

# 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 mesohábitats y temporadas (2021 al 2024)

[colin.nicole@gmail.com](mailto:colin.nicole@gmail.com)

Julio de 2024



## *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). Estos ecosistemas son considerados humedales de acuerdo con el concepto generado por RAMSAR (Convención sobre los Humedales). De acuerdo con RAMSAR los humedales son “extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de agua, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros”. Dado este concepto nos referiremos a ecosistemas de humedal en este informe a los ecosistemas de río y no solo a los humedales palustres y lagunas.

Por esta razón, generar información acerca de las especies y comunidades acuáticas que habitan los ecosistemas de humedal de ríos costeros es esencial para crear un manejo sostenible y conservación de estos ecosistemas, más aún, con el 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 Región de la Araucanía 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 inundaciones

y 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 (Peña et al. 2020). 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 de los ecosistemas de humedal. Los peces son buenos indicadores de la calidad ecológica de los ecosistemas (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, Habit et al. 2019). 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* y *Odontesthes brevianalis*. En este contexto la evaluación a través de un biomonitoreo en diferentes estaciones y años permitirá obtener información clave de los cambios en las comunidades de peces, de acuerdo, a la variabilidad ambiental espacial y temporal, tanto natural como también antrópica.

El proyecto GEF Humedales Costeros tiene tres objetivos principales: a) Generar y difundir información que permita aumentar el conocimiento sobre la importancia de los humedales, su biodiversidad, usos y beneficios que entregan; b) Fortalecer las instituciones y regulaciones asociadas a la protección y desarrollo sustentable de los humedales; y por último, c) Realizar acciones que permitan la gestión y restauración en los humedales pilotos y sus zonas aledañas. El monitoreo de peces permite el desarrollo directo del primer objetivo planteado, como también insumos para la toma de decisiones informadas y gestión eficiente de los humedales, relacionado con el segundo objetivo y tercer objetivo respectivamente. 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 temporadas 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 temporada de primavera 2021. En la segunda campaña realizada en otoño 2022, nos otorga información adicional sobre la composición y también del comportamiento de algunas especies claves en el

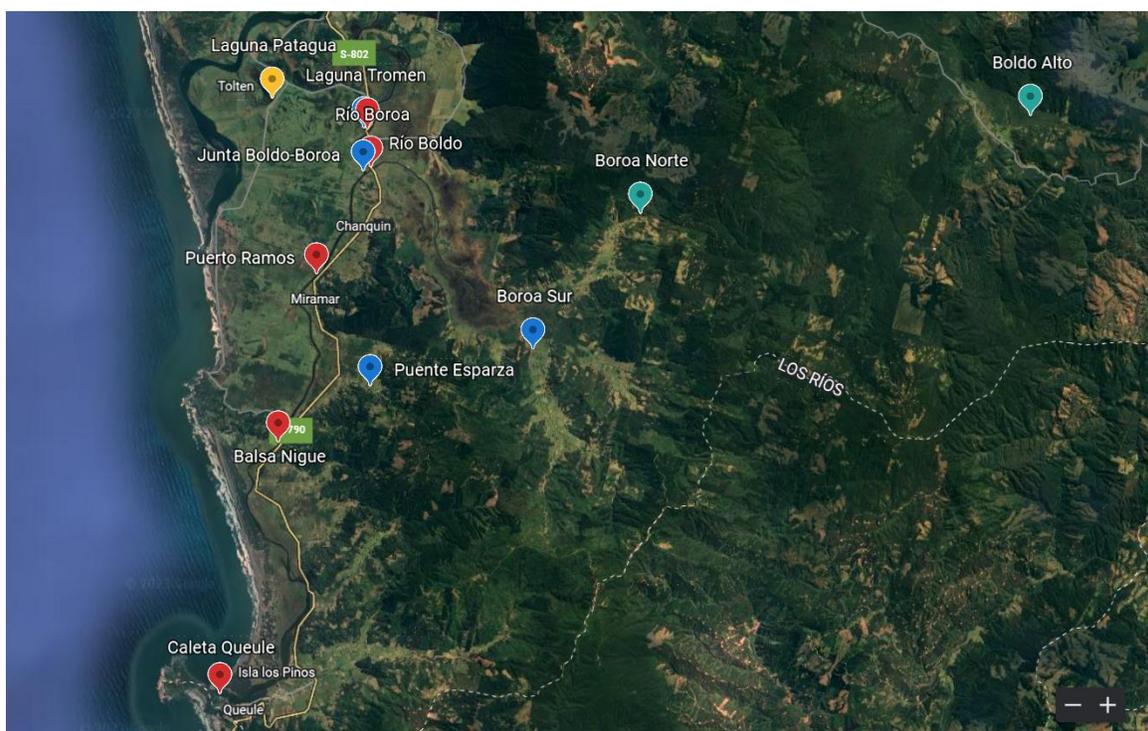
ecosistema. Por último, en la última campaña de este biomonitoreo inicial de los ecosistemas de humedal del río Queule y la composición y estructura de los ensamblajes de peces, se ha incluido la temporada de verano, dado que es la de menor caudal, y como tal, es relevante conocer los patrones de distribución de las especies en las diferentes mesozonas fluviales.

## *Metodología*

### *Área de Estudio*

Los humedales del río Queule presentes en la zona costera de la novena Región, están insertos en la cuenca costera hidrográfica del río Queule (39°05' y 39°24') y comprende un área de extensión de 674 km<sup>2</sup>, 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 ensamblajes de peces aguas arriba del humedal, como también conocer los potenciales movimientos y refugios de algunas especies durante la temporada 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 de los humedales del río Queule y conectado al río Toltén de acuerdo con el mapa. Los 3 sitios de muestreo del cauce principal están localizados 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 los sitios incluidos 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 campaña realizada en primavera (2022), se añadieron dos sitios ubicados aguas arriba de los ríos Boroa y Boldo (Boroa Norte y Boldo Alto). Durante la última campaña, realizada en verano de 2024, se muestrearon los mismos sitios evaluados en primavera (2023) a excepción de la laguna Tromen, dado que el espejo de agua se redujo

considerablemente por lo cual no había área de pesca en esta temporada. En total fueron 10 sitios muestreados.



