

Evaluación de la Fauna íctica del humedal del río Queule

Dra. Nicole Colin Muñoz

Caracterización de la fauna de peces registrada en el complejo de humedales localizados en la zona baja de la Cuenca del río Queule, en diferentes zonas y hábitats presentes.

colin.nicole@gmail.com

10 de enero de 2022



Introducción

Los ríos costeros chilenos son sistemas fluviales de corta longitud que nacen en su mayoría en la cordillera de la Costa y a diferencia de los ríos andinos, sus caudales son significativamente menores y únicamente de régimen pluvial (Niemeyer 1981). En general existe escasa información sobre el funcionamiento de estos sistemas tanto desde el punto de vista hidrológico como biótico. Por esta razón es un factor primordial incrementar su conocimiento, en especial, aquellos que se encuentran en la zona sur, debido a que son sistemas con un nulo conocimiento, además de la excesiva intervención antrópica por los monocultivos forestales y el drenaje para crear parcelas para el ganado (Habit et al. 2019). Los estudios y monitoreos existentes a la fecha han estado centrados principalmente en la evaluación de la avifauna (e.g. Lenga, Tubul, Carampangue). Sin embargo, estos ecosistemas pueden tener una rica diversidad de especies en el interior de sus cuerpos de agua, como peces y macroinvertebrados lo cual se ha registrado principalmente en ríos costeros de la Región del Biobío (Habit et al. 2005, Ortiz-Sandoval et al. 2008, Muñoz-Ramírez 2020).

Por esta razón, generar información acerca de las especies y comunidades acuáticas que habitan los ríos costeros es esencial para crear un manejo sostenible y conservación de estos sistemas, más aún con el incipiente pero inminente efecto del cambio climático y estresores antrópicos (Araya-Osses et al. 2020). Se espera que para el 2050 los caudales de los ríos de la novena Región presenten una reducción del 30-40%, acercándose cada vez a una regulación de caudal con influencia mediterránea (Araya-Osses et al. 2020). Esto significa que la estacionalidad estará centrada en dos eventos climáticos diferenciales a lo largo del año, una estival más prolongada y con escasas lluvias, y uno húmedo con lluvias concentradas en un corto periodo de tiempo (Bonada & Resh 2013). Este cambio puede traer consigo aluviones por la concentración de las precipitaciones y remociones del suelo, dada la erosión, evento que puede ser muy probable por el manejo forestal de monocultivo actual en las laderas orientales de la cordillera de la costa que rodean los ríos costeros. Otro efecto no menor es el aumento de la intrusión marina, la cual se predice aumentará en las próximas décadas por la disminución de los caudales y aumento del nivel del mar (Gosling et al. 2017, Vu et al. 2018).

Estos eventos, además de afectar a las comunidades humanas también afectarán a las especies y por ende al funcionamiento del sistema. Los peces son buenos indicadores de la calidad ecológica de los sistemas (ej. mayor tamaño, rol trófico clave, longevidad) por lo cual su conocimiento es primordial para detectar cambios generados por las actividades humanas y el cambio climático (Colin et al. 2016). El cambio en los caudales e intrusión marina traerá consigo cambios en el hábitat disponible de las especies, aumentando el uso del humedal aquellas migratorias que poseen flexibilidad en sus adaptaciones fisiológicas a la salinidad, como por ejemplo *Galaxias maculatus*, *Geotria australis* y *Odontesthes brevianalis*.

El proyecto GEF Humedales Costeros tiene tres objetivos principales: Generar y difundir información que permita aumentar el conocimiento sobre la importancia de los humedales, su biodiversidad, usos y beneficios que entregan; fortalecer las instituciones y regulaciones asociadas a la protección y desarrollo sustentable de los humedales; y por último, realizar acciones que permitan la gestión y restauración en los humedales pilotos y sus zonas aledañas. Los peces son un grupo taxonómico clave en el funcionamiento de los ecosistemas costeros, por lo cual el objetivo de este estudio es realizar un primer sondeo de peces para caracterizar su composición y estructura en la época estival. De esta forma, generar información base para ser utilizada en los objetivos principales del proyecto GEF Humedales Costeros.

Metodología

Área de Estudio

El complejo de humedales de Queule presentes en la zona costera de la novena Región, está inserto en la cuenca costera hidrográfica del río Queule (39°05' y 39°24') y comprende un área de extensión de 674 km². Esta cuenca se encuentra al sur del río Toltén fluyendo de forma paralela a este, y al norte de la cuenca costera del Río Lingue. El área de estudio propiamente tal se encuentra en la zona baja de la cuenca del río Queule, abarcando la zona potamal y estuarina. Esta zona se encuentra principalmente en la

comuna de Toltén en la novena Región de la Araucanía. El diseño de estudio consideró la selección de 6 sitios de muestreo, 3 de ellos en el cauce principal del río Queule, 2 en sus principales tributarios; río Boldo y Boroa, y uno en la Laguna Patagua, sistema aparentemente desconectado del complejo de humedales del río Queule y conectado al río Toltén de acuerdo al mapa. Las 3 localidades del cauce principal, están localizadas desde el tramo de la junta del río Boroa y Boldo, el cual tiene una escasa influencia marina hasta la zona de desembocadura que posee una alta influencia, considerando un gradiente de salinidad (Fig. 1, Anexo 3).

