

Diversidad de los peces en la Cuenca Amazónica boliviana

Fernando M. Carvajal-Vallejos^{1,2,3,8}, Rémy Bigorne⁴, América J. Zeballos Fernández³, Jaime Sarmiento⁵, Soraya Barrera⁵, Takayuki Yunoki⁶, Marc Pouilly⁴, José Zubieta^{1,8}, Evans De La Barra⁴, Michel Jegú⁴, Mabel Maldonado², Paul A. Van Damme^{1,8}, Ricardo Céspedes⁷, Thierry Oberdorff⁴



¹ FAUNAGUA, Instituto de investigaciones aplicadas de los recursos acuáticos, final Av. Max Fernández s/n, zona Arocagua Norte, Sacaba, Cochabamba, Estado Plurinacional de Bolivia.

² Unidad de Limnología y Recursos Acuáticos (ULRA), Facultad de Ciencias y Tecnología (FCyT), Universidad Mayor de San Simón (UMSS), calle Sucre frente al Parque La Torre s/n, Cochabamba, Estado Plurinacional de Bolivia

³ ECOSINTEGRALES SRL (Estudios Ecológicos y Servicios Integrales para el Desarrollo Sostenible y la Conservación Ambiental), calle Carlos Müller 211, Cochabamba, Estado Plurinacional de Bolivia.

⁴ UMR 'BOREA', IRD 207/CNRS 7208/MNHN/UPCM, DMPA, Museum National d'Histoire Naturelle, 43 rue Cuvier, 75231 Paris Cedex, Francia.

⁵ Museo Nacional de Historia Natural - Instituto de Ecología, Colección Boliviana de Fauna (CBF), c. 27s/n Campus Universidad Mayor de San Andrés, Cota Cota, La Paz, Estado Plurinacional de Bolivia.

⁶ Centro de Investigaciones de Recursos Acuáticos (CIRA), Universidad Autónoma del Beni José Ballivián (UABJB), Trinidad, Beni, Estado Plurinacional de Bolivia.

⁷ Museo Alcides D'Orbigny, Av. Potosí #1458, zona Queru Queru, Cochabamba, Estado Plurinacional de Bolivia.

⁸ Plataforma Peces para la Vida (PPV), Bolivia-Canadá.

INTRODUCCIÓN

Los peces bolivianos son diversos y abundantes. Sin embargo, a pesar de su importancia para los medios de subsistencia locales, se ha prestado poca atención a este grupo de vertebrados (Van Damme *et al.* 2009). Por consiguiente, los peces siguen siendo el grupo de vertebrados menos conocidos en Bolivia, y la información sobre su distribución y/o biología es escasa y dispersa. En la última década, el gobierno boliviano y la comunidad científica han centrado su atención en este importante recurso natural que podría verse afectado en un futuro próximo al aumentar las amenazas tales como la contaminación del agua, las represas y la introducción de especies (Carvajal-Vallejos *et al.* 2011; Van Damme *et al.* 2011; Van Damme & Carvajal-Vallejos 2012).

El presente documento se centró exclusivamente en la parte boliviana de la cuenca del río Amazonas.

Las listas de registros de especies de peces de la Cuenca Amazónica boliviana (CAB) comenzaron con el trabajo pionero de Pearson (1924), describiendo 26 nuevas especies y presentando una distribución longitudinal y altitudinal de 160 especies recolectadas principalmente en la cuenca del río Beni y en algunas partes de la cuenca del río Mamoré. Posteriormente, este mismo autor publicó una lista con 275 especies de peces presentes en las cuencas del Beni y Mamoré (Pearson 1937).

Más de cinco décadas después de este trabajo innovador, Lauzanne *et al.* (1991), basado en un extenso trabajo de muestreo, publicó una lista provisional de 389 especies de peces de la CAB a las cuales Sarmiento (1998), Chernoff & Willink (1999), Lasso *et al.* (1999), y Chernoff *et al.* (2000), añadieron respectivamente 21, 91 y 3 especies adicionales, llegando a un total de 504 especies.

Más recientemente, Pouilly *et al.* (2010), Carvajal-Vallejos & Zeballos Fernández (2011), y Hablützel *et al.* (2013), que consideraron información sobre las especies de peces presentes en las tierras bajas de la CAB (hasta 300 m sobre el nivel del mar), registraron entre 721 y 994 especies para esta porción de la cuenca.

Con base en esta breve revisión, está claro que el número de nuevos registros de peces

para la CAB está en constante aumento, pero sigue siendo muy variable dependiendo de los autores. Las razones de esta variabilidad son múltiples, pero en su mayoría proceden de la compilación parcial de los datos disponibles, la inclusión de especies dudosas y la ausencia de verificación sistemática de las sinonimias de especies.

El objetivo del presente estudio fue, por lo tanto, compilar una base de datos de peces para la parte boliviana de la cuenca amazónica intentando, en la medida de lo posible, evitar estos inconvenientes mencionados anteriormente. El trabajo incluye información disponible en artículos publicados, libros, literatura gris, bases de datos en línea, museos extranjeros (22, mencionados en Pouilly *et al.* (2010) y Jégu *et al.* (2012)) y nacionales (2), y universidades. Para cada especie registrada se revisó la confiabilidad y consistencia sistemática.

Este trabajo en esencia es la traducción de una publicación realizada hace pocos años (Carvajal-Vallejos *et al.* 2014), y tiene la intención de difundir datos recientes y hacer más accesible la información sobre la riqueza de los peces en Bolivia en el ámbito nacional.

MÉTODOS

Cobertura espacial

La CAB cubre 722 137 km² (el 65.7% del territorio boliviano) y está situada, de oeste a este, entre los Andes y la frontera suroeste del Escudo Brasileño. La CAB, aunque está compuesta principalmente por la cuenca del río Madera (denominado como río Madeira en Brasil), que cubre un área de 720 057 km² (65.5% del territorio boliviano), también está constituida por una pequeña porción de la cuenca del río Purus (río Acre), cubriendo una superficie de 1 851 km² (0.2% del territorio boliviano), y ubicada en la esquina noroccidental del país (Figura 1).

