

BASE DE DATOS ECO-HIDROLOGICA DE LOS RIOS DE CHILE: UNA HERRAMIENTA DE GESTION PARA LOS ECOSISTEMAS ACUATICOS

ECO-HYDROLOGICAL DATABASE OF CHILEAN RIVERS: A TOOL FOR MANAGEMENT OF AQUATIC ECOSYSTEM

M. Peredo-Parada ^{1*}, F. Martínez-Capel ¹, V. Garófano-Gomez ¹, M. Atenas ², F. Riestra ³

¹ Instituto de Investigación para la Gestión Integrada de Zonas Costeras (IGIC).
Universidad Politécnica de Valencia. España.

² Departamento de Protección y Conservación de Recursos Hídricos. Dirección General de Aguas.
Ministerio de Obras Públicas. Gobierno de Chile. Chile

³ Unidad de Fiscalización. Dirección General de Aguas. Ministerio de Obras Públicas. Gobierno de Chile. Chile
* e-mail: matiasperedo@gmx.net

RESUMEN

El conocimiento de las especies nativas de Chile se caracteriza por ser insuficiente, incompleto, fragmentado y poco actualizado, lo cual constituye una de las principales limitantes para desarrollar estrategias de conservación de especies o planes de conservación y recuperación de sistemas acuáticos. Lo anterior cobra mayor importancia dada la mayor presión que tienen actualmente estos ecosistemas en el país. Para paliar este vacío se ha confeccionado una Base de Datos Eco-Hidrológica de los ríos de Chile. Esta base de datos cuenta con información hidrológica, fisicoquímica de las aguas, sedimentológicas e información íctica. Esta última información se ha basado en recopilación bibliográfica de literatura referente a distribución de peces, dividida en tres niveles (I, II y III) de acuerdo al detalle y escala espacial de la información (macroescala, mesoescala y microescala, respectivamente). La Base de Datos Eco-Hidrológica confeccionada la conforman 393 estaciones fluviométricas, 361 estaciones de calidad del agua, 92 estaciones sedimentológicas y un total de 1580 registros de peces distribuidos a lo largo de todo Chile. Esta base de datos se ha integrado en la plataforma de gestión "Clasificación Eco-hidrológica de los ríos de Chile" (REC-Chile), la cual se construyó basándose en los factores medioambientales que controlan el régimen hídrico de un río. La utilización conjunta de la base de datos junto con REC-Chile permitirá desarrollar una mejor planificación y gestión de los ecosistemas acuáticos en Chile.

PALABRAS CLAVES: Chile, REC-Chile, base de datos eco-hidrológica, gestión ecosistemas acuáticos, peces nativos chilenos.

ABSTRACT

The limited knowledge of Chilean native species is one of the main constraints to develop conservation strategies for species or conservation planning and rehabilitation of aquatic ecosystems. To fill this gap it was developed an Eco-Hydrological Database of the Chilean rivers. This database contains information about hydrology, water quality, substrate and fish information. The latter information was based on literature collection concerning on fish distribution, divided into three levels (I, II and III) according to detail and spatial scale of the information (macro, meso and microscale, respectively). The database has 393 hydrological stations, 361 water quality stations, 92 substrate stations and a total of 1580 fish records distributed throughout Chile. This database has been integrated into the management platform «River Environmental Classification of Chilean Rivers» (REC-Chile), which was built based on environmental factors which control the hydrological pattern of a river. The joint use of the database along with REC-Chile will further develop planning and management of aquatic ecosystems in Chile.

KEYWORDS: Chile, REC-Chile, Eco-Hydrological Database, aquatic ecosystems management, Chilean native fish.

INTRODUCCION

Las características hidrológicas y morfológicas de Chile han sido los factores claves en la evolución de los peces dulceacuícolas de Chile (Vila *et al.* 1999). El aislamiento biogeográfico y las características hidrológicas de los ríos son los principales factores que justifican la baja riqueza específica y el alto endemismo junto con la tendencia generalizada a poseer tamaños pequeños (Vila *et al.* 1999, Dyer 2000a, Habit *et al.* 2006, Vila *et al.* 2006a).

En Chile, la fauna íctica nativa está comprendida por 11 familias, 17 géneros y 44 especies (Dyer 2000a, Habit *et al.* 2006). Los grupos más representativos corresponden a los órdenes Siluriformes (11 especies), Osmeriformes (9 especies), Atheriniformes (7 especies). También se representan en menor grado los Petromyzontiformes (2 especies), Characiformes (4 especies), Cyprinodontiformes (6 especies), Perciformes (4 especies) y Mugiliformes (1 especie).

La mayor riqueza de especies nativas se encuentra en la zona centro-sur del país entre los ríos Maule e Imperial (Dyer 2000a). El río Biobío es aquél que posee la mayor diversidad íctica con 18 especies nativas (Vila *et al.* 1999, Dyer 2000a). El extremo norte del país presenta un alto índice de endemismo, con especies que sólo habitan en una cuenca determinada (Vila *et al.* 1999, Dyer 2000a).

A la riqueza íctica nativa del país hay que añadir 22 especies exóticas, de las cuales sólo dos (*Cheirodon interruptus* y *Odontesthes bonaerensis*) están emparentadas a nivel de familia con alguna especie chilena (Dyer 2000a). Entre las especies exóticas, la trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*), trucha café o común (*Salmo trutta*), salmón del atlántico (*Salmo salar*) y carpa (*Ciprinus carpio*) son las más importantes desde el punto de visto económico y de distribución en el país, destacando en el extremo sur del país el predominio de la familia exótica Salmonidae debido a su alto nivel de adaptación a las aguas frías del sur de Chile (Soto *et al.* 2006).

