

Evaluación espacio-temporal de la fauna íctica del humedal del río Queule

Dra. Nicole Colin Muñoz

Caracterización de la fauna de peces registrada en la Cuenca del río Queule, en diferentes mesozonas fluviales y hábitats presentes, en época de verano, otoño y primavera

colin.nicole@gmail.com

Enero de 2023



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, Habit et al. 2019). 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, uno estival más prolongado 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, Garcés-Vargas et al. 2020).

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 diferentes épocas del año para conocer su estructuración y dinámica a través del tiempo. En la primera campaña se obtuvo información relevante de la composición de las comunidades ícticas durante la época de verano. En la segunda campaña realizada en otoño, nos otorga información adicional sobre la composición y también del comportamiento de algunas especies claves en el sistema. Por último, en la tercera campaña realizada en la época de primavera de 2022, cuyos resultados se exponen en este informe, se extiende la zona de estudio incorporando sitios en la zona alta e intermedia de la cuenca, con el objetivo de conocer las comunidades de peces en las diferentes mesozonas fluviales. De esta forma, los sondeos realizados en primavera y otoño generan 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, se encuentra principalmente en la comuna de Toltén en la novena Región de la Araucanía. 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. En el área de estudio considerada en el primer muestreo de primavera-verano solo se incorporó la zona baja de la cuenca del río Queule, abarcando la zona potamal y estuarina (Fig. 1). En el muestreo de otoño y primavera (2022) se incorporaron nuevos sitios, con el fin de conocer los ensambles de peces aguas arriba del humedal, como también conocer los potenciales movimientos y refugios de algunas especies durante la época otoño-invierno (Fig. 1). El diseño de estudio consideró la selección inicial 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 con el 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). Los sitios en azul corresponden a las localidades incluidas en el muestreo de otoño, que contienen dos sitios aguas arriba (Boroa Sur y Puente Esparza en sector Puralaco) y otro sitio en pozas temporales aledañas a la laguna Tromen. Cabe señalar que este sitio está conectado con el cauce del río Boldo. Por último, en la reciente campaña realizada en primavera (2022), se añadieron dos sitios ubicados aguas arriba de los ríos Boroa y Boldo (Boroa Norte y Boldo Alto).

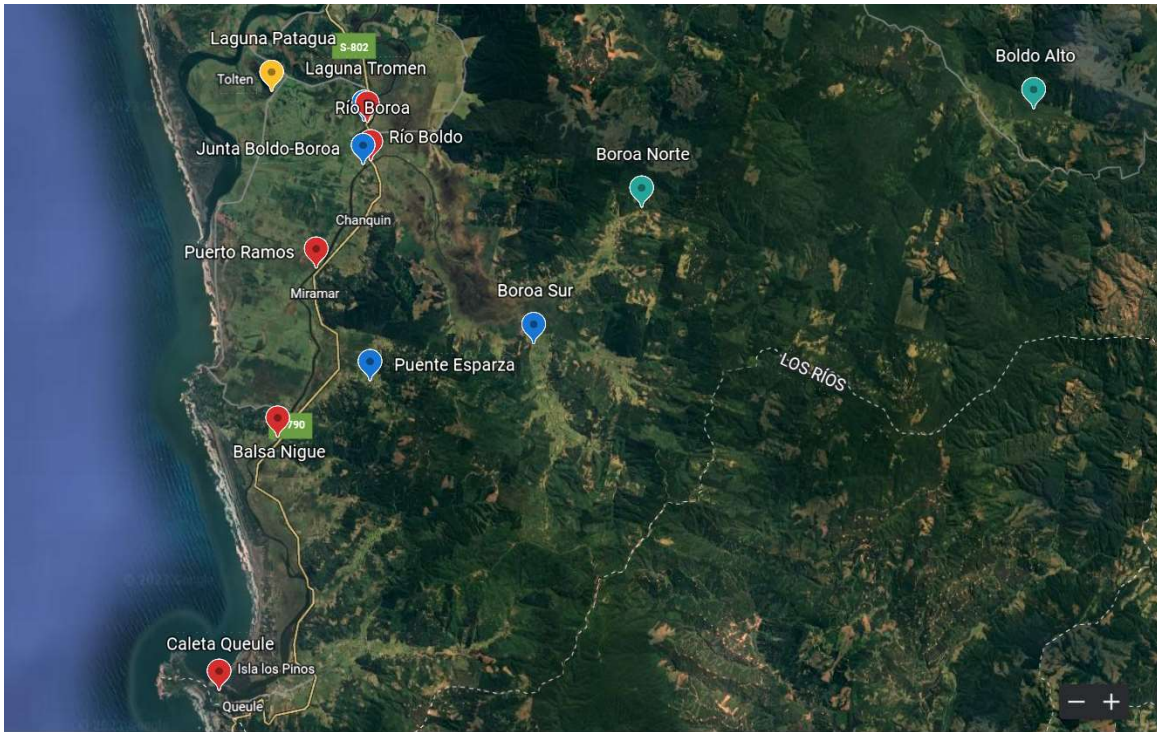


Figura 1. Ubicación y localidades de muestreo del área de estudio en el humedal de la cuenca del río Queule. Los sitios en rojo más la Laguna Patagua han sido considerado en los dos muestreos realizados en época de verano y otoño, los sitios en color azul han sido incorporados en el muestreo de otoño, y por último los de color turquesa en primavera de 2022.

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. 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 de alrededor de 30 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 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

En relación con las características del hábitat, las localidades de río Boroa y Boldo que se encuentran en la zona baja de la cuenca hasta el sitio Puerto Ramos poseen sedimento fino como tipo principal de sustrato, con presencia de material leñoso. La balsa Nigue fue el único sitio en la cual se registraron piedras y cantos en la zona baja de la cuenca. Los sitios ubicados aguas arriba (Boroa Sur y Puralaco), muestran mayor presencia de sustrato compuesto de cantos y piedras. El entorno directo está caracterizado en los cursos fluviales por matorral nativo principalmente (totorales principalmente), exceptuando la Laguna Patagua y Boroa Sur que presentan matorral no nativo y en el caso de la zona de desembocadura (Caleta Queule) por viviendas.

