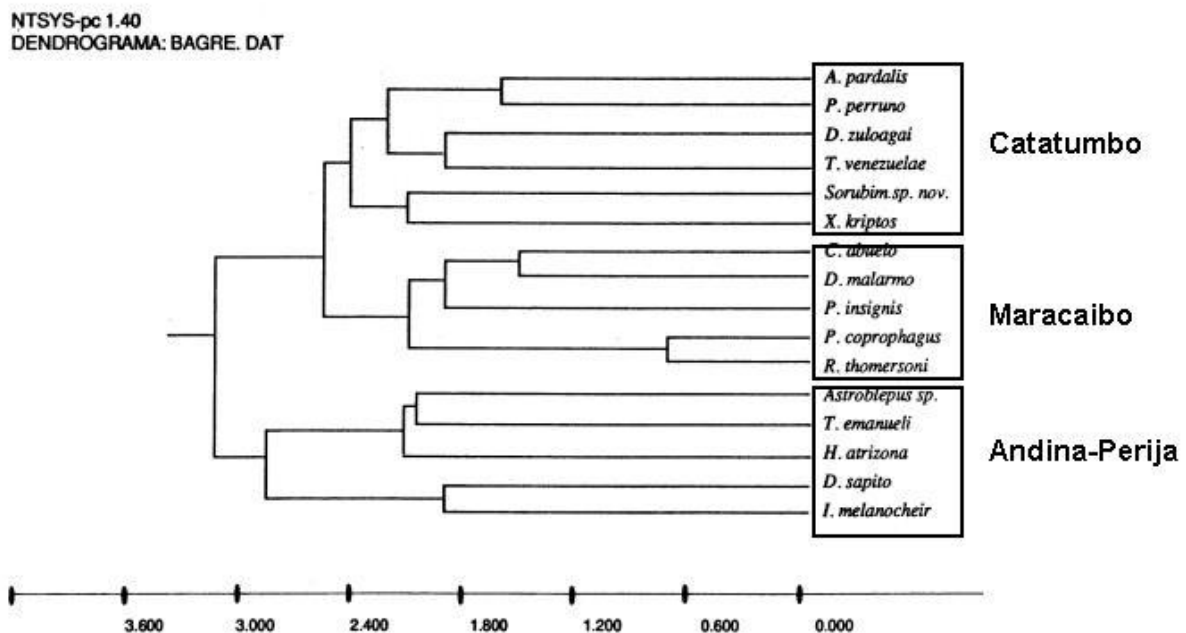


Figura 5a. Unidades ictiogeográficas definidas por grupos taxonómicos (Carácidos y bagres).

por: *B. meridae*, *C. chupa*, *C. paralacus*, *C. hildebrandi*, *P. suborbitale*, que representa especies propias de la región montañosa andina y perijana. Y el último constituido por *B. unicolor* restringido a la subcuenca del río Limón al norte de la cuenca del lago de Maracaibo.

El segundo dendrográma, formado por peces Siluriformes (FIGURA 5b), se aprecia tres arreglos, el primero por: *A. pardalis*, *P. perruno*, *D. zuloagai*, *T. venezuelae*, *S. conspicaudus*, *X. kryptos*, los cuales están localizados en el suroeste de la cuenca del lago de Maracaibo. El segundo arreglo constituido por *C. abuelo*, *D. malarma*

y *R. thomersoni*, que representa especies propias de las tierras bajas de la cuenca.

El último arreglo lo forman: *Astroblepus sp.*, *T. emanueli*, *H. atrizona*, *D. sapito*, *I. nemacheir*; especies características de las regiones montañosas de la cuenca.

El tercer dendrográma representado únicamente por la familia Loricariidae (FIGURA 6a), se observa tres arreglos identificando especies propias de las regiones montañosas de la cuenca como son: *C. anomala*, *F. curtirostra*, *L. maracaiboensis*, *R. rupestris*, *C. venezuelae*, y de las tierras bajas como: *H. watwata*, *H.*

maracaiboensis, *S. phelpsi*, así mismo de la región del suroeste de la cuenca del Lago de Maracaibo con las especies: *P. suttonorum* y *P. zuliaensis*.

El cuarto dendograma constituido por peces de las familias Apterontidae, Rivulidae y Cichlidae (FIGURA 6b), se aprecia cuatro arreglos. El primero identificado por: *A. cuchillo*, *A. leptorhynchus*, se relaciona con las especies que habitan en las tierras altas de la

cuenca. El segundo representado por: *D. goajira* y *R. pyropuntata*., que son especies representativa del suroeste de la cuenca del lago de Maracaibo. El tercero constituido por: *B. occidentalis*, *S. pejeraton*, *S. cuchillejo* y *C. kraussii*, que son especies representativa de las tierras bajas de la cuenca. Finalmente, el último arreglo constituido por: *G. steindachneri* y *R. brevis*, que son especies de la subcuenca del río Limón