El estado de conservación de los peces nativos de Chile presenta grandes problemas, ya que solo trece especies están consideradas “fuera de peligro”. Los taxa con mayor número de especies con problemas en nivel de “peligro de extinción” son los Siluriformes (7 especies) y Cyprinodontiforme (4 especies). Estos dos órdenes coinciden con los de mayor endemismo en cuanto a número de especies

y a su limitada distribución geográfica (Vila *et al.* 1999, Dyer 2000a, Habit *et al.* 2006)

Dentro de las principales causas del deteriorado estado de conservación de los peces dulceacuícolas de Chile, está la modificación del régimen hidrológico debido a canalizaciones, represamiento de los ríos (Vila *et al.* 1999) y extracción de agua para riego (Habit *et al.* 2006), lo cual se traduce en la destrucción del hábitat físico de las especies. La alteración de la calidad fisicoquímica del agua, es otra causa importante del deterioro del hábitat (Vila *et al.* 1999). Las acciones más comunes son vertidos de residuos industriales líquidos y aguas residuales, extracción de áridos, sustitución de bosque nativo por bosque forestal y contaminación difusa por pesticidas (Habit *et al.* 2006). Y finalmente, la acción de las especies introducidas en los inicios del siglo XX, principalmente en la zona centro sur de Chile.

Por otro lado, el conocimiento que se tiene de las distintas especies nativas en relación a su distribución, abundancia o densidad, preferencia de hábitat y biología poblacional y reproductiva, es escaso (Habit *et al.* 2006), incompleto, fragmentado y poco actualizado (Vila 2001). Dicha información está en relación a Siluriformes (Arratia 1983, Pardo 2002, Habit *et al.* 2003, Habit 2005, Pardo *et al.* 2005, Scott *et al.* 2007), Osmeriformes (Peredo & Sobarzo 1994, Murillo & Ruiz 2002, Cussac *et al.* 2004), Atheriniformes (Bahamondes *et al.* 1979, Comte & Vila 1987, Dyer 2000b), Perciformes (Habit 1998, Habit & Belk 2007), Cyprinodontiformes (Vila 2006, Vila *et al.* 2006b). Recopilación de los estudios realizados a la fecha pueden ser revisados en Habit *et al.* (2006), Vila *et al.* (2006a) y Ruiz *et al.* (2006). Una completa lista sistemática de las especies puede ser revisada en Dyer (2000a) y en Vila *et al.* (2006a).

De acuerdo a lo anterior, el escaso conocimiento existente a la fecha no permite avanzar en políticas o gestión para la conservación y/o rehabilitación de ecosistemas acuáticos, como por ejemplo, en el uso de metodologías de simulación del hábitat físico para la determinación del régimen ambiental de caudales (Tharme 2003, Benetti *et al.* 2004); en la elaboración de directrices en proyectos de rehabilitación fluvial (Bond & Lake 2003) y en el desarrollo de medidas de mitigación y planes de conservación de las especies dulceacuícolas de Chile (Habit *et al.* 2006).

Como una medida para paliar estos vacíos de información y avanzar en políticas de conservación y rehabilitación de ecosistemas acuáticos, se ha

confeccionado una base de datos acoplada a la plataforma de gestión “Clasificación Eco-Hidrológica de los ríos de Chile” (REC-Chile) (Peredo *et al.* resultados no publicados). La plataforma de gestión REC-Chile es la adaptación a las condiciones ambientales de Chile de la herramienta River Environmental Classification (REC) desarrollada por Snelder & Biggs (2002). La utilización conjunta de un sistema de clasificación o zonificación, como REC-Chile, y una base de datos de peces constituyen la base para la determinación del estado ecológico de los ríos basado en índices ícticos (Schmutz *et al.* 2007, Noble *et al.* 2007), entre otros.

Dentro de las potencialidades de uso que permite la REC están aquellas destinadas al manejo del recurso hídrico a nivel de cuenca (Snelder & Huguey, 2005), a la caracterización fisicoquímica de los ríos (Snelder *et al.* 2004a), a la conservación de ecosistemas acuáticos (Peredo *et al.* resultados no publicados) y a la planificación y gestión medioambiental (Snelder *et al.* 2004b, Peredo *et al.* resultados no publicados).

La Clasificación Eco-Hidrológica de los ríos de Chile, es una herramienta que consiste en la superposición jerárquica de las variables o factores ambientales que son los causantes principales de la variación espacial del patrón hidrológico en un río (Snelder & Biggs 2002, Snelder *et al.* 2005). Entre los factores que controlan este patrón hidrológico en Chile están el clima, la altitud de la subsubcuenca, presencia de glaciares o lagos, la geología, la posición relativa de la subsubcuenca con respecto a la cuenca en la cual se encuentra el tramo de río, el uso del suelo de la subsubcuenca, la pendiente del tramo de río, etc. De estas variables se definieron los factores controladores aplicables a Chile, los cuales resultaron ser: “Clima”, “Origen de flujo” (que engloba las variables pertenecientes a altitud, glaciares, lagos), “Geología”, “Posición relativa de subsubcuenca” (definiendo zonas de cabecera, tramos medio y alto y desembocadura) “Uso de suelo” y “Pendiente del tramo del río” (Peredo *et al.* resultados no publicados).

Los factores controladores que influyen sobre la magnitud y estacionalidad del flujo son el “Clima”, “Origen de Flujo” y “Posición relativa de subsubcuenca”. Aquellos que tienen mayor influencia sobre la calidad de las aguas son los factores “Geología” y “Uso de suelo”, mientras que el factor “Pendiente del tramo de río” influye sobre las condiciones hidráulicas (Snelder and Biggs 2002,

Snelder *et al.* 2005, Peredo *et al.* resultados no publicados).