Tabla 1. Variables de caracterización de hábitat registradas para las localidades de muestreo en 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
Caleta Queule 2	Estuario	Arena	Heterogénea	Pastizal	Vivienda	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Balsa Nigue	Estuario	Cantos y piedras	Heterogénea	Matorral nativo	Plantaciones forestales	Presente	Presente	Ausente	Ausente
Puerto Ramos	Curso fluvial	Sedimento fino	Homogénea	Matorral nativo	Plantaciones forestales	Presente	Ausente	Presente	Presente
Río Boldo	Curso fluvial	Sedimento fino	Homogénea	Matorral nativo	Plantaciones forestales	Presente	Presente	Presente	Presente
Río Boroa	Curso fluvial	Sedimento fino	Homogénea	Matorral nativo	Vivienda	Presente	Presente	Presente	Presente
Río Boroa Sur	Curso fluvial	Cantos, piedras y sedimento fino	Heterogénea	Pastizal	Vivienda	Presente	Ausente	Presente	Ausente
Río Boroa Norte	Curso fluvial	Cantos y piedras	Homogénea	Matorral nativo	Vivienda	Ausente	Ausente	Presente	Presente
Río Boldo Alto	Curso fluvial	Cantos, piedras y sedimento fino	Heterogénea	Matorral nativo	Pastizal	Ausente	Presente	Presente	Ausente
Puente Esparza	Tributario	Cantos y piedras	Heterogénea	Plantación	Vivienda	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Laguna Tromén	Laguna	Sedimento fino	Homogénea	Pastizal	Plantaciones	Presente	Presente	Ausente	Ausente
Laguna Patagua	Laguna	Sedimento fino	Homogénea	Matorral no nativo	Cultivo y pastizal	Presente	Presente	Ausente	Ausente

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 presentan vegetación emergida y ribereña, propia de sistemas de humedal. Los sitios aguas arriba, están caracterizados por pastizales y viviendas aledañas, sin presencia de vegetación nativa, a excepción de las localidades ubicadas en la zona alta de los ríos Boroa y Boldo (Boroa Norte y Boldo Alto) que presentan matorral y árboles nativos en la ribera. El detalle de las características registradas se encuentra en la Tabla 2.

Tabla 1. Parámetros básicos de calidad de agua registrados los sitios de muestreos en la época estival y otoñal en la cuenca del río Queule.

Sitio de muestreo	Estación	Temperatura	pH	Sólidos disueltos	Conductividad
Caleta Queule	Verano	15,9	7,56	>2000	>3999
Balsa Nigue		19,2	6,68	1350	3265
Puerto Ramos		21,5	6,24	87	182
Río Boldo		20,8	6,11	18	45
Río Boroa		18,5	6,32	17,8	43
Laguna Patagua		22,4	6,58	40	77
Caleta Queule	Otoño	11,53	7,67	9580	18510
Balsa Nigue		11,85	8,61	29	52
Puerto Ramos		12	7,01	23	46
Río Boldo		10,41	7,34	18	35
Río Boroa		8,44	7,4	16	32
Boroa Sur		8,44	7	16	32
Puralaco		9,11	7	16	32
Laguna Tromen		9,89	6,37	155	311
Laguna Patagua		13,29	7,5	35	69
Caleta Queule		Primavera	19,21	7,44	
Balsa Nigue	18,15		7,93		44
Puerto Ramos	18,55		7,36		39
Puralaco	13,57		7,60		50
Laguna Patagua	22,39		7,49		76
Boroa Norte	10,87		7,37		30
Boroa Sur	14,11		7,60		31
Río Boldo	18,15		7,46		72
Laguna Tromen	21,84		7,40		148
Río Boroa	17,93		7,17		41
Boldo Alto	12,26		7,47		23

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 la cuenca del río Queule en la estación de verano, otoño y primavera. 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. Sin embargo, en la época de primavera se observa una nula influencia marina en las localidades de Balsa Nigue y Puerto Ramos, dado por el alto caudal y el muestreo realizado en marea baja.

Entre las estaciones del año también se observaron diferencias en la temperatura de agua, descendiendo casi en 10 grados en algunas localidades, como también un ascenso en el pH, el cual registra valores más altos en otoño dado el mayor aporte de agua dulce por las precipitaciones. 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, al igual que los nuevos sitios muestreados en la época de otoño y primavera (Boroa Sur, Puralaco, Boroa Norte y Boldo Alto). De todas formas, se ha visibilizado un cambio en el nivel del agua en los sitios Río Boroa y Boldo, 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 en la época de verano, lo cual se debe a la influencia húmica de la ribera, dada a la gran cobertura de vegetación ribereña que aporta gran cantidad de materia orgánica, no solo de totorales sino también de bosque nativo. Sin embargo, esta condición se atenúa en otoño y primavera debido al mayor aporte de agua dulce por las precipitaciones, generando mayor dilución en el cauce. Esto explica el cambio de pH en otoño, el cual es más básico o tiende a la neutralidad, a excepción de la Laguna Tromen, que tiene un fuerte aporte de materia orgánica y bajo volumen de agua.

Caracterización de la ictiofauna

En el área han sido registradas, hasta el momento, considerando las tres campañas realizadas, 11 especies de peces; 9 nativas y 2 introducidas (*Salmo trutta* y *Oncorhynchus mykiss*), pertenecientes a 7 familias, de las cuales la más representativa fue Galaxidae cuyas especies *G. maculatus* (puye chico) y *Brachygalaxias bullocky* (puye rojo) fueron registradas en la mayoría de los sitios muestreados (Tabla 3 y 4). De todas las especies, 5 se encuentran en Estado Vulnerable de

Conservación, de acuerdo con 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 según nuestros registros (Tabla 3, Anexo 1).

Tabla 3. Lista de especies registradas señalando su familia taxonómica, origen y Estado de Conservación, de acuerdo con las categorías de Ministerio del Medio Ambiente, en la cuenca del río Queule en las tres épocas estudiadas.

Especie	Nombre común	Familia	Origen	Estado de Conservación (MMA)
<i>Geotria australis</i>	Lamprea	Geotriidae	Nativo	Vulnerable
<i>Brachygalaxias bullocki</i>	Puye rojo	Galaxiidae	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>Percilia gillissi</i>	Carmelita	Percilidae	Nativo	Vulnerable
<i>Eleginops maclovinus</i>	Róbalo	Eleginopsidae	Nativo	Fuera de Peligro
<i>Cheirodon galusdae</i>	Pocha	Characidae	Nativo	Vulnerable
<i>Mugil cephalus</i>	Lisa	Mugilidae	Nativo	Fuera de Peligro
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Trucha arcoíris	Salmonidae	Introducido	Invasora
<i>Salmo trutta</i>	Trucha café	Salmonidae	Introducido	Invasora

Tabla 4. Presencia de las especies de peces registradas en la cuenca del río Queule en cada localidad de muestreo.