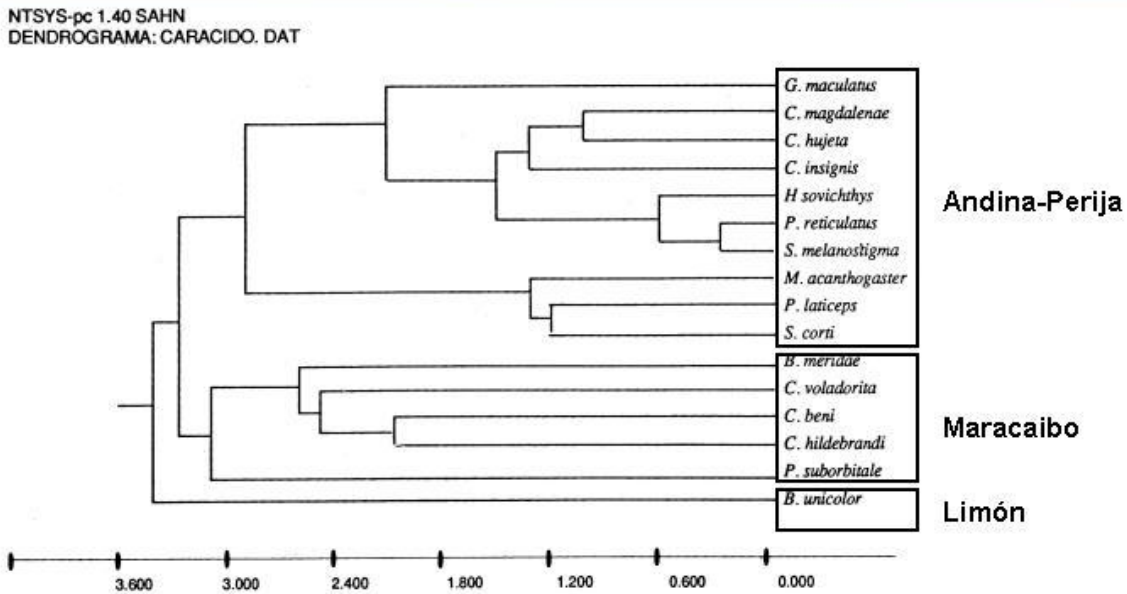


Figura 5b. Unidades ictiogeográficas definidas por grupos taxonómicos (Carácidos y bagres).

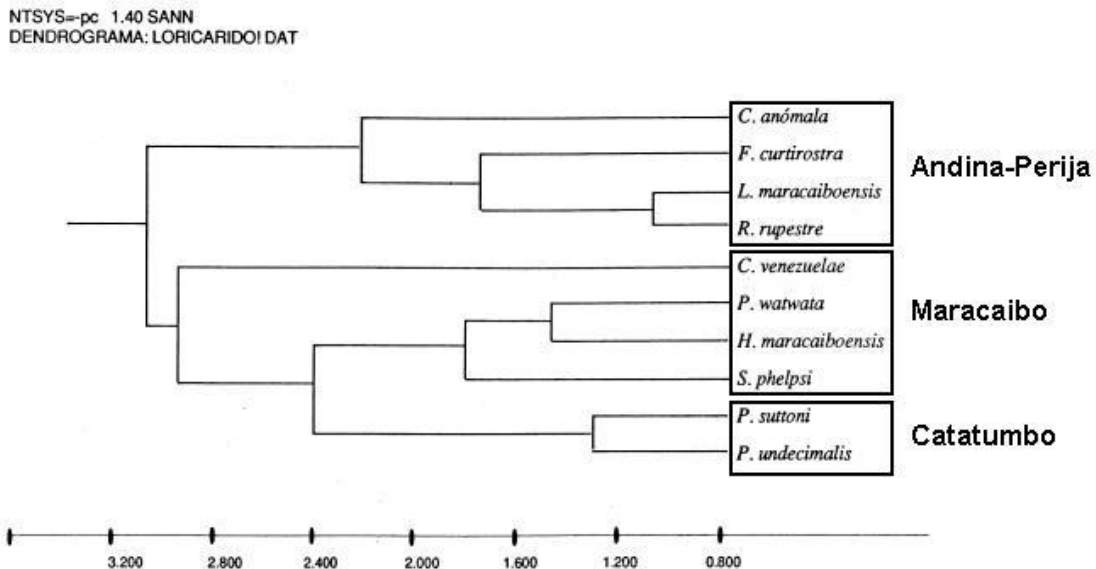


Figura 6a. Unidades ictiogeográficas definidas por grupos taxonómicos (loricáridos y otros grupos).

NTSYS - pc 1.40 SAHN
DENDROGRAMA: OTROS DAT.