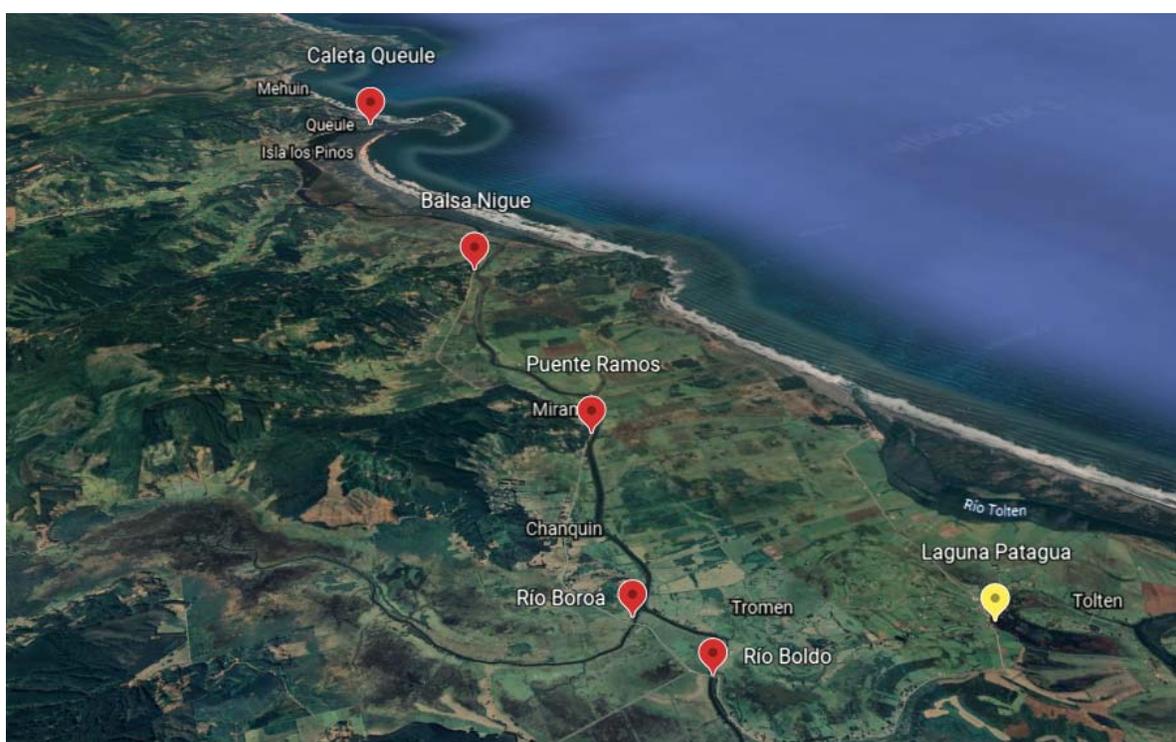


Figura 1. Localización y sitios de muestreo del área de estudio en el humedal de la cuenca del río Queule.

Caracterización del hábitat y calidad de agua

En cada localidad de muestreo se realizó una caracterización del hábitat considerando variables categóricas como tipo de sustrato, ambiente directo, presencia de vegetación, enfangamiento, entre otras. A su vez también se registraron las variables

básicas de calidad de agua: temperatura, pH, conductividad y sólidos disueltos. Para este registro se utilizó una sonda multiparamétrica (Hanna HI-9828, RI USA) (Fig. 2).



Figura 2. Toma de muestras de los parámetros de calidad de agua mediante sonda multiparamétrica.

Captura de peces

Los muestreos fueron realizados solo en la zona ribereña, considerándose como tal, los ambientes de hasta 1m de profundidad. Las capturas se realizaron bajo el permiso de pesca de investigación otorgado por la Subsecretaría de Pesca por Resolución Exenta N° E-2020-335 de fecha 22/06/2020. El arte de pesca utilizado para la captura de los individuos fue pesca eléctrica (modelo SAMUS 725 GN) en las localidades de muestreo sin influencia marina (Fig. 4), y de red de arrastre de orilla (Fig. 5) para las que se encontraban bajo influencia de agua marina. El tiempo de pesca fue variable entre un sitio u otro, entre 30 a 60 minutos aproximadamente dependiendo del área de muestreo. Una vez capturados los individuos fueron puestos en estanques con agua (Fig. 3), con un recambio constante de ésta y un suministro adicional de oxígeno para mantener una temperatura y oxigenación similar a la del río al momento de ser capturados. Posteriormente fueron determinados taxonómicamente hasta nivel de especie, contabilizados, medidos y pesados *in situ* (Fig. 3). Para una manipulación efectiva, que cause el menor impacto posible en los

individuos capturados, se anestesiaron en una dilución de agua con BZ20, anestésico de uso veterinario para peces. Finalmente, todos los individuos fueron devueltos a su hábitat original de captura (Colin *et al.* 2012).



Figura 3. Detalle de los peces capturados en el área de estudio y el procedimiento de medición del peso y longitud de cada individuo capturado.



Figura 4. Procedimiento de la captura de peces en el área de estudio, utilizando pesca eléctrica como arte de pesca.