Sitio de muestreo	<i>Geotria australis</i>	<i>Galaxias maculatus</i>	<i>Brachylaxias bullocki</i>	<i>Basilychthys microlepidotus</i>	<i>Odonthestes brevianalis</i>	<i>Eleginops maclovinus</i>	<i>Mugil cephalus</i>	<i>Percilia gillissi</i>	<i>Cheirodon galusdae</i>	<i>Onchorhynchus mykiss</i>	<i>Salmo trutta</i>
Laguna Patagua		✓		✓					✓		
Caleta Queule		✓			✓	✓	✓				
Puente Ramos		✓	✓								
Río Boldo		✓	✓								
Río Boldo Alto	✓		✓					✓		✓	✓
Río Boroa	✓	✓	✓						✓		
Río Boroa Norte										✓	✓
Balsa Nigue		✓	✓		✓			✓			
Río Boroa Sur	✓		✓					✓			✓
Puralaco	✓									✓	
Laguna Tromen			✓						✓		

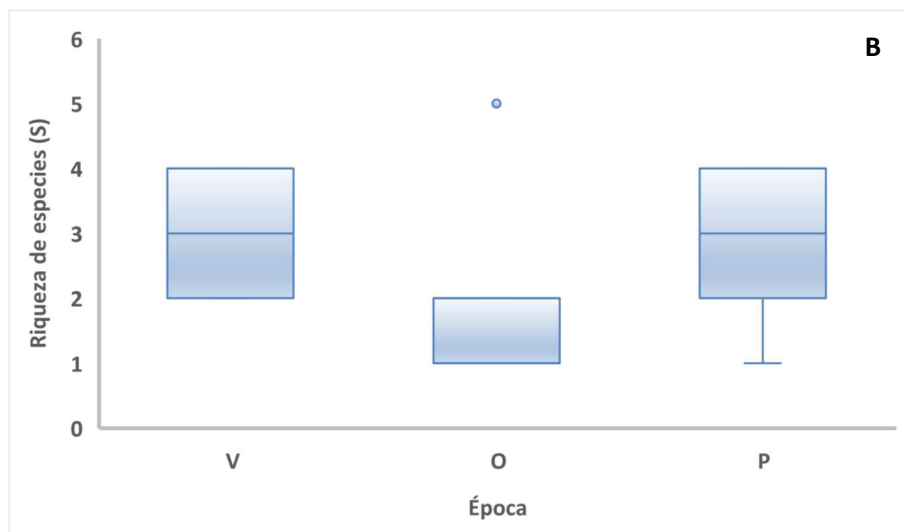
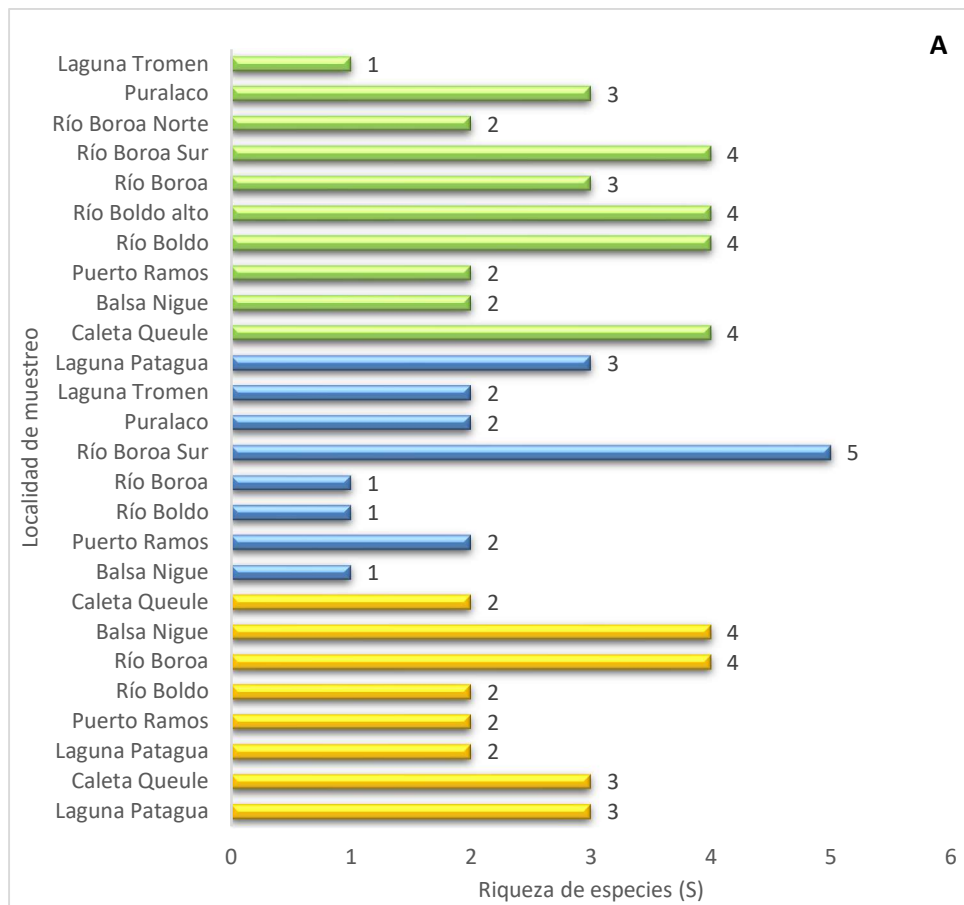


Figura 6. Valores la riqueza específica (S) para las especies de peces registradas en las localidades de muestreo durante la época de verano, otoño y primavera en la cuenca del río Queule. En amarillo se señalan los valores registrados en verano (V), en azul en otoño (O), y verde en primavera (P).