La cuenca del río Madera se dividió en 12 unidades hidrológicas correspondientes, respectivamente, a las subcuencas de Abuná, Orthon, Madre de Dios, Beni, Yata, Mamoré, Grande, Parapetí e Iténez (o Guaporé en Brasil), Beni-Madre de Dios-Orthon (B-MD-O), Mamoré-Iténez (MM-I), y el río Madera propiamente (Figura 1). Las unidades hidrológi-

cas fueron definidas siguiendo el diagrama hidrográfico (nivel 5) del Ministerio de Medio Ambiente y Agua (2010), y el mapa de los cuerpos de agua del Sistema de Información Territorial de Apoyo a la Producción - SITAP (2009) (disponible en el Centro Digital de Recursos Naturales de Bolivia, Departamento de Ecosistemas de Ciencias y Gestión, Universidad de Texas (<http://essm.tamu.edu/bolivia>)).

La latitud y longitud de las unidades hidrológicas fueron recolectadas de la literatura, Google Earth Pro versión 4.2 Beta, y de un mapa demográfico de Bolivia (INE 2001, disponible en <http://essm.tamu.edu/bolivia>). Además, se calculó la amplitud elevacional, longitud del eje principal del río y área de superficie de cada unidad hidrológica (Cuadro 1).

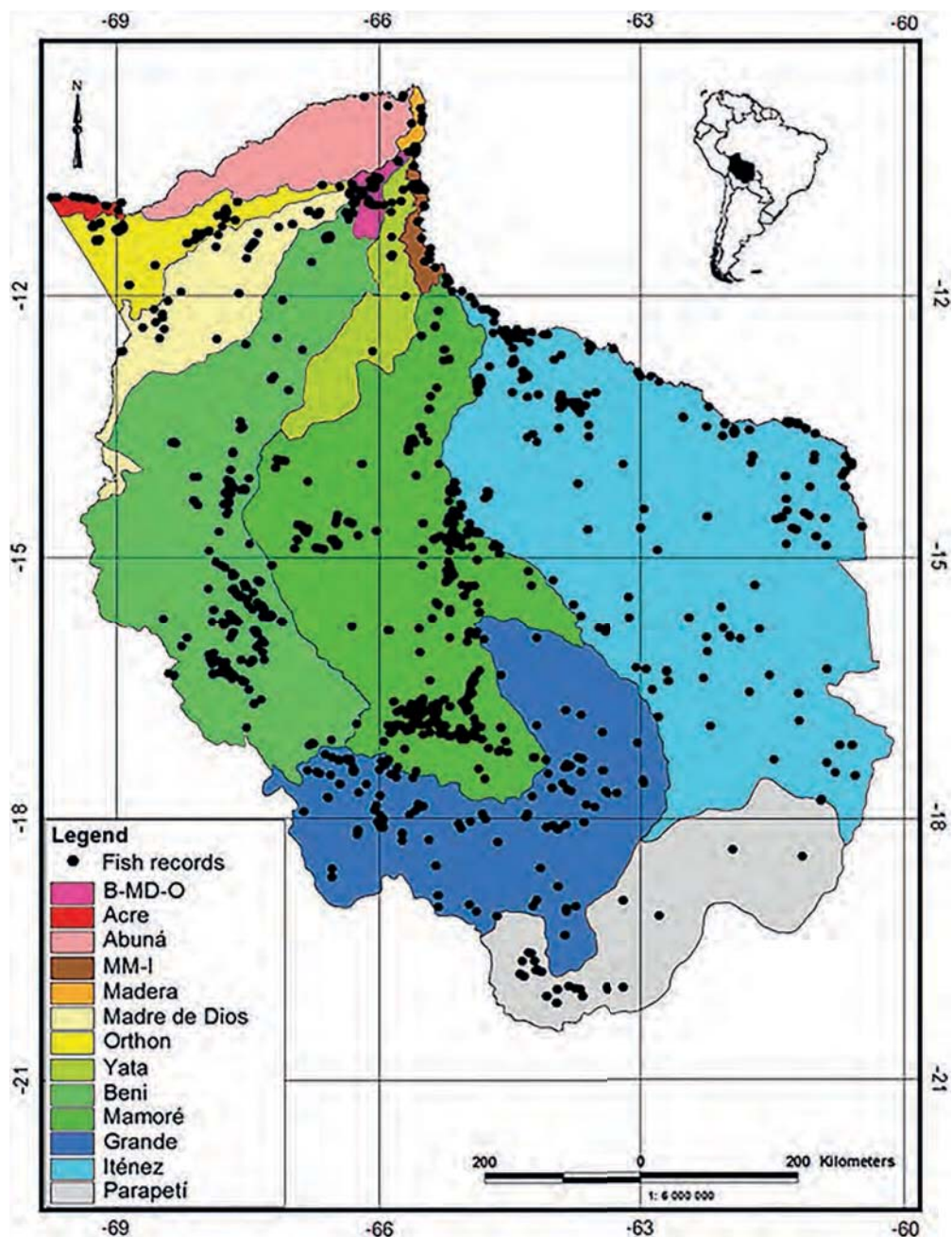


Figura 1. Mapa de la Cuenca Amazónica boliviana que muestra las 13 unidades hidrológicas y las localidades registradas (puntos) consideradas en la base de datos Fish-AMAZBOL. Los puntos pueden representar más de una localidad (localidades próximas).

Recopilación de datos

Los datos fueron recogidos como una colaboración conjunta entre tres instituciones: la Unidad de Limnología y Recursos Acuáticos (ULRA) de la Universidad Mayor de San Simón (UMSS) - Cochabamba (Bolivia), FAUNAGUA (Cochabamba (Bolivia)) y el Instituto de Investigación para el Desarrollo (IRD) - Marsella (Francia). Se realizó una búsqueda exhaustiva de la literatura publicada entre 1855 y 2013, sobre especies de peces nativos y no nativos presentes en la CAB.

datos internacionales (véase más adelante).