El resultado de la combinación de estos factores controladores es una clasificación única para cada tramo de río, el cual permite ser caracterizado de acuerdo a variables hidrológicas, fisicoquímicas o una combinación de éstas. Los resultados de la aplicación de la REC en Chile ha sido satisfactoria pudiendo caracterizar los tramos de ríos de acuerdo al régimen natural hidrológico, tanto en magnitud como en estacionalidad del hidrograma. (Peredo *et al.* resultados no publicados).

En relación a lo anterior, el objetivo del presente trabajo ha sido confeccionar una base de datos georreferenciada que integre información íctica, hidrológica y fisicoquímica de los ríos de Chile, la cual en conjunto con la REC-Chile o algún sistema de clasificación alternativo, puedan servir de base para planificar y gestionar el ecosistema acuático de los ríos de Chile.

MATERIALES Y METODOS

La base de datos se generó a partir de dos grandes bloques de información. El primer bloque corresponde a información gubernamental proporcionada por la Dirección General de Aguas (DGA) del Ministerio de Obras Públicas (MOP), relativas a fluvimetría, calidad del agua y sedimentología. El segundo bloque es información íctica obtenida a partir de recopilación bibliográfica de publicaciones científicas e informes públicos generados de diversos proyectos. En la selección de la literatura se ha dado preferencia a aquella que incluye información de especies nativas.

Información gubernamental.

La información fluviométrica corresponde a la información de cada estación fluviométrica existente en Chile: Coordenadas UTM, código BNA (código oficial de identificación de la estación), y códigos de cuenca, subcuenca y subsubcuenca en la cual se sitúan. Análogamente, la información fisicoquímica es la información de cada estación de calidad de aguas: coordenadas UTM, código BNA, parámetros fisicoquímicos que se miden en cada una de ellas y la frecuencia a la cual son medidos dichos parámetros. Y por último, para cada estación sedimentológica se dispone de las coordenadas UTM y código BNA.

Información de fauna íctica.

Dada la heterogeneidad en la escala espacial de la información entregada en la bibliografía especializada e informes de proyectos públicos, se definieron tres niveles (I, II, III) de información de fauna íctica, de acuerdo al detalle de información por parte del autor y a la escala espacial de ésta.

La información del Nivel I₃ se define a una escala espacial macro (10^5 a 10^3 km²). Este nivel de información corresponde a aquel en donde el autor señala distribuciones geográficas de peces que abarcan cuencas e incluso regiones. Aquí se incluyen campos con información de la especie, su rango de distribución, autor y fecha de la publicación.

La información del Nivel II comprende información a nivel de mesoescala, teniendo como escala espacial desde la cuenca hasta un tramo local de río (10^3 a 10^1 km²). Se ha incluido en este nivel aquella información señalada por el autor(es) referente al río, tramo y/o localidad en donde se practicó el muestreo. Sin embargo, el autor (es) no especifica mayores detalles sobre el tipo de muestreo utilizado, resultados cuantitativos del muestreo, fecha de realización de éste, entre otros. Los campos utilizados para este nivel contienen información de la especie, fecha de muestreo, año y autor de la publicación, código de la cuenca, subcuenca y/o subsubcuenca de distribución.

La información del Nivel III es una información más detallada actuando a nivel de microescala. El autor(es) señala las coordenadas de la estación de muestreo, fecha de realización, tipo de muestreo y resultados, así como también puede indicar valores de parámetros fisicoquímicos del agua. Para este nivel de información se incluyen campos con información sobre la especie, autor y año de publicación, lugar de muestreo, características del muestreo, parámetros fisicoquímicos del agua y código de cuenca, subcuenca y subsubcuenca.

Para todos los niveles de información señalados anteriormente, se incluyeron campos sobre el código de cuenca, subcuenca y subsubcuenca. Estos códigos son los oficiales asignados por la DGA, permitiendo así que la base de datos pueda estar conectada con la REC-Chile y con información oficial de la DGA.

La totalidad de la información recopilada (fluviométrica, fisicoquímica, sedimentológica e íctica) se implementó en un Sistema de Información Geográfico, con sistemas de coordenadas PSAD 1956 UTM Huso 18S.

RESULTADOS

Información gubernamental

La base de datos obtenida cuenta con 393 estaciones fluviométricas, 361 estaciones de calidad del agua, 62 estaciones sedimentológicas. Además cuenta con 124 registros de información Nivel I, 450 registros de información Nivel II y con 171 estaciones de muestreo específicos de colecta de peces con 1010 registros pertenecientes a la información Nivel III.

La información hidrológica se obtuvo a partir de 393 estaciones fluviométricas. Actualmente sólo 321 están vigentes (Tabla I). Las estaciones fluviométricas que no están vigentes se han incluido en la base de datos, ya que permite realizar un análisis suplementario en aquellos años donde la estación estaba en vigencia. Las estaciones de calidad de aguas y sedimentológicas también se obtuvieron de la información entregada por la DGA con 361 y 62 estaciones respectivamente. Para ambos casos se incluyeron las estaciones suspendidas, (Tabla I).

Información íctica

La información Nivel I contiene 120 registros abarcando la totalidad de las especies ícticas nativas del país. La distribución geográfica de esta información abarca todo Chile, desde la cuenca del río Lluta (18°S) hasta la Tierra del Fuego (55°S). En este nivel de información se indican las cuencas, y sus códigos asociados, de los extremos norte y sur de distribución definiendo así el rango de distribución para cada especie.

La información Nivel II contiene 450 registros abarcando 37 especies nativas (25 spp. endémicas, 12 spp. nativas) y 6 especies introducidas. Dentro de las especies nativas con más número de registros están *Trichomyterus areolatus* (56 registros), *Galaxias maculatus* (39 registros), *Basilichthys australis* (27 registros) y *Percichthys trucha* (27 registros) (Tabla II). Dentro de las introducidas la especie *O. mykiss* con 83 registros es la especie con mayor abundancia. El rango geográfico de este tipo de información va desde del extremo norte de Chile (18°S) hasta la zona de Aysén (47°S).