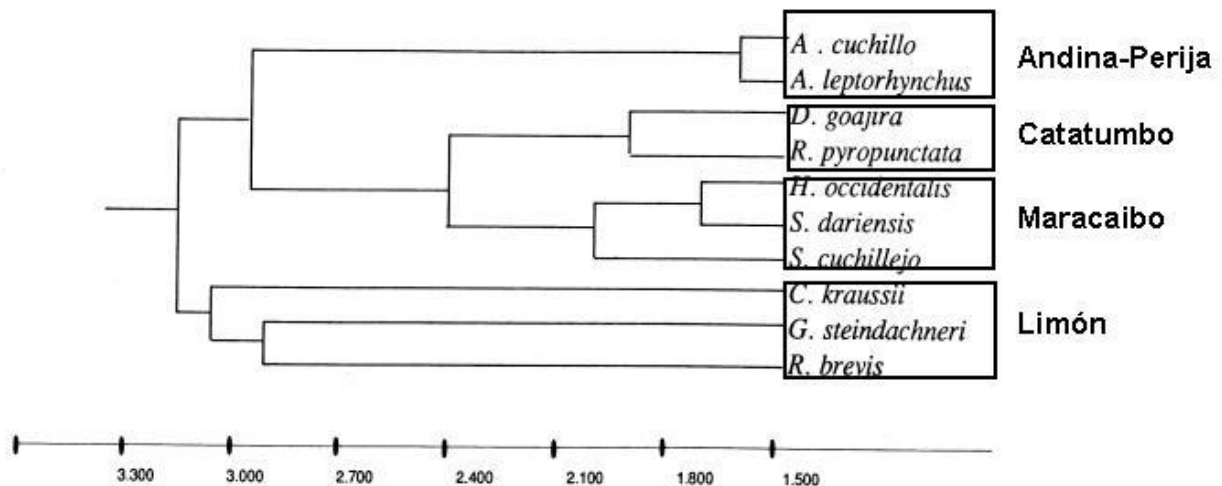


Figura 6b. Unidades ictiogeográficas definidas por grupos taxonómicos (loricáridos y otros grupos).

IDENTIFICACION DE UNIDADES ICTIOGEOGRÁFICAS

La información suministrada por los puntos de colecta en los mapas de distribución de las especies, sirvió de punto de partida para la determinación de los límites de distribución, los cuales una vez obtenidos, se solaparon unas con otras sobre un mapa topográfico de la cuenca, para encontrar algunas tendencias o patrón de distribución.

Esta información fue comparada, con la información suministrada por los dendrogramas, se identificaron cuatro unidades o provincia ictiogeográficas dentro de la cuenca del lago de Maracaibo (Tabla 2 y Figura 6) las cuales se describen a continuación.

La Unidad ANDINA-PERIJA, identificada por las especies de tierras altas (ritron) que, comprende todo el sistema de ríos y tributarios de las montañas, por encima de los 500 msnm, localizados en el arco formados por la Sierra de Perijá y la

Cordillera de Mérida y parte de la Serranía de Ziruma (Figura 6a).

La Unidad LIMON, localizada en la subcuenca del río Limón, constituida por los ríos Guasare, Socuy y Cachiri; además de la Laguna de Sinamaica, esta unidad es identificada por especies con una alta similitud con las especies de la cuenca del río Magdalena (Figura 6b).

La Unidad MARACAIBO, está constituida por todas las tierras bajas desde la cota de los 500 msnm, hasta el borde del Lago de Maracaibo, con la excepción de aquellas localizadas en el sur del lago, por presentar un limitado desarrollo horizontal, identificada por las especies que habitan en todas las tierras bajas de la cuenca (potamón). Adicionalmente en esta unidad por presentar características geográficas y biológicas muy propias (Figura 6c).

La unidad CATATUMBO identificada por las especies restringida a los cuerpos de agua localizados entre los ríos Santa Ana y Zulia (Figura 6d).

