



Guido Miranda-Chumacero

CAPÍTULO 2. PECES

*Paul A. Van Damme, Fernando M. Carvajal-Vallejos,
Jaime Sarmiento, Soraya Barrera Maure, Karina Osinaga
& Guido Miranda-Chumacero*

INTRODUCCIÓN

Riqueza y endemismos

Los peces de Bolivia muestran una enorme diversidad y ocupan casi todos los ecosistemas acuáticos. La alta riqueza de especies se debe entre otros factores a que el territorio boliviano se sobrepone con tres macrocuencas: la cuenca del Amazonas, la cuenca del río del Plata y las cuencas endorreicas del Altiplano. Cada una de estas macrocuencas alberga conjuntos de peces muy distintos, como consecuencia de que durante grandes lapsos de tiempo sus sistemas de drenaje evolucionaron de manera independiente (Lundberg *et al.*, 1988). Según estos últimos autores, la cuenca Amazónica y la cuenca del Plata se separaron hace aproximadamente 30-20 millones de años. En este mismo período se inició la formación de los Andes, luego se formaron las cuencas endorreicas del Altiplano, dando origen al aislamiento de las especies del género *Orestias* y algunas especies del género *Trichomycterus*.

La existencia de barreras geográficas actuales entre las tres macrocuencas de Bolivia aparentemente dificulta el intercambio de especies. Sin embargo, durante la época de aguas altas existe interconexión entre algunas microcuencas de los ríos Beni, Mamoré y Parapetí, respectivamente. A pesar de este intercambio a nivel local, estudios morfológicos y genéticos muestran que existen diferencias importantes entre especies provenientes de macrocuencas distintas (*e.g.* Buitrago-Suarez & Burr 2007; Torrico *et al.*, en prensa). Por ejemplo, estas barreras han dado como resultado la especiación de diferentes géneros que incluyen especies comerciales, como por ejemplo *Zungaro* (Lundberg & Littmann, 2003; Boni, 2008), *Cichla* (Kullander & Ferreira, 2006), *Prochilodus* (Orti *et al.*, 2005) y *Pseudoplatystoma* (Buitrago-Suárez & Burr, 2007). Carvajal-Vallejos & Van Damme (2009) demostraron que 80%, 33% y 97% de las especies en las macrocuencas de la Amazonía, del Plata y del Altiplano son exclusivas, reflejando así el aislamiento de estas cuencas.

Sarmiento & Barrera (2003b) presentaron un inventario con 635 especies de peces en toda Bolivia, pero consideraron que esta cifra representa una subestimación del número real. En los últimos años continúan describiéndose nuevas especies (Fuentes-Rojas & Rumiz, 2008). Se estima la presencia de más de 700 especies (Carvajal-Vallejos & Van Damme, 2009).

La mayor riqueza de peces se encuentra en la cuenca amazónica. Lauzanne *et al.* (1991) incluyeron 389 especies en su lista de especies amazónicas. Los mismos autores listaron 327 especies solamente en la cuenca del río Mamoré, que es la cuenca con mayor diversidad conocida de Bolivia. Recientemente, Pouilly *et al.* (2004) presentaron 320 especies en la misma cuenca por debajo los 200 m de altitud, al mismo tiempo indicando que la lista sigue muy preliminar debido a los numerosos problemas de identificación. La cuenca del río Beni-Madre de Dios (aprox. 310 especies) es la segunda cuenca más diversa del país (Willink *et al.*, 1999, Carvajal-Vallejos & Van Damme, 2009), seguida por la cuenca del río Iténez, con aproximadamente 270 especies (Sarmiento 1998; Fuentes Rojas & Rumiz 2008). Las cuencas de los ríos Paraguay, Pilcomayo y Bermejo son las menos conocidas: Osinaga (datos no publicados) estimó la presencia de 211 especies en la cuenca alta del río Paraguay, y Carvajal-Vallejos & Van Damme (2009) estimaron en 161 el número de especies en la parte boliviana de las cuencas Pilcomayo-Bermejo. La menor riqueza de especies está en la cuenca endorreica del Altiplano, donde sólo se han encontrado especies de las familias Cyprinodontidae (*Orestias*) (Parenti, 1984), Trichomycteridae (*Trichomycterus*) y Astroblepidae (*Astroblepus*).

Algunas de las especies de peces son generalistas y pueden encontrarse en diversos hábitats. Otras especies son migratorias, es decir, utilizan diferentes hábitats a lo largo de su ciclo de vida. Estas especies son de estrategias de vida “periódica”: retrasan su madurez sexual, producen gran cantidad de huevos, y generalmente son de gran tamaño (Winemiller 1989; Winemiller & Rose 1992). Desovan en zonas en el río de mucha corriente y sus huevos y/o larvas son arrastrados grandes distancias río abajo. El pacú (*Colossoma macropomum*), por ejemplo, desova en zonas de alta turbulencia y turbidez en ríos amazónicos, generalmente cerca de la confluencia de ríos. Los adultos después de desovar entran a las zonas inundadas para alimentarse de frutas. Las larvas entran primero a sabanas y bosques inundables y luego a lagunas donde se protegen y crecen, consumiendo principalmente zooplankton (Araujo-Lima & Goulding, 1997; Van Damme & Carvajal, 2005).

Otras especies son muy especializadas y adaptadas a medios extremos, como las *Orestias* en el lago Titicaca y otros cuerpos de agua ubicados a elevadas altitudes, varias especies de *Trichomycterus* en arroyos del Altiplano y especies de la familia Rivulidae en ambientes acuáticos amazónicos y de la cuenca del Plata que se secan estacionalmente. También existen especies que se encuentran en ambientes particulares, como por ejemplo, *Bujurquina oenalaemus* en aguas termales, *Trichomycterus chaberti* en cavernas, y *Phreatobius sanguinuela* en aguas subterráneas. La mayoría de estas especies especialistas son “equilibradas”, es decir, producen baja cantidad de huevos, pegan sus huevos a sustratos, y algunas (*p.e.* los Cichlidae) incluso cuidan a sus huevos y/o crías.

La información disponible sobre la distribución de los peces de Bolivia es poca como para poder reconocer endemismos

(Sarmiento & Barrera, 2003a). Sin embargo, de manera general, se puede identificar áreas con mayor probabilidad de poseer endemismos. El Lago Titicaca, por ejemplo, es probablemente uno de los centros de endemismo más importantes en el continente, con más del 80% de su ictiofauna exclusiva de la cubeta lacustre que se comparte entre Bolivia y Perú (Sarmiento & Barrera, 1996; Sarmiento & Barrera, 2003a; Abell *et al.*, 2008). Evaluaciones recientes (Carvajal-Vallejos & Van Damme, 2009) destacan que la cuenca alta del río Madera se caracteriza por la presencia de un importante número de especies propias. Esta particularidad de la Amazonía boliviana se debe probablemente a la presencia de cachuelas en la zona fronteriza entre Brasil y Bolivia, que funcionan como barreras efectivas para la mayoría de los peces. En la cuenca alta de los ríos Mamoré y Beni se encuentran endemismos dentro de la familia Trichomycteridae (Sarmiento & Barrera, 2003a). Lo mismo se puede observar para la cuenca alta de los ríos Paraguay, Bermejo y Pilcomayo, con especies con distribución restringida, como son *Oligosarcus bolivianus*, *Trichomycterus aguaraguae*, *Acrobrycon tarijae* y otras (véase fichas correspondientes).