La información Nivel III contiene 171 estaciones de muestreo de peces con 1010 registros correspondientes a 34 especies nativas (7 spp. nativas y 27 spp. endémicas) y 8 especies introducidas. Dentro de las especies nativas con mayor número de registros se encuentran *T. areolatus* (128 registros), *P. gillissi* (80 registros),

G. maculatus (67 registros) y *B. australis* con 65 registros (Tabla II). En las especies introducidas aquellas con mayor cantidad de registros son *O. mykiss* (113 registros) y *S. trutta* (94 registros). En este nivel de información se han incluido los puntos de muestreo en los cuales no se han capturado peces ni nativos ni introducidos.

De la Tabla II se observa que las especies *T. areolatus*, *G. maculatus*, *P. gillissi*, *B. australis* y *P. trucha*, son las especies que mayor cantidad de registros tienen al sumar ambos niveles de información (II y III). Las especies distribuidas en la zona norte de Chile, (*O. agassii*, *O. ascotanensis*, *O. chungaraensis*, *O. laucaensis*, *O. parinacotensis*, *O. piacotensis*, *T. chungaraensis*, *T. laucaensis* y *B. semotilus*) tienen una escasa cantidad de registros en ambos niveles de información. Bajo esta misma situación de baja cantidad de registros se encuentran las especies *D. chilensis*, *G. globiceps*, *H. macrei*, *M. lapicida* y *O. brevianalis*. Además existen especies que no tienen información de Nivel II ni tampoco de Nivel III, como son: *B. gothei*, *C. killiani*, *G. alpinus*, *O. itatanum* y *O. hatcheri*.

La distribución geográfica de las estaciones de muestreo de peces recopilada a nivel de regiones, señalando cuencas involucradas, rango de fecha en el cual se realizaron los muestreos y las referencias

de éste se muestran en la Tabla III. De ésta se destaca la heterogeneidad en la densidad de estaciones por muestreo en cada región, existiendo zonas de Chile con mayor densidad (entre las cuencas Rapel e Imperial) y otras con menor densidad (entre las cuencas Loa y Choapa). Al sur de la cuenca del río Bueno no hay estaciones de muestreo.

La utilización conjunta de los tres niveles de información (I, II y III) en la plataforma REC-Chile, permite visualizar por completo el rango de distribución de la especie en estudio. Poniendo como ejemplo la especie *Percichthys trucha* (Fig. 1), se aprecia que el rango de distribución mostrado por la información Nivel I va desde la cuenca del río Aconcagua hasta el río Maullín (Dyer 2000a). La información Nivel II para esta especie se sitúa dentro del rango definido por Dyer (2000a), abarcando la totalidad de las cuencas Aconcagua, Maipo y Biobío, sin embargo, las cuencas intermedias no muestran información de Nivel II, y sólo en las cuencas Imperial, Toltén, Valdivia y Bueno se aprecia información de la presencia de esta especie en algunas de sus subsubcuencas. Por último, la información de Nivel III se distribuye entre los ríos Mataquito y Valdivia. Se observa también la ausencia de esta especie desde la cuenca del río Rapel hacia el norte.

TABLA I. Distribución geográfica y estado de las estaciones fluviométricas, fisicoquímicas y sedimentológicas pertenecientes a la base de datos.

TABLA I. Geographic distributions and states of hydrologic, physicochemical and sedimentology stations of database.

Región	N° Estaciones fluviométricas		N° Estaciones fisicoquímicas		N° Estaciones sedimentológicas	
	Vigentes	Suspendidas	Vigentes	Suspendidas	Vigentes	Suspendidas
I Región	5	0	4	0	0	0
II Región	33	15	21	37	3	0
III Región	29	0	28	0	3	0
IV Región	46	3	54	0	6	7
V Región y RM	41	0	68	0	12	2
VI Región	10	0	24	0	1	0
VII Región	36	41	27	0	5	0
VIII Región	47	0	22	0	10	2
IX Región	29	0	18	0	8	0
X Región	45	16	25	33	2	1
Total	321	72	291	70	50	12

TABLA II. Distribución y números de registros (entre paréntesis) de cada especie nativa por nivel de información (II y III).

TABLA II. Distribution and numbers of measures (in brackets) of each natives species for information level II and III.