**Figura 1.** Ubicación y sitios 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 considerados en los dos muestreos realizados en temporada de primavera, los sitios en color azul han sido incorporados en el muestreo de otoño 2022, y por último los de color turquesa en primavera de 2022. Durante el verano de 2024 fueron muestreados casi la totalidad de los sitios de muestreo a excepción de laguna Tromen.

### ***Caracterización del hábitat y calidad de agua***

En cada sitio 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).

Además, con la finalidad de analizar los patrones de distribución de los ensamblajes en relación a las características de la cuenca, se han establecido cinco mesohábitats; ritrón (Boroa Norte, Puralaco), intermedio (Boldo Alto, Boroa Sur), potamon (Río Boroa, Río Boldo), estuario (Caleta Queule, Balsa Nigue, Puerto Ramos) y laguna (Tromen y Patagua).



**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 los sitios 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). Todos los muestreos fueron realizados con permiso de pesca (R. EX. N° E-2023-466).



**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. Sitio de muestreo Boldo Alto.



**Figura 5.** Procedimiento de la captura de peces en el área de estudio, utilizando red de arrastre como arte de pesca. Sitio de muestreo Balsa Nigue

### *Análisis de datos*

Primero se realizó un análisis descriptivo en detalle de la composición de las comunidades presentes en los 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 los diferentes sitios de muestreo. Con este fin se trabajó con la matriz de abundancia de especies por sitio 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, los sitios 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 Norte, Boroa Sur y Puralaco), muestran mayor presencia de sustrato compuesto de cantos y piedras. El entorno directo está caracterizado por ecosistemas de humedal palustre en los tramos de estuario y potamón con presencia de matorral nativo (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. En el caso de las características del último sitio de muestreo incorporado, localizado en la zona alta de la cuenca, presenta vegetación nativa y pastizales en su entorno directo y sustrato de gravilla. Sin embargo, su entorno indirecto presenta plantaciones forestales. En el muestreo de primavera 2023, se ha observado inicios de faenas forestales en las laderas del río Boldo que están generando material leñoso y suelo expuesto, lo cual influirá directamente en la calidad del hábitat en las temporadas siguientes, especialmente cuando comiencen las lluvias y el material sea arrastrado al cauce del río.

**Tabla 1.** Variables de caracterización del hábitat fluvial registradas para los sitios de muestreo en la cuenca del río Queule en temporada de marzo 2024.

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	Camino	Plantaciones forestales	Ausente	Presente	Ausente	Ausente
Puerto Ramos	Curso fluvial	Sedimento fino	Homogénea	Matorral nativo	Plantaciones forestales	Presente	Ausente	Presente	Presente
Río Boldo	Curso fluvial	Sedimento fino y piedras	Homogénea	Matorral nativo	Plantaciones forestales	Presente	Presente	Presente	Ausente
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	Ausente	Presente	Presente	Ausente

<b>Río Boroa Norte</b>	Curso fluvial	Cantos y piedras	Homogénea	Matorral nativo	Vivienda	Ausente	Ausente	Presente	Presente
<b>Río Boldo Alto</b>	Curso fluvial	Cantos, piedras y sedimento fino	Heterogénea	Matorral nativo	Pastizal	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
<b>Puralaco</b>	Tributario	Cantos y piedras	Heterogénea	Plantación	Vivienda	Ausente	Ausente	Presente	Presente
<b>Laguna Patagua</b>	Laguna	Sedimento fino	Homogénea	Matorral no nativo	Cultivo y pastizal	Ausente	Presente	Ausente	Ausente

La Tabla 2 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 primavera 2021, otoño y primavera 2022-2023. 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 cuyo sitio presenta una mínima influencia. Sin embargo, en la temporada de primavera 2022 se observa una nula influencia marina en los sitios de Balsa Nigue y Puerto Ramos, dado por el alto caudal y el muestreo realizado en marea baja. El mismo patrón se observó en otoño y primavera 2023, dado que el muestreo se realizó en las mismas condiciones y que los caudales fueron mayores dado el aumento de las precipitaciones, lo cual se refleja en los valores de conductividad. 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 temporada 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 (baja conductividad). Sin embargo, en la época de verano de 2024, se registraron valores mayores de conductividad en estos sitios lo cual evidencia un aumento de la intrusión marina en la época de bajo caudal.

**Tabla 2.** Parámetros básicos de calidad de agua registrados los sitios de muestreos en la temporada estival y otoñal en la cuenca del río Queule.

