

INFORME MUESTREO DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS

HUMEDAL DEL RÍO QUEULE

Marzo 2024

Mg. MARÍA JESÚS SUAZO SILVA



El presente informe da a conocer los resultados de la campaña de muestreo realizado los días 15-16-17 de marzo del año 2024 en los humedales del río Queule.

Tabla de contenido

1. INTRODUCCIÓN	4
2. MATERIALES Y MÉTODOS	5
2.1 Muestreo de Macroinvertebrados	6
2.1.2 Colecta de macroinvertebrados: red Surber	6
2.1.3 Colecta de macroinvertebrados: red de mano	7
2.1.4 Colecta de macroinvertebrados: red de mano y Red tipo D	8
3. RESULTADOS.....	9
3.2 Análisis general de la comunidad de macroinvertebrados y calidad de agua en Humedal río Queule	10
3.2.1 Comunidad de macroinvertebrados Humedal río Queule	10
3.2.2 Calidad de agua Humedal río Queule	13
3.3 Comparación histórica de la comunidad de macroinvertebrados y variables físico-químicas	15
3.3.1 Comparación histórica punto monitoreo Queule 2	15
3.3.2 Comparación histórica parámetros Físico-Químicos punto monitoreo Queule 2	17
3.3.3 Comparación histórica punto monitoreo Balsa Nigüe	18
3.3.4 Comparación histórica parámetros Físico-Químicos punto monitoreo Balsa Nigüe.....	20
3.3.5 Comparación histórica punto monitoreo Puralaco.....	21
3.3.6 Comparación histórica parámetros Físico-Químicos punto monitoreo Puralaco	23
3.1.4 Comparación histórica punto monitoreo Boroa Sur	24
3.2.4 Comparación histórica parámetros Físico-Químicos punto monitoreo Boroa Sur	26
3.1.5 Comparación histórica punto monitoreo Puerto Ramos	27
3.2.5 Comparación histórica parámetros Físico-Químicos punto monitoreo Puerto Ramos	28
3.1.6 Comparación histórica punto monitoreo Boroa	29
3.2.6 Comparación histórica parámetros Físico-Químicos punto monitoreo Boroa.....	31
3.1.7 Comparación histórica punto monitoreo Boroa Norte	32
3.2.7 Comparación histórica parámetros Físico-Químicos punto monitoreo Boroa Norte.....	34
3.1.8 Comparación histórica punto monitoreo Boldo Alto	35
3.2.8 Comparación histórica parámetros Físico-Químicos punto monitoreo Boldo Alto	37
3.1.9 Comparación histórica punto monitoreo Puente Boldo.....	38
3.2.9 Comparación histórica parámetros Físico-Químicos punto monitoreo Puente Boldo	40

3.1.10 Comparación histórica punto monitoreo Laguna Patagua.....	41
3.2.10 Comparación histórica parámetros Físico-Químicos punto monitoreo Laguna Patagua	43
3.3 Índice de calidad de agua: Índice Biótico de familia modificado para Chile.....	44
3.3.1 Índice Biótico Familia Balsa Nigüe	44
3.3.2 Índice Biótico Familia Puralaco	45
3.3.3 Índice Biótico Familia Boroa Sur	46
3.3.4 Índice Biótico Familia Puerto Ramos	47
3.3.5 Índice Biótico Familia Boroa	48
3.3.6 Índice Biótico Familia Boroa Norte	49
3.3.7 Índice Biótico Familia Boldo Alto.....	50
3.3.8 Índice Biótico Familia Puente Boldo	51
3.3.9 Índice Biótico Familia Laguna Tromén	52
3.3.10 Índice Biótico Familia Laguna Patagua	54
3.4 Propuesta monitoreo de seguimiento	55
4. CONCLUSIONES.....	57
5. BIBLIOGRAFÍA	58
6. ANEXOS	59

1. INTRODUCCIÓN

Los Macroinvertebrados bentónicos corresponden a invertebrados que habitan sobre el fondo de los sistemas acuáticos durante todo su ciclo de vida o parte de éste (Alba-Tercedor, 2005). Estos organismos del zoobento pueden vivir enterrados en el fango y la arena, adheridos a troncos, rocas y vegetación sumergida (Roldán, 1996). De acuerdo con su tamaño se pueden clasificar en Microinvertebrados, los cuales son individuos de pequeño tamaño ($< 100 \mu\text{m}$), entre los cuales se distinguen los grupos Protozoa, Nemátoda, Rotífera y Artrópoda (Branchiopoda, Ostracoda y Maxillopoda) (Alba-Tercedor, 2005) y los Macroinvertebrados, que corresponden a organismos de mayor tamaño, generalmente visibles al ojo humano ($200\text{-}500 \mu\text{m}$) (Rosemberg & Resh 1993; Oscoz et al., 2011) y de los cuales se identifican grupos como Annelida, Artrópoda (Insecta, Arachnida y Crustacea), Coelenterata, Mollusca, Porífera, Platyhelminthes, Nemátoda y Nematomorpha (Domínguez & Fernández, 2009; Oscoz et al., 2011).

Los Macroinvertebrados juegan un rol importante en los sistemas dulceacuícolas principalmente en todos los procesos ecológicos. En sistemas acuáticos como los humedales los macroinvertebrados participan en el funcionamiento ecológico, favoreciendo los procesos de descomposición de materia orgánica, ciclo de nutrientes y la regulación de las comunidades de plantas acuáticas (Batzer & Boix 2016, Zimmer et al., 2016).

La localización geográfica y elementos preponderantes como el clima pueden regular la estructura comunitaria de macroinvertebrados, por ejemplo, en zonas frías con marcada estacionalidad, donde la composición puede variar acentuadamente entre invierno y verano (Silver et al., 2012). Pero durante la última década, los estudios han demostrada que el cambio de uso de suelo ha sido uno de los principales motores de la pérdida de biodiversidad en sistema acuáticos (Van Diggelen et al., 2005; Park et al., 2006). Dado lo anterior, es importante mantener monitoreos constantes de la presencia o ausencia de organismos, ya que nos ofrecen una respuesta rápida de la salud del ecosistema, tanto en una dimensión espacial como temporal.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio comprende 11 estaciones (Figura 1) en el humedal del río Queule, el cual se ubican en la comuna de Toltén en la Región de La Araucanía. De acuerdo con el catastro de humedales desarrollado por CONAMA en el año 2008, la comuna de Toltén cuenta con la mayor superficie de humedales, con más de 5.700 há, siendo la cuenca costera del río Queule la que concentra la mayor cantidad de estos espacios naturales (Seremi de Medio Ambiente, 2016). Estudios recientes señalan que la unidad base es la cuenca del río Queule, el cual presente un sistema hidrológico que abarca una superficie de alrededor de 699 km², de los cuales el 89,6 km² son terrenos cubiertos por humedales (Ministerio del Medio Ambiente, 2020). En la Tabla 1 se informan las coordenadas de cada punto de monitoreo de la temporada verano 2024.



Figura 1. Puntos de muestreo para Macroinvertebrados bentónicos del humedal río Queule, verano 2024.

Tabla 1. Coordenadas puntos de monitoreo, verano 2024

Estación Monitoreo	X	Y
Queule 2	653343	5637838
Balsa Nigüe	655480	5646259
Puralaco	658594	5648086
Boroa Sur	664135	5649221
Boldo Alto	680962	5655183
Borao Norte	662193	5655093
Puerto Ramos	657177	5652174
Boroa	658787	5655448
Puente Boldo	658568	5656668
*Laguna Tromén	658550	5656785
Laguna Patagua	655526	5657823

En la temporada verano 2024, no se evaluó el punto de monitoreo Laguna Tromén, ya que al momento de la toma de muestra el cuerpo de agua se encontraba con una profundidad muy baja, posiblemente producto a la temporada estival.

2.1 Muestreo de Macroinvertebrados

Dependiendo del tipo de hábitats presente en los sistemas acuáticos, se requiere utilizar diferentes metodologías e instrumentos para llevar a cabo la toma de muestra, y así asegurar la representatividad del punto de muestreo. Las redes surber, por ejemplo, son utilizadas en zonas con aguas corrientes y éstas no deberían ser usadas en el estudio de sistema lénticos, a menos que se genere una corriente artificial (Domínguez & Fernández, 2009), para zonas sin corriente y con sustrato limoso-arcilloso o fangoso se requiere utilizar metodologías de extracción como corer, red de pateo (kick net), draga, entre otras.