Los patrones de endemismo indicados se ven reflejados en un análisis realizado recientemente por Abell *et al.* (2008) (Tabla 2). Estos autores estimaron de forma muy preliminar el porcentaje de endemismo por ecoregión de agua dulce. Las tasas más altas de endemismo se encontraron en las cuencas endorreicas del Altiplano (71-100%), seguido por la cuenca del río Paraguay (21-29%) y la cuenca amazónica (5-21%).

Tabla 2. Riqueza de especies y endemismo en las ecoregiones de agua dulce que se sobreponen con territorio boliviano (Abell *et al.*, 2008).

Código*	Ecoregión de agua dulce	Riqueza de especies (Nr. de especies)	Número de especies endémicas (Nr. de especies)	% endemismo	Nr. de especies por superficie de ecoregión (Nr. de especies/10 ⁴ km ²)
312	Andes Alto cuenca amazónica	67-101	12-19	15-21	1-2
318	Cuenca de los ríos Mamoré y Madre de Dios, incluyendo zona de Piedemonte	323-490	56-73	15-21	8
319	Cuenca del río Guaporé-Iténez	214-322	12-19	5-10	6-7
337	Altiplano (cuenca del lago Titicaca)	20-41	28-40	71-100	1-2
342	Chaco	102-151	1-11	5-10	1-2
343	Cuenca del río Paraguay	214-322	56-73	21-29	5-6

*Código utilizado por Abell *et al.* (2008)

La distribución de las especies de peces se encuentra fuertemente determinada por la altura (Pearson, 1924; Lauzanne *et al.*, 1991; Sarmiento & Barrera, 2003a). Según estos autores, el número de especies disminuye cuando aumenta la altura, además la composición de las comunidades de peces cambia drásticamente.

Nivel del conocimiento

El conocimiento de los peces se ha incrementado de una manera sobresaliente en los últimos 20 años (Sarmiento & Barrera, 2003a) aunque se estima que ciertas partes del territorio boliviano permanecen poco conocidas y exploradas, como por ejemplo la cuenca baja del río Beni. Sin duda, nuevas prospecciones y colecciones incrementarán el número de especies a nivel del país y de los departamentos. Sarmiento & Barrera (2003b) dejaron 19% de las 635 especies mencionadas sin identificación hasta nivel especie, y Pouilly *et al.* (2004) tienen el mismo porcentaje de especies no identificadas en su lista de los peces del río Mamoré. Este porcentaje es notoriamente más alto que lo encontrado en otros grupos de vertebrados (aves, mamíferos, reptiles, anfibios) donde generalmente no pasa el 1% (Kreft, 2003; Reichle, 2003; González & Reichle, 2003; Salazar-Bravo *et al.*, 2003).

La taxonomía de algunos taxa de peces en particular es inestable. Existen algunos géneros que merecen especial atención, como *Orestias* y *Trichomycterus*. Estos dos géneros de peces incluyen el mayor número de especies amenazadas en Bolivia.

La última evaluación de *Orestias* data de hace más de 20 años (Parenti 1984). Esta autora consideró que el género incluye 43 especies, agrupadas en 4 “complejos” (*agassii*, *mulleri*, *gilsoni* y *cuvieri*). Sin embargo, dentro del género siguen existiendo muchas dudas, particularmente dentro los complejos *agassii* y *gilsoni*. Estudios genéticos en este grupo son necesarios y urgentes, ya que contiene la mayor parte (70%) de todas las especies amenazadas en el país.

Trichomycterus es un género polifilético que incluye más de 130 especies (De Pinna & Wosiacki, 2003), que se encuentran en casi todas las cabeceras de los ríos Neotropicales, algunas de ellas con distribuciones muy restringidas. De estas especies, sólo 11 han sido reportadas en Bolivia, lo cual probablemente es una sub-estimación, debido al bajo esfuerzo de colecta y estudio. Recientemente se han descrito nuevas especies y se estima que hay varias otras por describirse en los Andes de Bolivia. *T. aguaraguae* fue descrita por Fernandez & Osinaga (2006) en las cabeceras de los ríos Pilcomayo, Bermejo, Mamoré e Iténez, mientras que *T. therma* fue descrita por Fernandez & Miranda (2008) en un pequeño arroyo en el departamento de Potosí. Otras especies (*p.e. T. rivulatus*) tienen un estatus taxonómico incierto. La biología y la ecología de muy pocas especies ha sido descrita (pero véase *T. chaberti*; Miranda & Pouilly, 1999). En general, el género *Trichomycterus* merece una revisión exhaustiva, ya que muchas de las especies son susceptibles a amenazas locales debido a su distribución restringida y su alto grado de endemismo. Estudios más detallados, sin duda, revelarán otras especies o poblaciones amenazadas.

Además de los géneros *Orestias* y *Trichomycterus*, existe inseguridad taxonómica en varios otros grupos. Durante el proceso de categorización de especies amenazadas, varias especies fueron excluidas del análisis por pertenecer a géneros con taxonomía confusa: *Astroblepus* (Astroblepidae), *Simpsonichthys* (Rivulidae), *Bryconops* (Characidae), *Leporellus* (Anastomidae), *Heptapterus* (Heptapteridae), *Hypostomus* (Loricariidae), *Achirus*, *Catathyridium* (Achiridae) y *Potamotrygon* (Potamotrygonidae).

Por otra parte, en los últimos años hubo importantes revisiones de algunos de los géneros que incluyen las especies comerciales de la Amazonía boliviana y el pantanal boliviano, por ejemplo *Cichla* (Kullander & Ferreira, 2006), *Pseudoplatystoma* (Buitrago-Suárez & Burr, 2007; Torrico *et al.*, en prensa) y *Prochilodus* (Sivasundar *et al.*, 2001; Castro & Vari, 2004). Para la mayoría de estos géneros, sin embargo, la sistemática no está resuelta aún y se esperan nuevos cambios.

Importancia de los peces para el mantenimiento de procesos ecológicos en sistemas acuáticos

Los peces juegan un rol importante para el mantenimiento de procesos ecológicos en ecosistemas acuáticos (Vanni, 2002). En Bolivia, existen muy pocos estudios de caso, pero al igual que en otros países y ecoregiones se considera que las especies de peces son componentes clave que ayudan a controlar el funcionamiento ecológico de los ecosistemas acuáticos de la Amazonía, de la cuenca del Plata y de las cuencas endorreicas del Altiplano.

Vanni (2002) indicó que los peces juegan un rol en el ciclo de nutrientes por vías directas e indirectas. Los efectos directos son, por ejemplo, la transformación de nutrientes por los mismos peces, es decir, mediante el consumo directo de los nutrientes (incorporados en sus presas), y la transformación de estos nutrientes en biomasa (crecimiento) y heces. Los efectos indirectos se refieren a la influencia colateral que los peces tienen sobre el flujo de nutrientes por las interacciones con sus presas o el hábitat en el que viven.