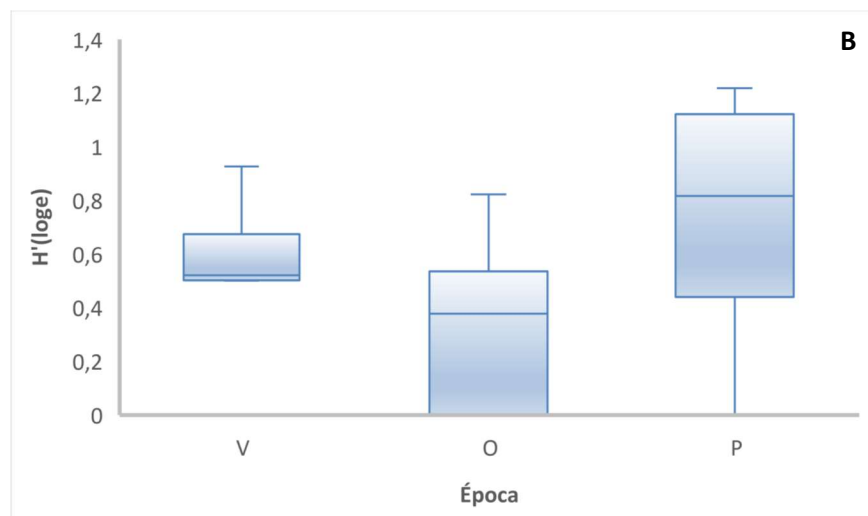
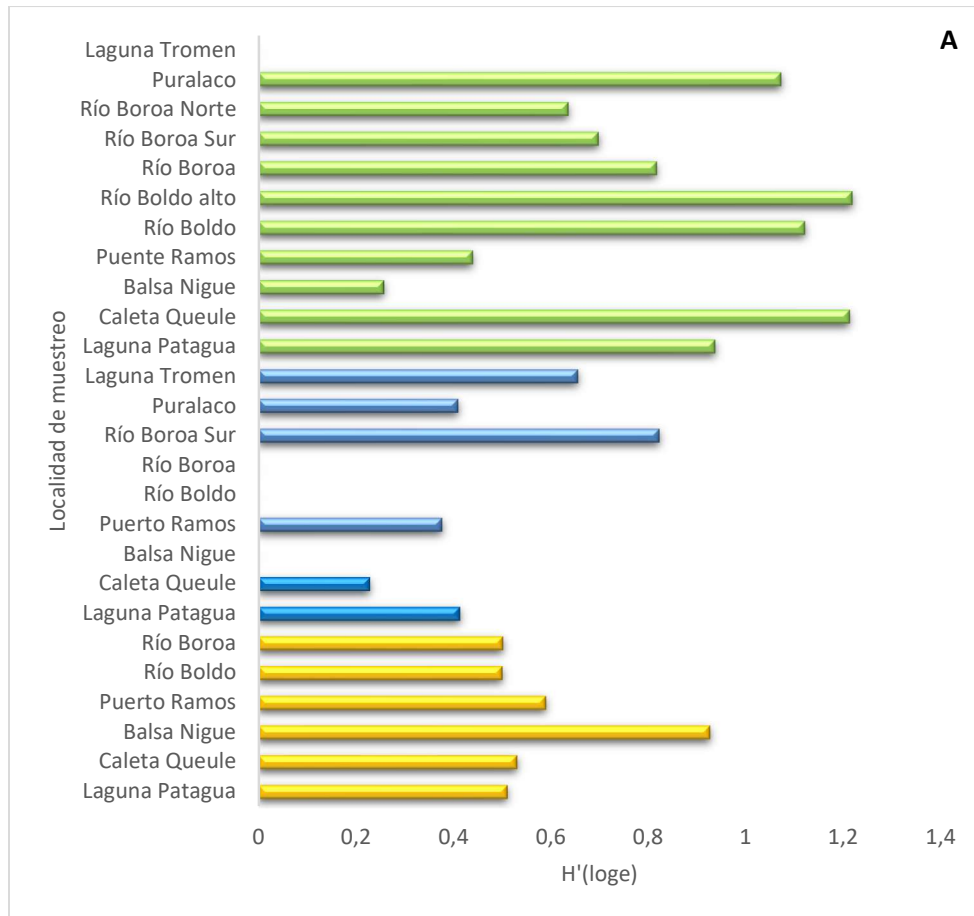
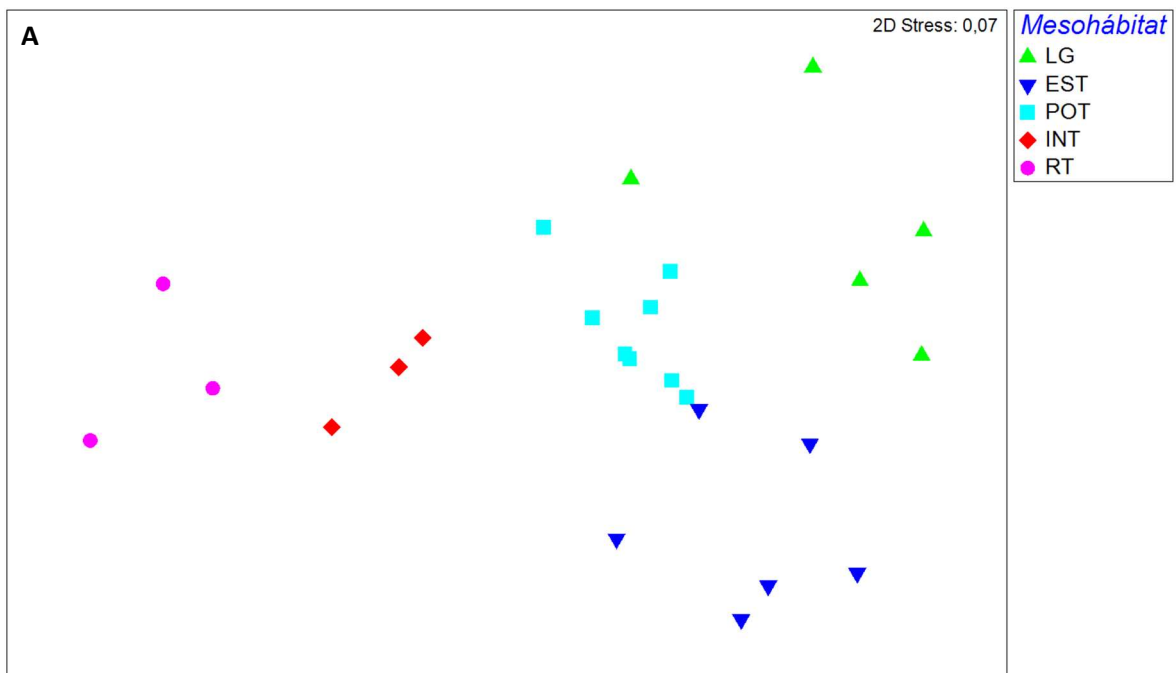


Figura 7. Valores del índice de diversidad de Shannon para las especies de peces registradas en las localidades de muestreo durante la época de verano, otoño y primavera en la cuenca del río Queule. En amarillo se señalan los valores registrados en verano (V), en azul en otoño (O), y verde en primavera (P).