Los registros de especies de peces se incluyeron en la base de datos de acuerdo a los siguientes criterios: (a) ocurrencia en una revisión taxonómica o descripción de especies que incluye material de la CAB; (b) ocurrencia en la Colección Ictiológica UMSS - Museo D'Orbigny donde el material puede ser revisado, (c) ocurrencia en la base de datos y colección de peces de la CBF, (d) presencia en museos y universidades extranjeras citadas por Pouilly *et al.* (2010) y Jégu *et al.*

Cuadro 1. Descripción general de la base de datos Fish-AMAZBOL para cada una de las 13 unidades hidrológicas definidas en la Cuenca Amazónica boliviana (véase el texto para la explicación de las variables)

Unidad hidrológica	Área (km ²)	Longitud (km)	Amplitud elevacional msnm	Riqueza de especies de peces			
				Total	Nativa	No nativa	Exclusiva
Acre	1 851.2	72 156.7	184-343	38	38	0	4
Abuná	23 559.8	1 066.4	90-308	72	70	2	4
Madera	1 399.6	234.8	90-233	149	148	1	9
Orthon	18 387.9	1 041.4	144-360	245	244	1	3
Madre de Dios	30 924.4	1 442.9	105-3117	353	351	2	5
Beni	119 206.0	2 295.2	103-6404	419	416	3	31
Yata	19 849.8	1 030.2	99-225	32	31	1	0
Mamoré	129 955.2	2 229.8	116-4666	556	554	2	51
Grande	102 059.6	2 070.9	158-5141	133	127	6	13
Iténez	206 432.6	2 843.2	108-919	520	519	2	73
Parapetí	60 686.1	1 463.3	254-3713	30	30	0	6
B-MD-O	3 652.9	363.7	105-217	141	139	2	4
MM-I	3 602.6	570.6	107-184	143	142	1	1
total	721 567.7	-	90-6404	802	790	12	203

La base de datos se obtuvo de 146 fuentes bibliográficas, incluyendo trabajos publicados, libros, tesis y literatura gris (informes y datos no publicados). La lista completa de referencias utilizadas para compilar la base de datos Fish-AMAZBOL se presenta como material suplementario en línea (ver Apéndice 1 del material suplementario en la red del trabajo doi:10.1007/s10750-014-1841-5) y la bibliografía original está disponible en la ULRA y FAUNAGUA. También se incluyó, si es válido (ver abajo), registros de peces depositados en la Colección Boliviana de Fauna (CBF) en La Paz, Bolivia; en la Colección Ictiológica de la UMSS - Museo D'Orbigny, Cochabamba, Bolivia; y en museos extranjeros y bases de

(2012) (p.e. El Museo Americano de Historia Natural de Nueva York, EE.UU.; la Academia de Ciencias Naturales de Filadelfia, EE.UU.; la Universidad de Auburn, Departamento de Zoología-Entomología, EE.UU.; la Academia de Ciencias de California, EE.UU.; el Museo de Vertebrados de la Universidad de Cornell, EE.UU.; el Museo de Historia Natural de Florida, EE.UU.; el Museo de Historia Natural de Campo, Chicago, EE.UU.; la Universidad de Kansas, EE.UU.; el Museo de Zoología de la Universidad de Michigan, EE.UU.; la Institución Smithsonian; EE.UU.; el Museo Nacional de Historia Natural, Washington, EE.UU.; el Museo Británico de Historia Natural, Reino Unido; el Museo de Ciencias Naturales de

Caracas, Venezuela; la Pontificia Universidad Católica del Río Grande do Sul, Museo de Ciencias de Porto Alegre, Brasil; el Museo de Nacional de la Universidad Federal de Rio de Janeiro, Brasil; la Fundación Universidad Federal de Rondônia (UNIR), Brasil; el Museo de Zoología de la Universidad de São Paulo, Brasil; el Instituto Nacional de Pesquisas de la Amazônia, Manaus (Brasil) y el Instituto Nacional de Pesquisas de la Amazonía (Brasil); el Museo Nacional de Historia Natural, Francia; el Museo Sueco de Historia Natural, Suecia; El Museo Real de Ontario, Canadá; el Forschungsinstitut und Naturmuseum Frankfurt, Alemania; el Museo de Zoología de la Universidad de Amsterdam, Países Bajos), e) la presencia en bases de datos internacionales en línea (por ejemplo, Global Biodiversity Information Facility (GBIF), Neotropical Biodiversity Database (NEODAT)), y f) ocurrencia en una lista de peces elaborada para una porción de la CAB.

Para cada registro, se revisó la distribución y el estado actual (nombre o sinónimo válido de la especie) usando preferentemente como autoridad de nomenclatura el Catálogo de Peces de la Academia de Ciencias de California (CAS) (Eschmeyer 2013), actualizado el 10 de diciembre de 2013, y ocasionalmente la versión de FishBase de octubre de 2013 (Froese & Pauly 2013). Cuando la presencia de un taxón fue inconsistente con su distribución real conocida y no hubo posibilidad de revisar el material, el registro se clasificó como dudoso. En algunos casos, los taxa identificados hasta el nivel de género (4% de la lista total de especies) fueron incluidos en la base de datos, pero sólo cuando el género estuvo ausente en la lista de especies registradas.

Algunas discrepancias fueron identificadas para los nombres de algunos taxa entre el CAS y FishBase. Cuando un conflicto fue notado entre las bases de datos de consulta, se retuvo el nombre propuesto por el CAS. Se observaron conflictos para las especies *Ageneiosus valenciennesi* (Bleeker 1864) (CAS) vs. *Ageneiosus militaris* (Valenciennes 1835) (Fish-Base), *Cheirodon stenodon* (Eigenmann 1915) (CAS) vs. *Odontostilbe stenodon* (Eigenmann 1915) (Fish-Base), *Galeocharax goeldii* (Fowler 1913) (CAS) y *Galeocharax gulo* (Cope 1870) (FishBase). Sin embargo, tres excepciones fueron realizadas: 1) consi-

derando Weitzman & Palmer (1997) se retuvo *Hyphessobrycon megalopterus* (Eigenmann 1915) en vez de *Megalampodus megalopterus* (Eigenmann 1915) (CAS), 2) siguiendo Britto (2003) *Brochis genus* fue considerado un sinónimo de *Corydoras genus*, y por lo tanto se tomó en cuenta *Corydoras multiradiatus* (Orce's V. 1960) en vez de *Brochis multiradiatus* (Orce's V. 1960) (CAS y FishBase), 3) según Lundberg *et al.* (2011) y Carvajal-Vallejos (2013), se retuvo *Platyne-matichthys notatus* (Jardine 1841) en cuenta de *Brachyplatystoma notatus* (Jardine 1841) (CAS).