Los peces en la Amazonía boliviana tienen una amplia diversificación trófica: iliofagos (sedimentos), algívoros (algas), detritívoros (material en descomposición), omnívoros, herbívoros (vegetación), zooplantófagos (zooplankton), invertívoros (invertebrados) y piscívoros (peces) (Ayala *et al.*, 2000; Pouilly *et al.*, 2004). Osinaga (2000) encontró especializaciones tróficas similares entre los peces de la laguna Cáceres (cuenca del río Paraguay). En el Altiplano, los géneros *Orestias* y *Trichomycterus* han ocupado un gran número de nichos tróficos en el lago Titicaca: en estos géneros se encuentran especies omnívoras, zooplantófagas, invertívoras y piscívoras. En resumen, los peces ocupan eslabones fundamentales de las cadenas tróficas en todos los sistemas acuáticos y, como tal, ejercen presión sobre los niveles tróficos más bajos (control “top-down”). Este tipo de control “top-down” está explicado por la teoría de las cascadas tróficas (Carpenter & Kitchell, 1993). Peces depredadores pueden controlar de forma directa o indirecta la biomasa y la composición de especies de los niveles tróficos más bajos.

Rejas (2004) demostró que en lagunas de várzea, en la Amazonía boliviana, la especie *Moenkhausia dichroua* podría constituirse en una especie clave, transfiriendo energía y nutrientes de los consumidores primarios (zooplankton e insectos) a los peces piscívoros (Rejas *et al.*, 2005a). Además, se ha demostrado que los peces pueden sustentar una porción importante de la producción primaria mediante el reciclaje de nutrientes (Rejas *et al.*, 2005b). Al consumir insectos en la zona litoral y excretar sus desechos en la zona pelágica, por lo tanto, *M. dichroua* puede transferir nutrientes a una zona en la que la producción primaria se encuentra fuertemente limitada por la disponibilidad de los mismos (Rejas, 2004; Rejas *et al.*, 2005a). Rejas *et al.* (2005b) demostraron que los peces en las lagunas de várzea tienen un fuerte impacto positivo sobre las densidades de

fitoplancton probablemente como resultado del reciclaje de nutrientes. Estos estudios sugieren que estos peces no sólo juegan roles importantes en el “top-down control” del zooplancton, sino también en el “bottom-up control” de los niveles tróficos inferiores (algas y bacterias). No existen estudios similares en los sistemas acuáticos por encima de los 400 msnm, aunque Ayala *et al.* (2007) asumieron que los mismos fenómenos actúan en lagunas del valle de Cochabamba.

Generalmente, los peces seleccionan los tamaños más grandes de sus presas y, de esta manera, pueden afectar la excreción de nutrientes (Vanni, 2002; Rejas *et al.*, 2005b). Por otra parte, peces detritívoros pueden fragmentar detritus y hacerlo disponible para otros organismos. Indirectamente pueden afectar la tasa de acumulación o transporte del detritus particulado (Smolders *et al.*, 2002), además del intercambio de nutrientes entre zonas pelágicas y bénticas.

Los anteriores estudios confirman que los peces juegan un rol fundamental en el reciclaje de nutrientes y en el control de otros eslabones de la cadena trófica. Los peces también intervienen en la dispersión de semillas (Gottsberger, 1978; Goulding, 1980; Goulding, 1983; Ayala *et al.*, 2000; Piedade *et al.*, 2006; Correa *et al.*, 2007; Castellón, datos no publicados), el transporte de nutrientes (Vanni, 1996) y en el consumo y transformación de material alóctono vegetal y animal (Araujo-Lima & Goulding, 1997). El transporte de nutrientes puede darse entre diferentes niveles de la columna del agua (Rejas *et al.*, 2005b) o entre distintos ecosistemas, como es el caso de los peces migratorios (Muñoz & Van Damme, 1998; McClain & Naiman, 2008). Finalmente, los peces pueden jugar roles en procesos que pueden afectar la salud ambiental o humana, como la eutrofización (Ayala *et al.*, 2007) y la dispersión de vectores de enfermedades tropicales.

Usos

Importancia de peces en la pesca de subsistencia

Los peces juegan un rol importante en la pesca de subsistencia. En contraste con las pesquerías comerciales, que enfocan en unas pocas especies grandes pertenecientes a las familias Pimelodidae y Serrasalmodidae, la pesca de subsistencia abarca un gran número de especies incluyendo varias de porte pequeño (Carvajal-Vallejos & Van Damme, 2009). Estos últimos autores elaboraron una lista de 80 especies importantes para la subsistencia en la Amazonía boliviana, indicando que es una subestimación del total. En el Pantanal boliviano, Osinaga (2000) mencionó la presencia de 42 especies en las capturas de subsistencia. En el Altiplano, las especies de los géneros *Trichomycterus* y *Orestias* son consumidos por miles de personas (Wilma *et al.*, 2007). Estudios aislados, como los de Townsend (1996), Chicchón (2000), Rebolledo (2004), Lorini-Rodríguez (2006) y Paz & Van Damme (2008) demostraron que la contribución del pescado a la seguridad alimentaria de pueblos indígenas es muy importante. Por otro lado, estimaciones preliminares (Van Damme *et al.*, 2009a) indicaron que la biomasa extraída por pescadores de subsistencia en la Amazonía boliviana está en el mismo orden de las tasas en la pesca comercial.

Importancia de peces en la pesca comercial

Los peces representan uno de los componentes más productivos en los ecosistemas acuáticos. Como consecuencia de sus altas tasas de producción juegan un rol importante en la pesca comercial en las tres macrocuencas de Bolivia.

La captura anual en la cuenca amazónica de Bolivia es de 2000 - 2500 toneladas por año (MACA, 2005). Estimaciones más recientes basadas en entrevistas con pescadores sugieren una captura anual levemente más alta de 3400 toneladas/año (Van Damme *et al.*, 2009a). Las especies más comunes en las pesquerías comerciales son el pacú (*Colossoma macroponum*), el tambaquí (*Piaractus brachipomus*), el surubí (*Pseudoplatystoma punctifer*) y la chuncuina (*P. tigrinum*) (Van Damme *et al.*, 2005a; Reinert & Winter, 2002; MACA, 2005; Van Damme *et al.*, 2009a). Sin embargo, existen variaciones regionales importantes. Estos datos demuestran que las pesquerías comerciales siguen enfocando en las especies grandes de las familias Serrasalmodidae y Pimelodidae, y no en las especies más pequeñas y generalmente detritívoras u omnívoras, como es el caso en la Amazonía brasilera y peruana (Rufino, 2005; Garcia *et al.*, 2009). Van Damme *et al.* (2009a) estimaron que la cantidad capturada en la actualidad en la Amazonía boliviana representa aproximadamente el 10% del potencial pesquero. En el norte amazónico, el paiche (*Arapaima gigas*), una especie introducida, ha ganado importancia en las capturas comerciales durante la última década (Carvajal-Vallejos *et al.*, 2009). Según estimaciones conservadoras, el sector pesquero ocupa 2000 empleos directos (pescadores), además una gran cantidad de empleos indirectos (Wiefels, 2006; Van Damme *et al.*, 2009b). La contribución de la pesca comercial amazónica al PIB Nacional es de aproximadamente 0,025% (Rua *et al.*, 2009).

En la cuenca del río Paraguay, existen pocos datos sobre la pesca comercial. El único lugar con una pesquería desarrollada es la laguna Cáceres, donde los pescadores locales mayormente extraen especies del género *Pseudoplatystoma* (*P. corruscans* y *P. reticulatum*) (Santander *et al.*, 2008). Por otra parte, *Prochilodus lineatus* representa una especie muy importante en las capturas comerciales en el río Pilcomayo (Smolders *et al.*, 2002). Esta especie abastece los mercados en Santa Cruz, Cochabamba y La Paz (Wiefels, 2006).