Sitio de muestreo	Estación	Temperatura (C°)	pH	Sólidos disueltos (ppm)	Conductividad (µS/cm)
<b>Caleta Queule</b>	Primavera 2021	15,9	7,56	>2000	>3999
<b>Balsa Nigue</b>		19,2	6,68	1350	3265
<b>Puerto Ramos</b>		21,5	6,24	87	182
<b>Río Boldo</b>		20,8	6,11	18	45
<b>Río Boroa</b>		18,5	6,32	17,8	43
<b>Laguna Patagua</b>		22,4	6,58	40	77
<b>Caleta Queule</b>		Otoño 2022	11,53	7,67	9580
<b>Balsa Nigue</b>	11,85		8,61	29	52
<b>Puerto Ramos</b>	12		7,01	23	46
<b>Río Boldo</b>	10,41		7,34	18	35
<b>Río Boroa</b>	8,44		7,4	16	32
<b>Boroa Sur</b>	8,44		7	16	32
<b>Puralaco</b>	9,11		7	16	32
<b>Laguna Tromen</b>	9,89		6,37	155	311
<b>Laguna Patagua</b>	13,29		7,5	35	69
<b>Caleta Queule</b>	Primavera 2022	19,21	7,44		10980
<b>Balsa Nigue</b>		18,15	7,93		44
<b>Puerto Ramos</b>		18,55	7,36		39
<b>Puralaco</b>		13,57	7,60		50
<b>Laguna Patagua</b>		22,39	7,49		76
<b>Boroa Norte</b>		10,87	7,37		30
<b>Boroa Sur</b>		14,11	7,60		31
<b>Río Boldo</b>		18,15	7,46		72
<b>Laguna Tromen</b>		21,84	7,40		148
<b>Río Boroa</b>		17,93	7,17		41
<b>Boldo Alto</b>		12,26	7,47		23
<b>Caleta Queule</b>		Otoño 2023	11.6	7.29	
<b>Balsa Nigue</b>	11.7		872		70
<b>Puerto Ramos</b>	11.9		81		44
<b>Puralaco</b>	9.83		7.08		49
<b>Laguna Patagua</b>	11.3		4.68		77
<b>Boroa Sur</b>	11.3		7.26		36
<b>Río Boldo</b>	12.1		7.07		34
<b>Laguna Tromen</b>	11.7		6.87		48
<b>Caleta Queule</b>	Primavera 2023	10.62	7.1	7238	15540
<b>Balsa Nigue</b>		13.89	8.21	23	48
<b>Puerto Ramos</b>		15.09	7.37	20.6	51
<b>Puralaco</b>		9.89	6.91	26	53
<b>Laguna Patagua</b>		17.77	6.92	45.5	76
<b>Boroa Norte</b>		12.53	7.73	16	32
<b>Boroa Sur</b>		13.72	6.91	16	30
<b>Río Boldo</b>		14.01	7.2	28.2	83
<b>Laguna Tromen</b>		16.16	6.99	61.5	124
<b>Río Boroa</b>		14.91	7.91	19.6	30
<b>Boldo Alto</b>		12.25	7.4	14.5	34
<b>Caleta Queule</b>		16.75	6.01	4527	9053
<b>Balsa Nigue</b>		17.55	6.38	32	63

<b>Puerto Ramos</b>	18.77	6.64	22	43
<b>Puralaco</b>	12.51	6.78	31	62
<b>Laguna Patagua</b>	15.58	6.49	41	82
<b>Boroa Norte</b>	12.21	8.03	21	42
<b>Boroa Sur</b>	15.03	6.90	20	39
<b>Río Boldo</b>	15.58	6.99	17	35
<b>Río Boroa</b>	15.56	8.54	32	64
<b>Boldo Alto</b>	12.07	6.97	13	27

Entre las estaciones del año también se observaron diferencias en la temperatura de agua, descendiendo casi en 10 grados en algunos sitios, 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. En la temporada de verano de 2024 no hubo mucha variación de la temperatura en los sitios del mesohábitat de ritrón e intermedio, en relación con la temporada de primavera 2023, dado el flujo constante del agua. No obstante, si hubo variación entre estas temporadas en los mesohabitats de potamón y estuarino, ambientes con características más lénticas, cuya temperatura aumenta de forma más rápida. En relación con el pH, el agua dulce del río es ligeramente ácida en la temporada de primavera tardía (2021), 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 2022 debido al mayor aporte 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, el cual se ve exacerbado dada la presión ejercida por el ganado y bajo volumen de agua. En el verano de 2024 se registró un pH más básico en Boroa Norte (mesohábitat ritral), lo cual se debe a un aumento de la salinidad en el agua, que, en este caso, dada la localización y características del río, como alta corriente, lo más probable sea por causas antrópicas, por contaminación puntual o difusa. Lo normal en esta zona de la cuenca es que el río presente un pH alrededor de la neutralidad (7).

### **Caracterización de la ictiofauna**

En el área han sido registradas, hasta el momento, considerando las cuatro 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 ha sido Galaxiidae, cuyas especies *Galaxias 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, 6 (70%) 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 temporadas estudiadas.