Se consideraron tres descriptores de la riqueza dentro cada unidad hidrológica: nativa, no nativa y riqueza total. La riqueza nativa es el número de especies que actualmente se encuentran en la unidad, pero excluye especies no nativas que han sido introducidas directa o indirectamente en la cuenca. La riqueza no nativa o "exótica" es el número de especies no nativas (foráneas) que ocurren en cada unidad hidrológica. Consideramos como especies no nativas: (a) especies que no ocurrieron naturalmente en una unidad hidrológica dada, y (b) que aparentemente se han establecido exitosamente, por ejemplo, mantienen poblaciones que se reproducen en el medio natural. La riqueza total tiene en cuenta el número total de especies establecidas en una unidad hidrológica determinada y es, por lo tanto, la suma de la riqueza nativa y no nativa.

El estado no nativo de cada especie se verificó utilizando la literatura específica sobre introducciones (por ejemplo, Welcomme 1988; sitio web de la FAO www.fao.org consultado en julio de 2013). Las familias se organizaron en orden sistemático siguiendo los criterios propuestos por Reis *et al.* (2003), quienes presentaron la posición de los nombres de las familias basados en las interrelaciones de la historia evolutiva. Para simplificar, se decidió utilizar la clasificación más aceptada de Reis *et al.* (2003), aunque se han propuesto nuevas relaciones y clasificación basadas en evidencias moleculares y morfológicas para miembros de la familia Characidae (Mirande 2009, 2010; Oliveira *et al.* 2011; Netto-Ferreira *et al.* 2013). Los géneros y las especies dentro de una familia se posicionaron en orden alfabético.

Similitud de la fauna de peces en unidades hidrológicas

Utilizando la matriz de especies (presencia-ausencia) se calculó, para cada par de unidades hidrológicas, el componente de renovación del Índice de Disimilitud de Jaccard, tal como lo define Baselga (2012). Este índice se formula como $b_{jtu} = 2 \min(b, c)/a + 2 \min(b, c)$; donde a es el número de especies comunes a ambas unidades hidrológicas, b es el número de especies que ocurren en la primera unidad pero no en la segunda, c es el número de especies que ocurren en la segunda unidad pero no en la primera. Utilizando el valor mínimo de disimilaridad de ensamblaje, el B_{jtu} explica la sustitución de especies, minimizando la influencia de las diferencias en la riqueza de especies (Leprieur & Oikonomou 2014), una propiedad altamente deseable en nuestro caso, ya que la riqueza de especies varía mucho entre unidades hidrológicas. Este índice va de 0 a 1 y es mínimo (sin disimilitud) cuando el conjunto más pobre está anidado en el conjunto más rico, y máximo cuando los dos conjuntos no tienen ninguna especie en común ($a = 0$).

Aplicamos un análisis de agrupamiento jerárquico a nuestra matriz de disimilitud utilizando un método de enlace promedio (UPGMA), y una función de penalización Kelley-Gardner-Sutcliffe (KGS) para determinar el número óptimo de grupos de unidades hidrológicas.

RESULTADOS

La base de datos Fish-AMAZBOL contiene 802 especies (entre ellas 145 especies fueron descritas para la CAB, sobre un número inicial de 160), distribuidas en 15 órdenes, 50 familias y 326 géneros (ver Anexo 1 del presente libro para la lista de órdenes, familias y especies). La fauna de peces estuvo dominada por Characiformes (CHA, 331 spp.), Siluriformes (SIL, 312 spp.), Perciformes (PER, 68 spp.) y Gymnotiformes (GYM, 46 spp.). Las familias más importantes en términos de número de especies fueron los Characidae (177 spp. - CHA), Loricariidae (71 spp. - SIL), Cichlidae (63 spp. - PER), Callichthyidae (46 spp. - SIL), Pimelodidae (45 spp. - SIL), y Curimatidae (31 spp. - CHA).

Siguiendo la metodología propuesta, la pre-

sencia de 45 especies fue considerada dudosa por ahora. Estas especies pertenecen principalmente a los órdenes Characiformes (25) y Siluriformes (14) (ver Anexo 1). Se registraron 38 especies para la parte boliviana sobre la cuenca del río Purus (Acre), y 798 especies para todo el resto de la CAB. En la cuenca alta del río Madera, la unidad del río Mamoré fue la unidad conteniendo el mayor número de especies (556), mientras que la unidad del Parapetí mostró el número más bajo (30). Las unidades Iténez (520 especies), Beni (419), Madre de Dios (353) y Orthon (245) también mostraron una importante riqueza de peces. La unidad hidrológica con los registros exclusivos más altos fue el Iténez (73 especies), seguida de las unidades Mamoré (51), Beni (31) y Grande (13) (Cuadro 1). Obsérvese que estas especies exclusivas no representan especies necesariamente endémicas (es decir, especies restringidas a una unidad hidrológica), ya que eventualmente pueden estar presentes en otras partes de la CAB.

Doce especies no nativas, correspondientes a siete órdenes, también se registraron en la CAB. Entre estos órdenes, solo los Cyprinodontiformes tienen tres representantes no nativos (*Poecilia reticulata* Peters 1859; *Gambusia affinis* Baird & Girard 1853; y *G. holbrooki* Girard 1859). Otras introducciones notables conciernen a la trucha arco iris *Onchorhynchus mykiss* (Walbaum 1792) y la trucha europea *Salvelinus fontinalis* (Mitchell 1814) (Salmonidae, Salmoniformes), las cuales se registraron en la parte andina de las unidades Beni y Mamoré, y la especie gigante del Amazonas paiche o paichi (Bolivia) *Arapaima gigas* (Schinz 1822) que se registró en las tierras bajas del norte de Bolivia (ver Anexo 2).