ESPECIE	Nivel II	Nivel III
	Distribución	Distribución
<i>Aplochiton marinus</i> ? Eigenmann 1928	S/I	S/I
<i>Aplochiton taeniatus</i> Jenyns 1842	Chiloé-Aysén (12)	S/I
<i>Aplochiton zebra</i> Jenyns 1842	Biobío-Maullín (16)	Itata (1)
<i>Basilichthys australis</i> Eigenmann 1928	Aconcagua-Chiloé (27)	Aconcagua-Valdivia (65)
<i>Basilichthys cf. semotilus</i> Cope 1874	S/I	Loa (2)
<i>Basilichthys microlepidotus</i> Jenyns 1841	Huasco-Aconcagua (4)	Huasco-Choapa (11)
<i>Brachygalaxias bullocki</i> Regan 1908	Biobío-Chiloé (6)	Itata-Valdivia (9)
<i>Brachygalaxias gothei</i> Busse 1982	S/I	S/I
<i>Bullockia maldonadoi</i> Eigenmann 1928	Andalién-Biobío (5)	Andalién-Toltén (36)
<i>Cheirodon australe</i> Eigenmann 1928	Valdivia-Chiloé (3)	Maule-Valdivia (16)
<i>Cheirodon galusdae</i> Eigenmann 1928	Biobío (5)	Maule-Toltén (51)
<i>Cheirodon killiani</i> Campos 1982?	S/I	S/I
<i>Cheirodon pisciculus</i> Girard 1855	Huasco-Biobío (10)	Maipo-Maule (9)
<i>Diplomystes camposensis</i> Arratia 1987	Biobío-Valdivia (2)	Imperial –Valdivia (28)
<i>Diplomystes chilensis</i> Molina 1782	Valdivia (1)	Rapel e Imperial (6)
<i>Diplomystes nahuelbutaensis</i> Arratia 1987	Biobío (6)	Maule-Biobío (9)
<i>Galaxias alpinus</i> Jenyns 1842	S/I	S/I
<i>Galaxias globiceps</i> Eigenmann 1928	Maullín-Chiloé (2)	S/I
<i>Galaxias maculatus</i> Jenyns 1842	Huasco-Aysén (39)	Itata-Valdivia (67)
<i>Galaxias platei</i> Steindachner 1898	Valdivia-Aysén (11)	Valdivia-Bueno (8)
<i>Geotria australis</i> Gray 1851	Biobío-Aysén (7)	Andalién-Valdivia (38)
<i>Hatcheria macreii</i> Girard 1855	Aysén (2)	
<i>Mordacia lapicida</i> Gray 1851	Biobío (1)	Andalién (7)
<i>Mugil cephalus</i> Linnaeus 1758	Huasco-Valdivia (5)	Andalién (8)
<i>Nematogenys inermis</i> Guichenot 1848	Aconcagua-Biobío (7)	Andalién-Imperial (16)
<i>Odontesthes (Cauque) breavianalis</i> Günther 1880	Choapa-Biobío (3)	S/I
<i>Odontesthes (Cauque) itatanum?</i> Steindachne 1896	S/I	S/I
<i>Odontesthes (Cauque) mauleanum</i> Steindachne 1896	Biobío-Bueno (14)	Itata-Andalién (3)
<i>Odontesthes hatcheri</i> Eigenmann 1909	S/I	S/I
<i>Orestias agassi</i> Valenciennes 1846	Salar Huasco (1)	Salar Huasco, Isluga (3)
<i>Orestias ascotanensis</i> Parenti 1984	Salar Ascotán (1)	S. Ascotan y Carcote (3)
<i>Orestias chungaraensis</i> Vila & Pinto 1986	Lago Chungara (1)	Lago Chungara (1)
<i>Orestias laucaensis</i> Arratia 1982	Lauca (1)	Río Lauca (1)
<i>Orestias parinacotensis</i> Arratia 1982	Parinacota (1)	Parinacota (1)
<i>Orestias piacotensis</i> Vila 2006	Piacota (1)	Piacota (1)
<i>Percichthys melanops</i> Girard 1855	Aconcagua-Valdivia (5)	Mataquito-Andalién (7)
<i>Percichthys trucha</i> Valenciennes 1833	Aconcagua-Bueno (22)	Mataquito-Valdivia (60)
<i>Percilia gillissi</i> Girard 1855	Maipo-Valdivia (16)	Mataquito-Valdivia (80)
<i>Percilia irwini</i> Eigenmann 1928	Biobío (8)	Maule-Biobío (44)
<i>Trichomycterus arelaotus</i> Valenciennes 1840	Huasco-Chiloé (56)	Aconcagua-Bueno (128)
<i>Trichomycterus chiltoni</i> Eigenmann 1928	Aconcagua-Biobío (5)	Maule-Biobío (9)
<i>Trichomycterus chungaraensis</i> Arratia 1983	Lago Chungara (1)	Lago Chungara (1)
<i>Trichomycterus laucaensis</i> Arratia 1983	Río Lauca (1)	Lauca y Parinacota (2)
<i>Trichomycterus rivulatus</i> Valenciennes 1840	Salar Huasco (1)	Altiplánicas (4)

S/I: Sin Información. No information

TABLA III. Número de estaciones de muestreo de peces recopiladas en la información de Nivel III y agrupadas de acuerdo a región y cuenca.

TABLA III. Number of fish sampling stations compiled in information level III and grouped by region and basin.

Región	Cuenca	Nº estaciones	fechas de muestreos	Referencias
Región I de Tarapacá	Altiplánica	8	2006	U. de Chile Lab. Limnología
	Qbda Camarones	1	2006	U. de Chile Lab. Limnología
Región II de Antofagasta	Río Loa	4	2006	U. de Chile Lab. Limnología
	Salar Michinca	2	2006	U. de Chile Lab. Limnología
Región III de Copiapó	Río Copiapo	2	2006	U. de Chile Lab. Limnología
	Río Huasco	4	2006	U. de Chile Lab. Limnología
Región IV de Coquimbo	Río Choapa	1	1982-1984	Comte et al.
Región V de Aconcagua y Región Metropolitana	Río Aconcagua	9	2001-2006	CADE IDEPE, EDIC.
	Costeras (Maipo)	4	2007	Fernández
Región VI del Gral. O'higgins	Río Rapel	21	2002-2006	M&P Ltda, Conc. Convento Viejo, Geotecnica.
Región VII del Maule	Río Mataquito	12	2000-2006	DGA, Est. y Gest. Ambiental
	Río Maule	21	2000-2006	A&C Cons. Gesam Cons., Ingendesa,
Región VIII de Biobío	Río Itata	10	1993-2000	Habit, DGA
	Río Biobio	9	2001-2003	Habit
	Río Andalien	17	1986-2000	Habit, Ruiz
Región IX de la Araucanía	Río Imperial	22	1997-2003	Campos, DGA, Gutierrez
	Río Tolten	5	1997	Campos
Región X de los Lagos	Río Valdivia	7	2005-2006	EULA
	Río Bueno	9	2003-2005	Velasco Asoc.