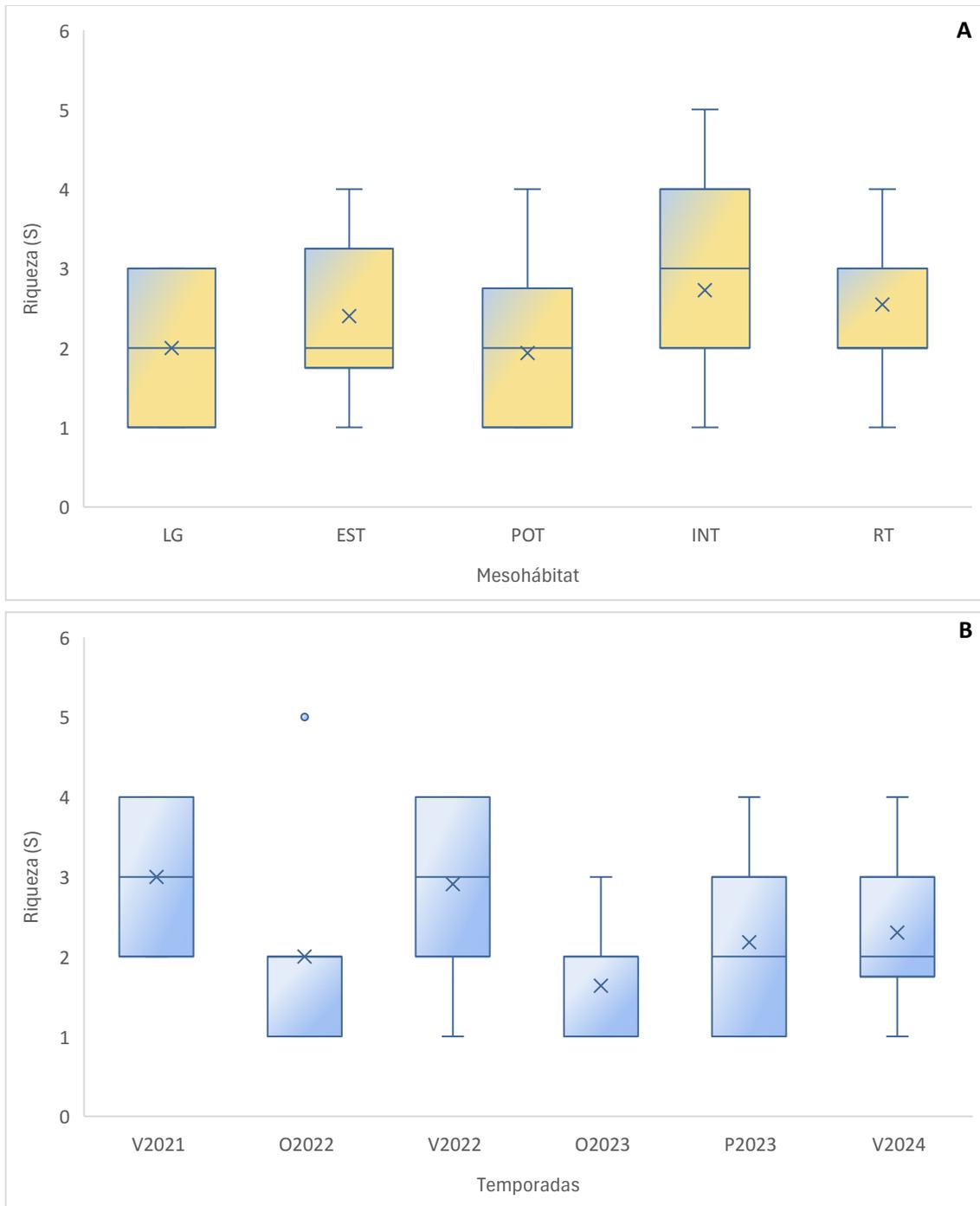
Especie	Nombre común	Familia	Origen	Estado de Conservación (MMA)
<i>Geotria australis</i>	Lamprea	Geotriidae	Nativo	Vulnerable
<i>Brachygalaxias bullocki</i>	Puye rojo	Galaxiidae	Nativo	Vulnerable
<i>Galaxias maculatus</i>	Puye chico	Galaxiidae	Nativo	Preocupación Menor
<i>Basilychthys microlepidotus</i>	Pejerrey chileno	Atherinopsinae	Nativo	Vulnerable
<i>Odonthestes brevianalis</i>	Pejerrey de cola corta	Atherinopsinae	Nativo	Vulnerable
<i>Percilia gillissi</i>	Carmelita	Perciilidae	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

La riqueza de especies por mesohábitat 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 los sitios de Caleta Queule y Boldo Alto en primavera, que se reflejan en los altos valores del mesohábitat de Estuario y de Ritrón (Fig. 6 y 7). En relación con estos índices, entre las diferentes temporadas evaluadas, se observa claramente una disminución en la temporada de otoño en relación primavera. Los mayores valores y variación fueron registrados para la temporada de primavera 2022. En relación con la última temporada evaluada (otoño 2023), dado los caudales mayores, la presencia de peces ribereños disminuye en abundancia (Anexo 4) y riqueza lo que afecta directamente a la diversidad registrada, lo cual se mantuvo en la temporada de primavera 2023 (Fig. 7). A diferencia del año 2022, durante todo el 2023 se registró un aumento en las precipitaciones, lo cual influyó directamente en el caudal, este aumento en el caudal impide el acceso y área efectiva de pesca, lo cual se refleja en los valores de riqueza y diversidad que fueron más bajos que en 2022.

Durante el verano de 2024, no hubo mayor variación en la riqueza y diversidad de especies, los valores fueron similares a primavera de 2023.