En el lago Titicaca, la pesca de las especies de *Orestias* se caracteriza por un descenso espectacular en las últimas décadas debido, entre otros factores, a la introducción de especies exóticas (*Oncorhynchus sp.*, *Odontesthes sp.*). Además, algunas especies de este género se encuentran amenazadas por la sobrepesca. No obstante, algunas especies locales, especialmente *O. isipi*, contribuyen a las capturas comerciales y la seguridad alimentaria en el departamento de La Paz. Vila *et al.* (2007) estimaron que el 65,4% de las capturas anuales en todo el lago consiste de especies del género *Orestias*, principalmente *O. isipi*.

Importancia de peces en la pesca deportiva y el turismo

Los peces tienen un potencial alto para la pesca deportiva y el turismo. Estas actividades ocupan cada vez más un rol clave para el desarrollo local en la Amazonía boliviana. En esta región, el tucunaré (*Cichla pleiozona*) es la especie más apetecida por los pescadores deportivos (Van Damme & Carvajal, 2005). Este pez, particularmente abundante en la cuenca del río Iténez (Van Damme & Carvajal, 2005; Muñoz, 2006; Muñoz *et al.*, 2006), es muy vulnerable a la sobrepesca. En los valles y en las alturas, la pesca deportiva es incipiente, y se estima que las especies de peces introducidas (trucha, pejerrey) tienen mayor potencial para esta actividad en relación a las especies nativas que son de tamaños pequeños.

Importancia de peces en la pesca ornamental

Muchas especies de la Amazonía boliviana tienen valor ornamental (Miranda, datos no publicados). Para la Laguna Cáceres (Pantanal boliviano; cuenca del río Paraguay), Osinaga (2000) publicó una lista de 63 especies de peces que tienen potencial para la pesca ornamental. Por otra parte, Sarmiento (1998) publicó una lista con 62 especies con potencial ornamental para el PN Noel Kempff Mercado (cuenca del río Iténez). Recientemente han surgido varias iniciativas de aprovechamiento de especies de peces ornamentales nativas en las tierras bajas de Bolivia, pero en ninguno de los casos se están aplicando indicadores de la sostenibilidad de estas actividades. Sin embargo, bajo sistemas adecuados de manejo, la pesca ornamental tiene el potencial de constituirse en una fuente de ingreso para comunidades locales indígenas y campesinas.

Valor socio-cultural

Los peces tienen mucha relevancia social y cultural en la sociedad boliviana. Tienen presencia importante en las costumbres y tradiciones, lo cual se refleja en las leyendas y mitos que incluyen peces, entre los Chimanes (Riester, 1993), los Sioronó (Townsend 1996), los Ese Ejja (Herrera Sarmiento, 2002; Bamonte & Kociancich, 2007), los Yuracaré (Paz, 1991; Querejazu- Lewis, 2005), y los extintos Guarasug'we (Riester, 1977). Los artes, métodos y el manejo de pesca utilizadas por los indígenas forman parte de la herencia cultural de Bolivia.

El papel social de la pesca fue documentado en detalle en un estudio de caso sobre los Ese Ejja de Portachuelo Bajo (Herrera Sarmiento, 2002), en que el autor describe la distribución en el tiempo de las actividades extractivas, los patrones de consumo, además la participación de hombres, mujeres y niños en la pesca. Paz & Van Damme (2008) describen en detalle como la pesca en comunidades en la cuenca del río Iténez está entretejida con otras actividades productivas.

PECES AMENAZADOS DE BOLIVIA

En 1996, se realizó la primera evaluación del estado de conservación de los peces de Bolivia, publicada en el Libro Rojo de los Vertebrados de Bolivia (Sarmiento & Barrera, 1996). Estos autores afirmaron que la falta de información era el principal factor limitante para la asignación de especies a la categoría correspondiente, y consecuentemente la mayoría (74%) de las especies evaluadas fueron asignadas a la categoría “Datos Insuficientes” (DD) (Tabla 3). Las únicas especies consideradas como amenazadas en el año 1996 fueron todas las especies del género *Orestias*, *Prochilodus lineatus* y *Salminus brasiliensis*.

El año 2003, se publicó el libro “Fauna Amenazada de Bolivia: ¿Animales sin futuro?” (Flores & Miranda, 2003), en el cual Sarmiento & Barrera (2003c) presentaron una reevaluación de las especies amenazadas. Este esfuerzo difiere sustancialmente del trabajo realizado en 1996, en el sentido que los autores incluyeron 40 especies en las categorías que contemplan algún riesgo de extinción. *Orestias cuvieri* fue considerada extinta y *Orestias pentlandii* como en peligro crítico (se confirmó esta categorización en el presente libro). En la categoría Vulnerable (VU) incluyeron 21 especies identificadas de *Orestias* identificadas y 3 especies del mismo género no identificadas, además 13 especies pertenecientes respectivamente a las familias Characidae (3), Prochilodontidae (1), Trichomycteridae (2), Rivulidae (6) y Cichlidae (1).

Doce años después de la fecha de publicación del primer Libro Rojo, el estado de conocimiento ha mejorado de forma significativa hasta el año 2008, de tal manera que 50% de las especies asignadas a la categoría DD en el año 1996 han sido trasladadas a otras categorías: 6 de estas especies han sido asignadas a la categoría LC (preocupación menor), 3 ya no fueron

evaluadas (porque fueron consideradas como especies fuera de peligro), y solamente una fue trasladada a la categoría VU (*Trichomycterus rivulatus*). Por otra parte, *Salminus brasiliensis* y *Prochilodus lineatus*, que fueron consideradas como Vulnerables en el año 1996, fueron trasladadas a las categorías LC y NT, respectivamente. Cabe destacar que estos cambios de categoría son el resultado del aumento de conocimiento sobre las especies, y no necesariamente de cambios en el estado poblacional de las especies en sí.

El año 2008, la categoría Vulnerable contiene aproximadamente las mismas especies de *Orestias* que en los años 1996 y 2003, pero además se añadieron dos grupos de nuevas especies: por una parte, especies con distribución restringida y/o muy raras (*Oligosarcus schindleri*, *Phreatobius sanguijuela*, *Trichomycterus chaberti*, *T. therma* y *Bujurquina oenalaemus*) y, por otra parte, especies sujetas a pesca comercial en la cuenca amazónica (*Colossoma macropomum*, *Brachyplatystoma rousseauxii*) o en la cuenca del Plata (*Zungaro jabu*).

En la categoría “Casi Amenazada” (NT) se puede observar la misma tendencia: contiene especies del género *Orestias*, especies con distribución muy local (mayormente especies pertenecientes a las familias Rivulidae y Trichomycteridae) y, por otra parte, especies comerciales (*Piaractus brachyomus*, *Pseudoplatystoma corruscans*, *Leporinus macrocephalus*, *Prochilodus lineatus*). Cabe destacar que estas últimas 3 especies se encuentran en la cuenca del Plata y que están afectadas por sobrepesca en los países vecinos (Smolders *et al.*, 2002) y por contaminación minera.

La categoría “Rara” fue utilizada en las primeras propuestas de UICN, pero ya no fue utilizada en las propuestas posteriores de Mace & Lande (1991), IUCN (1994), y IUCN (2001). Generalmente, “escasez” o “distribución restringida” por sí sólo no son criterios suficientes para considerar a una especie en riesgo de extinción (Mace *et al.*, 2008). Sin embargo, poblaciones con distribución muy restringida pueden resultar muy vulnerables a la extinción como consecuencia de actividades humanas o como consecuencia de eventos estocásticos. Es el caso para especies como *B. oenalaemus*, *Phreatobius sanguijuela*, *Trichomycterus chaberti* y *T. therma*. Poblaciones de estas especies no están en declive, sin embargo su distribución restringida y pequeño tamaño poblacional las hace vulnerable a ciertas amenazas. Por encontrarse en la cercanía de poblaciones humanas importantes, estas especies corren mayor riesgo de extinción.