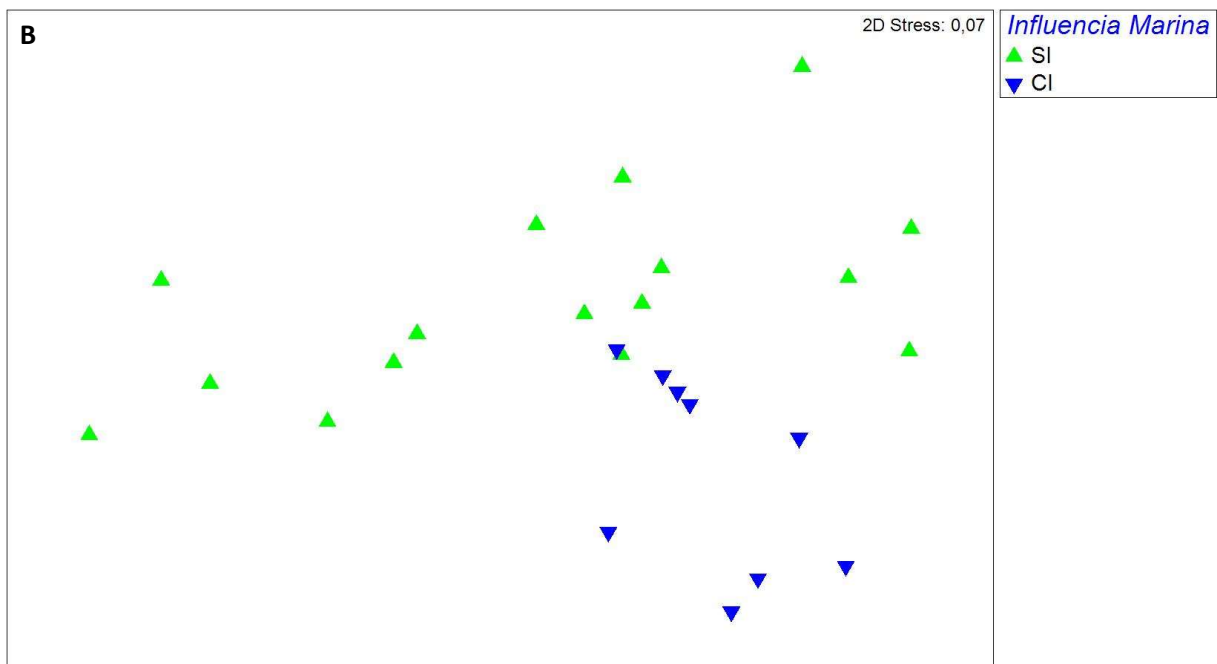
La riqueza de especies por localidad de muestreo fluctuó entre 1 a 5, y la diversidad entre 0 (sitios que solo registraron 1 especie en alguna de las campañas como Laguna Tromen) y 1.2, valor registrado para las localidades de Caleta Queule y Boldo Alto en primavera (Fig. 6 y 7). En relación a estos índices entre las diferentes épocas evaluadas se observa claramente una disminución en la época de otoño en relación a verano y primavera. Los mayores valores y variación fueron registrados para la última época evaluada.

Por su parte, las representaciones gráficas generadas a partir del análisis de escalamiento multidimensional (Fig. 8) muestran la distribución de los sitios de muestreo en el espacio 2D basado en la abundancia y composición de especies. En la primera imagen se pueden observar cinco grupos claramente delimitados de acuerdo al tipo de mesohábitat evaluado ($p < 0.001$) (Fig. 7A). Primero, los tres muestreos realizados en la Laguna Patagua, que podría considerarse un ecosistema desconectado del sistema de Queule dada la presencia del pejerrey chileno (*Basilichthys microlepidotus*), el cual no está presente en la cuenca del río Queule. Estos se muestran fuertemente agrupados (verde) y separados de los demás sitios, incluso de los dos de la Laguna Tromen, cuyo sistema está conectado al río Boldo. Estas dos localidades comparten la presencia de la pocha (*Cheirodon galusdae*). Un segundo grupo que está conformado por las localidades ubicadas en la zona baja o potamal (Río Boldo, Boroa y Puerto Ramos) que poseen de mínima a nula influencia marina. Estos sitios comparten dos especies muy dominantes el puye rojo (*B. bullocki*) y el puye chico (*G. maculatus*). El tercer grupo está 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, principalmente por la presencia del pejerrey del norte (*O. brevianalis*), especie estuarina. Este patrón, además, se puede visualizar claramente en la figura 7B. El cuarto grupo, representa a la zona intermedia de la cuenca, Boroa Sur y Boldo Alto, se encuentran separados de los demás sitios dado que su composición difiere del resto por la presencia de peces nativos como la carmelita (*Percilia gillissi*) en conjunto con salmónidos introducidos (*O. mykiss* y *S. trutta*). Por último, el quinto grupo, está compuesto por los sitios de las zonas ritrales, caracterizado por la presencia de bolones y alta velocidad de corriente, estos sitios están dominados por salmónidos. Cabe mencionar, que no hubo un patrón de agrupamiento marcado a nivel temporal lo cual se refleja claramente en la figura 8B, lo que sugiere que la dinámica se mantiene relativamente estable entre épocas, salvo algunas excepciones como los sitios del río Boroa y Boldo. Esto también