2.1.2 Colecta de macroinvertebrados: red Surber

La colecta se realizó por medio de una red surber de 30 cm x 30 cm, con una apertura de malla de 500 µm aproximadamente, la cual fue situada en contra de la corriente en el cuerpo de agua por alrededor de 5 minutos (Figura 2). Esta metodología fue utilizada en las estaciones de muestreo Borao Sur, Boroa Norte y Boldo Alto, ya que son sistemas con características lólicas. Los organismos capturados fueron fijados en etanol al 90% y almacenados en frascos plásticos para su posterior análisis. La identificación se hizo utilizando una lupa estereoscópica, con claves taxonómicas de Domínguez & Fernández (2009), Palma (2013), identificando a nivel de familia, género y/o especie, y en algunos casos a nivel clase o subclase.



Figura 2. Extracción de macroinvertebrados sector ritrónico, lótico.

2.1.3 Colecta de macroinvertebrados: red de mano

Se utilizó una red de mano en los sitios de muestreo donde se encontraba vegetación sumergida y flotante, moviendo la red por el espejo de agua y alrededor de la vegetación, para la captura de organismos que estuvieran suspendidos en el momento de la toma de muestra o agarrados de la vegetación, la metodología fue realizada desde una embarcación en zonas con sustrato muy blando. Los organismos capturados fueron fijados en etanol al 90% y almacenados en frascos plásticos para su posterior análisis. Para la identificación se utilizó una lupa estereoscópica, con claves taxonómicas de Domínguez & Fernández (2009), Palma (2013), identificando a nivel de familia, género y/o especie, y en algunos casos a nivel clase o subclase.

2.1.4 Colecta de macroinvertebrados: red de mano y Red tipo D

Se utilizó una red de mano en los sitios de muestreo donde se encontraba vegetación sumergida y flotante, moviendo la red por el espejo de agua y alrededor de la vegetación, para la captura de organismos que estuvieran suspendidos en el momento de la toma de muestra o agarrados de la vegetación, la metodología fue realizada desde una embarcación en zonas con sustrato muy blando. Los organismos capturados fueron fijados en etanol al 90% y almacenados en frascos plásticos para su posterior análisis. Para la identificación se utilizó una lupa estereoscópica, con claves taxonómicas de Domínguez & Fernández (2009), Palma (2013), identificando a nivel de familia, género y/o especie, y en algunos casos a nivel clase o subclase.



Figura 3. Extracción de macroinvertebrados desde vegetación con red tipo D.

2.2 Variables físico-químicas básicas.

Se midieron variables físico-químicos, mediante una sonda multiparámetro marca Hanna HI98194 en cada punto de monitoreo, registrando los datos en una planilla para su posterior análisis.

3. RESULTADOS

3.1 Muestreo Macroinvertebrados Verano 2024

Se identificaron un total de 108 individuos en los 10 puntos de monitoreo en la temporada verano 2024, las cuales se distribuyeron en 4 phylum, 5 clases, 9 órdenes y 21 familias (Tabla 2). Los phylum identificados corresponden a Artrópoda, Annelida, Mollusca y Platyhelminthes. La identificación de los individuos se realizó mediante la captura y fijación de muestra (en los casos donde no se pudo identificar en terreno), en cuanto a la fauna acuática acompañante(*) e individuos identificados *in situ* fueron devueltos a su hábitat con el propósito de impactar lo menos posible los sitios monitoreados.

Tabla 2. Listado de individuos colectados en el muestreo humedal del río Queule, verano 2024.

Phylum	Clase/subclase	Orden	Familia
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Hydropsychidae
			Leptoceridae
			Hydrobiosidae
		Coleóptera	Psephenidae
		Ephemeroptera	Baetidae
			Onicogastridae
			Leptophlebiidae
		Díptera	Chironomidae
			Simuliidae
		Plecóptera	Gripopterygidae
	Diamphipnoidae		
	Perlidae		
	Megaloptera	Corydalidae	
Malacostraca	Amphipoda	Corophiidae	
		Hyallelidae	
	Decápoda	*Aeglidae	
			Parastacidae
Annelida	Oligochaeta		
Mollusca	Gastrópoda		*Chilinae

Mollusca	Gastrópoda		Ancylidae
Mollusca	Gastrópoda		Amnicolidae
Platyhelminthes	Turbellaria	Tricladida	Dugesiiidae

3.2 Análisis general de la comunidad de macroinvertebrados y calidad de agua en Humedal río Queule

3.2.1 Comunidad de macroinvertebrados Humedal río Queule

De acuerdo con lo informado, en el humedal del río Queule se registraron un total de 35 taxones y 809 individuos (Anexo 1) en 11 puntos de monitoreo durante un periodo de tres años desde el 2021 al 2024, abarcando las temporadas de otoño, primavera y verano. La temporada que presentó el mayor registro, tanto en términos de riqueza taxonómica como de abundancia de individuos, fue primavera, acumulando 30 taxones y 549 individuos.

Es importante destacar que algunos taxones fueron identificados a lo largo de todas las temporadas muestreadas (Anexo 1), mientras que otros solo se registraron en una temporada específica, lo que sugiere una variación estacional en la composición de la comunidad.

Tabla 3. Abundancia y Diversidad de taxones en campañas del 2021 al 2024 en el Humedal del río Queule.

	Otoño	Primavera	Verano	Total Humedal
Abundancia	174	549	89	808
Diversidad	24	30	21	35

Técnicamente, los registros estacionales de los organismos acuáticos pueden explicarse por sus ciclos de vida. En las regiones tropicales y subtropicales, donde las condiciones ambientales son más estables a lo largo del año, es posible encontrar tanto formas adultas como larvas de estos organismos durante todo el año. Sin embargo, en las áreas templadas, la mayoría de las especies solo se registran desde la primavera hasta el otoño, debido a las marcadas diferencias entre las estaciones (Domínguez & Fernández, 2009).

Generalmente, las larvas suelen aparecer principalmente a comienzos del verano, cuando las condiciones ambientales son más propicias para su desarrollo. Este patrón estacional está estrechamente relacionado con los ciclos de vida de los organismos, en los cuales pasan por estados inmaduros (como ninfas) durante el invierno y la primavera, para luego emerger en forma adulta

durante el verano. Los muestreos realizados en primavera y verano, por lo tanto, suelen presentar una mayor riqueza y abundancia de organismos, reflejando estas dinámicas estacionales.

De acuerdo con la información presentada en la Tabla 4 y Figura 4, el punto de monitoreo que registró la mayor abundancia de individuos durante las campañas realizadas entre 2021 y 2023 fue Boroa Norte (BON). En este sitio se contabilizaron 155 individuos, distribuidos en un total de 15 taxones, siendo el punto con la mayor riqueza taxonómica. Esto se atribuye principalmente a las características favorables del hábitat en Boroa Norte (BON), el cual se caracterizaba por presentar escasa perturbación antrópica, estar ubicado en la zona de cabecera con abundante vegetación y una buena oxigenación de las aguas. Estos factores han permitido el desarrollo de una comunidad acuática más diversa y abundante en este punto de monitoreo en comparación al resto de sitios evaluados.

Tabla 4. Abundancia y Diversidad de taxones por punto de monitoreo entre los años 2021 y 2024 en el Humedal del río Queule.

	Que	BN	PR	BO	BON	BOR	BOS	BOA	PU	LP	LT
Abundancia	55	51	23	96	155	21	141	66	96	43	61
Riqueza	2	8	5	9	15	5	8	9	12	8	5

Que: Quele 2, BN: Balsa Nigüe, PR: Puerto Ramos, BO: Boldo, BON: Boroa Norte, BOR: Boroa, BOS: Boroa Sur, BOA: Boldo Alto, PU: Puralaco, LP: Laguna Patagua, LT: Laguna Tromén

Por otro lado, el punto Boroa Sur (BOS) se posicionó como el segundo con mayor abundancia, registrando 141 individuos distribuidos en 8 taxones. Boroa Sur (BOS) se encuentra en la zona media de la cuenca, presentando características propias de un río en una matriz vegetacional exótica. El punto Puralaco (PU) también presentó una abundancia alta de organismos, registrándose 96 individuos distribuidos en 12 taxones, siendo más diverso que el punto Boldo (BO). La diferencia entre estos dos últimos radica en que, si bien Boldo (BO) presentó una abundancia ligeramente mayor, estuvo dominado por la familia Janiiridae, lo que aumentó el recuento total de organismos, a diferencia de Puralaco (PU) donde la distribución de los organismos fue más uniforme entre los taxones identificados.