Figura 5. Procedimiento de la captura de peces en el área de estudio, utilizando red de arrastre como arte de pesca.

Análisis de datos

Primero se realizó un análisis descriptivo en detalle de la composición de las comunidades presentes en el complejo de humedales del río Queule a través de gráficos y tablas, para la organización de matrices y ejecución de estos análisis se utilizó el programa Excel. También se realizaron análisis multivariados para determinar los ensambles presentes en las diferentes localidades. Con este fin se trabajó con la matriz de abundancia de especies por localidad de muestreo obtenida de ambos artes de pesca. Para evitar sesgos se trabajó con la matriz estandarizada y transformada a raíz cuarta. Posteriormente se generó una matriz de semejanza a partir de la estimación del índice de Bray-Curtis entre sitios de muestreo. Por último, se realizó un análisis de escalamiento multidimensional y un análisis de Cluster para determinar el agrupamiento espacial de los ensambles y su nivel de similitud. Para realizar estos análisis y la estimación de los índices de diversidad de los gráficos descriptivos se utilizó el software PRIMER-E 6.0 .

Resultados

Caracterización del hábitat

La Tabla 1 muestra los valores registrados para las variables de calidad de agua en la zona de estudio durante la toma de muestra de la ictiofauna presente en el humedal del río Queule. A través de estas variables, principalmente conductividad y sólidos disueltos es posible detectar el gradiente de salinidad de los sitios muestreados. Caleta Queule presenta una influencia marina bastante alta, la cual va en decrecimiento aguas arriba hasta Puerto Ramos (Fig 1.), en cuya localidad presenta una mínima influencia. Los principales efluentes de la cuenca del río Queule, río Boldo y Boroa, presentan un nivel de conductividad normal para sistemas fluviales poco intervenidos y sin influencia marina. De todas formas, se ha visibilizado un cambio en el nivel del agua de estos cauces entre alta y baja marea, pero sin que exista una mezcla de agua marina y dulce, lo cual queda de manifiesto en la señal química del agua. El agua dulce del río es ligeramente ácida lo cual se debe a la influencia húmica de la ribera, dada a la gran cobertura de vegetación en la ribera que aporta gran cantidad de materia orgánica, no solo de totorales sino también de bosque nativo.

Tabla 1. Parámetros básicos de calidad de agua registrados en seis sitios de muestreo en la zona baja de la cuenca del río Queule en temporada estival.

Sitio de muestreo	Temperatura (°C)	pH	Sólidos disueltos (ppm)	Conductividad (µS)
Laguna Patagua	22,4	6,58	40	77
Río Boroa	18,5	6,32	17,8	43
Río Boldo	20,8	6,11	18	45
Puerto Ramos	21,5	6,24	87	182
Balsa Nigue	19,2	6,68	1350	3265
Caleta Queule	15,9	7,56	>2000	>3999

En relación a las características del hábitat los sitios que se encuentran aguas arriba hasta el Puerto Ramos poseen sedimento fino como tipo principal de sustrato, con presencia de material leñoso. La balsa Nigue fue la única localidad en la cual se registraron piedras y cantos. El entorno directo estaba caracterizado en los cursos fluviales por matorral nativo, la Laguna Patagua presentaba matorral no nativo y en el caso de la zona de desembocadura (Caleta Queule) por

viviendas. El entorno indirecto está dominado principalmente por plantaciones forestales, las cuales también se observan en la zona precordillerana de la costa que rodea al humedal. En relación a la vegetación, la mayoría de los sitios de muestreo presentaban vegetación emergida y ribereña, propia de sistemas de humedal. El detalle de las características registradas se encuentra en la Tabla 2.

Tabla 2. Variables de caracterización de hábitat registradas en seis sitios de muestreo en la zona baja de la cuenca del río Queule en temporada estival.

Sitio de muestreo	Sistema	Tipo de sustrato	Tasa de relleno	Entorno directo	Entorno indirecto	Vegetación emergida	Vegetación sumergida	Vegetación ribereña	Sombreado
Laguna Patagua	Laguna	Sedimento fino	Homogénea	Matorral no nativo	Cultivo y pastizal	Presente	Presente	Ausente	Ausente
Río Boroa	Curso fluvial	Sedimento fino	Homogénea	Matorral nativo	Vivienda	Presente	Presente	Presente	Presente
Río Boldo	Curso fluvial	Sedimento fino	Homogénea	Matorral nativo	Plantaciones forestales	Presente	Presente	Presente	Presente
Puerto Ramos	Curso fluvial	Sedimento fino	Homogénea	Matorral nativo	Plantaciones forestales	Presente	Ausente	Presente	Presente
Balsa Nigue	Curso fluvial	Cantos y piedras	Heterogénea	Matorral nativo	Plantaciones forestales	Presente	Presente	Ausente	Ausente
Caleta Queule	Estuario	Arena	Heterogénea	Viviendas	Plantaciones forestales	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente