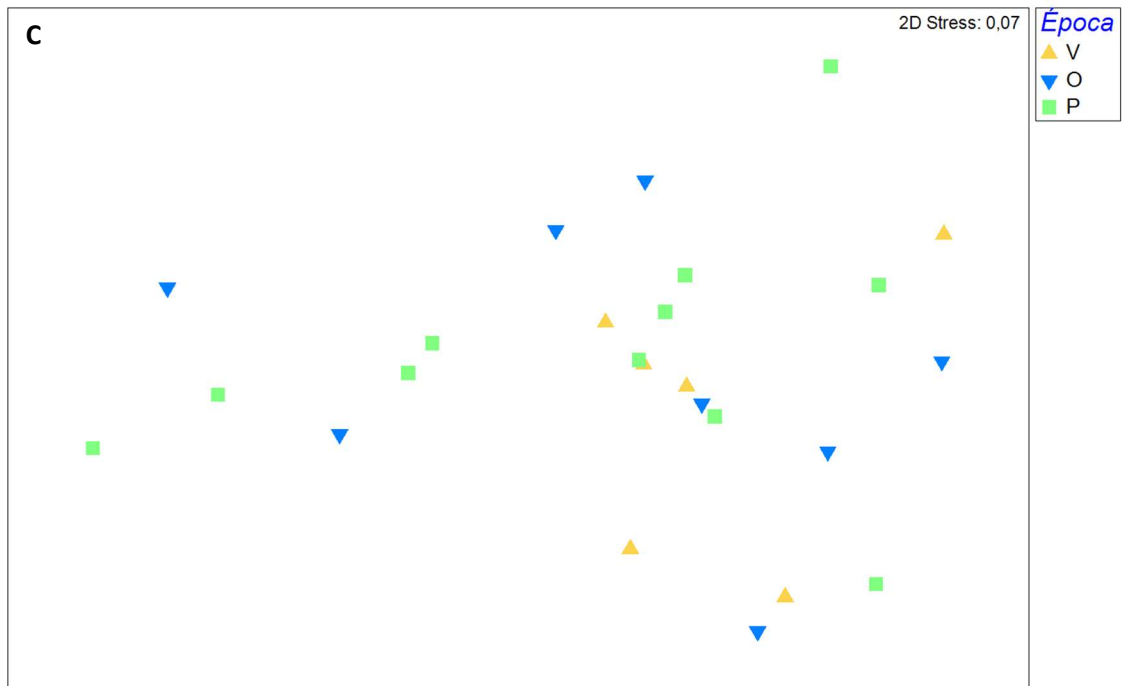
refleja una estructuración marcada a nivel espacial, la cual es mucho más relevante que la temporal para este sistema en términos ecológicos.



LG: laguna; EST: estuario; POT: potamón; INT: transición; RT: ritrón



SI: sin influencia marina; CI: con influencia marina



V: verano; O: otoño; P: primavera

Figura 8. Agrupación de los ensambles de peces utilizando análisis de escalamiento multidimensional no paramétrico (NMDS) basado en la composición y abundancia de especies de peces registrada en las 11 localidades de muestreo en la cuenca del río Queule, usando el índice de Bray-Curtis como medida de similitud. A) Mesohábitat, B) Influencia marina, C) Épocas del año.

Antecedentes adicionales

En el muestreo realizado en otoño, se registraron nuevos antecedentes que no fueron observados en la época estival. Por una parte, en los sitios aguas arriba de la cuenca fueron registradas dos especies de salmónidos (*S. trutta* y *O. mykiss*), los cuales no fueron observados aguas abajo. Además, uno de los ejemplares de *S. trutta* presentaba una presa recién ingerida, que claramente es un pez, lo más probable un puye. También fueron registrados ejemplares hembras de *B. bullocki* en estado grávido avanzado en el nuevo sitio de muestreo en la Laguna Tromén durante la época de otoño, y hembras y machos grávidos de *G. maculatus* en la época de primavera. Por último, se registraron individuos de esta especie con parásitos internos (musculares) que producen quistes en la zona caudal de los peces. De acuerdo con la observación experta por una parasitóloga de peces (*com. pers.* Dra.(c) Melissa Rebolledo) se trata de una especie de nemátodo del género *Eustrongylides*, registrada previamente en la Patagonia Argentina en individuos de *G. maculatus* (Guagliardo et al.

2019). Cabe enfatizar que el parásito registrado es propio de animales acuáticos; invertebrados, peces y aves, esto indica que no existe ningún riesgo para el ser humano.



Figura 9. Fotografías de nuevos hallazgos durante la época de otoño en la cuenca del río Queule. La primera imagen muestra un ejemplar de trucha café, con un trozo al parecer de puye recién ingerido. La fotografía de abajo es una hembra grávida de puye rojo.

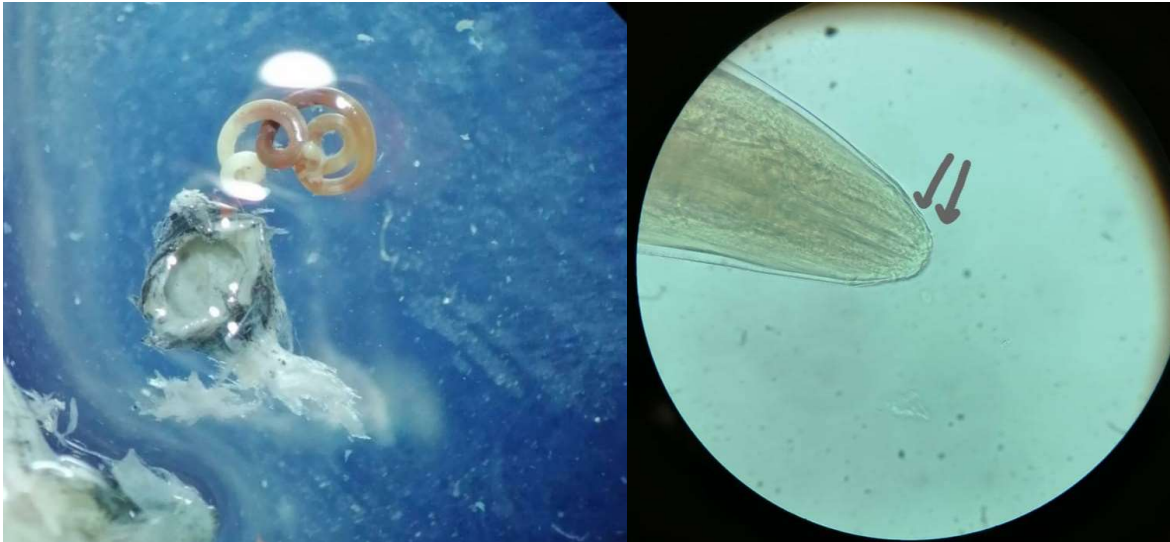


Figura 10. Detalle del quiste y parásito registrado (*Eustrongylides sp.*) en la zona caudal de *G. maculatus* en el sitio de muestreo Balsa Nigue.