DISCUSION

La información del Nivel I es la más abundante en extensión geográfica, pero también es aquella con mayor incertidumbre, puesto que para una misma especie diversos autores difieren en el rango de distribución, por ejemplo, para *Nematogenys inermis*, Campos *et al.* (1993) señalan que está distribuida entre los ríos Rapel y Biobío, pero Dyer (2000a) señala que la distribución corresponde entre los ríos Maipo y Biobío. Otro ejemplo sucede con *Percilia gillisi* a la cual Vila *et al.* (1999) la distribuye entre los ríos Maipo a Maullín, pero Dyer (2000a) extiende

esa distribución por el norte hasta la cuenca del Aconcagua. A esta incertidumbre de la distribución de la especie se le debe agregar el hecho que bajo este nivel de información no se puede deducir sectores específicos de presencia o distribución de una especie dentro de una cuenca, por tanto, es imposible indicar si la especie se ubica preferentemente en zona de desembocadura o de cabecera, etc., dentro de una cuenca. En consecuencia, se asume que la especie se distribuye en toda cuenca dentro del rango geográfico definido para ésta.

La información íctica del Nivel II trabaja a una escala menor que el nivel I, por lo cual la precisión en la

ubicación, distribución y preferencias de hábitat de la especie es mayor, pudiendo así incorporar 450 registros para este nivel. La escala espacial mínima de distribución viene dada por la subsubcuenca, por tanto, se supondrá que la especie se distribuye en toda la subsubcuenca (como mínimo) a pesar de que el autor la haya señalado sólo para una localidad determinada. Dado el tipo de información perteneciente a este nivel, se puede deducir la presencia de una especie, pero no su ausencia, puesto que sólo se indica la subsubcuenca, subcuenca y/o cuenca en la cual se muestreó la especie, pero no en las que la especie está ausente.

La información del Nivel III define el nivel más completo de la base de datos, contiene 171 estaciones de muestreo con 1010 registros. Como en cada estación de muestreo se indica la totalidad de las especies obtenidas en las campañas de muestreo, este nivel no sólo permite determinar presencia de una especie sino también la ausencia de ésta. El rango geográfico de este nivel es el más limitado de los tres niveles, definiéndose entre las cuencas del río Lluta y la cuenca del río Bueno. Hacia el sur de éste no hay datos.

En la zona Norte de Chile (18°-26°S), la información es escasa y se traduce en algunos puntos tomados en sectores altiplánicos y a lo largo de río Loa. En la zona denominada el Norte Chico (26°-31°S), los puntos de muestreos son heterogéneamente distribuidos, los ríos Huasco y Copiapó cuentan con información reciente, sin embargo, los muestreos en el río Choapa datan de 1987. Más preocupante son los casos de los ríos Elqui y Limarí que no presentan información de Nivel III.

La zona Central de Chile (31°-39°S) tiene una mayor densidad de información por cuenca, sin embargo, existen cuencas que no presentan puntos de muestreo, como es el caso de los ríos Maipo, Mapocho y Cachapoal.

En la zona Sur (39°-42°S), la densidad disminuye drásticamente, distinguiéndose dos zonas. La primera de ellas, comprendida entre los ríos Imperial y Bueno, presenta una buena cantidad de información, a excepción del río Toltén que presentan una baja densidad de puntos y no presenta información actualizada. La segunda zona se ubica desde la cuenca del Río Maullín hacia el sur, en donde la cantidad de información de Nivel III es nula.

Es importante destacar que existen cuencas en las cuales no existe información científica disponible

de Nivel III, como por ejemplo, en las cuencas del río Aconcagua, Maipo, Rapel, Maule, etc (Tabla II). La información disponible en estas cuencas es información procedentes de proyectos de ingeniería que según la Ley 19.300 deben someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

La cantidad de registros de información en los niveles II y III para cada especie va acorde al estado de conservación de las especies definido en Habit *et al.* (2006). Las especies consideradas como “vulnerable” presentan una mayor cantidad de registros y aquellas con un alto endemismo y/o consideradas como en “Peligro de extinción” o “Indeterminadas” tienen escasa cantidad de registros. El género *Orestias* es un claro ejemplo, ya que su marcado endemismo va acorde a una baja cantidad de registros. De la misma forma, las especies distribuidas en el norte de Chile (*B. semotilus*, *T. chungaraensis* y *T. laucaensis*) y las distribuidas en el extremo sur (*H. macrei* y *G. globiceps*) también presentan baja cantidad de registros. Un caso especial lo presenta la especie *O. brevianalis* que está considerada como vulnerable y el rango de distribución comprende las cuencas Elqui y Chiloé (Dyer 2000a), sin embargo, sólo presenta registros en la información del Nivel II. Esto quiere decir que al no presentar registros en la información de Nivel III ningún autor ha encontrado esta especie en los muestreos ubicados dentro del rango de distribución. Por tanto, podría sugerirse reconsiderar el estado de conservación de esta especie.

La utilización de los tres niveles de información permite aprovechar la escasa información dulceacuícola existente, pudiendo utilizarse como complementarios o en su caso para redelimitar la distribución de una especie. Para el caso ilustrado en la Fig. 1, se indica que el rango de distribución de la especie *P. trucha* definida por los niveles I y II está comprendido entre los ríos Aconcagua y Maullín; sin embargo la información de Nivel III señala que se distribuye entre los ríos Mataquito y Valdivia, presentando una ausencia hacia el norte del río Rapel, lo cual contradice al rango de distribución definido en la literatura (Campos *et al.* 1993, Vila *et al.* 1999, Dyer 2000a). Si se considera que los muestreos en las cuencas Aconcagua y Maipo son recientes, se podría deducir que el rango de distribución para esta especie está en retroceso. La inclusión de información hidrológica y fisicoquímica a la base de datos expande las posibilidades de uso de esta base de datos, permitiendo abordar los problemas y sus soluciones

de una manera más holística. Además, al incorporar las estaciones fluviométricas y fisicoquímicas que están actualmente suspendidas, permitiría conocer el estado anterior de la calidad de las aguas en los ríos y eventualmente estos niveles podrían ser usados como niveles de referencia en posteriores estudios.