Para evaluar la influencia del esfuerzo de muestreo en la riqueza de especies nativas de las unidades hidrológicas, se graficó la relación entre la riqueza de especies nativas y el número de registros, después de controlar el efecto del tamaño de la unidad hidrológica (por ejemplo usando residuales de (1) la relación entre la riqueza de especies nativas (log) y la superficie de las unidades hidrológicas (log), y (2) la relación entre el número de registros (log) y la superficie de las unidades hidrológicas (log)). Los resultados muestran que, después de tomar en cuenta el tamaño

de las unidades, la riqueza de especies nativas aumenta linealmente con el número de registros a un nivel significativo para un mayor número de registros. Esto significa que algunas de las unidades están sub-muestreadas y deben albergar un mayor número de especies, en relación a las que actualmente se conocen (p.e. Parapetí, Yata, Abuná, Acre, y Grande), mientras que la riqueza en las unidades restantes (Madre de Dios, Mamoré, Iténez, Madera, Beni, Orthon, MM-I y B-MD-O) parece más precisa en la medida que se ven independientes del número de registros (Figuras 1 y 2).

Este resultado nos lleva a concluir que el número de especies en la Amazonía boliviana es mayor que lo que podemos documentar en la actualidad y que se necesitan más estudios de campo para obtener una imagen confiable de la ictiofauna de la región y más específicamente en el Parapetí, Yata, Abuná, Acre y Grande (Ver Figura 2).

Los resultados del análisis de agrupamiento jerárquico ponen de manifiesto una clara separación de las unidades hidrológicas más australes (p.e. las unidades Parapetí y Grande) de las restantes, indicando una fauna de peces distinta para esta área. Además, las unidades de Abuná y Madera parecen albergar una fauna de peces distinta. En contraste, nuestros resultados muestran similitudes faunísticas entre (1) las unidades hidrológicas Grande y Parapetí, (2) unidades Orthon, Acre y Madre de Dios, (3) unidades Mamoré, Iténez, Yata y MM-I, y (4) unidades Beni y B-MD-O; siendo los dos últimos grupos próximos uno del otro. El patrón general de (di)similitud faunística parece seguir un gradiente de proximidad geográfica desde el noroeste al este de Bolivia (o al revés) (Figura 3).

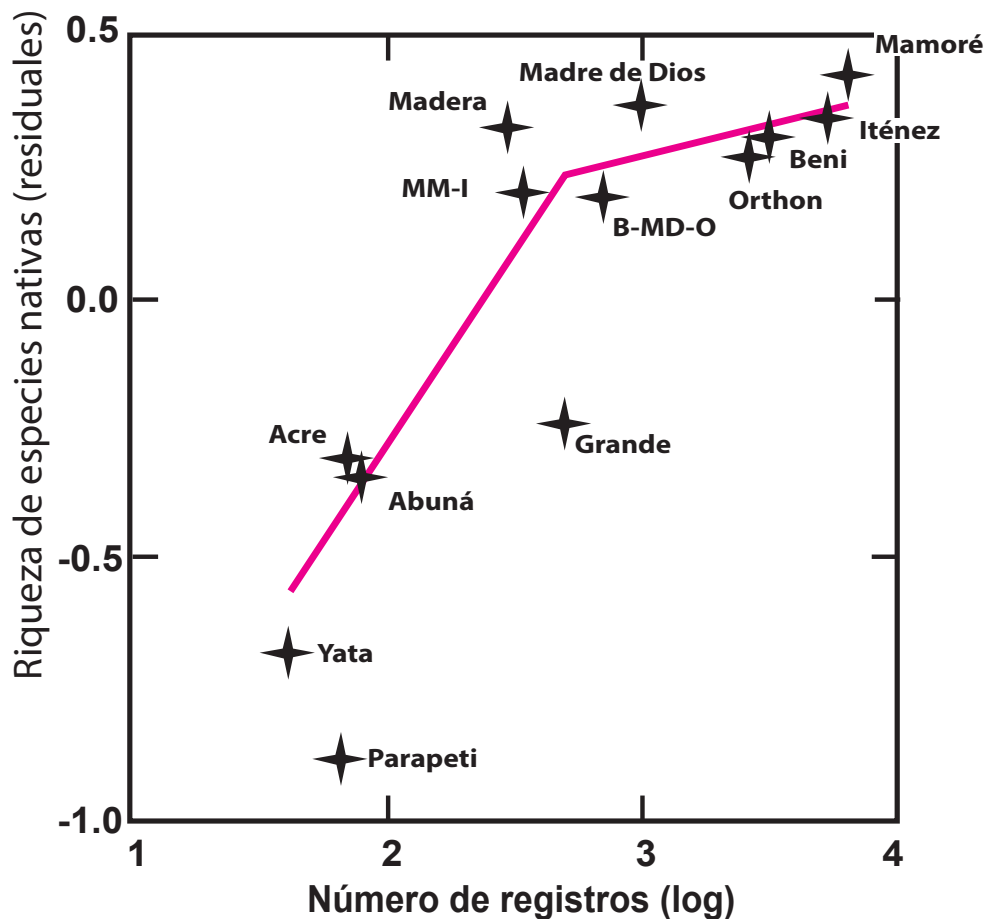


Figura 2. Relación entre la riqueza de especies nativas y el número de registros, después de controlar el tamaño de las unidades hidrológicas (ver sección de resultados para una mayor explicación). Curva ajustada (tensión = 0.8).