Discusión

El presente estudio es la primera evaluación que se realiza de los ensambles de peces en el complejo de humedales presente en la zona media y baja de la cuenca del río Queule en diferentes épocas del año, lo que permite tener una aproximación de la dinámica en la estructuración de los ensambles a través del tiempo, considerando las fluctuaciones estacionales del ambiente. Sin embargo, los resultados mostraron mayormente una estructuración espacial que temporal, lo cual muestra una mayor estabilidad de las comunidades a lo largo del año, a diferencia de lo que ocurre con los ríos andinos, que muestran una marcada temporalidad (e.g. Habit et al. 2006, Colin et al. 2012). En el primer sondeo realizado en la época de verano temprano se registraron 8 especies de peces nativos, con tres ensambles claramente definidos por la influencia marina en el sistema y conexión con el curso principal. Esta composición íctica está caracterizada tanto por especies de agua dulce como *Ch. galusdae*, *P. gillissi*, *B. bullocki*, como por especies especialistas de zonas estuarinas como el pejerrey *O. brevianalis* y el róbalo *Eleginops maclovinus*, y especies migratorias como *G. maculatus* y *G. australis* que eventualmente podrían registrarse en toda la extensión del humedal. Al incrementar los mesohábitats muestreados, los grupos visualizados ascienden a cinco, incorporándose los ensambles de rítrón dominados por salmónidos invasores, y las zonas de cauce

intermedios que muestran una alta diversidad, debido a la presencia tanto de especies nativas (e.g. *P. gillissi*, *G. australis*) como de las introducidas. Es importante señalar que hubo ausencia de especies introducidas en los sitios muestreados aguas abajo, lo cual indica una alta naturalidad y necesidad de proteger un sistema que podría considerarse un laboratorio natural.

Efectivamente, aguas arriba se registraron dos especies salmónidas; la trucha arcoíris (*O. mykiss*) y café (*S. trutta*), las cuales también han sido registradas en otras cuencas costeras como es el caso del río Andalién (Ortiz-Sandoval et al. 2009, Habit et al. 2005). Estas poblaciones podrían considerarse como poblaciones fuentes cuyos individuos podrían, eventualmente, desplazarse hacia la zona baja en la época de mayor caudal cuando la influencia marina disminuye. Además, el hallazgo de un individuo con una presa de pez recién ingerido sugiere, al igual que en varios estudios realizados en salmónidos, que se alimentan intensivamente de peces nativos, lo cual es una amenaza importante para las poblaciones de peces nativos que habitan en la cuenca (Arismendi et al. 2014). Además, las truchas de pequeño tamaño compiten por espacio y alimento con los peces nativos, ya que poseen dieta similar (Pérez et al. 2021).

Es muy importante considerar que el estudio y gestión segmentadas de los ríos es un método poco eficiente, por esta razón se consideraron en el muestreo de otoño y primavera sitios adicionales localizados aguas arriba. 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).

Está primera aproximación espaciotemporal de la composición y estructura del ensamble 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), muchas cuencas costeras presentan complejos de humedales palustres en la zona baja y desembocadura. Estos son 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 que en ríos andinos son bastante difíciles de registrar, en este sistema es altamente abundante, por lo cual la cuenca el río Queule merece especial atención porque posee un alto valor para la protección de esta especie.

En este contexto, el muestreo de otoño ha permitido recabar nuevos antecedentes de esta especie. Por una parte, de acuerdo con la comparación de los datos de abundancias y presencia de la especie en las localidades de muestreo entre los dos muestreos, se registró un potencial movimiento de los individuos desde el canal principal a las pozas temporales palustres como la Laguna Tromen. En este tipo de hábitat la temperatura del agua es más alta y además provee de refugio, dada la gran cobertura de vegetación palustre presente. El hallazgo de hembras grávidas en estado avanzado sugiere que la época reproductiva es invernal, esto explica por qué el desplazamiento hacia este tipo hábitat, que posee las condiciones idóneas para que ocurra este proceso en esta época del año. En el último muestreo de primavera, se registró una alta abundancia en los tramos intermedios y bajos de la cuenca, dado el alto caudal de las riberas, había una fuerte presencia de vegetación sumergida y emergida, hábitat ideal para esta especie (Correa-Araneda et al. 2014).

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. Los menciono nuevamente porque es importante hacer un énfasis en ello. Sin embargo, es importante destacar que ya hay un avance importante en el punto 1 y 2, no obstante, se puede seguir mejorando el modelo de monitoreo con el objetivo que ir despejando las dudas y complementando la información generada hasta el momento.

Los puntos que se sugiere continuar considerando son: **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 (~40%, Araya-Osses et al. 2020) 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 con las especies presentes, especialmente el pejerrey chileno (*B. 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 con la distribución en ríos andinos, se trataría de la especie *Ch. galusdae*, pero por la cercanía con la cuenca del río Valdivia, también está la posibilidad que sea *Ch. 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 es 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. (2020). Climate change projections of temperature and precipitation in Chile based on statistical downscaling. *Clim. Dyn.* 54, 4309–4330. <https://doi.org/10.1007/s00382-020-05231-4>.
- Arismendi, I., Penaluna, B. E., Dunham, J. B., García de Leaniz, C., Soto, D., Fleming, I. A. & León-Muñoz, J. (2014). Differential invasion success of salmonids in southern Chile: patterns and hypotheses. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 24(3), 919-941.
- 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. (2012). 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.
- Correa-Araneda, F., De Los Ríos, P., & Habit, E. (2014). Presence of the red jollytail, *Brachygalaxias bullocki* (Regan, 1908)(Galaxiiformes: Galaxiidae), in freshwater forested wetlands from Chile. *Revista chilena de historia natural*, 87(1), 1-4.
- 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.
- Garcés-Vargas, J., Schneider, W., Pinochet, A., Piñones, A., Olguin, F., Brieva, D., & Wan, Y. (2020). Tidally Forced Saltwater Intrusions might Impact the Quality of Drinking Water, the Valdivia River (40° S), Chile Estuary Case. *Water*, 12(9), 2387.
- 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.

Guagliardo, S., Viozzi, G., & Brugni, N. (2019). Pathology associated with larval eustrongylides sp. (nematoda: Diocetophymatoidea) infection in galaxias maculatus (actinopterygii: Galaxiidae) from Patagonia, Argentina. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife*, 10, 113-116.

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., Belk, M. C., Cary Tuckfield, R., & Parra, O. (2006). Response of the fish community to human-induced changes in the Biobío River in Chile. *Freshwater Biology*, 51(1), 1-11.

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, 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.

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-Lufí, 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.

Pérez, S., Manosalva, A., Colin, N., González, J., Habit, E., Ruzzante, D. E., & Górski, K. (2022). Juvenile salmon presence effects on the diet of native puye *Galaxias maculatus* in lakes and estuaries of Patagonian fjords. *Biological Invasions*, 24(1), 81-92.