Caracterización de la ictiofauna

En el área de estudio fueron registradas 8 especies de peces, todas nativas, pertenecientes a 6 familias, de las cuales la más representativa fue Galaxidae cuya especie *Galaxias maculatus* (puye chico) fue registrada en todos los sitios muestreados y *Brachygalaxias bullocky* (puye rojo) en cuatro (Tabla 3 y 4). De todas las especies, 5 se encuentran en Estado Vulnerable de Conservación de acuerdo a la clasificación de especies del Ministerio de Medio Ambiente (MMA, 2021), entre ellas el puye rojo una de las especies más frecuentes y abundantes en el humedal del río Queule de acuerdo a nuestros registros (Tabla 3, Anexo 1). La riqueza de especies por sitio de muestreo fluctuó entre 2 a 4, y la diversidad entre 0.5 y 0.9 (Fig. 3). La mayor riqueza y diversidad de especies se registró en Balsa Nigue (Fig. 6), cuyo sitio posee una influencia marina media de acuerdo a los datos de calidad de agua (Tabla 1). Si bien el río Boroa también presentó cuatro especies, existe una alta dominancia del puye rojo, lo cual influye en la presencia de una diversidad más baja.

Tabla 3. Lista de especies registradas señalando su familia taxonómica, origen y Estado de Conservación de acuerdo a las categorías de Ministerio del Medio Ambiente, en la zona baja de la cuenca del río Queule en época estival.

Especie	Nombre común	Familia	Origen	Estado de Conservación (MMA)
<i>Geotria australis</i>	Lamprea	Geotriidae	Nativo	Vulnerable
<i>Cheirodon galusdae</i>	Pocha	Characidae	Nativo	Vulnerable
<i>Galaxias maculatus</i>	Puye chico	Galaxiidae	Nativo	Preocupación Menor
<i>Basilychthys microlepidotus</i>	Pejerrey chileno	Atherinopsinae	Nativo	Fuera de Peligro
<i>Odonthestes brevianalis</i>	Pejerrey de cola corta	Atherinopsinae	Nativo	Vulnerable
<i>Brachylaxias bullocki</i>	Puye rojo	Galaxiidae	Nativo	Vulnerable
<i>Percilia gillissi</i>	Carmelita	Perciilidae	Nativo	Vulnerable
<i>Eleginops maclovinus</i>	Róbalo	Eleginopsidae	Nativo	Fuera de Peligro

Tabla 4. Presencia de las especies registradas en la zona baja de la cuenca del río Queule en cada sitio de muestreo.

Sitio de muestreo	<i>Brachylaxias bullocki</i>	<i>Basilychthys microlepidotus</i>	<i>Cheirodon galusdae</i>	<i>Eleginops maclovinus</i>	<i>Geotria australis</i>	<i>Galaxias maculatus</i>	<i>Odonthestes brevianalis</i>	<i>Percilia gillissi</i>
Laguna Patagua		✓	✓			✓		
Caleta Queule				✓		✓	✓	
Puente Ramos	✓					✓		
Río Boldo	✓					✓		
Río Boroa	✓		✓		✓	✓		
Balsa Nigue	✓					✓	✓	✓