Se entrega, ante la comunidad científica, una base de datos ecohidrológica confeccionada a partir de la recopilación de información hidrológica, fisicoquímica e íctica que contiene información de

diversa escala espacial. Esta base de datos se implementó en un Sistema de Información Geográfico, con sistemas de coordenadas PSAD 1956 UTM Huso 18S.

Esta base de datos está acoplada a la plataforma de gestión «Clasificación Eco-Hidrológica de los ríos de Chile» (REC-Chile), transformándose así, en una herramienta eficaz para sentar las bases de proyectos de gestión, planificación y conservación del medio acuático.

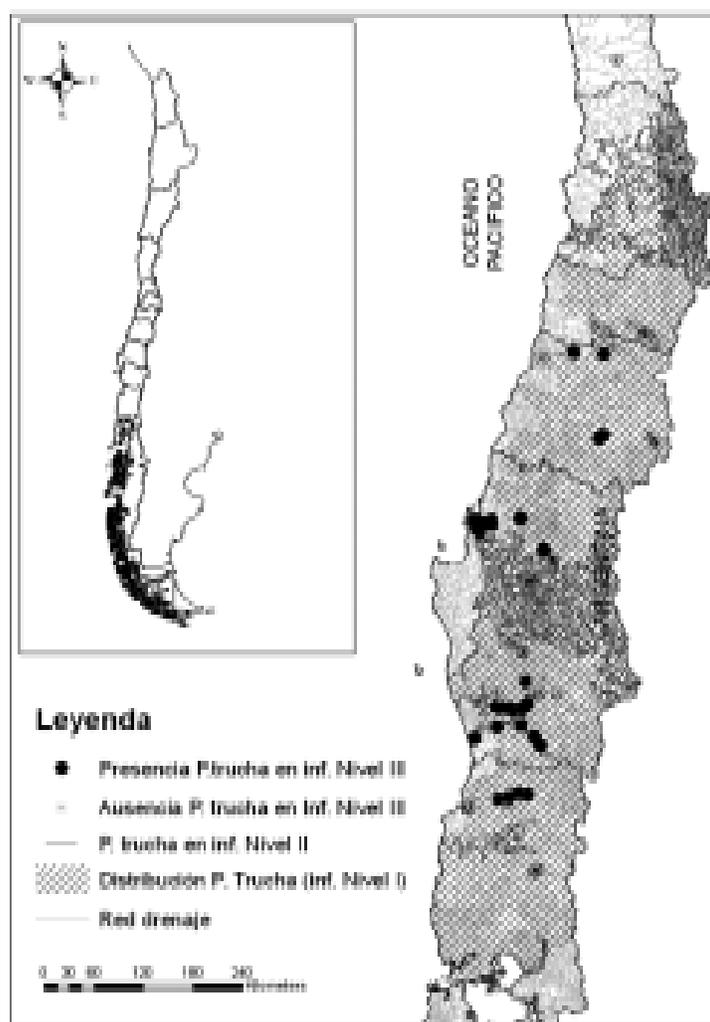


FIGURA 1. Representación gráfica de los Niveles de información I, II y III para la especie *Percichthys trucha*

FIGURE 1. Graphic representation of the information levels I, II and III for the species *Percichthys trucha*

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a CONICYT a la Agencia Española de Cooperación Internacional para el desarrollo (AECID) por el apoyo financiero otorgado a Matías Peredo y a Mónica Musalem por los servicios prestados en la DGA.

BIBLIOGRAFIA

ARRATIA, G. 1983. Preferencias de hábitat de peces siluriformes de aguas continentales de Chile (Fam. Diplomystidae y Trichomycteridae). *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 18 (4): 217-237.

BAHAMONDES, I., D. SOTO & I. VILA. 1979. Hábitos alimentarios de los pejerreyes (Pisces: Atherinidae) del Embalse Rapel. *Medio Ambiente* 4 (1): 3-18.

BENETTI, A.D., A.E. LANNA & M.S. COLBACHINI. 2004. Current practices for establishing environmental flows in Brazil. *River Research and Applications* 20: 427-444.

BOND, N.R. & P.S. LAKE. 2003. Characterizing fish-habitat associations in streams as the first step in ecological restoration. *Austral Ecology* 28: 611-621.

CAMPOS, H., V. RUIZ & J.F. GAVILÁN. 1993. Peces del río Biobío. Publicaciones de divulgación. EULA 5. 100pp.

COMTE, S. & I. VILA. 1987. Modalidad reproductiva de *Basilichthys microlepidotus* (Jenyns), en el río Choapa (Pisces: Atherinidae). *Anales Museo de Historia Natural, Valparaíso* 18: 85-94.

CUSSAC, V., S. ORTUBAY, G. IGLESIAS, D. MILANO, M. LATTUCA, J. BARRIGA, M. BATTINI & M. GROSS. 2004. The distribution of South American galaxiid fishes: the role of biological traits and post-glacial history. *Journal of Biogeography* 31: 103-121.

DYER, B. 2000A. Revisión sistemática y biogeográfica de los peces dulceacuácolas de Chile. *Estudios Oceanológicos, Antofagasta* 19: 77-98.

DYER, B. 2000B. Revisión sistemática de los pejerreyes de Chile (TELEOSTEI, ATHERINIFORMES). *Estudios Oceanológicos, Antofagasta* 19: 99-127.