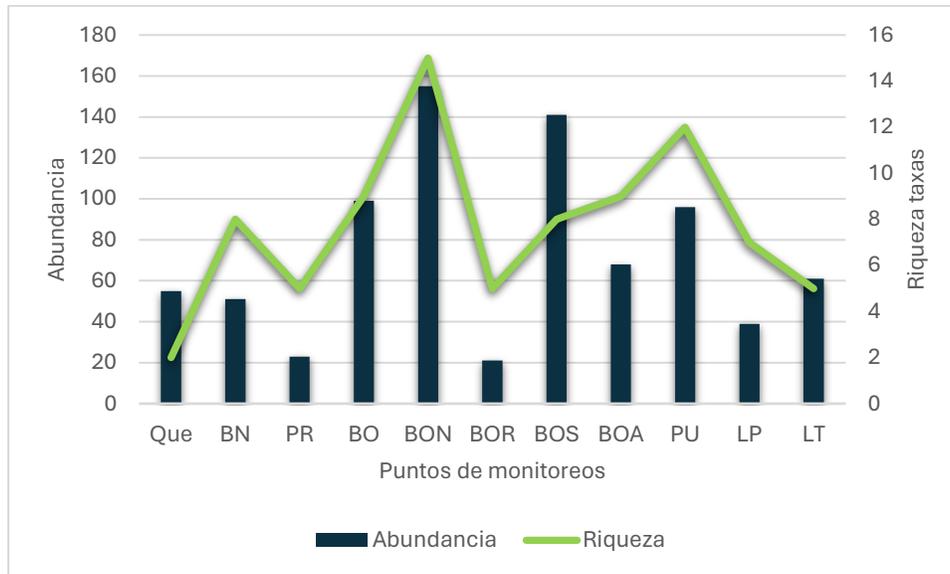


Figura 4. Abundancia y Diversidad de taxones por punto de monitoreo entre los años 2021 y 2024 en el Humedal del río Queule.

Acorde con la información proporcionada, la familia más abundante en el humedal del río Queule durante el periodo de estudio de tres años fue Leptophlebiidae (Figura 5, Anexo 1), perteneciente al orden Ephemeroptera, con un total de 192 individuos registrados. Cabe destacar que esta familia fue identificada en las tres temporadas de monitoreo (otoño, primavera y verano), lo que sugiere que es un componente importante y persistente de la comunidad acuática en este humedal.

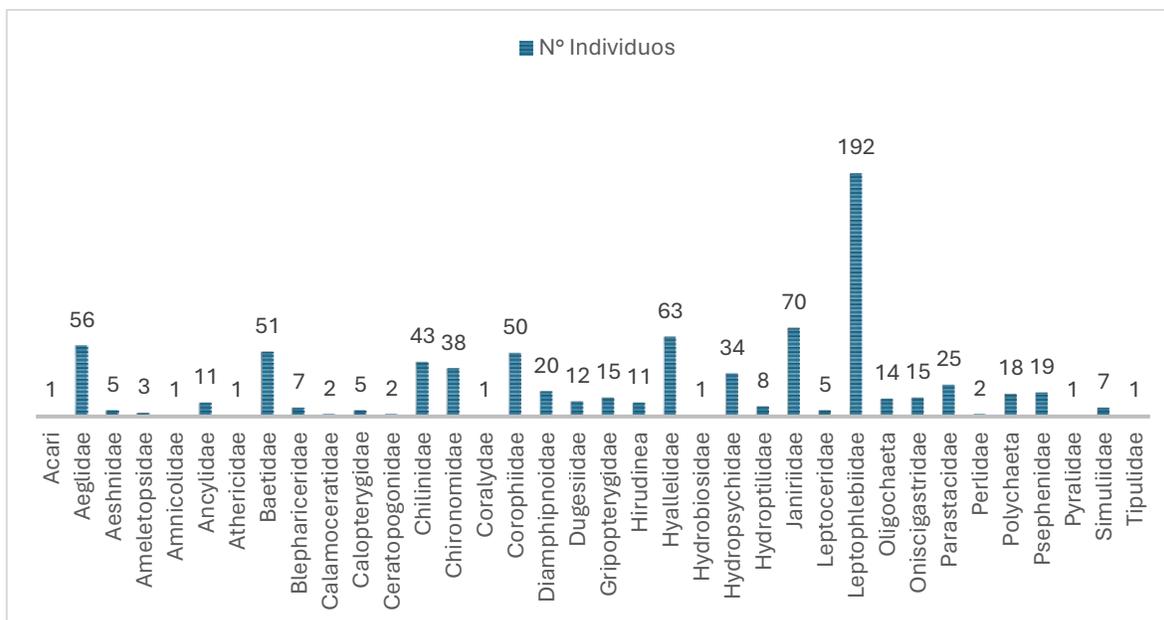


Figura 5. Abundancia de taxones identificados en puntos monitoreados entre los años 2021 y 2024 en el Humedal del río Queule.

Otras familias relevantes en términos de abundancia fueron Janiriidae (Figura 5, Anexo 1) del orden Isópoda, con 70 individuos registrados en las temporadas de otoño y primavera, y Hyallellidae (Anexo 1), con 63 individuos encontrados en las tres temporadas de muestreo (otoño, primavera y verano). Es importante mencionar que en secciones posteriores de este documento se proporcionará información más detallada sobre la abundancia de los diferentes taxones registrados, desglosada por temporada y por punto de muestreo. Esto permitirá un análisis más exhaustivo de la composición y dinámica de la comunidad acuática en el humedal del río Queule.

3.2.2 Calidad de agua Humedal río Queule

El índice de calidad del agua IBF modificado para Chile, desarrollado por Figueroa et al., 2007, fue utilizado en las estaciones con características dulceacuícolas. Este índice implica una evaluación cuantitativa de las familias presentes en el agua, así como la asignación de un valor de tolerancia (ver Anexo 2) para cada una de ellas. El valor resultante se asocia a una de las cinco clases de calidad de agua (Tabla 5). El valor de tolerancia de las familias, según el IBF, proporciona un método para clasificar la tolerancia de diferentes familias a un sistema perturbado. Las puntuaciones por debajo de 5 puntos sugieren aguas más limpias y menos perturbadas, mientras que puntuaciones por encima de 5 puntos indican aguas perturbadas o muy perturbadas, especialmente si se encuentran familias con puntuaciones por encima de 7 puntos. Esta clasificación basada en la tolerancia de las familias brinda una forma útil de evaluar la salud y la calidad del ecosistema acuático.

En este análisis se omite el punto de monitoreo Queule 2, por ser un punto con características salinas y los taxones registrados no se encuentran clasificados en la tabla de valor de tolerancia (Anexo 2). Por otro parte, también se excluyen dentro del análisis las familias Corixidae y Corophiidae por no estar presentando en la tabla de tolerancia, lo que hará que baje la abundancia en algunos puntos de monitoreo.

Tabla 5. Cinco clases de calidad de agua, Índice Biótico de Familia modificado ríos Mediterráneos de Chile.

Clase	ChIBF	Características ambientales	Color
I	0,00-3,75	Muy bueno, no perturbado	
II	3,76-4,63	Bueno, moderadamente perturbado	
III	4,64-6,12	Regular, perturbado	
IV	6,13-7,25	Malo, muy perturbado	
V	7,26-10,00	Muy Malo, fuertemente perturbado	

De acuerdo con el análisis general de la salud ecosistémica del humedal del río Queule, excluyendo el punto de muestreo Queule debido a sus características salobres y no dulceacuícolas, se obtuvo un puntaje promedio de 5,0 a lo largo de los tres años de estudio. Este resultado clasifica el humedal en una condición de "Regular-Perturbado" (Clase III) según el Índice Biótico de Familias modificado para Chile (Tabla 5).

Es importante destacar que los puntajes más bajos, asociados a una excelente y buena calidad de agua, se registraron en la zona de cabecera y las áreas altas del humedal, las cuales presentan características más rítrónicas, con aguas oxigenadas y con mayor corriente. Sin embargo, a medida que se avanza hacia las zonas medias y bajas de la cuenca, los valores del índice comienzan a aumentar, catalogando estos puntos de monitoreo como "perturbados" o "extremadamente perturbados".

Estos resultados sugieren que los impactos generados por las actividades antrópicas que se desarrollan en la zona de influencia, tanto directa como indirecta, alrededor de los cuerpos de agua, podrían ser los principales factores responsables del deterioro de la calidad del agua y la salud ecosistémica en las áreas más bajas del humedal. Es importante destacar que en secciones posteriores de este documento se proporcionará información más detallada sobre la calidad del agua, desglosada por temporada y por punto de monitoreo. Esto permitirá un análisis más

exhaustivo de las variaciones espaciales y temporales de las condiciones ambientales en el humedal del río Queule.

3.3 Comparación histórica de la comunidad de macroinvertebrados y variables físico-químicas

3.3.1 Comparación histórica punto monitoreo Queule 2

Se realizaron seis campañas de monitoreo en el punto Queule 2 (Figura 6), registrándose una abundancia total de 55 individuos. En este punto solo se han registrado dos taxones, *Paracorophium hartmannorum* (Clase Malacostraca, orden Amphipoda, familia Corophiidae) e individuos de la clase Polychaeta.