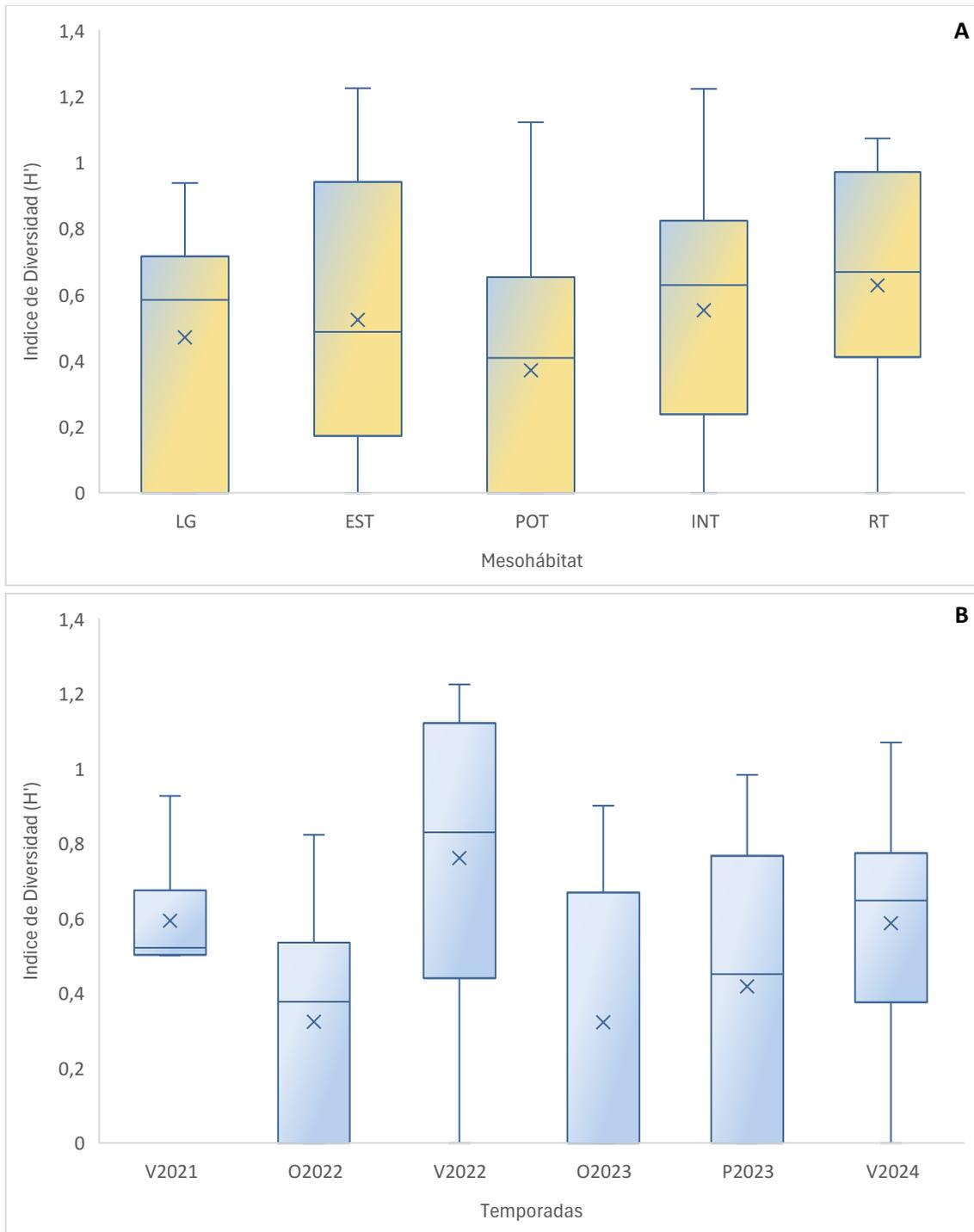
**Tabla 4.** Presencia de las especies de peces registradas en la cuenca del río Queule en cada sitio de muestreo durante las cinco campañas realizadas.

Sitio de muestreo	<i>Geotria australis</i>	<i>Galaxias maculatus</i>	<i>Brachygalaxias bullocki</i>	<i>Basilichthys 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		✓			✓	✓	✓				
Puerto Ramos		✓	✓								
Río Boldo		✓	✓					✓	✓		
Río Boldo Alto	✓		✓					✓		✓	✓
Río Boroa	✓	✓	✓						✓		
Río Boroa Norte	✓									✓	✓
Balsa Nigue		✓	✓		✓			✓			
Río Boroa Sur	✓		✓					✓		✓	✓
Puralaco	✓									✓	✓
Laguna Tromen			✓						✓		



RT: ritrón; INT: transición; POT: potamón; EST: estuario; LG: laguna; O: otoño; P: primavera

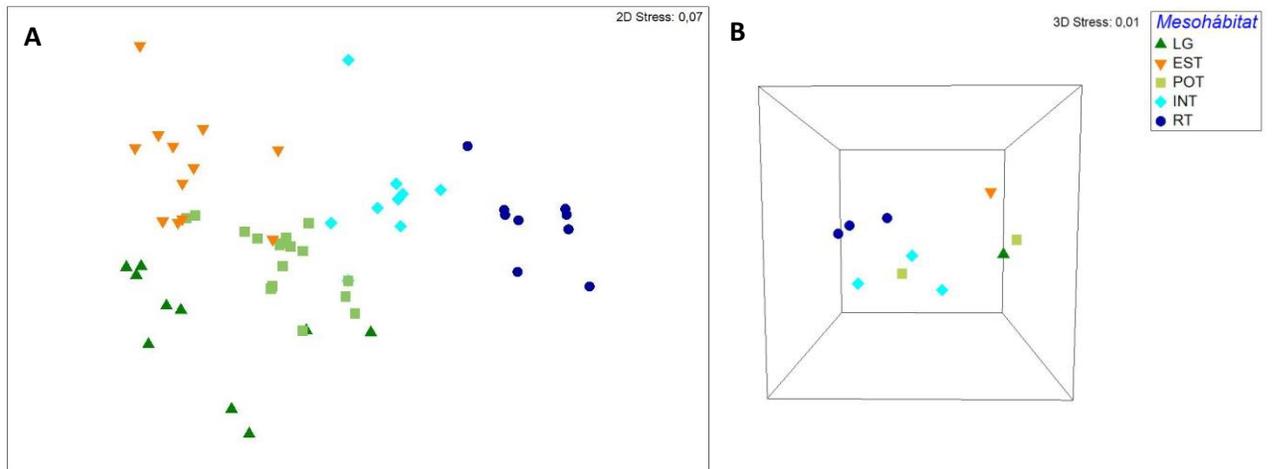
**Figura 6.** Gráficos de box-plot de los valores la riqueza de especies (S) para las especies de peces registradas en A) los 5 mesohábitats evaluados en la cuenca del río queule considerando los datos de las cinco campañas realizadas, y B) temporalmente considerando los valores medios cada temporada evaluada; primavera 2021, otoño y primavera 2022, y otoño y primavera 2023, y verano 2024.