En el presente libro se reconoce por primera vez la importancia de las especies de peces comerciales y el riesgo de extinción a que están expuestas. Lastimosamente, el conocimiento del estado de las poblaciones de estas especies ha disminuido debido a la interrupción brusca de la colecta de estadísticas pesqueras por parte del gobierno nacional desde el año 2001 (MACA, 2005). Otra información disponible procede de estudios científicos (*p.e.* Reinert & Winter, 2002) y de la evaluación *a posteriori* de datos históricos (Alisson, 1998). Igualmente, no se puede descartar que el riesgo de extinción de estas especies (mayormente migratorias) resulte de sobrepesca en los países vecinos, y no de una sobrepesca en Bolivia específicamente.

Para las especies comerciales es importante distinguir entre los términos: “riesgo de extinción” y “riesgo de extinción comercial” (véase Mace & Hudson, 1999). Es inevitable que los taxa que son utilizados en pesquerías comerciales muestren una disminución marcada en su abundancia. Sin embargo, una disminución del tamaño de las poblaciones que resulta de capturas comerciales que tienen como meta aproximar el rendimiento máximo sostenible no necesariamente implica un riesgo de extinción (IUCN, 2001). Por la misma razón, sólo se incluyó en la presente lista a especies que demuestran una severa declinación, la desaparición en varias localidades de su distribución y/o una disminución del tamaño de primera madurez. *Colossoma macropomum* es un caso concreto: esta especie muestra evidentes señales de sobre-explotación en el río Mamoré (Nuñez *et al.*, 2005) y en la amazonía brasilera, además ha pasado por una severa declinación de sus poblaciones en algunas subcuencas (*p.e.* en la cuenca del río Iténez). Por otra parte, *Zungaro jabu* es una especie que es severamente afectada por la sobrepesca en las cuencas Bermejo-Pilcomayo (Sarmiento, datos no publicados), mientras que *Brachyplatystoma rousseauxii* muestra señales de sobre-explotación en toda su área de distribución (Carvajal-Vallejos, datos no publicados).

En total, durante el proceso de categorización se identificó 43 especies de peces como extintas o bajo algún riesgo de extinción (Tabla 3). Una especie se categorizó como Extinta (EX), una En Peligro Crítico (CR), una En Peligro (EN), 28 como Vulnerable (VU) y 12 Casi Amenazadas (NT). En las fichas descriptivas incluidas en este libro se explica la situación de cada especie y las razones por las que fueron clasificadas en una categoría de riesgo de extinción.

Tabla 3. Lista de especies de peces con algún grado de amenaza en el Libro Rojo de 1996 (Sarmiento & Barrera 1996), el libro “Fauna Amenazada de Bolivia” (Sarmiento & Barrera 2003c) y el presente Libro Rojo de los Vertebrados de Bolivia. Se incluyen únicamente las especies que el año 2008 fueron categorizadas como extintas (EX), amenazadas (CR, EN, VU) o casi amenazadas (NT). NE=No evaluada; R=Rara; LC=Preocupación Menor; DD=Datos Insuficientes.

Familia	Especie	Categoría 1996 (Sarmiento & Barrera, 1996)	Categoría 2003 (Sarmiento & Barrera, 2003c)	Categoría 2008 (Presente libro)
EXTINTO				
Cyprinodontidae	<i>Orestias cuvieri</i>	EX	EX	EX
EN PELIGRO CRÍTICO				
Cyprinodontidae	<i>Orestias pentlandii</i>	EN	CR	CR
EN PELIGRO				
Cyprinodontidae	<i>Orestias albus</i>	VU*	VU	EN
VULNERABLE				
Cyprinodontidae	<i>Orestias agassii</i>	VU*	VU	VU
Cyprinodontidae	<i>Orestias forgeti</i>	VU*	VU	VU
Cyprinodontidae	<i>Orestias robustus</i>	VU*	VU	VU
Cyprinodontidae	<i>Orestias imarpe</i>	VU*	VU	VU
Cyprinodontidae	<i>Orestias tomcooni</i>	VU*	VU	VU
Cyprinodontidae	<i>Orestias mooni</i>	VU*	VU	VU
Cyprinodontidae	<i>Orestias gracilis</i>	VU*	VU	VU
Cyprinodontidae	<i>Orestias incae</i>	VU*	VU	VU
Cyprinodontidae	<i>Orestias taquiri</i>	VU*	VU	VU
Cyprinodontidae	<i>Orestias tutini</i>	VU*	VU	VU
Cyprinodontidae	<i>Orestias uruni</i>	VU*	VU	VU
Cyprinodontidae	<i>Orestias mulleri</i>	VU*	VU	VU
Cyprinodontidae	<i>Orestias cranfordi</i>	VU*	VU	VU
Cyprinodontidae	<i>Orestias minimus</i>	VU*	VU	VU
Cyprinodontidae	<i>Orestias gilsoni</i>	VU*	VU	VU
Cyprinodontidae	<i>Orestias minutus</i>	VU*	VU	VU
Cyprinodontidae	<i>Orestias tchernavini</i>	VU*	VU	VU
Cyprinodontidae	<i>Orestias luteus</i>	VU*	VU	VU
Characidae	<i>Oligosarcus schindleri</i>	NE	LC	VU
Characidae	<i>Acrobrycon tarijae</i>	R	LC	VU
Serrasalmidae	<i>Colossoma macropomum</i>	-	LC	VU
Pimelodidae	<i>Zungaro jahu</i>	NE	NE	VU
Pimelodidae	<i>Brachyplatystoma rousseauxii</i>	NE	NE	VU
Heptapteridae	<i>Phreatobius sanguijuela</i>	NE	NE	VU
Trichomycteridae	<i>Trichomycterus chaberti</i>	NE	VU	VU
Trichomycteridae	<i>Trichomycterus therma</i>	NE	NE	VU
Trichomycteridae	<i>Trichomycterus rivulatus</i>	VU	VU	VU
Cichlidae	<i>Bujurquina oenalaemus</i>	DD	DD	VU
CASI AMENAZADA				
Cyprinodontidae	<i>Orestias ispi</i>	VU*	VU	NT
Cyprinodontidae	<i>Orestias laucaensis</i>	VU*	VU	NT
Rivulidae	<i>Moema pepotei</i>	NE	VU	NT
Rivulidae	<i>Aphyolebias obliquus</i>	NE	VU	NT
Rivulidae	<i>Trigonectes rogoaguae</i>	NE	VU	NT
Rivulidae	<i>Trigonectes balzanii</i>	NE	VU	NT
Serrasalmidae	<i>Piaractus mesopotamicus</i>	NE	NE	NT
Anostomidae	<i>Leporinus macrocephalus</i>	NE	NE	NT
Prochilodontidae	<i>Prochilodus lineatus</i>	VU	VU	NT
Pimelodidae	<i>Pseudoplatystoma corruscans</i>	NE	NE	NT
Trichomycteridae	<i>Trichomycterus aguaraguae</i>	NE	NE	NT
Cichlidae	<i>Cichla pleiozona</i>	NE	NE	NT

* El año 2006, todas las especies del género *Orestias* fueron categorizadas como “Vulnerable”.