Figura 6. Punto monitoreo Caleta Queule 2.

Se colectaron taxones en cinco de las seis campañas, siendo otoño 2023 (O-2023), la única campaña de monitoreo en la que no se registraron individuos en esta estación (Tabla 6, Figura 7).

Tabla 6. Número de individuos identificados en seis campañas de monitoreo entre los años 2021 y 2024, Caleta Queule 2. P: Primavera, O: Otoño, V: Verano

Taxas	P-2021	O-2022	P-2022	O-2023	P-2023	V-2024
Corophiidae	7	20	0	0	3	7
Polychaeta	0	8	10	0	0	0
Total	7	28	10	0	3	7

La estación otoño 2022 (O-2022) fue la que presento mayor abundancia de todas las épocas monitoreadas con un total de 28 individuos y en la cual se registraron ambos taxones (Figura 7).

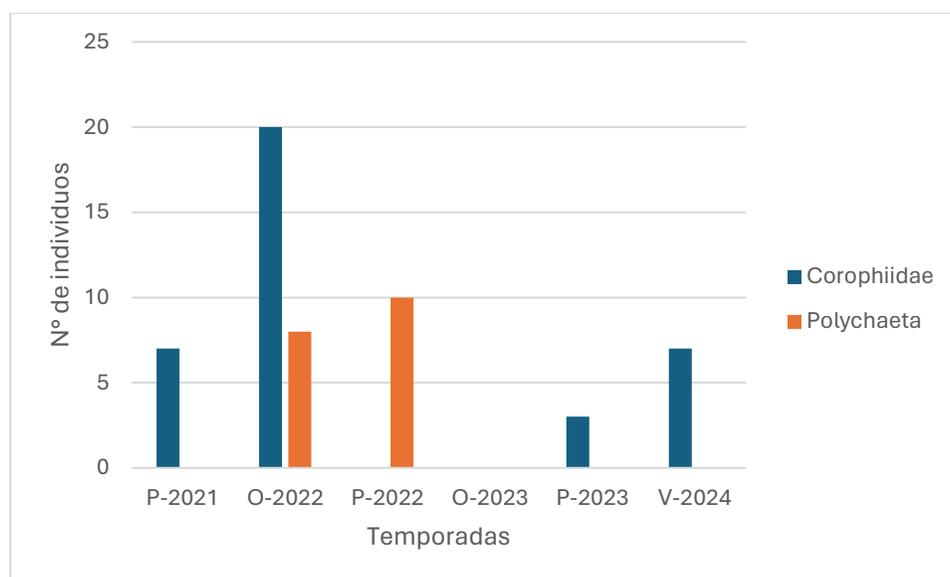


Figura 7. Número de individuos identificados en seis campañas de monitoreo entre los años 2021 y 2024, Caleta Queule 2. P: Primavera, O: Otoño, V: Verano

Los poliquetos se caracterizan por poseer en cada segmento un par de parapodios, portando numerosas quetas, estos parapodios los utilizan principalmente para locomoción. Se ha observado frecuentemente que los poliquetos de las familias Capitellidae, Spionidae y Cirratulidae están presentes en sectores con distintos grados de contaminación orgánica producto de las descargas domésticas (Méndez, 2002).

La estación presenta baja diversidad y abundancia de organismos, encontrándose solo dos taxones en las seis campañas de monitoreos, los resultados se deben posiblemente a las características del hábitat, con bastante perturbación antrópica, intrusión salina e ingreso de animales domésticos al sector.

3.3.2 Comparación histórica parámetros Físico-Químicos punto monitoreo Queule 2

La temperatura más alta se registró en la temporada de primavera 2022 con 19,2 °C y la más baja en otoño 2022 con 11,3 °C (Tabla 7). El oxígeno disuelto (mg/l) más alto registrado en el último monitoreo realizado en el mes de marzo 2024, correspondiente a la temporada de verano, con una concentración de 14,7 mg/l, al momento de la toma de muestra se pudo observar una gran cantidad de restos biológicos de peces, provenientes de faenas de pesca realizadas en la caleta, la descomposición por bacterias de estos restos en el agua hace que aumenten excesivamente la concentración de oxígeno disuelto para luego caer abruptamente, impactando en la calidad del agua.

La conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) registrada en este punto es la más altas dentro del humedal ya que este hábitat presenta características salinas, el valor máximo se registró en otoño 2023 con 41.690 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y la más baja con 9.053 ($\mu\text{S}/\text{cm}$) en verano 2024 (Tabla 7). Hubo variaciones en los Sólidos Disueltos Totales (TDS) en todas las temporadas, siendo en primavera 2022 el registro más bajo con 5 ppm y el valor más alto en verano 2024 con 4.527 ppm, lo que se relaciona con la descomposición de materia orgánica el día de la toma de muestra.

Tabla 7. Registro de parámetros físico-químicos en temporadas otoño, primavera y verano entre los años 2021 al 2024, Caleta Queule. P: Primavera, O: Otoño, V: Verano

Temporadas	T (°C)	pH	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	TDS (ppm)	OD (mg/l)
P-2021	15,5	7,2	11.980	6	8,1
O-2022	11,3	7,8	23.285	11	7,7
P-2022	19,2	7,4	10.980	5	0,4
O-2023	11,6	7,3	41.690	20	4,1
P-2023	14,5	6,9	14.600	7	1,3
V-2024	16,8	6,0	9.053	4.527	14,7

Hubo variaciones en los sólidos totales disueltos (TDS) en todas las temporadas, siendo en primavera 2022 el registro más bajo con 5,50 ppm y el valor más alto en verano 2024 con 4.527 ppm, lo que se relaciona con la descomposición de materia orgánica observada el día de la toma de la muestra.

3.3.3 Comparación histórica punto monitoreo Balsa Nigüe

Se realizaron seis campañas de monitoreo en el punto Balsa Nigüe (Figura 8), registrándose una abundancia total de 58 individuos.



Figura 8. Punto monitoreo Balsa Nigüe.

Se identificaron taxones en cinco de las seis campañas de monitoreo, siendo otoño 2023 (O-2023), en la que no se registraron individuos (Tabla 8, Figura 9).

Tabla 8. Número de individuos identificados en seis campañas de monitoreo entre los años 2021 y 2024, Balsa Nigüe. P: Primavera, O: Otoño, V: Verano

Taxas	P-2021	O-2022	P-2022	O-2023	P-2023	V-2024
Hydroptilidae	1	0	0	0	0	0
Leptophlebiidae	1	0	1	0	0	1
Corophiidae	6	13	0	0	1	6
Aeglidae	1	0	3	0	0	1
Clitellata/Hirudinea	2	0	0	0	0	0
Oligochaeta	0	1	4	0	0	0
Chiliniidae	5	1	1	0	15	2
Janiriidae	0	0	0	0	2	0
Oniscigastridae	0	0	0	0	0	1
Total	16	15	9	0	18	11

La estación primavera 2023 (P-2021) fue la que presentó mayor abundancia con un total de 18 individuos y primavera 2021 (P-2021) la más diversa con seis taxones identificados.

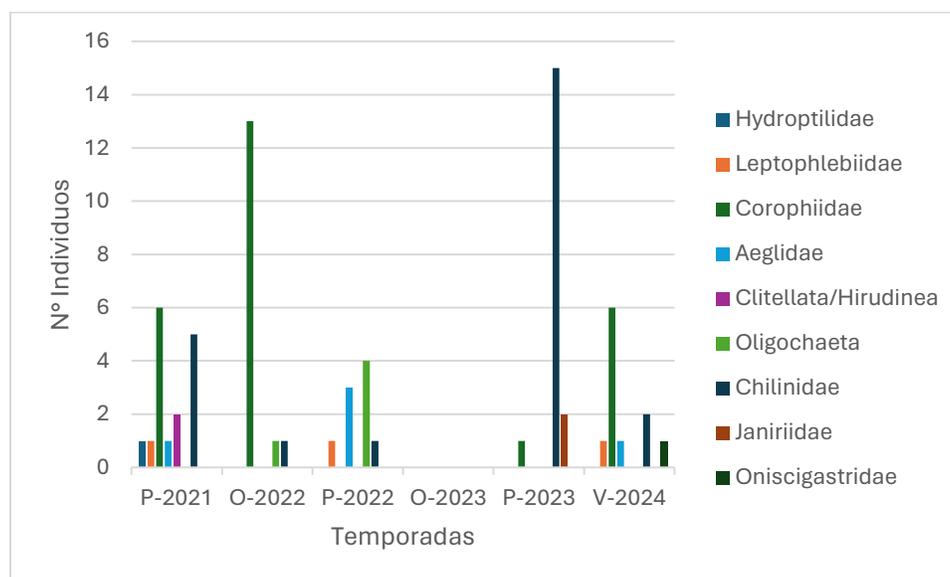


Figura 9. Número de individuos identificados en seis campañas de monitoreo entre los años 2021 y 2024, Balsa Nigüe. P: Primavera, O: Otoño, V: Verano

La estación Balsa-Nigüe presenta una perturbación constante en sus aguas, ya que la balsa cruza varias veces al día de un extremo a otro. La presencia de organismos como las *Chilinas* sp, se relaciona con las características del hábitat presente en la estación, ya que estos géneros de caracoles viven adheridas a rocas, plantas acuáticas o fondos limosos, características presentes el

punto de monitoreo. Otros taxas registrados como Hirudíneas y Oligochaetas son indicadoras de contaminación orgánicas o pueden sobrevivir en hábitats con este tipo de contaminación.