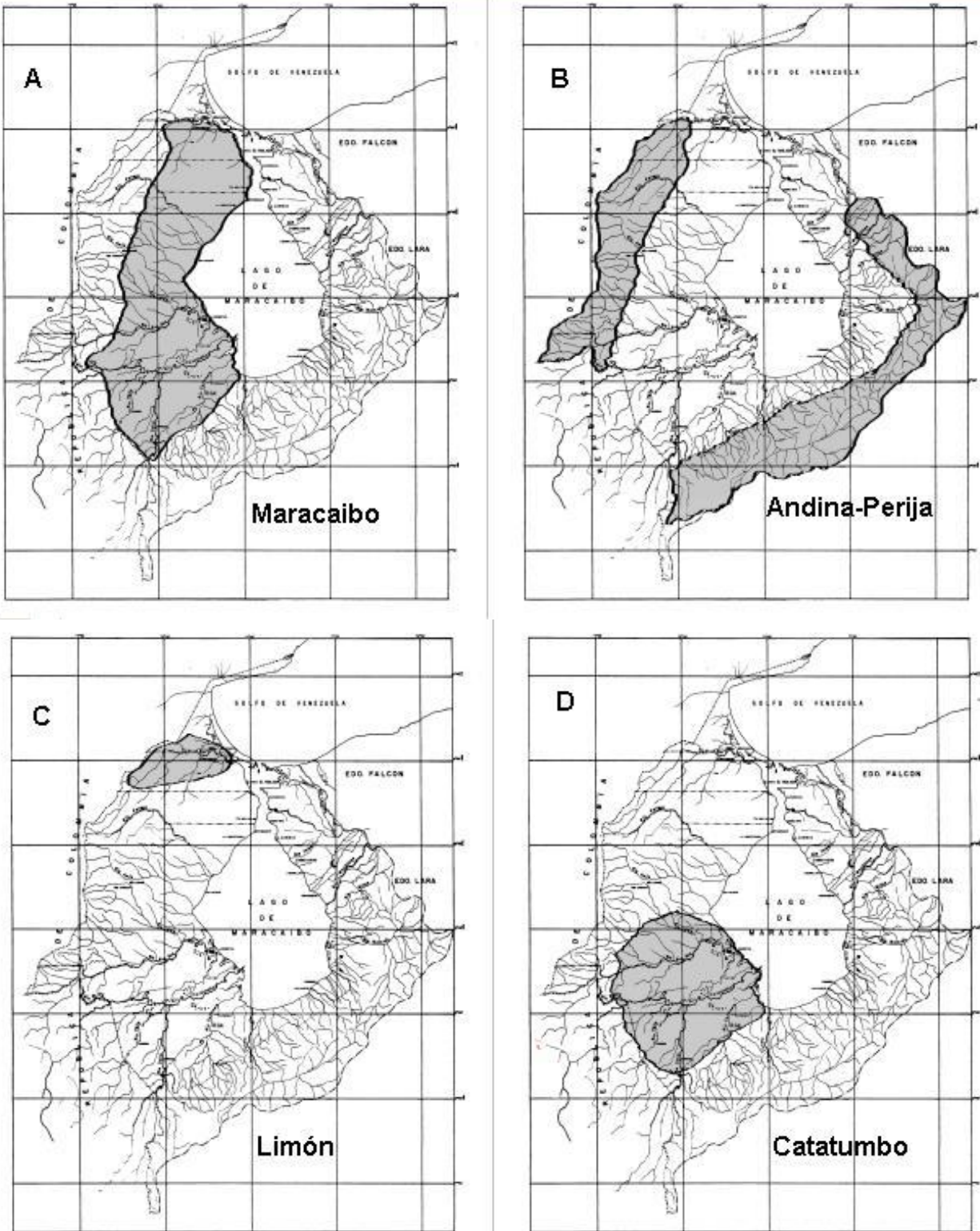


Figura 6. Identificación de unidades ictiogeográficas definidas por el patrón de distribución de las especies.

Tabla 2. Listado de especies emblemáticas de cada unidad ictiogeográfica identificada en la cuenca del lago de Maracaibo.

ANDINA-PERIJÁ (26)	CATATUMBO (14)	MARACAIBO (12)	LIMÓN (5)
- <i>A. phelpsi</i>	- <i>A. pardalis</i>	- <i>D. malarmo</i>	- <i>R. limnaeus</i>
- <i>Astroblepus</i> sp.	- <i>D. goajira</i>	- <i>D. zuloagai</i>	- <i>B. unicolor</i>
- <i>A. cuchillo</i>	- <i>G. maculatus</i>	- <i>M. acanthogaster</i>	- <i>G. Melanocheir</i>
- <i>A. leptorhynchus</i>	- <i>B. occidentalis</i>	- <i>P. laticeps</i>	- <i>G. Steindachneri</i>
- <i>B. meridae</i>	- <i>P. perruno*</i>	- <i>B. polylepis</i>	- <i>R. brevis</i>
- <i>B. alpha</i>	- <i>P. suttonorum*</i>	- <i>H. watwata</i>	
- <i>C. paralacus</i>	- <i>P. zuliaensis</i>	- <i>H. maracaiboensis</i>	
- <i>C. hildebrandi</i>	- <i>R. thomersoni</i>	- <i>S. phelpsi</i>	
- <i>C. boaevista</i>	- <i>R. pyropuntata</i>	- <i>H. occidentalis</i>	
- <i>C. chupa</i>	- <i>S. cuspicaudus</i>	- <i>S. pejeraton</i>	
- <i>C. anomala</i>	- <i>S. cuchillejo</i>	- <i>S. cuchillejo</i>	
- <i>C. picklei</i>	- <i>S. macrurus</i>	- <i>C. kraussii</i>	
- <i>D. sapito</i>	- <i>T. venezuelae**</i>		
- <i>F. curtirostra</i>	- <i>X. kryptos*</i>		
- <i>H. jabonero</i>			
- <i>H. atrizona</i>			
- <i>I. melanocheir</i>			
- <i>L. maracaiboensis</i>			
- <i>M. platycephalum</i>			
- <i>P. suborbitale</i>			
- <i>P. erythrinoides</i>			
- <i>P. odynea</i>			
- <i>P. motatanensis</i>			
- <i>R. rupestris</i>			
- <i>T. emanueli</i>			

BARRERAS ZOOGEOGRÁFICAS

Como resultado de la aplicación del método de Rapoport (1975) podemos observar en la Figura 7, que las especies tienden a dispersarse, a partir de dos puntos en la cuenca.

Es decir se observa dos corredores en dirección Sur-Norte, el primero ubicado en la planicie del Piedemonte de la Sierra de Perijá y el otro en la planicie de la Serranía de Ziruma. En los límites de la Cuenca, que corresponde a las mayores alturas alcanzadas por las montañas de Perijá, Mérida y Ziruma; son las áreas en donde se acumulan la mayor cantidad de curvas isoprobabilísticas, lo cual es comprensible, pero igualmente se pudo observar dicha acumulación de curvas en el sur del Lago de Maracaibo, y en el norte de la cuenca perpendicular al río Limón. Esto

sería, un indicio de tres posibles barreras zoogeográficas.

Si empleamos la discusión por cuencas hidrográficas como lo hizo Mago (1970), para ilustrar la diversidad de especies de peces de agua dulce de la Cuenca del Lago de Maracaibo en comparación con las ictiofaunas vecinas. El examen de estas cifras revela que la mayor riqueza de especies se encuentra en la Cuenca del río Orinoco. Pero, para explicar éste grado de afinidad pudiéramos recurrir a condiciones ecológicas particulares, tamaño de las cuencas, o a la captura de ríos por cuencas vecinas, etc. Sin embargo la complejidad de los patrones de distribución actual no es más que un reflejo de un patrón que existió hace millones de años.