Veintitrés (53,5%) de las especies que están extintas o que están bajo alguna categoría de amenaza de extinción pertenecen a la familia Cyprinodontidae (género *Orestias*), 4 especies (9,3%) a la familia Trichomycteridae, 4 especies (9,3%) a la familia Rivulidae, y 3 especies (7%) a la familia Pimelodidae. Otras familias están representadas con dos (resp. Characidae, Serrasalmidae, Cichlidae) o una especie (resp. Heptapteridae, Anostomidae, Prochilodontidae) (Tabla 2). La mayoría de las especies de peces bajo algún grado de amenaza se encuentran en los departamentos de La Paz y Santa Cruz, con 27 y 13 especies, respectivamente, seguidas por los departamentos de Tarija y Cochabamba con 8, resp. 7, especies amenazadas y casi amenazadas cada uno (Figura 10).

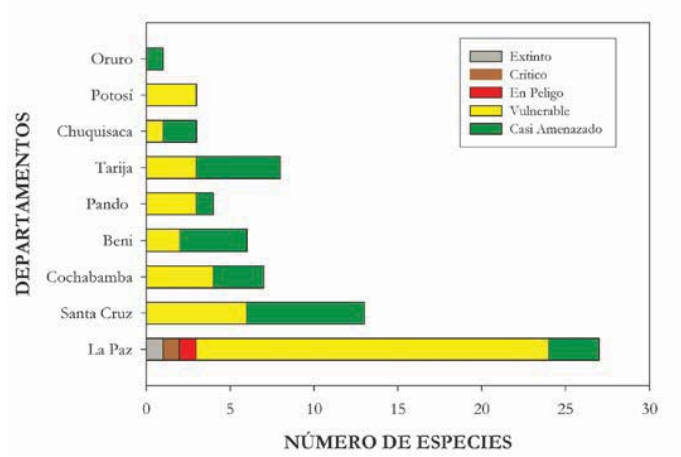


Figura 10. Distribución de las especies de peces bajo algún grado de amenaza en los departamentos de Bolivia.

La mayoría de las especies de peces bajo amenaza (24) se encuentra en las cuencas endorreicas del Altiplano, la mayoría de ellas asociadas a los lagos de altura (Titicaca, Poopó) (Figura 11). La cuenca amazónica tiene la más alta riqueza de especies pero tiene relativamente pocas especies amenazadas, lo cual se debe probablemente a las dificultades logísticas de evaluar el estado de las poblaciones en esta enorme cuenca.

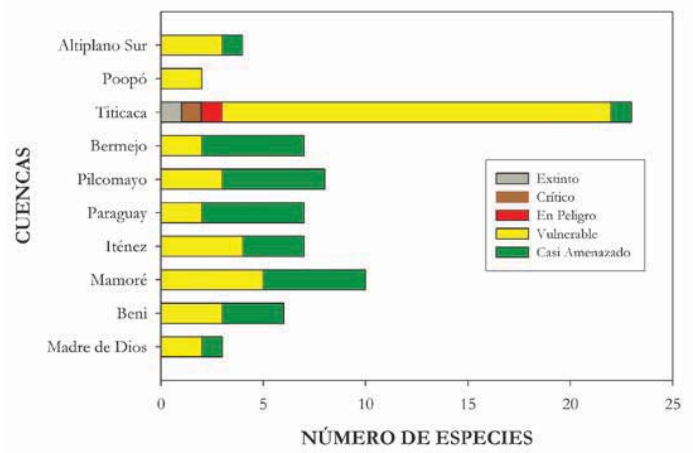


Figura 11. Distribución de las especies de peces bajo algún grado de amenaza en las cuencas de Bolivia.

AMENAZAS PARA LOS PECES DE BOLIVIA

Identificamos cuatro factores de amenaza para las especies de peces en el país: la modificación (física) del hábitat, la contaminación acuática, la introducción de especies invasoras, y la sobrepesca. En la Tabla 4, resumimos la importancia de estas amenazas para las especies de peces en las categorías En Peligo Crítico (CR), En Peligo (EN), Vulnerable (VU) y Casi Amenazada (NT). Además, indicamos las especies que tienen una distribución restringida, la cual es un factor que influye en su vulnerabilidad ante las amenazas mencionadas. Todas las especies están amenazadas en menor o mayor grado por la modificación del hábitat; por otro lado, la contaminación acuática, introducción de especies exóticas y la sobrepesca afectan 87,1%, 61,9% y 73,8%, respectivamente, de las especies bajo alguna categoría de amenaza.

Tabla 4. Amenazas para las especies categorizadas bajo algún grado de riesgo de extinción (+++: amenaza severa; ++: amenaza intermedia; +: amenaza leve; -: sin amenaza).

Familia	Especie	Modificación física del hábitat	Contaminación acuática	Especies introducidas	Sobre-pesca	Distribución restringida
EN PELIGRO CRÍTICO (CR)						
Cyprinodontidae	<i>Orestias pentlandii</i>	++	+	+++	+++	+
EN PELIGRO (EN)						
Cyprinodontidae	<i>Orestias albus</i>	++	+	+++	+++	+
VULNERABLE (VU)						
Cyprinodontidae	<i>Orestias agassii</i>	++	+	++	+++	-
Cyprinodontidae	<i>Orestias forgeti</i>	++	+	++	++	+
Cyprinodontidae	<i>Orestias robustus</i>	++	+	++	+++	+
Cyprinodontidae	<i>Orestias imarpe</i>	++	+	++	++	+
Cyprinodontidae	<i>Orestias tomcooni</i>	++	+	++	++	+
Cyprinodontidae	<i>Orestias mooni</i>	++	+	++	++	+
Cyprinodontidae	<i>Orestias gracilis</i>	++	+	++	++	+
Cyprinodontidae	<i>Orestias incae</i>	++	+	++	+++	+
Cyprinodontidae	<i>Orestias taquiri</i>	++	+	++	++	+
Cyprinodontidae	<i>Orestias tutini</i>	++	+	++	++	+
Cyprinodontidae	<i>Orestias uruni</i>	++	+	++	++	+
Cyprinodontidae	<i>Orestias mulleri</i>	++	+	++	++	+
Cyprinodontidae	<i>Orestias crawfordi</i>	++	+	++	++	+
Cyprinodontidae	<i>Orestias minimus</i>	++	+	++	++	+
Cyprinodontidae	<i>Orestias gilsoni</i>	++	+	++	++	+
Cyprinodontidae	<i>Orestias minutus</i>	++	+	++	++	+
Cyprinodontidae	<i>Orestias tbernavini</i>	++	+	++	++	+
Cyprinodontidae	<i>Orestias luteus</i>	++	+	+++	+++	+
Characidae	<i>Oligosarcus schindleri</i>	+++	++	+++	-	+
Characidae	<i>Acrobrycon tarijae</i>	+++	++	-	-	+
Serrasalminidae	<i>Colossoma macropomum</i>	+	-	++	+++	-
Pimelodidae	<i>Zungaro jabu</i>	++	++	-	++	-
Pimelodidae	<i>Brachyplatystoma rousseauxii</i>	+	-	-	+++	-
Heptapteridae	<i>Phreatobius sanguijuela</i>	+	+	-	-	+++
Trichomycteridae	<i>Trichomycterus chaberti</i>	+	-	-	-	+++
Trichomycteridae	<i>Trichomycterus therma</i>	++	+++	-	-	+++
Trichomycteridae	<i>Trichomycterus rivulatus</i>	++	+	+	++	+
Cichlidae	<i>Bujurquina oenalaemus</i>	++	+	-	+	+++
CASI AMENAZADA (NT)						
Cyprinodontidae	<i>Orestias ispi</i>	+	+	++	++	+
Cyprinodontidae	<i>Orestias laucaensis</i>	++	-	+	-	+++
Rivulidae	<i>Moema pepotei</i>	++	+	-	-	++
Rivulidae	<i>Aphyolebias obliquus</i>	++	+	-	-	++
Rivulidae	<i>Trigonectes rogoaguae</i>	++	+	-	-	++
Rivulidae	<i>Trigonectes balzanii</i>	++	+	-	-	+
Serrasalminidae	<i>Piaractus mesopotamicus</i>	++	++	+	++	-
Anostomidae	<i>Leporinus macrocephalus</i>	++	++	-	+++	-
Prochilodontidae	<i>Prochilodus lineatus</i>	+	+++	-	+++	-
Pimelodidae	<i>Pseudoplatystoma corruscans</i>	+	++	-	+++	-
Trichomycteridae	<i>Trichomycterus aguaraguae</i>	++	-	-	-	++
Cichlidae	<i>Cicbla pleiozona</i>	++	+	++	++	-