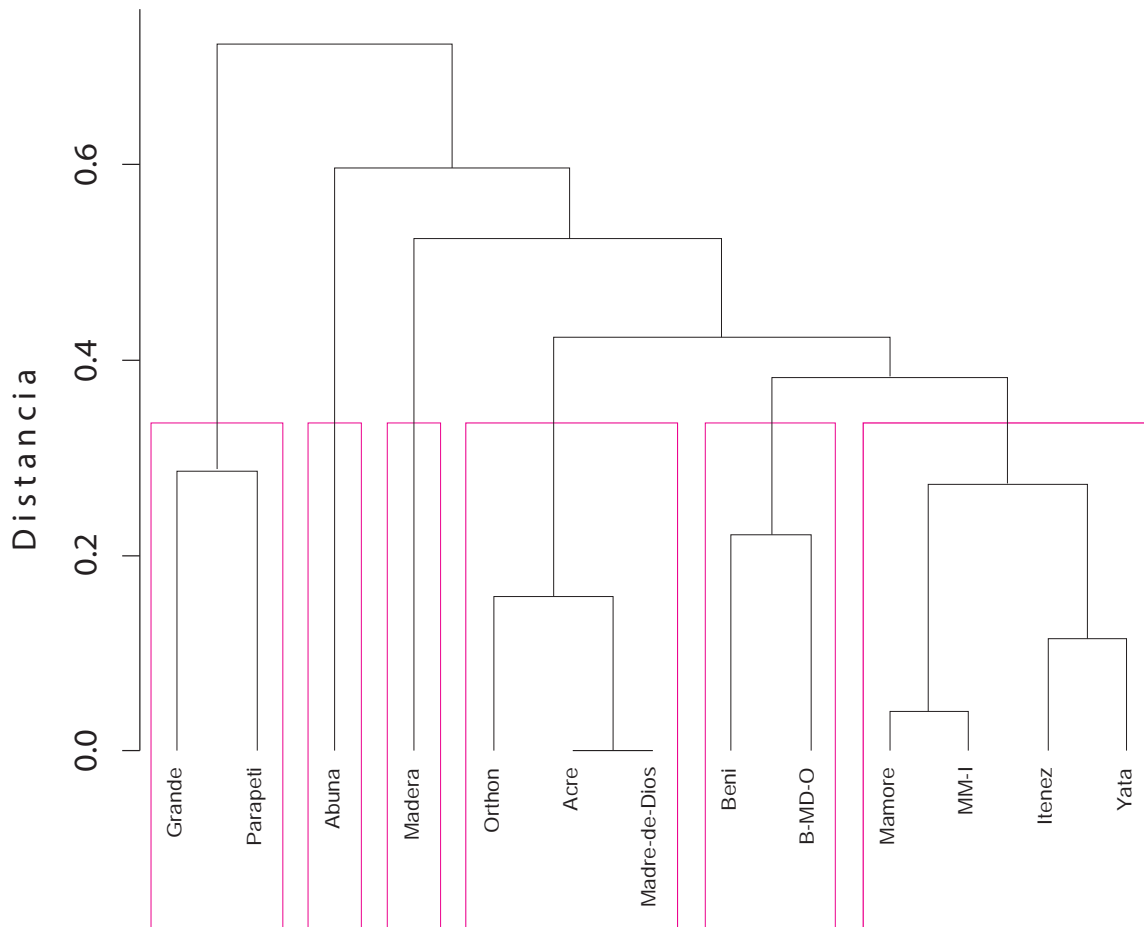


Figura 3. Dendrograma de las unidades hidrológicas de acuerdo a la (di)similitud a nivel de la composición de su ictiofauna. El análisis de agrupamiento jerárquico fue realizado utilizando un ligamiento promedio (UPGMA). Los rectángulos en rojo corresponden a los grupos óptimos de unidades hidrológicas de acuerdo a la función de penalización de KGS (véase el texto para mayor explicación)

DISCUSIÓN

Siguiendo un patrón de composición taxonómica general previamente observado en los sistemas principales del ámbito Neotropical (Reis *et al.* 2003; Buckup *et al.* 2007), los Characiformes, Siluriformes, Perciformes y Gymnotiformes dominan la diversidad de peces de la CAB.

Los mayores niveles de diversidad de peces se registraron en las unidades hidrológicas del Mamoré, Iténez, Beni y Madre de Dios, las cuales son las más grandes en términos de área, además de ser las más estudiadas en la CAB. Otras unidades hidrológicas más pequeñas (por ejemplo, Yata, Grande, Parapetí, Abuná, Acre y MM-I), necesitan claramente una atención especial y más evaluaciones de campo para mejorar el conocimiento de su fauna de peces.

La parte boliviana de la Cuenca del Amazonas está representada principalmente por la cuenca alta del río Madera, una subcuenca semi-aislada debido a rápidos y cataratas en la zona aguas arriba comprendida entre Porto Velho, Brasil, y Guayaramerín, Bolivia. La cuenca alta del río Madera contribuye en torno al 25% de la descarga total de la cuenca del río Madera en su conjunto, esta última contribuyendo con el 10% de la descarga del río Amazonas (Carvalho & Albert 2011). La base de datos FISH-AMAZBOL contiene información sobre 802 especies de peces (12 no nativas) que habitan las 13 unidades hidrológicas de la CAB. Para poner este número en perspectiva, la ictiofauna de la CAB representa alrededor del 14% de la ictiofauna Neotropical (Albert & Reis 2011), y alrededor del 6% de todos los peces de agua dulce que habitan en el planeta (Lévêque *et al.* 2008).

Este valor de 802 especies cae entre los valores propuestos anteriormente por Pouilly *et al.* (2010) y Carvajal-Vallejos & Zeballos Fernández (2011) para la misma zona. Estos autores encontraron 973 y 714 especies, respectivamente. La diferencia en la riqueza de especies entre el presente estudio y las dos anteriores proviene de 1) la inclusión de especies dudosas y la falta de verificación sistemática de los sinónimos de las especies, y 2) la compilación parcial de datos disponibles en estos trabajos previos. En el presente estudio se realizó una revisión detallada tomando en cuenta bibliografía especializada y dos bases de datos digitales en línea (catálogo de peces – CAS, y FishBase), para generar la lista de registros de peces más completa y precisa. En este sentido, Fish-AMAZBOL pretende ser una línea de base de referencia que podría ser completada progresivamente con nuevos datos de campo y nueva bibliografía.