RT: ritrón; INT: transición; POT: potamón; EST: estuario; LG: laguna; O: otoño; P: primavera

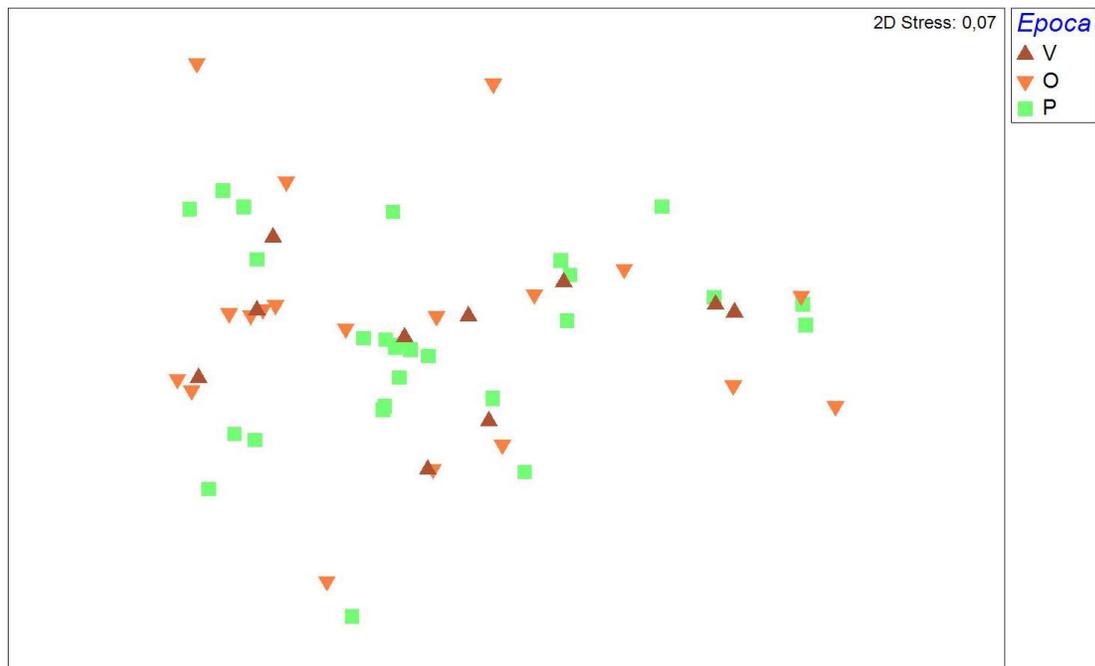
**Figura 7.** Valores del índice de diversidad de Shannon ( $H'$ ) para las especies de peces registradas en A) los 5 mesohábitats registrados durante las cuatro campañas realizadas en la cuenca del río Queule, y B) temporalmente considerando los valores medios cada temporada evaluada; primavera 2021, otoño y primavera 2022 y otoño 2023, y verano 2024.

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 con el tipo de mesohábitat evaluado ( $p < 0.001$ ) (Fig. 8A), cuyo patrón se mantiene en la última temporada evaluada (verano 2024). Por una parte, el grupo del mesohábitat de laguna que incluye la Laguna Patagua y Tromen, los sitios de Patagua son los más alejados del resto de muestreos dado que es un ecosistema desconectado del ecosistema de la cuenca del río Queule, lo cual se evidencia, en parte, por la presencia del pejerrey chileno (*Basilichthys microlepidotus*), el cual no está presente en la cuenca del río Queule. Los puntos de Laguna Tromen se encuentran cercanos a los del río Boldo, dado que ambos sistemas están conectados en alta marea. Estos dos sitios comparten la presencia de la pocha (*Cheirodon galusdae*) y del puye rojo (*B. bullocki*). Un segundo grupo (verde oliva) que está conformado por los sitios ubicados en la zona baja o potamal (Río Boldo, Boroa y Puerto Ramos) que poseen de mínima a nula influencia marina durante las temporadas de otoño y primavera. Estos sitios comparten dos especies muy dominantes el puye rojo (*B. bullocki*) y el puye chico (*G. maculatus*). El tercer grupo (naranja) 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. El cuarto grupo (calipso), 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*) y la lamprea (*Geotria australis*) en conjunto con salmónidos introducidos (*O. mykiss* y *S. trutta*). Por último, el quinto grupo (azul), está compuesto por los sitios de las zonas de ritrón, caracterizado por la presencia de bolones y alta velocidad de corriente, estos sitios están dominados por salmónidos, la única especie nativa registrada ha sido la lamprea (*G. australis*). Cabe mencionar, que no hubo un patrón de agrupamiento marcado a nivel temporal lo cual se refleja claramente en la figura 9, lo que sugiere que la dinámica se mantiene relativamente estable entre temporadas. 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

**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 los 11 sitios de muestreo en la cuenca del río Queule, usando el índice de Bray-Curtis como medida de similitud. A) Mesohábitats de todas las temporadas (2021-2024), B) Mesohábitats en verano de 2024.