Modificación física del hábitat

La pérdida y modificación física del hábitat acuático se constituye en uno de las amenazas más importantes para las poblaciones de peces en Bolivia. La perturbación del hábitat conlleva la pérdida para los peces de oportunidades de alimentación y reproducción, y puede conllevar a que las especies se ahuyenten del lugar o perezcan (extinciones locales). Varios trabajos han mostrado que poblaciones de peces pueden estar afectadas y que la estructura de comunidades de peces (el conjunto de especies) puede cambiar. En Bolivia, quizás el grupo más vulnerable a la modificación de hábitats sean las especies pequeñas en los valles y el Altiplano, como son *Acrobrycon tarijae*, *Oligosarcus schindleri* y *Trybommycteris therma*, todas categorizadas como Vulnerable en la presente lista. En la Amazonía boliviana la construcción de represas hidroeléctricas en los ríos Madera y Beni se constituye en la amenaza principal para la ictiofauna, y en particular para las especies migratorias.

Contaminación acuática

Los contaminantes pueden afectar las especies de peces de diferentes formas. En Bolivia, los mayores problemas ambientales son los desechos mineros, aguas servidas (domésticas), aguas industriales, pesticidas e hidrocarburos (Van Damme, 2003). Los problemas asociados con estos contaminantes se manifiestan con diferente intensidad en las diferentes zonas del país. En la Amazonía boliviana, la tasa elevada de mercurio acumulado en algunas especies de peces es un problema importante por su relación directa con la salud humana (Maurice-Bourgoin *et al.*, 2000). Esta tasa elevada de mercurio no sólo es causada por las actividades mineras (p.e. extracción de oro), sino también por el tipo de suelo amazónico que de forma natural es rico en mercurio inorgánico (Pouilly *et al.*, 2004). La contaminación acuática toma dimensiones desproporcionadas en la cuenca del río Pilcomayo, la cual recibe los afluentes de las zonas mineras del departamento de Potosí. Sin embargo, no se sabe aún con precisión el impacto de las tasas altas de metales pesados en el agua y en sedimentos sobre los peces y, en particular, sobre el sábalo (*Prochilodus lineatus*) (Smolders *et al.*, 2002).

Especies invasoras

La introducción de especies exóticas se constituye en una de las principales amenazas para la fauna íctica en Bolivia. Las introducciones pueden ser mediante piscicultura (p.e. *Piaractus brachypomus* en la provincia Chapare, departamento de Cochabamba) o mediante introducciones voluntarias, como en el caso de *Arapaima gigas* en el norte amazónico (Carvajal-Vallejos *et al.*, 2009), y de *Semaprochilodus* sp. en la cuenca del río Iténez (Van Damme & Carvajal, 2005). Otras introducciones documentadas son las de *Cichla* sp. y *Colossoma macropomum* en la cuenca del río Paraguay (Santander *et al.*, 2005). Sin embargo, las consecuencias para la ictiofauna nativa son más drásticas en el caso de la introducción de trucha (*Oncorhynchus*) y del pejerrey (*Odontesthes*) en los valles y Altiplano. Estas especies han reemplazado localmente una parte de la ictiofauna nativa, por ejemplo especies del género *Orestias* en el lago Titicaca y *Oligosarcus schindleri* en los valles.

Sobrepesca

En la figura 12 se muestra el aprovechamiento pesquero de las especies categorizadas. 65% de estas son utilizadas en la pesca de subsistencia (no considerada como amenaza para las especies), y respectivamente 28%, 14% y 14% en la pesca comercial, pesca deportiva y pesca ornamental (todas consideradas como potenciales amenazas para las especies). Aparentemente existen algunas contradicciones en la literatura acerca del impacto de la pesca intensiva sobre los recursos pesqueros de la Amazonía boliviana. Este panorama se complica aún más porque en el caso de las especies migratorias no se puede distinguir entre el impacto causado por la pesca industrial en países vecinos (Perú, Brasil) y el impacto causado por la pesca comercial artesanal en Bolivia. Alisson (1998) consideró que los recursos pesqueros en la Amazonía boliviana están subexplotados, y argumentó que no se necesitan medidas de gestión pesquera muy drásticas. Por otro lado, existen indicadores que la sobrepesca puede afectar a poblaciones locales de algunas especies (p.e. *Colossoma macropomum*; Nuñez *et al.*, 2005). En el caso de la cuenca del Plata, la pesca comercial en las subcuencas bolivianas toma proporciones insignificantes en comparación con la pesca realizada en los países vecinos (principalmente Brasil y Argentina), y se puede asumir que la sobrepesca fuera de las fronteras de Bolivia es la que tiene los mayores impactos sobre las poblaciones bolivianas. Finalmente, en el caso de las cuencas endorreicas, y particularmente en el lago Titicaca, Vila *et al.* (2007) consideran a la sobrepesca como uno de los factores responsables en la disminución de las especies de *Orestias*.

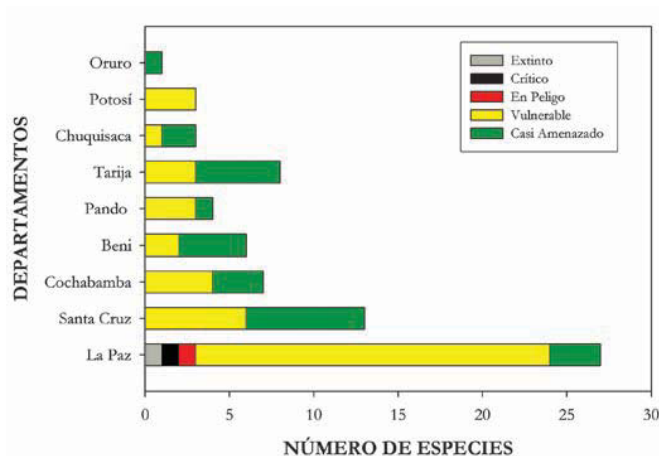


Figura 12. Uso de las especies de peces bajo algún grado de amenaza en Bolivia en la pesca comercial, pesca de subsistencia, pesca deportiva y pesca ornamental.