La CAB permanece relativamente intacta (Josse *et al.* 2013) en comparación con otros países sudamericanos que comparten la cuenca del Amazonas (p.e. Brasil, Perú y Colombia). La presión humana sigue siendo baja y aún no se ha convertido en una amenaza seria para los recursos acuáticos, aunque algunas poblaciones de peces comienzan a mostrar signos de sobreexplotación (p.e. *Colossoma*, Carvajal-Vallejos *et al.* 2009). La amenaza más aparente a corto plazo para los peces y las pesquerías de la CAB, parecen ser los proyectos de represas hidroeléctricas en la frontera boliviana con Brasil y en la porción brasileña de la cuenca alta del río Madera. Estas represas pueden bloquear las rutas migratorias o transformar los ambientes acuáticos, pero también pueden facilitar la introducción de especies de peces no deseados. Debido a que más del 99% de la CAB drena hacia el río Madera, es necesario predecir los efectos potenciales que estas presas y sus embalses asociados podrían producir en las comunidades de peces y las pesquerías. En este sentido, la base de datos Fish-AMAZBOL ayudará a desarrollar programas regionales de conservación y contribuir al manejo a gran escala de ecosistemas acuáticos.

RECOMENDACIONES

La Cuenca Amazónica en Bolivia posee una elevada diversidad de peces como se ha mos-

trado en el presente trabajo. A pesar que la presión humana es todavía baja en relación a otros países que comparten la cuenca, hay un incremento progresivo de demandas y planificación de proyectos que pueden tener un notable impacto negativo sobre la diversidad de peces y el aprovechamiento pesquero que sostienen varias de ellas. No se conoce con certeza el efecto potencial que puede generar cada intervención de desarrollo que modifique el ambiente acuático, pero se estima que el mayor impacto puede venir de proyectos hidroeléctricos que se están planificando en Bolivia y algunos que han sido puestos en marcha en Brasil sobre el río Madera. La construcción de represas y sus zonas de embalse pueden generar efectos a diferentes escalas espaciales, y pueden promover otros impactos colaterales como la introducción de especies de peces a través de la piscicultura o estructuras que forman parte del complejo posicionado para la misma represa (p.e. pasos para peces).

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos especiales a Adalid Argote, Federico Machicao, Daniel Barrozo, Jimena Camacho, Tamara Pérez, Alfredo Arteaga, Guido Miranda (WCS), y personal de la ULRA que permitió acceso a su colección de peces y apoyo técnico. Agradecemos a Carolina Doria (UNIR, Brasil), William Ohara (UNIR, Brasil), Gislene Torrente Vilara (UFAM, Brasil) y Ariana Ribeiro (UNIR, Brasil) por brindar datos sobre la región transfronteriza de la cuenca del río Madera. Agradecemos a Fabien Leprieur por el asesoramiento estadístico, y a Sergio Villafán por su colaboración en la traducción del texto al Castellano. Este trabajo fue financiado por el IRD a través del Proyecto Europeo BioFresh-Contrato No. 226874 (<http://www2.freshwaterbiodiversity.eu/>). Los datos también están disponibles a través del portal BioFresh. <http://data.freshwaterbiodiversity.eu/>.

REFERENCIAS

La bibliografía completa sobre peces amazónicos de Bolivia se encuentra en www.faanagua.org/publicaciones

Albert J, Reis R (2011) Introduction to Neotropical freshwaters. pp. 3–19. En: Albert JS, Reis RE

- (Eds.). Historical biogeography of Neotropical freshwater fishes. University of California Press, London, UK.
- Baselga A (2012) The relationship between species replacement, dissimilarity derived from nestedness, and nestedness. *Global Ecology and Biogeography*, 21: 1223–1232.
- Britto MR (2003) Phylogeny of the subfamily Corydoradinae (Siluriformes: Callichthyidae), with a definition of its genera. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 153: 119–154.
- Buckup PA, Menezes NA, Ghazzi MS (Eds.) (2007) *Catálogo das Espécies de Peixes de Água Doce do Brasil. Série Livros 23*, Museu Nacional, Rio de Janeiro.
- Carvajal-Vallejos FM (2013) Phylogeny and population genetics of the fish performing the largest migration known in freshwater, the Amazonian catfish *Brachyplatystoma rousseauxii*: revelations from the Upper Madera. Unpublished PhD Dissertation, Montpellier II University, Montpellier, France.
- Carvajal-Vallejos FM, Zeballos Fernández AJ (2011) Diversidad y distribución de los peces de la Amazonía boliviana. pp. 101–147. En: Van Damme PA, Carvajal-Vallejos FM, Molina Carpio J (Eds.). *Los peces y delfines de la Amazonía Boliviana: hábitats, potencialidades y amenazas*. Editorial INIA, Cochabamba, Bolivia.
- Carvajal-Vallejos FM, Van Damme PA, Jégu M, Torrico JP (2009) *Colossoma macropomum*. pp. 69–70. En: Ministerio de Medio Ambiente y Agua (Eds.). *Libro rojo de la fauna silvestre de vertebrados de Bolivia*. La Paz, Bolivia.
- Carvajal-Vallejos FM, Van Damme PA, Córdova L, Coca C (2011) La introducción de *Arapaima gigas* (paiche) en la Amazonía boliviana. pp. 367–395. En: Van Damme PA, Carvajal-Vallejos FM, Molina Carpio J (Eds.). *Los peces y delfines de la Amazonía Boliviana: hábitats, potencialidades y amenazas*. Editorial INIA, Cochabamba, Bolivia.
- Carvalho TP, Albert JS (2011) The Amazon-Paraguay divide. pp. 193–202. En: Albert JS, Reis RE (Eds.), *Historical biogeography of Neotropical freshwater fishes*. University of California Press, London, UK.
- Chernoff B, Willink PW (Eds.) (1999) A biological assessment of the aquatic ecosystems of the Upper Río Orthon basin, Pando, Bolivia. *Bulletin of Biological Assessment* 15. Conservation International, Washington D.C, USA.
- Chernoff B, Machado-Allison A, Willink P, Sarmiento J, Barrera S, Menezes N, Ortega H (2000) Fishes of three Bolivian rivers: diversity, distribution and conservation. *Interciencia*, 25: 273–283.
- Eschmeyer WN (Ed.) (2013) *Catalog of Fishes*. California Academy of Sciences. <http://research.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>. Electronic version updated December 10/2013.
- Froese R, Pauly D (2013) FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (October/ 2013).
- Hablützel PI, Yunoki T, Torres Velasco L (2013) Update on the checklist of fish species of the Bolivian Amazon. *Check List*, 9: 208–210.
- Jégu M, Queiroz LJ, Camacho Terrazas J, Torrente-Vilara G, Carvajal-Vallejos FM, Pouilly M, Yunoki T, Zuanon JAS (2012) Catálogo de los peces de la cuenca Iténez (Bolivia y Brasil). pp. 111–156. En: Van Damme PA, Maldonado M, Pouilly M, Doria CRC (Eds.). *Aguas del Iténez o Guaporé: recursos hidrobiológicos de un patrimonio binacional (Bolivia y Brasil)*. Editorial INIA, Cochabamba, Bolivia.
- Josse C, Young R, Lyons-Smyth T, Brooks T, Frances A, Comer P, Petry P, Balslev H, Bassuner B, Goettsch B, Hak J, Jørgensen P, Larrea-Alcázar D, Navarro G, Saatchi S, Sanchez de Lozada A, Svenning JC, Tovar LA, Moscoso A (2013) Desarrollo de insumos para la toma de decisiones de conservación en la cuenca amazónica occidental. *Ecología Aplicada*, 12: 45–65.
- Kelley LA, Gardner SP, Sutcliffe MJ (1996) An automated approach for clustering an ensemble of NMR derived protein structures into conformationally related subfamilies. *Protein Engineering*, 9: 1063–1065.
- Lasso C, Castelló V, Canales-Tilve T, Cabot-Nieves J (1999) Contribución al conocimiento de la ictiofauna del río Paraguá, cuenca del Río Iténez o Guaporé, Amazonía boliviana. *Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales*, 152: 89–103.
- Lauzanne L, Loubens G, Le Guennec B (1991) Liste commentée des poissons de l'Amazonie bolivienne. *Revue d'Hydrobiologie Tropicale*, 24: 61–76.
- Leprieur F, Oikonomou A (2014) The need for richness independent measures of turnover when delineating biogeographical regions. *Journal of Biogeography*, 41: 417–420.
- Lévêque C, Oberdorff T, Paugy D, Stiassny MLJ, Tedesco PA (2008) Global diversity of fish (Pisces) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595: 545–567.
- Lundberg JG, Sullivan JP, Hardman M (2011) Phylogenetics of the South American catfish family Pimelodidae (Teleostei: Siluriformes)