3.3.4 Comparación histórica parámetros Físico-Químicos punto monitoreo Balsa Nigüe

La temperatura más alta se registró en la temporada de primavera 2022 con 18,5 ° C y la más baja en otoño 2023 con 11,7 ° C (Tabla 9). El oxígeno disuelto (mg/l) más alto registrado fue en otoño 2022 con 8,3 mg/l y la más baja en primavera 2022 con 0,6 mg/l.

La conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) registrada en este punto fue de 70 $\mu\text{S}/\text{cm}$ la más alta en otoño 2023 y de 40 $\mu\text{S}/\text{cm}$ la más baja en otoño 2021 (Tabla 9). Cabe destacar que este punto de monitoreo presenta influencia marina en algunas horas del día, comportándose como un cuerpo estuarino.

Tabla 9. Registro de parámetros físico-químicos en temporadas otoño y primavera entre los años 2021 al 2024, Balsa Nigüe. P: Primavera, O: Otoño, V: Verano

Temporadas	T (°C)	pH	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	TDS (ppm)	OD (mg/l)
P-2021	17,9	7,7	40	24	8,3
O-2022	11,7	8,3	58	29	8,7
P-2022	18,2	7,9	44	22	0,6
O-2023	11,7	8,7	70	35	4,8
P-2023	15,2	6,9	47	24	7,9
V-2024	17,6	6,4	63	32	7,3

Los sólidos totales disueltos (TDS) más alto se registraron en la temporada otoño 2023 con 35 ppm y el más bajo en primavera 2022 con 22 ppm, lo que concuerda con los registros de conductividad eléctrica en esa temporada siendo una de las más bajas registradas. El pH tuvo variaciones en las distintas temporadas monitoreadas, registrándose valores alcalinos en las temporadas de otoño 2022 y 2023 y un valor tendiente a la acidez en las temporadas de primavera 2023 y verano 2024.

3.3.5 Comparación histórica punto monitoreo Puralaco

Se realizaron cuatro campañas de monitoreo en el punto Puralaco (Figura 10), registrándose una abundancia total de 96 individuos, siendo el punto con la tercera mayor abundancia registrada en toda el área de monitoreo (Tabla 4, Figura 4).



Figura 10. Punto monitoreo Puralaco.

Se registraron taxones en las cuatro campañas de monitoreo (Tabla 10), siendo primavera 2022 (P-2022), la que presento la mayor abundancia con 46 individuos y la segunda mayor diversidad, luego de O-2023 (otoño-2023) con 16 individuos distribuidos en 8 taxones (Tabla 10, Figura 11).

Tabla 10. Número de individuos identificados en cuatro campañas de monitoreo entre los años 2022 y 2024, Puralaco. P: Primavera, O: Otoño, V: Verano

Taxas	P-2022	O-2023	P-2023	V-2024
Ameletopsidae	1	1	0	0
Baetidae	10	1	3	1
Blephariceridae	0	3	0	0
Ceratopogonidae	1	0	0	0
Chironomidae	0	2	0	0
Gripopterygidae	1	2	2	2
Hydropsychidae	0	2	3	4
Leptophlebiidae	25	1	4	4
Psephenidae	7	4	2	2
Simuliidae	1	0	1	3
Hydrobiosidae	0	0	2	1
Total	46	16	17	17

En el punto de monitoreo Puralaco se identificaron familias indicadoras de buena calidad de agua como Ameletopsidae, Blephariceridae, Psephenidae, entre otras. Las familias con mayor frecuencia registrada en temporadas de otoño y primavera fueron Baetidae, Gripopterygidae, Leptophlebiidae y Psephenidae.

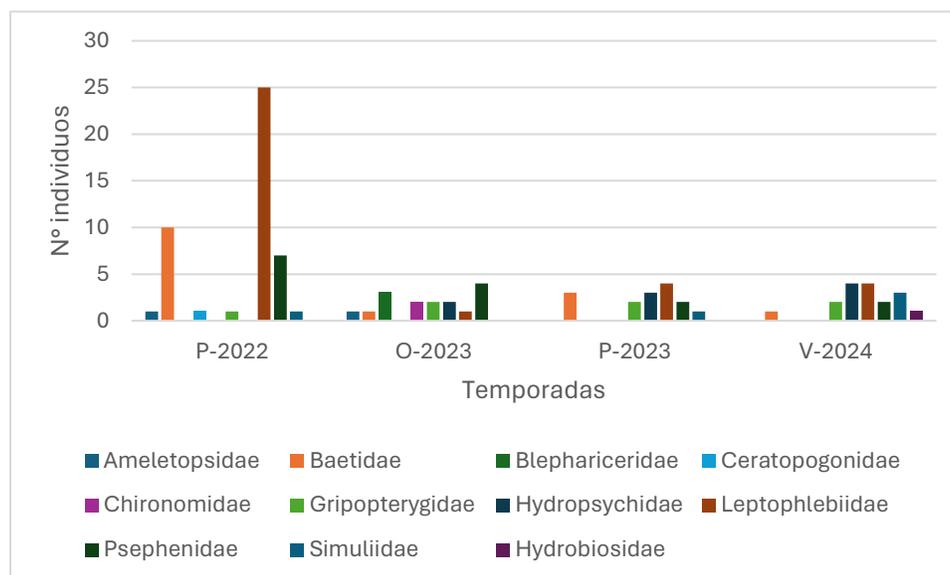


Figura 10. Número de individuos identificados en cuatro campañas de monitoreo entre los años 2022 y 2024, Puralaco. Balsa Nigüe. P: Primavera, O: Otoño, V: Verano

3.3.6 Comparación histórica parámetros Físico-Químicos punto monitoreo Puralaco

Los registros muestran que la temperatura más alta se alcanzó en la primavera de 2022, con 13,6 °C, mientras que la más baja se registró en el otoño de 2023, con 9,8 °C (Tabla 11). El nivel más alto de oxígeno disuelto (mg/l) se observó en el verano de 2024, con 10,5 mg/l (Tabla 11). En contraste, todas las demás temporadas registraron valores por debajo de 2,5 mg/l, lo cual podría deberse a problemas de calibración del equipo multiparámetro o a la toma de muestras a una profundidad muy baja. Este tipo de hábitat tiende a presentar valores de oxígeno más elevados, como lo indica la riqueza de especies registrada en cada temporada, ya que estas requieren niveles altos de oxígeno para sobrevivir. La conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) registrada en este punto fue de 62 $\mu\text{S}/\text{cm}$ la más alta en verano 2024 y de 49 $\mu\text{S}/\text{cm}$ la más baja en otoño 2023.

Tabla 11. Registro de parámetros físico-químicos en temporadas otoño y primavera entre los años 2021 al 2024, Puralaco. P: Primavera, O: Otoño, V: Verano

Temporadas	T (°C)	pH	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	TDS (ppm)	OD (mg/l)
P-2022	13,6	7,6	50	23	2,2
O-2023	9,8	7,1	49	25	1,5
P-2023	9,9	6,9	53	26	1,7
V-2024	12,5	6,8	62	31	10,5

Los sólidos disueltos totales (ppm) alcanzaron su valor más alto en verano 2024, con 31 ppm, y el más bajo en la primavera de 2022, con 23 ppm. En cuanto al pH, el más alcalino se registró en primavera de 2022, siendo este de 7,6 y el más ácido en verano 2024, registrándose un valor de 6,8. Estos resultados evidencian variaciones estacionales en las características físico-químicas del agua del humedal, con mayores concentraciones de sólidos disueltos y mayor acidez durante el verano, en comparación con la primavera. Estas fluctuaciones podrían estar relacionadas con factores ambientales y procesos biogeoquímicos que tienen lugar en el ecosistema a lo largo del año

3.1.4 Comparación histórica punto monitoreo Boroa Sur

Se realizaron cinco campañas de monitoreo en el punto Boroa Sur (Figura 12), registrándose una abundancia total de 141 individuos, siendo el punto con segunda mayor abundancia registrada en toda el área de estudio (Tabla 4, Figura 4).