**Figura 9.** Agrupación de los ensambles de peces en relación a la temporada del año, utilizando análisis de escalamiento multidimensional no paramétrico (NMDS) basado en la composición y abundancia de especies de peces registrada en los 11 sitios de muestreo en la cuenca del río Queule y las seis temporadas muestreadas, usando el índice de Bray-Curtis como medida de similitud. (O: otoño; P: primavera; V: verano)

## Discusión

El presente estudio es la primera evaluación que se realiza de los ensamblajes de peces en los humedales del río Queule en diferentes temporadas del año, como también durante dos periodos anuales. Esto permite tener una aproximación de la estructuración de los ensamblajes a través del tiempo, como también de forma espacial, considerando el gradiente espacial desde las zonas altas (cordillera de la Costa) a la desembocadura, como 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). Este patrón se mantiene incorporando los datos registrados durante la temporada de primavera 2023. En el primer sondeo realizado en la temporada de primavera 2021 se registraron 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 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 ensamblajes 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 de salmónidos; 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 temporada de mayor caudal cuando la influencia marina disminuye. Además, el hallazgo de un individuo con una presa de pez recién ingerido sugiere (otoño 2022, GEF 2022), 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 segmentada de los ríos es un método poco eficiente, por esta razón se consideraron en el muestreo de otoño y primavera 2022 sitios adicionales localizados aguas arriba, los cuales se han mantenido en los últimos muestreos llegando a un total de 11 sitios evaluados. 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 los peces (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 primavera 2023 ha permitido recabar nuevos

antecedentes de esta especie. En el último muestreo de primavera, al igual que en el 2022, 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).

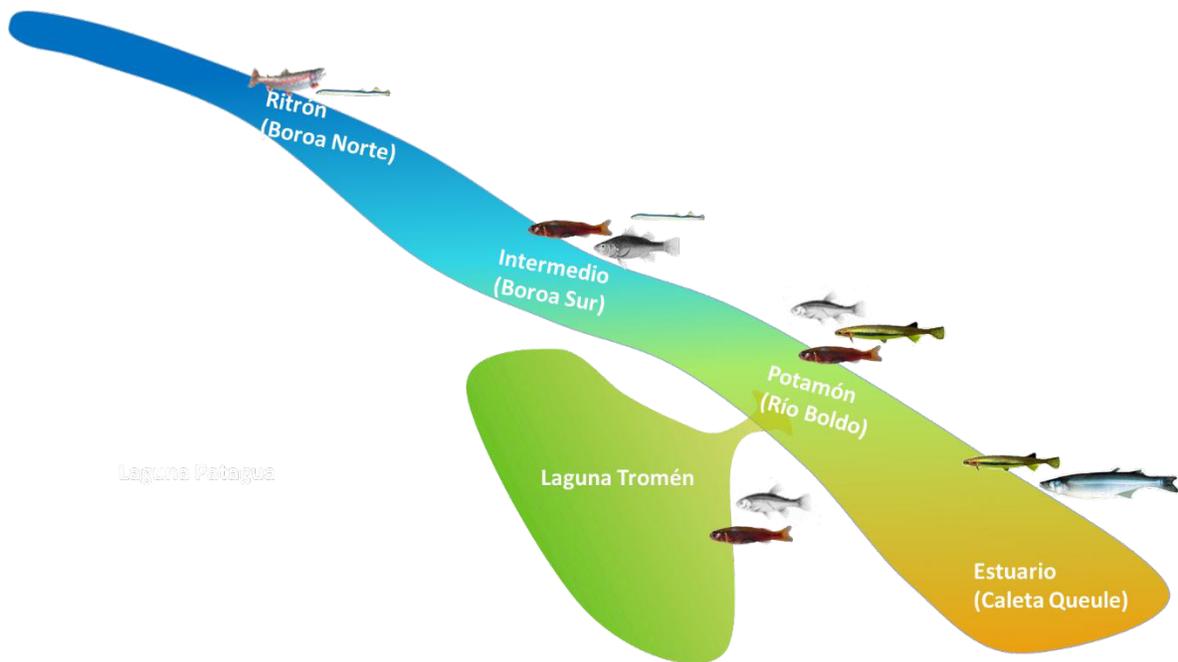
En este último muestreo realizado en el verano de 2024, se ha podido registrar y analizar la estructura del ensamble en la época de verano, lo cual es relevante dado que es la época de menor caudal, por lo cual es posible acceder al canal central del río. A pesar de la invaluable importancia de este 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.

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 En Peligro 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).

## *Recomendaciones Futuras*

Enfatizamos la sugerencia de continuar considerando Los puntos mencionados en los informes anteriores: **1)** conocer la dinámica temporal de la ictiofauna, considerando las fluctuaciones de caudal e intrusión marina, y como los ensambles se ajustan a estas variaciones, para esto es necesaria la evaluación de al menos dos temporadas 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)** 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 mesohábitat de estuario. **3)** Además del muestreo de peces, se sugiere realizar un muestreo de datos complementarios de calidad de agua, en el cual se incluya nutrientes (fósforo, nitrógeno y azufre total). Los nutrientes son componentes esenciales del ecosistema, permite su funcionamiento dado que son elementos esenciales para los tejidos de todos los organismos vivos. Sin embargo, cuando estos compuestos están en concentraciones mayores en los ecosistemas de humedal puede producir contaminación y eutrofización. Dado estos efectos, es que es importante poder generar un monitoreo en el tiempo de estos compuestos, como principio precautorio, como también para conocer las concentraciones normales en los diferentes mesohábitats de la cuenca. También, análisis de fitobentos y macrófitas, permitirá establecer el estatus de la base trófica en el ecosistema, lo cual es primordial para conocer el funcionamiento natural los ecosistemas de humedal en la cuenca, como también potenciales especies invasoras, como el didymo (*Didymosphenia geminata*).



**Figura 10.** Representación ilustrativa y simplificada de la cuenca, considerando los mesohábitats evaluados y los sitios propuestos en cada uno para la continuidad del monitoreo. Además, se visualizan las principales especies registradas en cada mesohábitat.

### Estrategia de Biomonitorio

Con el fin de simplificar el diseño de muestreo para futuros monitoreos, considerando la optimización de los recursos disponibles, o futuros fondos concursables para generar una continuidad al biomonitorio, se sugieren 4 sitios claves en la cuenca (Fig. 10), cuyo detalle es descrito en base a lo registrado y características de accesibilidad de los sitios. Esto con el fin de generar un soporte a la propuesta realizada.