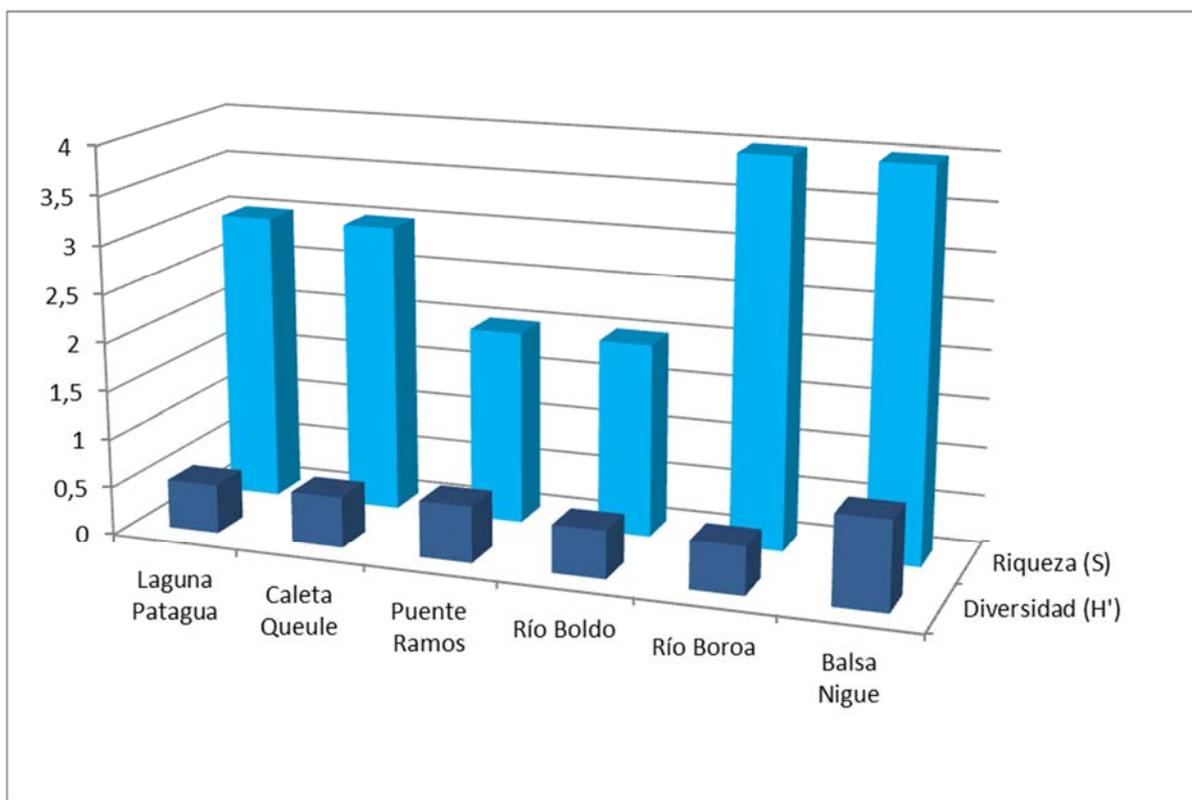


Figura 6. Valores de riqueza y diversidad de especies de peces registrados en seis localidades de muestreo en la zona baja de la cuenca del río Queule en época estival.

Por su parte, en el gráfico de análisis de escalamiento multidimensional (Fig. 7) es posible visualizar claramente 3 grupos separados a un nivel del 60% de similitud intragrupo. Primero, la Laguna Patagua que podría considerarse un ecosistema desconectado del sistema de Queule, lo cual se refleja en la estructura comunitaria de peces. Un segundo grupo que está conformado por los tributarios y Puerto Ramos que poseen de mínima a nula influencia marina, y por último un tercer grupo conformado por los sitios con evidente influencia marina (Caleta Queule y Balsa Nigue), por lo cual difieren en la composición de especies con los otros grupos que son estrictamente de agua dulce. El análisis de Cluster muestra una tendencia similar visualizándose claramente estos tres grupos, pero además se muestra en detalle la mayor similitud en el segundo grupo entre los sitios de Puerto Ramos y río Boldo (Fig. 8).

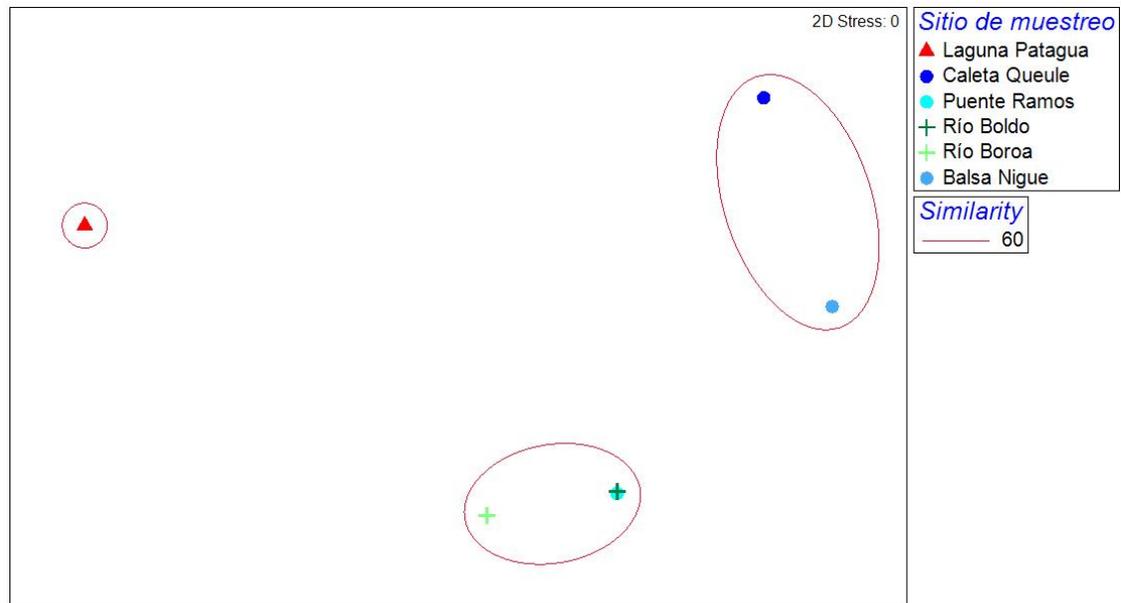


Figura 7. Agrupación de los ensambles de peces utilizando análisis de escalamiento multidimensional no paramétrico (NMDS) basado en la composición y abundancia relativa de especies de peces registrada en seis localidades de muestreo en la zona baja de la cuenca del río Queule, usando el índice de Bray-Curtis como medida de similitud.