En los ríos de la Cuenca del Lago de Maracaibo no fue detectada la presencia de peces de origen marino (peces periféricos)

(Schultz, 1949). Sin embargo, es notable observar algunos patrones de distribución

muy peculiares de ciertas especies, como por ejemplo: *Agonostomus monticola* (MUGILIDAE) y *Awaous banana* (GOBIIDAE) (Figura 8).

DISCUSIÓN

Los bajos valores de porcentajes de endemismo encontrados en Perijá y en la subcuenca del río Limón, pueden ser atribuidos a los escasos muestreos realizados, lo cual abre la posibilidad de encontrar nuevas especies endémicas.

Con relación al alto grado de endemismo en las tierras bajas, especialmente al suroeste de la Cuenca del Lago de Maracaibo, podemos ofrecer dos explicaciones: La primera relacionada con la teoría de los Refugios Paleo-ecológicos del Pleistoceno, según la cual, el Refugio del Catatumbo constituyó una zona donde se conservaron las condiciones más favorables para albergar toda la biodiversidad de la Cuenca en los periodos de extrema aridez durante las glaciaciones Haffer (1967), y posteriormente al finalizar las glaciaciones, las especies comenzaron a dispersarse por toda la Cuenca hasta presentar la actual distribución, manteniéndose aun una alta concentración de especies en el refugio.

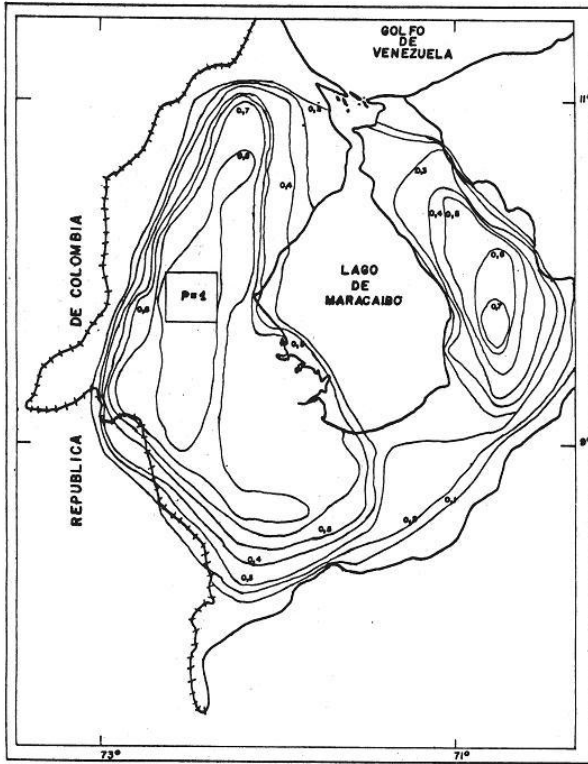


Figura 7. Identificación de barreras zoogeográficas, a través de la distribución de las curvas de isoprobabilidad en la Cuenca del lago de Maracaibo.

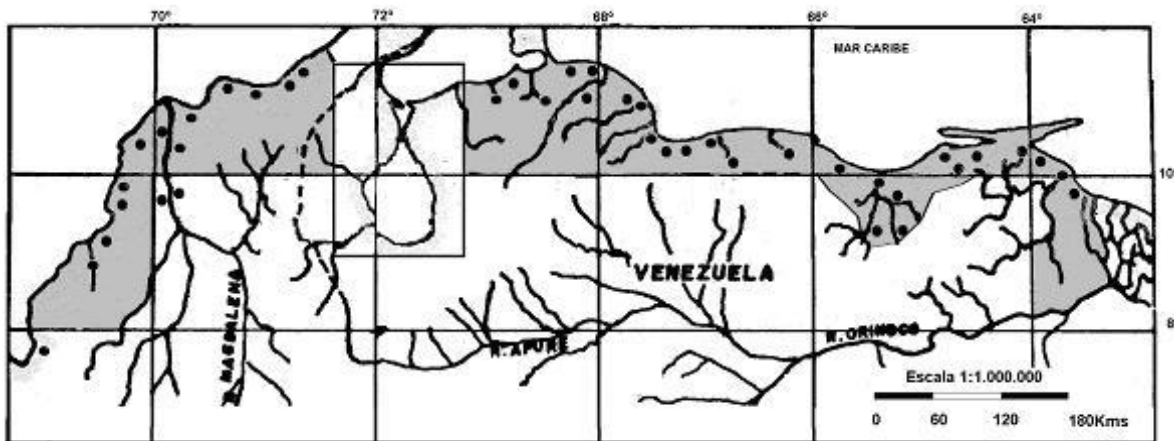


Figura 8. Distribución de las especies *Agonostomus monticola* y *Awaous banana*, al norte de Venezuela y noroeste de Colombia.

La otra explicación sería que las especies tenían una amplia distribución en la cuenca, pero con el aumento de las actividades humanas, en la Cuenca del Lago de Maracaibo, se ha provocado una fragmentación de hábitat, provocando una merma del número de las especies, de modo que el sur del lago, sea una zona de elevada dificultad para actividades antrópicas capaces de modificar el hábitat natural y en consecuencia funciona como un depósito de especies.