Figura 12. Punto monitoreo Boroa Sur.

Se registraron taxones en las cinco campañas de monitoreo, siendo primavera 2023 (P-2023), las más diversa y abundante (Tabla 12, Figura 13).

Tabla 12. Número de individuos identificados en cinco campañas de monitoreo entre los años 2022 y 2024, Boroa Sur. P: Primavera, O: Otoño, V: Verano

Taxas	P-2022	O-2023	P-2023	V-2024
Aeglidae	15	15	15	0
Baetidae	0	0	15	2
Hydropsychidae	2	0	5	0
Leptopceridae	0	0	1	1
Leptophlebiidae	12	5	30	1
Oniscigastridae	3	0	3	0
Tipulidae	0	0	1	0
Parastacidae	3	4	4	4
Total	35	24	74	8

Las características de la estación Boroa sur están asociadas a sistemas fluviales, propios de una zona intermedia de la cuenca. La diversidad encontrada indica que, aunque existen algunas perturbaciones en la zona, como infraestructura, vegetación exótica y animales domésticos, éstas aún no han perturbado de manera considerable el ecosistema.

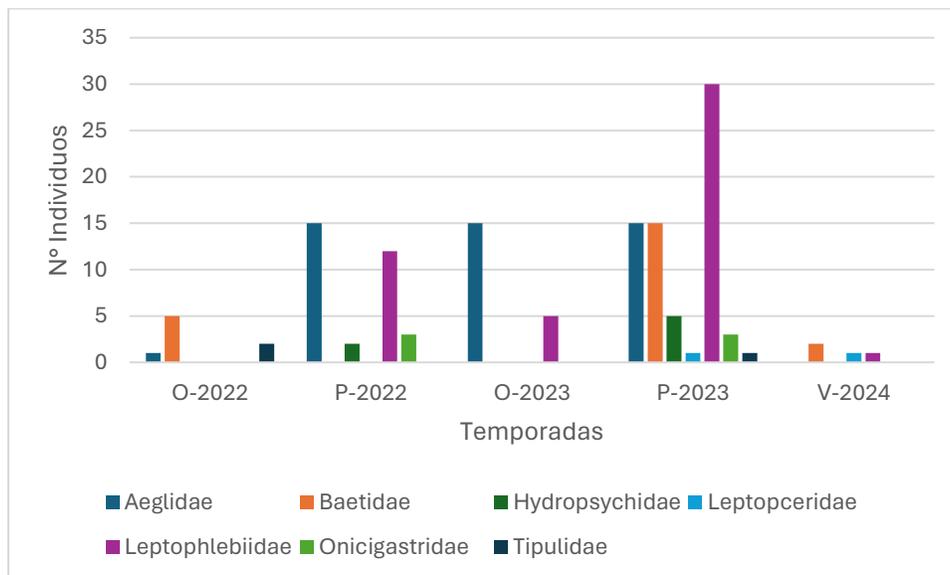


Figura 13. Número de individuos identificados en cinco campañas de monitoreo entre los años 2022 y 2023, Boroa Sur. P: Primavera, O: Otoño, V: Verano

El registro de las familias Leptophlebiidae, Oniscigastridae, Tipulidae y Aeglidae indica que las aguas aún conservan una buena calidad para la supervivencia de estos organismos. Además, se ha registrado fauna acompañante, como camarones de río en diferentes etapas, que están asociados

al lecho del río y habitan en aguas subterráneas de zonas semipantanosas de vegas o hualves, las cuales suelen tener abundante vegetación y ser ricas en materia orgánica.

3.2.4 Comparación histórica parámetros Físico-Químicos punto monitoreo Boroa Sur

Durante la temporada de verano de 2024, la temperatura más alta registrada fue de 15,0 °C, mientras que, en otoño de 2022, la más baja fue de 8,4 °C (Tabla 13). En cuanto al oxígeno disuelto (mg/l), se registró el valor más alto en otoño de 2022, con 13,5 mg/l, y el más bajo en primavera de 2023, con 1,7 mg/l (Tabla 13). Estos valores son considerablemente bajos para el tipo de hábitat y organismos encontrados, lo que sugiere la posibilidad de un problema de calibración con el equipo y/o una toma de muestra a muy poca profundidad, lo que podría afectar la precisión de los valores obtenidos en el punto de monitoreo. La conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) registrada en este punto fue de 39 $\mu\text{S}/\text{cm}$ la más alta en verano 2024 y de 32 $\mu\text{S}/\text{cm}$ la más baja en otoño 2022 y primavera 2022.

Tabla 13. Registro de parámetros físico-químicos en temporadas otoño y primavera entre los años 2022 al 2024, Boroa Sur. P: Primavera, O: Otoño, V: Verano

Temporada	T (°C)	pH	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	TDS (ppm)	OD (mg/l)
O-2022	8,4	7,0	32	16	13,5
P-2022	14,1	7,6	32	15	13,5
O-2023	11,3	7,3	36	18	2,8
P-2023	14,5	7,8	33	17	1,7
V-2024	15,	6,1	39	20	9,2

Los sólidos disueltos totales (ppm) se mantuvieron constantes en todas las temporadas con valores de 20 y 15 ppm. El pH tuvo un comportamiento más alcalino en primavera 2023 con 7,8 unidades de pH, esta variable se mantuvo más menos constantes durante todas las temporadas, exceptuando en el mes de marzo 2024 (verano), en donde se registró un valor de pH ácido.

3.1.5 Comparación histórica punto monitoreo Puerto Ramos

Se realizaron cinco campañas de monitoreo en el punto Puerto Ramos (Figura 14), registrándose una abundancia total de 23 individuos, siendo el punto con menor abundancia registrada en toda el área de estudio.



Figura 14. Punto monitoreo Puerto Ramos.

Se colectaron individuos en cuatro de las cinco campañas de monitoreo, siendo primavera 2023 (P-2023), donde solo se registraron individuos de la familia Parastacidae (Tabla 14, Figura 15).

Tabla 14. Número de individuos identificados en cinco campañas de monitoreo entre los años 2022 y 2024, Puerto Ramos. P: Primavera, O: Otoño, V: Verano

Taxas	O-2022	P-2022	O-2023	P-2023	V-2024
Chiliniidae	1	0	0	0	0
Clitellata/Hirudinea	1	0	0	0	0
Hyallellidae	0	7	2	0	1
Onicogastridae	0	1	0	0	0
Parastacidae	2	2	2	2	2
Total	4	10	4	2	3

La estación Puerto Ramos presenta características de tipo lénticas, con aguas estancadas y sustrato fangoso, los organismos registrados en esta estación presentan características morfológicas que les permiten vivir en estos tipos de hábitat, de bajas concentraciones de oxígeno y fondos fangosos con poca o nula corriente.

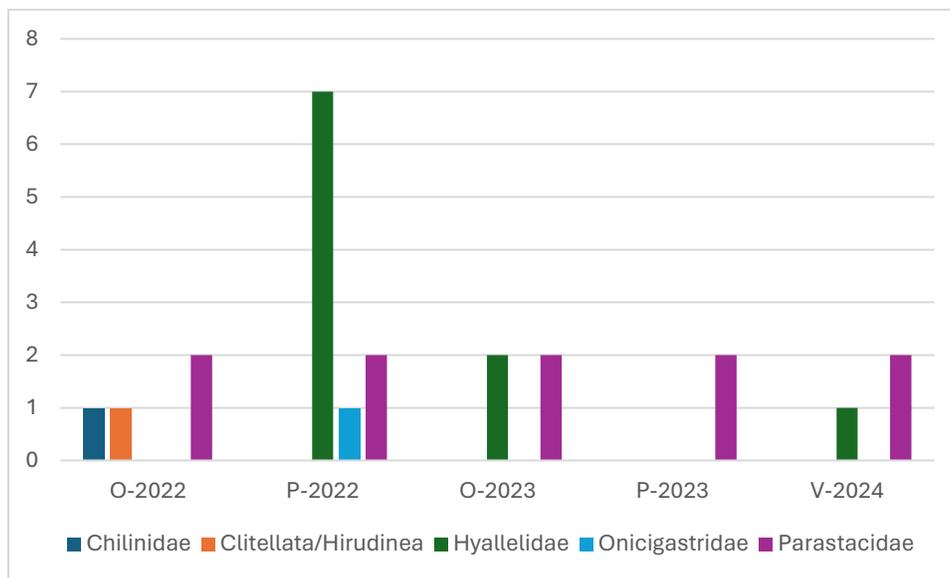


Figura 15. Número de individuos identificados en 5 campañas de monitoreo entre los años 2022 y 2024, Puerto Ramos. P: Primavera, O: Otoño, V: Verano

A demás se ha registrado fauna acompañante, como camarones de río, posiblemente de la especie *Parastacus nicoleti*, el cual ha sido identificado en campañas anteriores.