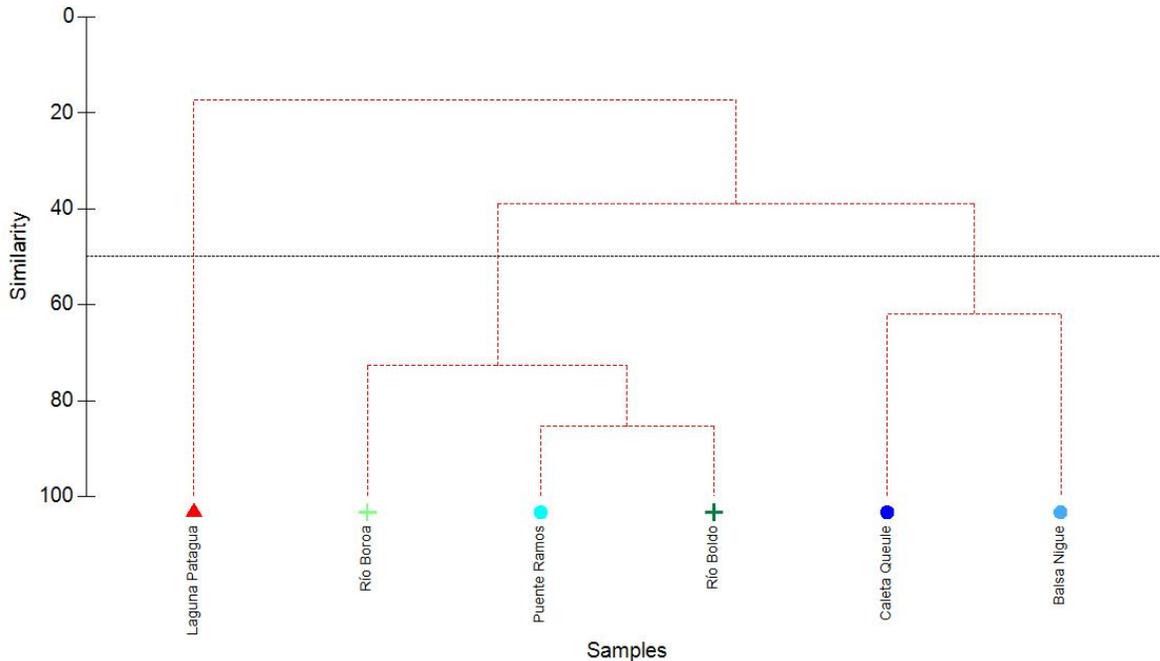


Figura 8. Agrupación de los ensambles de peces utilizando análisis de Cluster basado en la composición y abundancia relativa de especies de peces registrada en seis localidades de muestreo en la zona baja de la cuenca del río Queule, usando el índice de Bray-Curtis como medida de similitud.

Discusión

El presente estudio es la primera evaluación que se realiza de los ensamblajes de peces en el complejo de humedales presente en la zona baja de la cuenca del río Queule. En esta primera aproximación se han registrado 8 especies de peces nativos, con tres ensamblajes claramente definidos por la influencia marina en el sistema y conexión con el curso principal. Esta composición ictica está caracterizada tanto por especies de agua dulce como *Cheirodon galusdae*, *Percilia gillissi*, *Brachygalaxias bullocki*, como especies especialistas de zonas estuarinas como el pejerrey, *Odontesthes brevianalis* y *Eleginops maclovinus*, y especies migratorias como *Galaxias maculatus* y *Geotria australis* que eventualmente podrían registrarse en toda la extensión del humedal. Es importante señalar que hubo ausencia de especies introducidas en los sitios muestreados, lo cual indica una alta naturalidad y necesidad de proteger un sistema que podría considerarse un laboratorio natural. Sin embargo, es necesario realizar un sondeo en la zona media y alta de la cuenca en las cuales podrían estar presentes especies como la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) y café (*Salmo trutta*) registradas en otras cuencas costeras (Ortiz-Sandoval et al. 2009, Habite et al. 2005), que podrían eventualmente ser consideradas poblaciones fuentes cuyos individuos podrían desplazarse hacia la zona baja en la época de mayor caudal.

Es muy importante considerar que el estudio y gestión segmentadas de los ríos es un método poco eficiente, es fundamental considerar que todo los procesos ecológicos y biogeoquímicos, y por supuesto las actividades humanas que se desarrollan aguas arriba (como los monocultivos forestales) tienen repercusión en los procesos ecológicos y comunidades biológicas aguas abajo, entre ellas la ictiofauna (Colin et al. 2022). La gestión integrada de cuencas puede ser la herramienta más idónea y eficaz para desarrollar una planificación de conservación, restauración y producción del sistema de humedales del río Queule. Este modelo de gestión velará por el desarrollo sustentable de todas las actividades de la cuenca, con participación vinculante de los habitantes del territorio y permitirá proteger los procesos ecológicos, especies y conectividad fluvial del humedal, asegurando también la disponibilidad de agua para el ecosistema y comunidades humanas (Bucher et al. 1997, Dourojeanni et al. 2002, Maass 2004).

Esta primera aproximación de la composición y estructura del ensamblaje comunitario de peces es sin duda un gran paso, considerando la escasa información existente para los ecosistemas

costeros fluviales (Habit et al. 2019). En este contexto, los peces son vertebrados acuáticos, que debido a sus características biológicas y ecológicas pueden ser buenos indicadores de los cambios en el ambiente fluvial, por lo cual es primordial su conocimiento (Colin et al. 2016). Además, de estos sistemas fluviales propiamente tal (aguas corrientes con rápidos y pozas), muchos presentan complejos de humedales palustres en la zona baja y desembocadura, considerados sistemas complejos que albergan una diversidad significativa de distintos grupos taxonómicos, entre ellos peces y aves (Habit et al. 2019). Además, estos sistemas poseen influencia marina en una extensión más corta que los ríos andinos, presentando diferentes ensamblajes en una corta distancia, lo cual los hace más vulnerables a los estresores antrópicos. Especies como el puye rojo que poseen un estatus de Conservación Vulnerable (MMA, 2021) y en ríos andinos son bastante difíciles de registrar, en este sistema es altamente abundante, por lo cual merece especial atención porque posee un alto valor para la protección de esta especie.