- 1) **Boroa Norte:** este sitio si bien posee menor riqueza de especies nativas, representa el mesohábitat de ritrón. Continuar con el monitoreo en esta zona, permitirá tener un control de las poblaciones de los dos salmónidos invasores, como también de los sitios de reproducción de la especie migratoria *G. australis* (lamprea). En base a la bibliografía disponible de la especie, este mesohábitat, y este sitio en concreto reúne las características de los sitios de postura de la especie, tal como fue descrito para la especie en su rango de distribución en Nueva Zelanda; presencia de bolones y una profundidad no más allá de los 50 cm (Baker et al. 2017).

- 2) **Boroa Sur:** Este sitio representa el mesohábitat de cauce intermedio, el cual posee mayor heterogeneidad de hábitats, lo cual ha permitido el establecimiento de especies nativas como el puye (*B. bullocki*) rojo y carmelita (*P. gillissi*) e introducidas, ambas especies de salmónidos (*O. mykiss*), registrándose los mayores valores de riqueza y de diversidad de los sitios analizados en la cuenca. Este sitio, en particular, es más accesible que el otro sitio muestreado de este mesohábitat, Boldo Alto. En general, se han registrado las mismas especies, por esta razón hay que establecer el criterio de accesibilidad para determinar la idoneidad para una continuidad en el biomonitoreo.
- 3) **Río Boldo y Laguna Tromen:** este sitio representa el mesohábitat de potamon, caracterizado por una disminución de la velocidad de corriente, aumento en la cantidad de sedimento y presencia de vegetación emergida. Por esta razón está caracterizado principalmente por la alta abundancia de puye rojo (*B. bullocki*). Su conexión con la laguna Tromen es estratégica para esta especie, dado que se han registrado ejemplares grávidos en la laguna en la época de otoño-invierno, por lo cual este sitio es clave para la reproducción de esta especie. Se propone para la continuidad del biomonitoreo, que se establezca ambos sitios como uno solo dada la conectividad, considerando dos hábitats diferentes para ser muestreados, en especial en la época de otoño-invierno.
- 4) **Caleta Queule:** este sitio representa el mesohábitat de estuario, el cual difiere de los otros sitios de la cuenca dada la fuerte influencia marina. Esta característica es primordial y explica la estructura del ensamble, dominada principalmente por el pejerrey del norte (*O. brevianalis*), y el puye chico (*G. maculatus*), con la presencia de especies marino-costeras como la lisa (*Mugil cephalus*) y el róbalo (*Eleginops maclovinus*). Sin embargo, se sugiere un cambio en la ladera del río muestreada, a la norte, dado que el área de pesca es más idónea y permitirá registrar más especies e individuos.

Tal como se menciona más arriba, los fondos disponibles son esenciales para la continuidad del biomonitoreo. Por esta razón, se sugiere la colaboración con centros de investigación que permita acceder a fondos concursables, y a personal científico-técnico para su ejecución. Las estrategias de colaboración pueden permitir, además, la ejecución de investigaciones complementarias como análisis de dieta de las especies invasoras para conocer los efectos en especies nativas, tramas tróficas y establecimiento de modelos socio-ecológicos para generar estrategias de conservación,

por mencionar algunos temas relevantes y que podrían ser un gran soporte al conocimiento y gestión.

## 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.

Baker, C. F., Jellyman, D. J., Reeve, K., Crow, S., Stewart, M., Buchinger, T., & Li, W. (2017). First observations of spawning nests in the pouched lamprey (*Geotria australis*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 74(10), 1603-1611.

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: Dioctophymatoidea) 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.** 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*

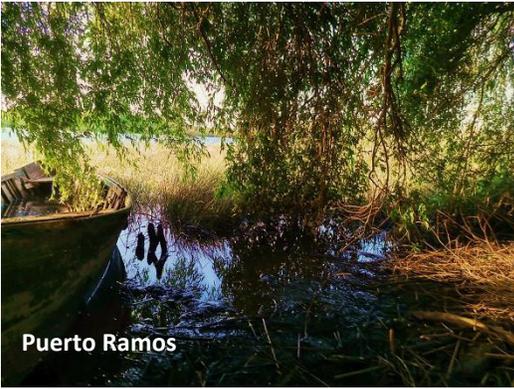
**Anexo 2.** Sitios de estudio en la cuenca del río Queule durante la temporada de primavera 2021.



Caleta Queule



Balsa Nigüe



Puerto Ramos



Río Boldo



Río Boroa



Laguna Patagua

**Anexo 3.** Sitios de estudio en la cuenca río Queule durante la temporada de otoño 2022.



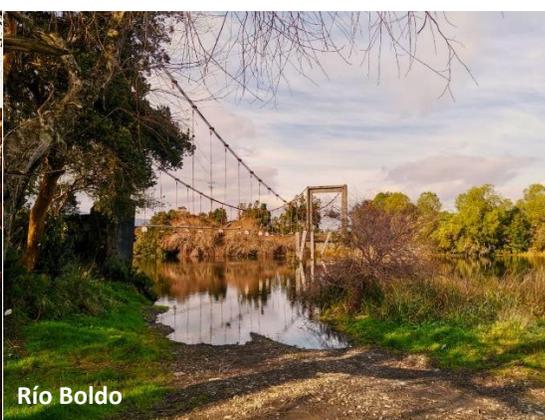
Caleta Queule



Balsa Nigue



Puerto Ramos



Río Boldo



Río Boroa



Laguna Patagua

**Anexo 4.** Sitios de estudio en la cuenca del río Queule incorporados en el monitoreo en la temporada de otoño 2022.



**Anexo 5.** Sitios de estudio en la cuenca del río Queule incorporados en el monitoreo en la temporada de primavera 2022.