HABIT, E. 1998. Análisis de la dieta de *Percilia gillissi* (Pisces: Perciliidae) en poblaciones del río y canales de riego (Cuenca del Itata, VIII Región) *Theoria* 7: 33-46.

HABIT, E. 2005. Aspectos de la biología y hábitat de un pez endémico de Chile en peligro de extinción (*Diplomystes nahuelbutaensis* Arratia, 1987). *Interciencia* 30 (1): 8-11.

HABIT, E. & M. BELK. 2007. Threatened fishes of the world: *Percilia irwini* (Eigenmann 1927) (Perciliidae). *Environmental Biology of Fishes* 78: 213-214.

HABIT, E., P. VICTORIANO & H. CAMPOS. 2003. Ecología trófica y aspectos reproductivos de

Trichomycterus areolatus (pisces, Trichomycteridae) en ambientes lóticos artificiales. *Revista de Biología Tropical* 53 (1-2): 195-210.

HABIT, E., B. DYER & I. VILA. 2006. Estado de conocimiento de los peces dulceacuácolas de Chile. *Gayana* 70 (1): 100-112.

MURILLO, V. & V.H. RUIZ. 2002. El puye *Galaxias globiceps* EIGENMANN 1927 (Osteichthyes: Galaxiidae): ¿Una especie en peligro de extinción?. *Gayana* 66 (2): 191-197.

NOBLE, R., R. COWX, D. GOFFAUX & P. KESTEMONT. 2007. Assessing the health of European rivers using functional ecological guilds of fish communities: standardising species classification and approaches to metric selection. *Fisheries Management and Ecology* 14: 381-392.

PARDO, P. 2002. Diferenciación morfológica de poblaciones de *Trichomycterus areolatus* Valenciennes 1846 (Pisces: Siluriformes: Trichomycteridae) de Chile. *Gayana*. 66 (2): 203-205.

PARDO, R., S. SCOTT & I. VILA. 2005. Análisis de formas en especies chilenas del género *Trichomycterus* (Osteichthyes: Siluriformes) utilizando morfometría geométrica. *Gayana* 69 (1): 180-183.

PEREDO, S. & C. SOBARZO. 1994. Actividad gonádica estacional de *Galaxias maculatus* (Jenyns, 1842) en el río Cautín IX Región, Chile. *Boletín Sociedad Biología, Concepción* 65: 65-70.

RUIZ, V.H., R. FIGUEROA & B. NEIRA. 2006. Índice bibliográfico sobre peces de aguas continentales y estuarinas de Chile. *Boletín Sociedad Biología de Concepción* 77: 73-110.

SCHUMTZ, S., I. COWX, G. HAIDVOGL & D. PONT. 2007. Fish-based methods for assessing European running waters: a synthesis. *Fisheries Management and Ecology* 14: 369-380.

SCOTT, S., R. PARDO & I. VILA. 2007. Trophic niche overlap between two Chilean endemic species of *Trichomycterus* (Teleostei: Siluriformes). *Revista Chilena de Historia Natural* 80 (4): 431-437.

SNELDER, T. & B. BIGGS. 2002. Multiscale river environment classification for water resources management. *Journal of the American Water Resources Association* 38 (5): 1225-1239.

SNELDER, T. & K.F.D. HUGHEY. 2005. The use of an Ecological Classification to improve Water Resource Planning in New Zealand. *Environmental Management* 36 (5): 741-756.

SNELDER, T., B. BIGGS & M. WEATHERHEAD. 2004A. Nutrient concentration criteria and characterization of patterns in trophic state for rivers in heterogeneous landscapes. *Journal of the American Water Resources Association* 40 (1): 1-14.

SNELDER, T., F. CATTANEO, A. SUREN & B. BIGGS. 2004B. Is the River Environment Classification an improved landscape-scale classification of rivers?. *Journal of North American Benthological Society* 23 (3): 580-598.

SNELDER, T. B. BIGGS & R. WOODS. 2005. Improved eco-

- hidrological classifications of river. *River Research and Applications* 21: 609-628.
- SOTO, D., I. ARISMENDI, J. GONZALEZ, J. SANZANA, F. JARA, C. JARA, E. GUZMAN & A. LARA. 2006. Southern Chile, trout and salmon country: invasion patterns and threats for native species. *Revista Chilena de Historia Natural* 79 (1): 97-117.
- THARME, R.E. 2003. A global perspective on environmental flow assessment: emerging trends in the development and application of environmental flow methodologies for rivers. *River Research and Applications* 19: 397-441.
- VILA, I. 2001. LA DIVERSIDAD ACUÁTICA: estructura, funciones y salud de las cuencas, bases para el Manejo Integrado en Sustentabilidad, Proyecto PMRH, Ministerio de Obras Públicas, Gobierno de Chile.
- VILA, I. 2006. A new species of killifish in the genus *Orestias* (Teleostei: Cyprinodontidae) from the Southern high Andes, Chile. *Copeia* 3: 472-477.
- VILA, I., L. FUENTES & M. CONTRERAS. 1999. Peces límnicos de Chile. *Boletín Museo de Historia Natural, Chile*. 48: 61-75.
- VILA I., R. PARDO, B. DYER & E. HABIT. 2006A. Peces límnicos: Diversidad, origen y estado de conservación. En: Vila I, A Veloso, R Schlater & C Ramirez (eds.) *Macrófitas y vertebrados de los sistemas límnicos de Chile*: 73-103. Editorial Universitaria, Stgo, Chile.
- VILA, I., M. MENDEZ, S. SCOTT, P. MORALES & E. POULIN. 2006B. Threatened fishes of the world: *Orestias ascotanensis* Parenti, 1984 (Cyprinodontidae). *Environmental Biology Fisheries* 80: 491-492.

Recibido: 19.07.08

Aceptado: 22.05.09