3.2.5 Comparación histórica parámetros Físico-Químicos punto monitoreo Puerto Ramos

La temperatura más alta se registró en la temporada de verano 2024 con 18,7 ° C y la más baja en otoño 2023 con 11,9 ° C (Tabla 15). El oxígeno disuelto (mg/l) más alto registrado fue en otoño 2022 con 6,4 ppm y la más baja en primavera 2023 con 1,0 mg/l (Tabla 15). El oxígeno disuelto en este punto de monitoreo se comporta de manera variable, esto debido a que es un hábitat con intrusión salina de manera temporal. Cuando el agua salada se mezcla con agua dulce, puede crear una capa inferior más densa que limita la circulación y el intercambio de oxígeno, lo que podría afectar negativamente el nivel de oxígeno disuelto en el agua dulce.

La conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) registrada en este punto fue de 46 $\mu\text{S}/\text{cm}$ la más alta en otoño 2022 y de 39 $\mu\text{S}/\text{cm}$ la más baja en primavera 2022.

Tabla 15. Registro de parámetros físico-químicos en temporadas otoño y primavera entre los años 2022 al 2024, Puerto Ramos. P: Primavera, O: Otoño, V: Verano

Estación	T (°C)	pH	CE (μS/cm)	TDS (ppm)	OD (mg/l)
O-2022	12,0	6,9	46	23	6,1
P-2022	18,5	7,3	39	19	3,7
O-2023	11,9	8,1	44	25	5,7
P-2023	12,2	6,5	43	20	1,0
V-2024	18,8	6,6	43	22	6,4

Los sólidos disueltos totales (ppm) tuvieron una máxima de 25 ppm y una mínima de 19 ppm en otoño 2023 y primavera 2022 respectivamente. El pH tuvo un comportamiento alcalino en otoño 2023 con 8,1 unidades de pH y más ácido en otoño 2022 y verano 2024 con 6,5 y 6,6 unidades de pH respectivamente.

3.1.6 Comparación histórica punto monitoreo Boroa

Se realizaron seis campañas de monitoreo en el punto Boroa (Figura 16), registrándose una abundancia total de 21 individuos.



Figura 16. Punto monitoreo Boroa.

Se registraron taxas en cuatro de las seis campañas de monitoreo, siendo otoño 2023 (O-2023) y verano 2024, en la que no se registraron individuos (Tabla 16, Figura 17).

Tabla 16. Número de individuos identificados en cinco campañas de monitoreo entre los años 2021 y 2023, Boroa. P: Primavera, O: Otoño, V: Verano

Taxas	P-2021	O-2022	P-2022	O-2023	P-2023	V-2024
Aeshnidae	0	0	2	0	0	0
Calopterygidae	1	0	2	0	0	0
Hyallemidae	2	1	0	0	7	1
Jariniidae	0	0	0	0	1	0
Oniscigastridae	3	0	0	0	0	0
Oligochaeta	0	0	0	0	0	1
Total	6	1	4	0	8	2

La mayor diversidad se registró en primavera 2021 (P-2021) con tres familias y la más baja en otoño 2022 con una familia. La familia Hyallemidae ha sido la más frecuente en este punto estando presente en 4 de las 6 campañas de monitoreo. La familia Hyallemidae son microcrustáceos recolectores y/o depredadores, se caracterizan por vivir en casi todos los cuerpos de agua continentales, encontrándose con frecuencia bajo piedras, entre la vegetación, raíces sumergidas, troncos, etc. (Palma, 2003).

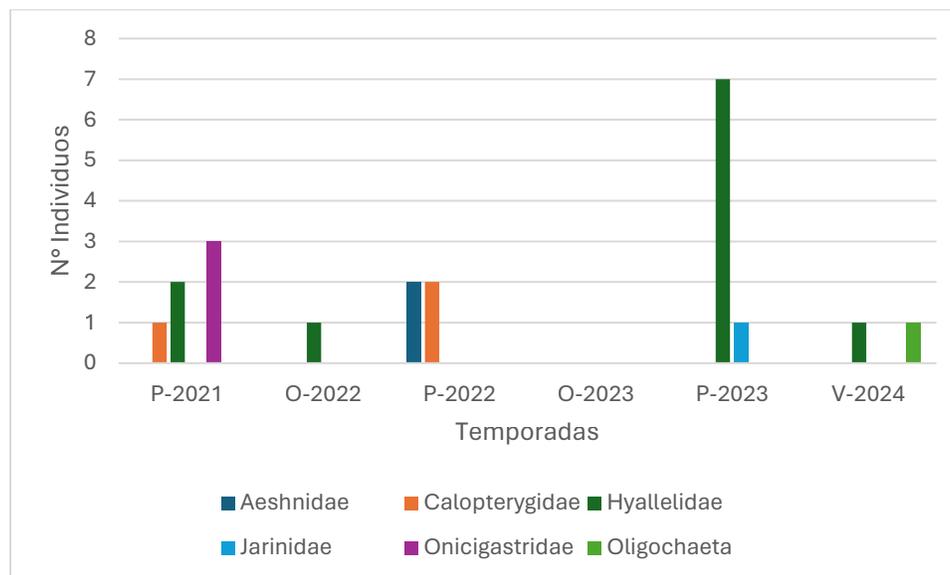


Figura 17. N° de individuos identificados en 5 campañas de monitoreo entre los años 2021 y 2024, Boroa . P: Primavera, O: Otoño, V: Verano

Este punto de monitoreo a lo largo de las campañas ha presentado una baja diversidad y abundancia, se han utilizado variadas técnicas para realizar una mayor recolección y se han extraído tanto desde la zona bentónica como desde una zona de aguas profundas, sin obtener diferencias significativas.

3.2.6 Comparación histórica parámetros Físico-Químicos punto monitoreo Boroa

La temperatura más alta se registró en la temporada de primavera 2022 con 18,3 ° C y la más baja en otoño 2022 con 11,7 ° C (Tabla 17). El oxígeno disuelto (mg/l) más alto registrado fue en otoño 2022 con 9,73 mg/l y la más baja en otoño 2023 con 0,5 mg/l (Tabla 17).

La conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) registrada en este punto fue de 64 $\mu\text{S}/\text{cm}$ la más alta en verano 2024 y de 34 $\mu\text{S}/\text{cm}$ la más baja en otoño 2023.

Tabla 17. Registro de parámetros físico-químicos en temporadas otoño y primavera entre los años 2021 al 2024, Boroa. P: Primavera, O: Otoño, V: Verano.

Temporada	T (°C)	pH	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	TDS (ppm)	OD (mg/l)
P-2021	17,4	7,6	38	22	7,4
O-2022	11,7	7,1	45	22	9,7
P-2022	18,3	7,5	45	24	9,7
O-2023	12,1	7,1	34	22	0,5
P-2023	16,6	7,7	46	23	1,4
V-2024	15,6	8,5	64	32	6,9

Los sólidos disueltos totales (ppm) se mantuvieron constantes en todas las temporadas con una, exceptuando verano 2024 que tuvo un registro más alto de 32 ppm. El pH se mantuvo estable entre temporadas, registrándose el valor más bajo en otoño 2022 con 7,1 unidades de pH y el más alto con 8,5 unidades de pH en la temporada de verano 2024.

3.1.7 Comparación histórica punto monitoreo Boroa Norte

Se realizaron cuatro campañas de monitoreo en el punto Boroa Norte (Figura 18), registrándose una abundancia total de 155 individuos y 15 familias, siendo el punto de monitoreo con mayor diversidad registrada (Tabla 4, Figura 4).



Figura 18. Punto de monitoreo Boroa Norte.

Se colectaron individuos en las cuatro campañas de monitoreo, siendo otoño 2023 (O-2023), la más abundante y diversa de todas las realizadas entre los años 2022 y 2024 (Tabla 18, Figura 19).

Tabla 18. Número de individuos identificados en cuatro campañas de monitoreo entre los años 2022 y 2024, Boroa Norte. P: Primavera, O: Otoño, V: Verano.

Taxas	P-2022	O-2023	P-2023	V-2024
Aegliidae	0	2	1	0
Ameletopsidae	0	1	0	0
Baetidae	2	10	2	3
Blephariceridae	0	3	1	0
Ceratopogonidae	1	0	0	0
Diamphipnoidae	7	2	3	7
Dugesiidae	2	2	4	4

Griptopterygidae	1	7	0	0
Hydropsychidae	3	1	6	8
Leptopceridae	1	1	0	1
Leptophlebiidae	19	18	15	8
Oniscigastridae	0	0	0	1
Psephenidae	1	0	5	0
Simuliidae	0	1	0	0
Amnicolidae	0	0	0	1
Total	37	48	37	33

La familia Leptophlebiidae ha sido la más frecuente en este punto estando presente en las cuatro campañas de monitoreo, con una abundancia total de 60 individuos. Leptophlebiidae es una de las familias más diversa de América del Sur y más conocidas, las ninfas son muy comunes en todos los ríos y arroyos, desde el nivel del mar hasta aproximadamente los 4500 msnm (Domínguez & Fernández, 2009). Son consideradas detritívoras o recolectores-filtradores, debido a su aparato bucal generalizado.