El Parque Nacional Perijá y el Parque Nacional Ciénagas de Juan Manuel, constituyen las únicas áreas naturales con un marco legal que protegen de forma integral la ictiofauna dulceacuicola de la Cuenca del Lago de Maracaibo, pero su superficie no logra abarcar las áreas de alta diversidad de especies de peces ni el área que ocupó el refugio del Catatumbo durante las glaciaciones en el Pleistoceno. Aunque existen otras figuras legales de protección estas no son respetadas quizás por la ausencia de un poder ejecutivo tanto nacional como regional, que haga cumplir las leyes de la República y por ciudadanos dispuestos a obedecerlas.

La identificación de provincias ictiogeográficas usando patrones de distribución de las especies, es una práctica común en ictiología. Miller (1966) observando la distribución de las 456 especies de peces de agua dulce de Centroamérica, logra establecer cuatro provincias ictiogeográficas en América Central (Usumacinta, Chiapas-Nicaragua, San Juan, e Istmica), y caracterizó el área como una región de alta radiación adaptativa para los poecílidos y cíclidos, por la gran diversificación de sus especies (por ejemplo los géneros *Gambusia* y *Cichlassoma*). En el caso de la Cuenca del lago de Maracaibo, cuatro provincias ictiogeográficas fueron identificadas de acuerdo con el análisis corológico, indicando que esta cuenca en el pasado tenían una diversidad mayor en comparación con las cuencas vecinas, pero disminuida en la actualidad por los eventos

orográficos generados desde el Mioceno (Perez & Taphorn, 1993).

Sin embargo, los dendrográmas generado con la metodología del Castillo (1986), logran delinear un patrón de distribución de las especies, pero también se observan algunas incongruencias que posiblemente se deba, a una pérdida de resolución de la información, producto de la división de la matriz original de datos por grupos taxonómicos mas o menos homogéneos. Por lo que al eliminar parte de la información de los arreglos definidos en los dendrográmas, se pudo apreciar un aumento de la incongruencia en los cluster o clasificaciones en relación a la afinidad entre las ictiofaunas vecinas (magdalénicas y orinocense).

Esta medida es muy importante porque demuestra la gran afinidad actual de éstas ictiofaunas. De modo que cuando las ictiofaunas presentan una similitud elevada entre si, significa que éstas estaban en contacto, facilitando el intercambio de especies, de modo que las poblaciones de muchas de las especies comunes mantenían su homogeneidad en sus respectivas cuencas (Menézes, 1976).

También se pudo detectar que las especies: *B. unicolor*, *G. melanocheir*, *G. steindachneri* y *R. brevis*, presentan una distribución muy restringida en la cuenca (<500 Km²), lo que las hace potencialmente vulnerable a la extinción por cualquier alteración de su hábitat.

La identificación de barreos zoogeográficas permitió observar las vías o rutas de dispersión de las especies. Es posible que esta dispersión de las especies sea producto de un antiguo patrón de distribución condicionado quizás por los cambios climáticos que ocurrieron durante el Pleistoceno, por lo que las especies se concentraron en el Refugio Paleoecológico del Catatumbo, propuesto por Haffer (1967), durante las glaciaciones. De modo que después del último periodo glacial, los peces comenzaron a dispersarse por toda la Cuenca.

La base para ésta suposición consiste en la detección de distribuciones relictos de especies "magdalénicas" en dicho refugio con tendencias colonialistas como: *G. maculatus*, *B. occidentalis* y *P. zulianensis*.

Las especies como: *Agonostomus monticola* y *Awaous banana* que se distribuyen por todos los ríos y quebradas de la costa del norte de Brasil incluyendo las Guyanas, Venezuela, Colombia, hasta toda la costa Atlántica de América Central y Antillas Mayores, están ausentes en la Cuenca del Lago de Maracaibo. Para ambas especies el límite oriental es el río Matícora en el estado Falcón y el límite occidental son los cauces de agua de los ríos que descienden de la sierra nevada de Santa Marta (Colombia). Sin embargo, existen otras especies como: *G. melanocheir*, *S. dariensis*, *R. brevis*, *G. Steindachneri*, cuya distribución está localizada en el norte de la cuenca y en los tributarios del río Magdalena así como los ríos de la América central que drenan sus aguas al Caribe (Panamá y Costa Rica).

La ausencia de especies como *A. monticola* y *A. banana* en los tributarios del lago de Maracaibo, puede ser relacionada con el registro geológico de la cuenca del lago de Maracaibo, los cuales señalan que, los cambios orogénicos producidos durante el Pleistoceno (González de Juana *et al.*, 1980), pueden explicar la ausencia de estas especies debido a las regresiones eustáticas del mar con la primera glaciación (Nebraska), transformando la depresión de Maracaibo en una cuenca endorreica durante las glaciaciones, pero esta explicación no es capaz de aclarar porque estas dos especies, no han invadido la cuenca del lago de Maracaibo desde la última transgresión post-glacial de los mares.

Esta información biogeográfica tendría mucho sentido con la hipótesis geológica presentada por Sykes *et al.* (1982); Dewey & Pindell (1985) y Smith (1995). Según la cual la península de la Guajira y el Estado Falcón constituyeron en el pasado geológico reciente un fragmento insular de la antigua América central que fue arrastrada por la placa tectónica del Caribe hasta hacer colisión con el borde continental de América del sur a través

de la falla de Oca. De modo que la presencia de estas especies en la Cuenca del Lago de Maracaibo podría ser explicada como consecuencia del traslado de dicha masa continental hasta la Cuenca del Lago de Maracaibo.