- using nuclear and mitochondrial gene sequences. Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia, 161: 153–189.
- Mirande JM (2009) Weighted parsimony phylogeny of the family Characidae (Teleostei: Characiformes). Cladistics, 25: 574–613.
- Mirande JM (2010) Phylogeny of the family Characidae (Teleostei: Characiformes): from characters to taxonomy. Neotropical Ichthyology, 8: 385–568.
- Netto-Ferreira AL, Birindelli JL, Sousa L, Marigueta T, Oliveira C (2013) A new miniature Characid (Ostariophysi: Characiformes: Characidae), with phylogenetic position inferred from morphological and molecular data. PLoS ONE, 8: e52098.
- Oliveira C, Avelino GS, Abe KT, Marigueta TC, Benine RC, Ortí G, Vari RP, Castro RM (2011) Phylogenetic relationships within the speciose family Characidae (Teleostei: Ostariophysi: Characiformes) based on multilocus analysis and extensive in group sampling. BMC Evolutionary Biology, 11: 275.
- Pearson NE (1924) The fishes of the eastern slope of the Andes. I. The fishes of the Río Beni basin, Bolivia, collected by the Mulford Expedition. Indiana University Studies, 11: 1–83.
- Pearson NE (1937) The fishes of the Beni-Mamuré and Paraguay basin, and a discussion of the origin of the Paraguayan fauna. Proceedings of the Californian Academy of Sciences, 23: 99–114.
- Pouilly M, Jégu M, Camacho J, Quintanilla M, Miranda G, Zubieta JP, Yunoki T (2010) Lista actualizada y distribución de los peces en las tierras bajas de la Amazonía boliviana. Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental, 28: 73–97.
- Reis RE, Kullander SO, Ferraris Jr CJ (Eds.) (2003). Check list of the freshwater fishes of South and Central America. EDIPUCRS, Porto Alegre, Brazil.
- Sarmiento J (1998) Ichthyology of Parque Nacional Noel Kempff Mercado. pp. 168–180. En: Killeen TJ, Schulenber TS (Eds.). A Biological Assessment of Parque Nacional Noel Kempff Mercado. Appendix 5, RAP Working Papers 10, Washington, D.C., USA.
- Van Damme PA, Carvajal-Vallejos FM (2012) Los recursos hidrobiológicos en el río Iténez y sus tributarios: diversidad, aprovechamiento y manejo. pp. 401–420. En: Van Damme PA, Maldonado M, Pouilly M, Doria CRC (Eds.). Aguas del Iténez o Guaporé: recursos hidrobiológicos de un patrimonio binacional (Bolivia y Brasil). Editorial INIA, Cochabamba, Bolivia.
- Van Damme PA, Carvajal-Vallejos FM, Sarmiento J, Barrera S, Osinaga K, Miranda-Chumacero G (2009) Capítulo 2: Peces. pp.: 31–42. En: Aguirre LF, Aguayo R, Balderrama J, Cortez C, Tarifa T (Eds.). Libro rojo de la fauna silvestre de vertebrados de Bolivia. Ministerio de Medio Ambiente y Agua, Viceministerio de Medio Ambiente, Biodiversidad y Cambios Climáticos, La Paz, Bolivia.
- Van Damme PA, Carvajal-Vallejos FM, Pouilly M, Pérez T, Molina Carpio J (2011) Amenazas para los peces y las pesquerías de la Amazonía boliviana. pp. 327–365. En: Van Damme PA, Carvajal-Vallejos FM, Molina Carpio J (Eds.). Los peces y delfines de la Amazonía boliviana: hábitats, potencialidades y amenazas. Editorial INIA, Cochabamba, Bolivia.
- Weitzman SH, Palmer L (1997) A new species of *Hyphessobrycon* (Teleostei: Characidae) from the Neblina region of Venezuela and Brazil, with comments on the putative 'rosy tetra clade'. Ichthyological Exploration of Freshwaters, 7: 209–242.
- Welcomme RL (1988) International introductions of inland aquatic species. FAO Fish. Technical Paper No. 294. FAO, Rome.