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 & 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 localidad de muestreo en la zona baja de la cuenca del río Queule en la época de verano 2022.

Localidad 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	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. Abundancias registradas por especie y localidad de muestreo en la cuenca del río Queule en la época de otoño 2022.

Localidad 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>	<i>Onchorhynchus mykiss</i>	<i>Salmo trutta</i>
Caleta Queule	0	0	0	0	0	2	31	0	0	0
Balsa Nigue	0	0	0	0	0	57	0	0	0	0
Puente Ramos	1	0	0	0	0	7	0	0	0	0
Río Boldo	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Río Boroa	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Río Boroa Sur	1	0	0	0	24	0	0	3	1	2
Puente Esparza	0	0	0	0	1	0	0	0	6	0
Laguna Tromen	7	0	4	0	0	0	0	0	0	0
Laguna Patagua	0	53	0	0	0	9	0	0	0	0

Anexo 3. Abundancias registradas por especie y localidad de muestreo en la cuenca del río Queule en la época de primavera 2022.

	<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>Mugil cephalus</i>	<i>Odonthestes brevianalis</i>	<i>Percilia gillissi</i>	<i>Onchorhynchus mykiss</i>	<i>Salmo trutta</i>
Caleta Queule	0	0	0	4	0	18	8	6	0	0	0
Balsa Nigue	0	0	0	0	0	13	0	1	0	0	0
Puralaco	0	0	0	0	5	0	0	0	0	5	8
Patagua	0	2	10	0	0	6	0	0	0	0	0
BoroaNorte	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	5
PuenteRamos	21	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
Boroa-sur	37	0	0	0	7	0	0	0	1	1	0
Boldo	6	0	1	0	0	3	0	0	1	0	0
Tromen	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Boroa	26	0	11	0	0	3	0	0	0	0	0
BoldoAlto	16	0	0	0	10	0	0	0	2	0	10

Anexo 4. Fotografías de algunas de las especies registradas en la evaluación de las especies ícticas de la zona baja de la cuenca del río Queule.



Puye rojo, *Brachygalaxias bullocki*

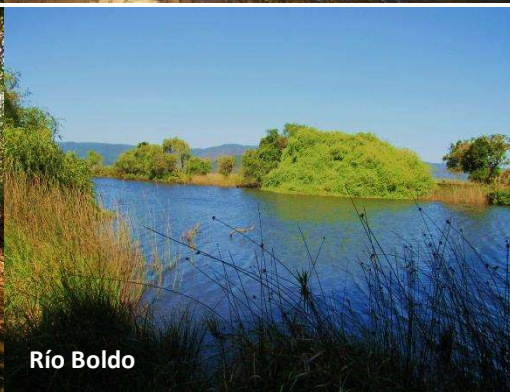
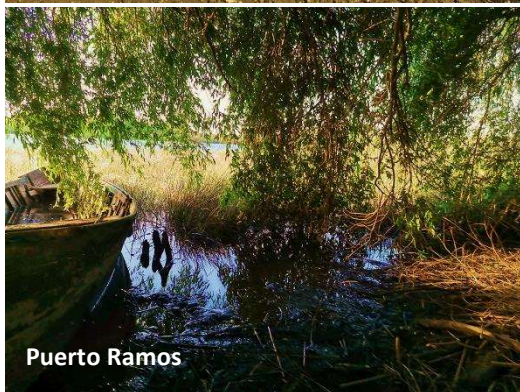


Puye chico, *Galaxias maculatus*

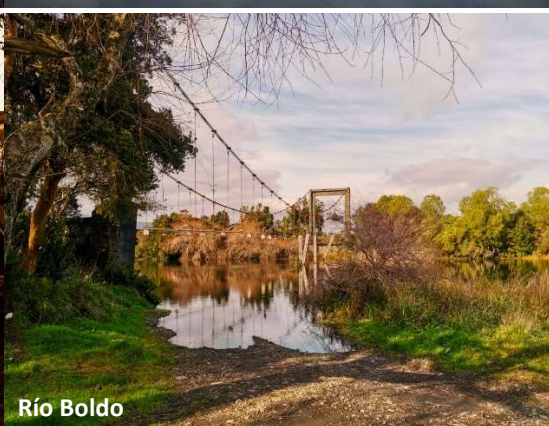


Pocha, *Cheirodon galusdae*

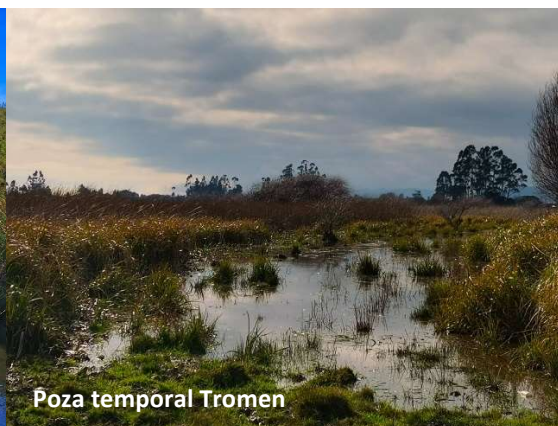
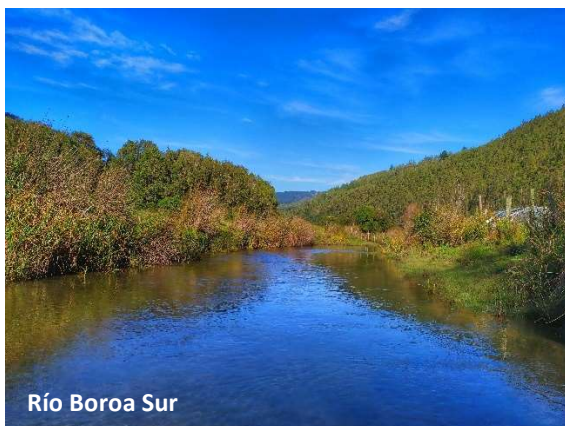
Anexo 5. localidades de estudio en la cuenca del río Queule durante la época de verano 2022.



Anexo 6. Localidades de estudio en la cuenca río Queule durante la época de otoño 2022.



Anexo 7. Nuevas localidades de estudio en la cuenca del río Queule muestreados durante la época de otoño 2022.



Anexo 8. Nuevas localidades de estudio en la cuenca del río Queule muestreados durante la época de primavera 2022.