A pesar de la invaluable importancia de este estudio como primera aproximación de la ictiofauna del humedal río Queule, y la representación como línea base para comenzar a realizar un trabajo de planificación y estrategias de conservación, educación y gestión, es necesario continuar con los estudios, los cuales podrían estar enfocados en primera instancia en tres puntos principales. **1)** conocer la dinámica temporal de la ictiofauna, considerando las fluctuaciones de caudal e intrusión marina, y como los ensamblajes se ajustan a estas variaciones, para esto es necesaria la evaluación de al menos dos épocas del año, idealmente cuatro. Dentro de este contexto, también sería óptimo un biomonitoreo a largo plazo, considerando los efectos inminentes del cambio climático que causarán disminución de caudales y aumento en la intrusión marina, lo cual afectará directamente a los ensamblajes de peces. **2)** Conocer la composición y estructura de los ensamblajes aguas arriba de la cuenca del río Queule, esto puede ser relevante para conocer la conectividad fluvial entre los ensamblajes de la zona de cabecera y media con el complejo de humedales en la zona baja, y además conocer si existen especies invasoras. En este contexto, la laguna Patagua también es un sistema que merece atención, debido que se desconoce su conectividad, y de acuerdo las especies presentes, especialmente el pejerrey chileno (*Basilichthys microlepidotus*), podría estar conectado con el río Toltén, lo cual además se visualiza en el mapa. **3)** Por último, en algunas especies no existe claridad a que especie pertenece ya que solo existe la información de los límites de distribución para cuencas andinas, como es el caso de los individuos registrados del género *Cheirodon*. De acuerdo a la distribución en ríos andinos, se

trataría de la especie *C. galusdae*, pero por la cercanía con la cuenca del río Valdivia, también está la posibilidad que sea *C. kiliani* (Soto et al. 2018). La recomendación es realizar análisis genéticos para comparar individuos de las cuencas de los ríos Toltén, Queule, Lingue y Valdivia. Una situación similar podría ocurrir con los pejerreyes del género *Odontesthes*, en el presente estudio se determinó que es *O. brevianalis*, propio de zonas de humedal estuarino, pero puede ocurrir que individuos del pejerrey marino *O. regia* entren al sistema.

Este último punto es bastante relevante, aún en la actualidad las cuencas costeras han sido poco evaluadas y algunas poseen un nulo conocimiento. Además de los puntos mencionados anteriormente, como evidencia, hace poco fue descubierta una especie de pez del género *Diplomystes* que se pensaba, con la información existente, solo habitaba las cuencas andinas y necesitaba un área extensa para desplazarse (Oyanedel et al. 2018, Muñoz-Ramírez et al. 2020). Este nuevo hallazgo ha permitido visualizar la importancia de estudiar las cuencas costeras, sobre todo porque pueden albergar sub-poblaciones de especies que se encuentren en Estado de Conservación como el caso de *Diplomystes nahuelbutaensis*, lo cual es muy positivo para las estrategias de conservación de estas especies y a su vez para la protección y restauración de las cuencas costeras (Muñoz-Ramírez et al. 2020).

Referencias

Araya-Osses, D.; Casanueva, A.; Román-Figueroa, C.; Uribe, J.M.; Paneque, M. Climate change projections of temperature and precipitation in Chile based on statistical downscaling. *Clim. Dyn.* 2020, 54, 4309–4330. <https://doi.org/10.1007/s00382-020-05231-4>.

Bonada, N., & Resh, V. H. (2013). Mediterranean-climate streams and rivers: geographically separated but ecologically comparable freshwater systems. *Hydrobiologia*, 719(1), 1-29.

Bucher, E., Castro, G., & Floris, V. (1997). Conservación de ecosistemas de agua dulce: Hacia una estrategia de manejo integrado de recursos hídricos.

Colin N, Habit E, Manosalva A, Maceda-Veiga A, Górski K. (2022). Taxonomic and Functional Responses of Species-Poor Riverine Fish Assemblages to the Interplay of Human-Induced Stressors. *Water*, 14(3):355. <https://doi.org/10.3390/w14030355>

Colin, N., Porte, C., Fernandes, D., Barata, C., Padrós, F., Carrassón, M., Maceda-Veiga, A. (2016). Ecological relevance of biomarkers in monitoring studies of macro-invertebrates and fish in Mediterranean rivers. *Science of the Total Environment*, 540, 307-323.

Colin, N.; Piedra, P.; Habit, E. Variaciones espaciales y temporales de las comunidades ribereñas de peces en un sistema fluvial no intervenido: Río San Pedro, cuenca del río Valdivia (Chile). *Gayana (Concepc)* 2012, 76, 24–35

Dourojeanni, A., A. Jouravlev y G. Chávez. 2002. Gestión del agua a nivel de cuencas: teoría y práctica. División de Recursos Naturales e Infraestructura. CEPAL/ECLAC. Santiago, Chile.

Gosling, S. N., Zaherpour, J., Mount, N. J., Hattermann, F. F., Dankers, R., Arheimer, B., Zhang, X. (2017). A comparison of changes in river runoff from multiple global and catchment-scale hydrological models under global warming scenarios of 1 C, 2 C and 3 C. *Climatic Change*, 141(3), 577-595.