En el caso de las especies exóticas en la Cuenca del Lago de Maracaibo, presentaba un área muy localizada para 1990; de las cuales un tetrahíbrido de *Sarotherodon ssp.*, estaba localizadas en las lagunas de granjas piscícolas en la subcuenca del río Limón. Sin embargo ya para el año 2000, el rango de distribución se había ampliado por toda la cuenca del río Limón. (Figura 4). Por otra parte, las especies como *O. mykiss* y *C. carpio* se encuentran en ríos, lagunas y granjas piscícolas, de la zona andina de los Estados Mérida y Trujillo. Otras especies translocadas como los pavones (*Cichla sp*) del río Orinoco e introducidos en la cuenca del lago de Maracaibo desde 1970 (MARNR, 1982), están confinados hasta el presente en el Embalse de Burro Negro.

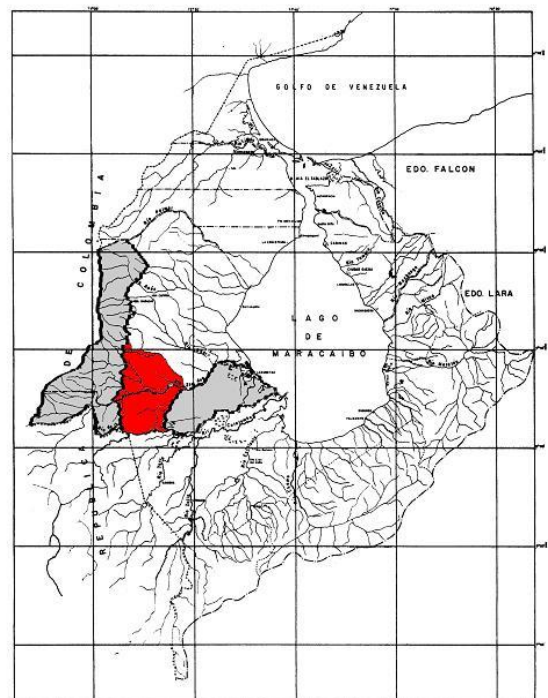


Figura 10. Área propuesta para la protección del endemismo y biodiversidad de peces en la Cuenca del Lago de Maracaibo.

Por otro lado, los resultados encontrados en este trabajo muestran claramente que el área de mayor riqueza de especies en la cuenca del lago de Maracaibo, no está protegida por el sistema de Áreas Naturales Protegidas (Figura 11), y solo el 19% de las especies endémicas están presentes en Parques Nacionales.

Analizando toda la información generada en el presente estudio recomendamos que debe declararse una zona de protección integral a la fauna silvestre (por ejemplo: Refugio de Fauna Acuática), que garantice: la preservación del hábitat (acuático y terrestre), las migraciones de las especies, la protección de las especies raras o con distribución restringida. Este refugio debe cubrir a todos los ríos de la Sierra de Perijá por encima de los 500 msnm, y el área comprendida entre el río Santa Ana (y sus afluentes) y el río Catatumbo hasta llegar a las riberas del Lago de Maracaibo (Figura 10).

Solo de esta manera estamos garantizando la continuidad de los procesos biológicos que sostienen la vida de estos sistemas acuáticos, que de por sí ya han sido objeto de considerable alteración ambiental producto de todas las actividades antrópicas realizadas en esta área del suroeste de la cuenca del lago de Maracaibo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a Duglas Olarte y Carmen Montaña, por la revisión preliminar del manuscrito.

BIBLIOGRAFIA CITADA

Bussing, W.A. Patterns of distribution of the Central American ichthyofauna : The great American biotic interchange. Steins, F.G. and D. Webb (Eds). Editorial. Plenum, 1985.

Dahl, G. Los peces del Norte de Colombia. INDERENA, Bogotá, 1971.

Del Castillo, M. Nueva aproximación metodológica al estudio de los peces epicontinentales. *Oecologia aquat.* 8:7194, 1986.

Del Castillo, M. Another Approach to the World Biogeography to the Families of Inland Fishes. *Syst. Zool.* 37(1):34-46, 1988.

Dewey, J.F. & J.L. Pindell Neogene block tectonics of eastern Turkey and northern South America: continental applications of the finite difference method. *Tectonics.* Vol.4, No. 1, 71-83, 1985.

Eschmeyer, W.N. 1998 Catalog of Fishes. Special Publication, California Academy of Sciences, San Francisco Vol-3.2905p.

Fowler, H.W. Freshwater fishes from Northwestern of Colombia. *Proceeding Academy Natural Sciences of Philadelphia* Vol., XCVI 227-247, 1944.

Gery, J. The Characoids of the World. TFH. publications, Inc. LTD, 1977.

Gery, J. Notes on the ichthyology of Surinam and other Guianas (The distribution pattern of the genus) *Bulletin aquatic Biology* Vol. 3 No. 28: 65-80, 1962.

Gosline, W. Catalogo dos nematognatos de agua-doce da América do Sul e Central. *Boletim do Museu Nacional, nova serie. Zoologia* # 33, 1-138, 1945.

Gonzalez de Juana, C. 1980. Geología de Venezuela, y de sus cuencas petrolíferas. Tomo II, 1era Edición, Ediciones Fonives. Caracas.

Haffer, J. Speciation in Colombian forest birds west of the Andes. *American Museum Natural History Novitates* (2294) :1-57, 1967.