ESTADO ACTUAL Y PERSPECTIVAS DE CONSERVACIÓN

La mayoría de las 42 especies de peces consideradas bajo algún grado de amenaza se encuentran en una o más áreas protegidas. Algunas tienen una distribución muy restringida y no se encuentran en ningún área protegida del país: por ejemplo, *Trichomycterus therma* (en un arroyo altiplánico en el departamento de Potosí), *Bujurquina oenalaemus* (en aguas calientes, muy cerca del Área Municipal Tucavaca) y *Pbreatobius sanguijuela* (en una localidad en la TCO Bajo Paraguá, colindante al PN Noel Kempff Mercado). La mayoría de las especies de *Orestias* se encuentra en el lago Titicaca, que no tiene un estatus de protección. Por otra parte, una sola especie está restringida específicamente a un área protegida: *Trichomycterus chaberti* (PN Toro Toro).

Generalmente, las especies migratorias no son adecuadamente protegidas mediante reservas o áreas con prioridades de conservación. La mayoría de ellas utilizan las áreas protegidas de Bolivia sólo durante un período de su ciclo de vida. Para estas especies urgen estrategias de manejo a nivel macrocuenca y en coordinación con los países vecinos. El marco legal a nivel nacional que regula el uso de las especies comerciales migratorias (Reglamento de Pesca y Acuicultura DS 25085) es obsoleto y los reglamentos prefecturales generalmente no son muy actualizados.

Por otra parte, la normativa para la protección de especies locales se enmarca en lineamientos generales de conservación de la biodiversidad y fauna en general. Intentos recientes para elaborar un reglamento de la pesca ornamental no han dado resultados aún (Miranda, comentario personal). Por otra parte, los planes de manejo no han demostrado aún su eficiencia en regular el uso de este recurso.

AJUSTES AL MÉTODO DE EVALUACIÓN DEL GRADO DE AMENAZA

Para la evaluación del estado de conservación de los peces de Bolivia se empleó el Método de Evaluación del Grado de Amenaza (MEGA), como se explicó en la primera parte del libro. Para otorgar los puntajes del MEGA se siguieron los criterios basados en los descriptores que se muestran en la Tabla 5. El método de evaluación diferenció del método aplicado para el resto de los vertebrados terrestres en varios aspectos, entre otros:

- En lugar de la distribución continental medida como un % se utilizó como subcriterio la presencia en las distintas macrocuencas (Orinoco, Amazonía, La Plata, endorreica).
- En lugar de utilizar como subcriterio el número de ecoregiones en que la especie se encuentra se utilizó como subcriterio el número de Sistemas Ecológicos Acuáticos en que se encuentra
- Se introdujo un nuevo subcriterio “Continuidad en la distribución”.
- Se cambiaron los descriptores del subcriterio “Modo y potencial reproductivo”. Siguiendo a Winemiller (1989), se distinguió entre especies “oportunistas”, “periódicas” y “equilibradas”, siendo las primeras hipotéticamente las menos vulnerables a la extinción, y las últimas las más vulnerables.
- Se introdujo un nuevo subcriterio “Contaminación acuática”.
- En lugar del subcriterio “presencia en unidades de conservación” se introdujo el subcriterio “Medidas de conservación”.

Tabla 5. Método de Evaluación del Grado de Amenaza para Especies de Peces de Bolivia. El descriptor corresponde a la característica específica medida y que tiene un puntaje determinado. La sumatoria del puntaje total se confronta con la Tabla 1 para obtener la categoría final de la especie.

CRITERIO	Puntaje
Subcriterio	
Descriptor	
1. DISTRIBUCIÓN DEL TAXÓN	
1.1. Distribución en macrocuencas	
<i>Presente en tres o cuatro macrocuencas (Amazonía, La Plata, Orínico, endorreica)</i>	0
<i>Presente en dos macrocuencas</i>	1
<i>Presente en una macrocuenca</i>	2
1.2. Distribución continua/descontinua	
<i>Distribución continua</i>	0
<i>Distribución discontinua</i>	2
1.3. Número de Sistemas Ecológicos Acuáticos (SEAs) en que la especie se encuentra	
<i>Presente en 6 o más SEAs</i>	0
<i>Presente en 4 o 5 SEAs</i>	1
<i>Presente en 2 o 3 SEAs</i>	2
<i>Presente en un sólo SEA</i>	3
<i>Presente en una zona restringida dentro un SEA</i>	4
2. ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL HÁBITAT	
<i>Buena</i>	0
<i>Crítico</i>	1
3. ESTADO POBLACIONAL	
3.1. Abundancia local	
<i>Frecuente, Abundante o común</i>	0
<i>Medianamente frecuente o Escasa</i>	1
<i>Muy escasa, rara o muy poco abundante</i>	2
<i>Sin registros en los últimos 20 años</i>	4
3.2. Tendencia poblacional	
<i>Estable o en aumento</i>	0
<i>En declinación moderada</i>	1
<i>En declinación severa</i>	3
4. VULNERABILIDAD BIOLÓGICA INTRÍNSECA DEL TAXÓN	
4.1. Amplitud en el uso del área de vida	
<i>Generalista (usa como adulto una variedad de hábitats)</i>	0
<i>Especialista (usa un tipo de hábitat) o migratoria (usa distintos tipos de hábitats en distintas etapas de su vida)</i>	2
4.2. Modo y potencial reproductivo	
<i>Especie "oportunist" (tamaño pequeño, sin cuidado parental, fecundidad intermedia, reproducción temprana, talla de madurez pequeña)</i>	0
<i>Especie "periódica" (tamaño grande, reproducción retardada, alta fecundidad, baja inversión en crías, desove en corriente)</i>	1
<i>Especie "equilibrada" (cuidado parental, madurez retardada, baja fecundidad y/o alta inversión en crías)</i>	2
4.3. Amplitud trófica	
<i>Alta (omnivoros)</i>	0
<i>Media (generalistas herbívoros, carnívoros, detritívoros)</i>	1
<i>Baja (los mismos grupos como "Media" pero altamente especializadas, p.ej. consumo de sólo frutas, de sólo escamas, etc.)</i>	3
4.4. Estabilidad taxonómica	
<i>Estable</i>	0
<i>Inestable</i>	1
5. PRINCIPALES AMENAZAS	
5.1. Intensidad de Uso	
<i>Ninguno</i>	0
<i>Bajo</i>	1
<i>Mediano</i>	2
<i>Alto</i>	3
<i>Muy alto</i>	4
5.2. Modificación del hábitat	
<i>Sin modificaciones del hábitat (deforestación, cambios hidráulicos, hidroviarios, especies invasoras, turismo, etc.)</i>	0
<i>Bajas modificaciones del hábitat</i>	2
<i>Altas modificaciones del hábitat</i>	4
5.3. Contaminación acuática	
<i>Sin impacto de contaminación acuática</i>	0
<i>Efecto moderado de contaminación acuática</i>	1
<i>Efecto severo de contaminación acuática</i>	3
5.4. Presencia en Unidades de Conservación	
<i>Bien protegida mediante planes de manejo, áreas protegidas, legislación, vedas, sitios RAMSAR, etc</i>	0
<i>Parcialmente protegida mediante planes de manejo, áreas protegidas, legislación, vedas, sitios RAMSAR, etc</i>	2
<i>Pobremente protegida mediante planes de manejo, áreas protegidas, legislación, vedas, sitios RAMSAR, etc</i>	4

DESCRIPCIÓN DE LOS **PECES** **AMENAZADOS** DE BOLIVIA