Habit, E., K. Górski, D. Alò, E. Ascencio, A. Astorga, N. Colin, T. Contador, P. de los Ríos, V. Delgado, C. Dorador, P. Fierro, K. García, O. Parra, C. Quezada- Romegialli, B. Ried, P. Rivera, C. Soto-Azat, C. Valdovinos, I. Vera-Escalona, S. Woelfl (2019). Biodiversidad de Ecosistemas de Agua Dulce. Mesa Biodiversidad-Comité Científico COP25; Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación. 64 páginas.

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

Habit, E., Victoriano, P., Rodríguez-Ruiz, A. (2003). Variaciones espacio-temporales del ensamble de peces de un sistema fluvial de bajo orden del centro-sur de Chile. *Revista chilena de historia natural*, 76(1), 3-14.

Maass, J. 2004. La investigación de procesos ecológicos y el manejo integrado de cuencas hidrográficas: un análisis del problema de escala. En: Cotler, H. (ed.) 2004. *El Manejo Integral de Cuencas en México*. Instituto Nacional de Ecología. Editorial Master Print, México. pp. 44-62.

20. MMA. Ministerio del Medio Ambiente. 2021. Available online: <http://especies.mma.gob.cl/CNMWeb/Web/WebCiudadana/Default.aspx> (accessed on 03 January 2022).

Muñoz-Ramírez, C. P., Briones, R., Colin, N., Fierro, P., Górski, K., Jara, A., Manosalva, A. (2020). A Century after! Rediscovery of the ancient catfish *Diplomystes Bleeker* 1858 (Siluriformes: Diplomystidae) in coastal river basins of Chile and its implications for conservation. *Neotropical Ichthyology*, 18.

Ortiz-Sandoval, J. J., Ortiz, N., Cifuentes, R., González, J., Habit, E. (2009). Respuesta de la comunidad de peces al dragado de ríos costeros de la Región del BioBío (Chile). *Gayana (Concepción)*, 73(1), 64-75.

Oyanedel, A., Habit, E., Belk, M.C., Solis-Luff, K., Colin, N., Gonzalez, J., Jara, A., Muñoz-Ramírez, C. (2018). Movement patterns and home range in *Diplomystes camposensis* (Siluriformes: Diplomystidae), an endemic and threatened species from Chile. *Neotropical Ichthyology* , 16, e170134.

Soto, M. Á., Castro, J. P., Walker, L. I., Malabarba, L. R., Santos, M. H., de Almeida, M. C., Artoni, R. F. (2018). Evolution of trans-Andean endemic fishes of the genus *Cheirodon* (Teleostei: Characidae) are associated with chromosomal rearrangements. *Revista chilena de historia natural*, 91(1), 1-8.

Vannote, R., G. Minshall, K. Cummins, J. Sedell y C. Cushing. 1980. The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 37: 130-137.

Vu, D. T., Yamada, T., Ishidaira, H. (2018). Assessing the impact of sea level rise due to climate change on seawater intrusion in Mekong Delta, Vietnam. *Water Science and Technology*, 77(6), 1632-1639.

Anexos

Anexo 1. Abundancias registradas por especie y sitio de muestreo en la zona baja de la cuenca del río Queule.

Sitio de muestreo	<i>Brachygalaxias bullocki</i>	<i>Basilichthys microlepidotus</i>	<i>Cheirodon galusdae</i>	<i>Eleginops maclovinus</i>	<i>Geotria australis</i>	<i>Galaxias maculatus</i>	<i>Odonthestes brevianalis</i>	<i>Percilia gillissi</i>
Laguna Patagua	0	165	38	0	0	1	0	0
Caleta Queule	0	0	0	1	0	56	216	0
Puerto Ramos	13	0	0	0	0	34	0	0
Río Boldo	8	0	0	0	0	2	0	0
Río Boroa	55	0	1	0	1	7	0	0
Balsa Nigue	1	0	0	0	0	1	13	5

Anexo 2. Fotografías de algunas de las especies registradas en la evaluación de las especies icticas de la zona baja de la cuenca del río Queule.



Puye rojo, *Brachygalaxias bullocki*



Puye chico, *Galaxias maculatus*



Pocha, *Cheirodon galusdae*

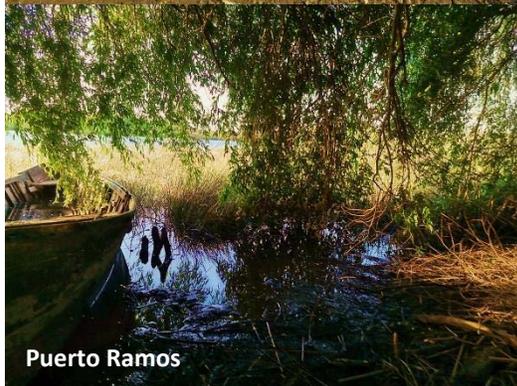
Anexo 3. Sitios de estudio en el complejo de humedales del río Queule



Caleta Queule



Balsa Nigué



Puerto Ramos



Río Boldo



Río Boroa



Laguna Patagua