Hubbs, C. Distributional patterns of Texas freshwater fishes. *South western Naturalist* 2 (2-3):89-104, 1957.

- Jordan, D.S. & B.W. Evermann. The fishes the North and middle America. Bulletin United States Nat Museum 47(1) i-ix, 1-954, 1918.
- Lasso, C.A. Taxonomía y zoogeografía de los peces de la Gran Sabana, Alto Caroni. Venezuela. (Tesis de grado), UCV., 90 pag., 11 tab., 44 fig., 1989.
- Lagler, K.F.; Bardach, J.E.; Miller, R.R. 1977. Ichthyology. Wiley & Sons, Inc. N.Y, 545p
- Lilyestrom, C.G. Consideraciones taxonómicas de las especies del genero (Heckle) en Venezuela (Pisces:Loricariidae). Revista UNELLEZ de Ciencia y tecnología año 2 (2):41-53, 1984.
- Lowe-McConnell, R.H. 1987. Ecological studies in tropical fish communities. Cambridge University Press. London. 382.pp
- MARNR. Evaluación de las tendencias larvivas de los peces autóctonos de la Cuenca del lago de Maracaibo. Serie Informe científico DGSIIA/1C/09. Caracas, 1982.
- Mago, F. Notas preliminares sobre los peces de los llanos de Venezuela. Boletín Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales XXVII, No.112, 257-263, 1967.
- Mago, F. Lista de los Peces de Venezuela, Oficina Nacional de Pesca, MAC, Caracas, 1970.
- Mago, F. Los Peces de Agua Dulce de Venezuela. Cuadernos de LAGOVEN, Caracas, 1978.
- Mago, F. Los peces de la familia Sternopygidae de Venezuela. Acta biológica Vol.29(1):1-89, 1978.
- Menezes, N.A. Distribuição e origem da fauna de peixes de água doce das grandes bacias fluviais do Brasil papeis Avulsos. Zoologia Sao paulo Vol. 26(12):77-78, 1972.
- Menezes, N.A. Redescription of the genus Roestes (Pisces: Characidae). Papeis Avulsos Zoologia Sao Paulo Vol.27(17):219-225, 1974.
- Mees, G.F. 1974. The Auchenipteridae and Pimelodidae of Suriname (Pisces, Nematognathi). Zool. Verh. Rijksmus. Nat. Hist. Leiden (132), 256 pp.
- Miles, C.W. Estudio económico y ecológico de los peces de agua dulce del Valle el Cauca. Publ. de Secr. de Agr y fomento del Depto. del Valle el Cauca. Colombia, 1943.
- Miles, C.W. Los peces del Río Magdalena. 2 ed. UT. Ediciones Ibagué-Colombia, 1971.
- Miller, R. Geographical Distribution of Freshwater Fishes of the Central America. Copeia (3):773-802, 1966.
- Myers, G. Derivation of Freshwater Fishes of the Central America. Copeia (3):766-773, 1966.
- Medina, E.; Barboza, F. 2006. Lagunas costeras del lago de Maracaibo: distribución, estatus y perspectivas de conservación. Ecotropicos 19(2):128-139 2006
- Perez, A.; Taphorn, D.1993. Relaciones zoogeográficas de las ictiofaunas de las cuencas del río Magdalena y Lago de Maracaibo. Biollania. 9:95-105.
- Rapoport, E.H. Aerografía: Estrategias geográfica de las especies., Fondo de Cultura Economica, México, 1975.
- Regan, C. 1906. Description of new south American fish in the collection of the Bristh Museum Ann. Mag. Nat. Hist. 7(12):621-630.
- Rodriguez, G. 2000. El sistema Maracaibo, IVIC, Caracas. 300p.
- Schultz, L.P. The catfishes of Venezuela with descriptions of thirty-eight new forms.

Unites States National Museum 94, (3172): 173-338, 1944a.

Schultz, L.P. The fishes of the family Characinidae from Venezuela, with descriptions of seventeen new forms. Proceeding Unites States National Museum 95 (3235): 235-367, 1944b.

Schultz, L.P. A further Contribution to the Ichthyology of Venezuela. Unites States National Museum 99 (3235), 1- 215, 1949.

Shaman, R. The northern termination of the Andes In: The ocean basin and Margins. Nairn, A. and F. Stehli (Eds)., New York, Plenum Press, 1974.

Smith, D.L. Caribbean plate relative motion. In: The great American biotic interchange. Stebbin, F.G. and D. Webb (Eds). Edit. Plenum, 1985.

Stewart, D.J. A review of the South American catfish tribe Hoplomyzontini (Pisces: Aspredinidae), with descriptions of the new species from Ecuador. Fieldiana serie zoology., No 25, 1-19, 1984.

Reis, B. E.; Kullander, S.O.; Ferraris, C.S. Jr. 2003. Checklist of the Freshwater Fishes of South and central América EDIPUCRS, Porto Alegre, Brazil 742p.

Vari, R. P. 1989. A phylogenetic study of the neotropical characiform family Curimatidae (Pisces: Ostariophysis). Smithsonian contribution to zoology No. 471, 1-71

Taphorn, D. Lilyestron, C. 1984. *Rhinodoras thomersoni* un bagre sierra nuevo en Venezuela, (Pisces. Doradidae). Revista Unellez de Ciencia y Tecnología 2(2):5-301.