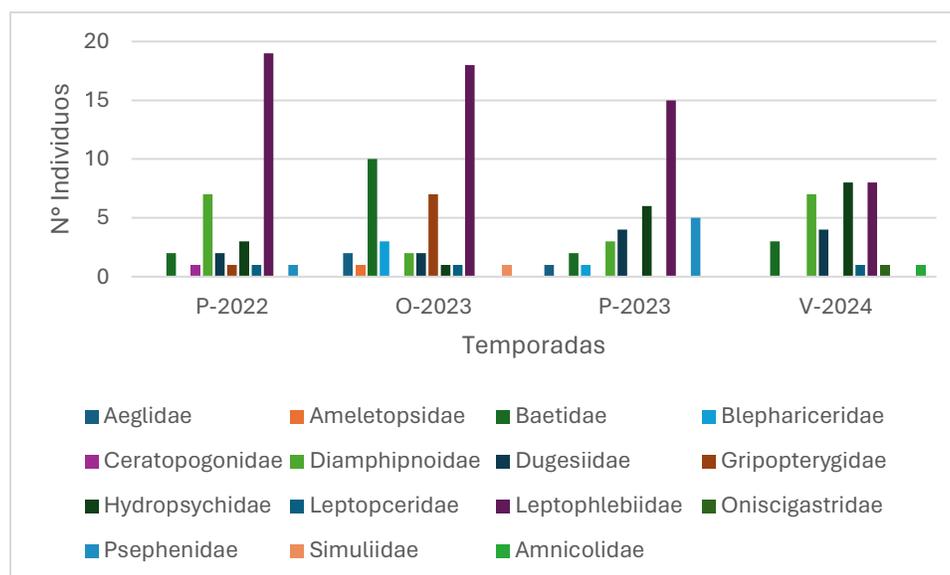


Figura 19. Número de individuos identificados en cuatro campañas de monitoreo entre los años 2022 y 2023, Boroa Norte. P: Primavera, O: Otoño, V: Verano.

La familia Diamphipnoidae es frecuente en este punto y es muy importante como indicadora de la calidad del agua. Estos organismos presentan cuatro pares de traqueobranquias en forma de rama, ubicadas en la región pleural de los primeros cuatro segmentos abdominales. Tienen un cuerpo robusto, con patas anchas y aplanadas, así como antenas y cercos largos. Son fragmentadoras y

habitan en ambientes con excelente calidad de agua, como pequeños arroyos y riachuelos de montaña, donde el porcentaje de oxígeno disuelto en el agua es alto (Palma, 2013).

Los organismos registrados en la estación Boroa Norte indican que la calidad del agua es buena a excelente, ya que algunas familias identificadas son consideradas intolerantes a la contaminación (Diamphipnoidae, Griptopterygidae y Leptophlebiidae). Estas familias requieren aguas corrientes y bien oxigenadas, características que están presentes en la estación monitoreada.

3.2.7 Comparación histórica parámetros Físico-Químicos punto monitoreo Boroa Norte

La temperatura más alta se registró en la temporada de verano 2024 con 12,2 ° C y la más baja en otoño 2023 con 9,9 ° C (Tabla 19). El oxígeno disuelto (mg/l) más alto registrado fue en verano 2024 con 9,9 mg/l y la más baja en otoño 2023 con 1,74 mg/l (Tabla 19). La baja concentración de oxígeno en la temporada otoño 2023, posiblemente se deba a un problema de calibración en el equipo a una toma de muestra a muy poca profundidad.

La conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) registrada en este punto fue de 42 $\mu\text{S}/\text{cm}$ la más alta en verano 2024 y de 30 $\mu\text{S}/\text{cm}$ la más baja en primavera 2022.

Tabla 19. Registro de parámetros físico-químicos en temporadas otoño y primavera entre los años 2022 al 2024, Boroa Norte. P: Primavera, O: Otoño, V: Verano.

Estación	T (°C)	pH	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	TDS (ppm)	OD (mg/l)
P-2022	10,9	7,4	30	15	4,5
O-2023	9,9	7,5	33	17	1,8
P-2023	11,4	7,9	32	16	1,9
V-2024	12,2	8,0	42	21	9,9

Los sólidos disueltos totales (ppm) variaron entre 15 a 17 ppm. El pH tuvo un comportamiento alcalino en verano 2024 con 8,0 unidades de pH y más ácido en otoño 2023 y primavera 2022-2023.

3.1.8 Comparación histórica punto monitoreo Boldo Alto

Se realizaron cuatro campañas de monitoreo en el punto Boldo Alto (Figura 20), registrándose una abundancia total de 66 individuos y 12 familias (Tabla 20, Figura 21).



Figura 20. Punto de monitoreo Boldo Alto

Se colectaron organismos en las cuatro campañas de monitoreo, siendo primavera 2023 (P-2023), la más abundante (Tabla 20, Figura 21).

Tabla 20. Número de individuos identificados en cuatro campañas de monitoreo entre los años 2022 y 2023, Boldo Alto. P: Primavera, O: Otoño, V: Verano.

Taxas	P-2022	O-2023	P-2023	V-2024
Aeglidae	3	0	0	0
Aeshnidae	2	0	0	0
Athericidae	0	0	1	0
Baetidae	0	0	0	2
Chilinae	1	0	0	0
Diamphipnidae	0	0	1	0
Leptophlebiidae	12	10	17	9
Oniscigastridae	0	0	1	1
Simuliidae	0	0	0	1
Coralyidae	0	0	0	1
Perlidae	0	0	2	1
Pyralidae	0	1	0	0
Total	18	11	22	15

La familia Leptophlebiidae ha sido la más frecuente en este punto estando presente en las cuatro campañas de monitoreo, con una abundancia total de 48 individuos. Las especies de la familia Leptophlebiidae, también conocidas como efemerópteros, son consideradas buenos indicadores de la calidad del agua. Estos insectos acuáticos son sensibles a los cambios en la calidad del agua y su presencia o ausencia puede proporcionar información sobre la salud del ecosistema acuático.

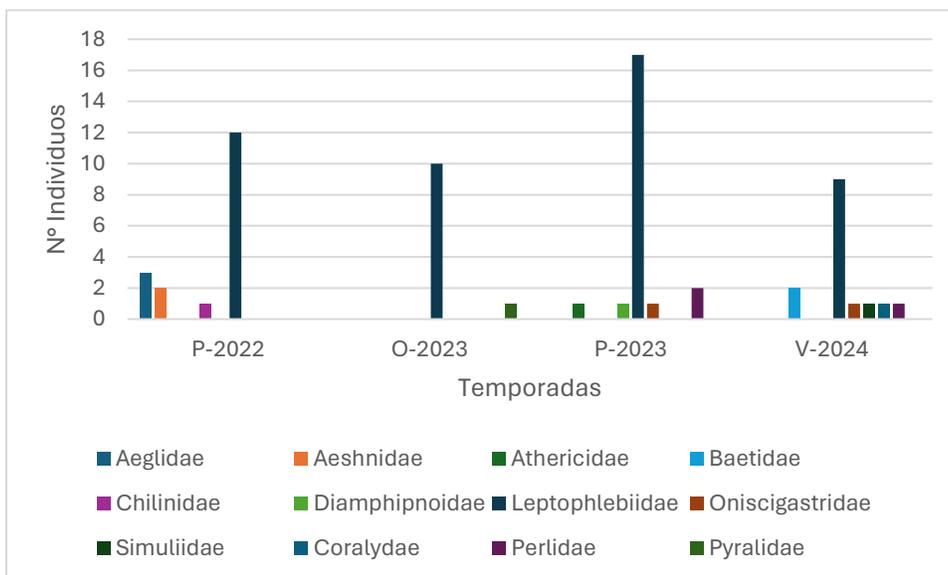


Figura 21. Número de individuos identificados en cuatro campañas de monitoreo entre los años 2022 y 2023, Boldo Alto. P: Primavera, O: Otoño, V: Verano.

Las ninfas de Leptophlebiidae generalmente requieren aguas limpias, bien oxigenadas y con baja contaminación para sobrevivir, pero al igual que con otros indicadores biológicos, es importante considerar múltiples factores y realizar evaluaciones adicionales para obtener una imagen completa de la calidad del agua. La presencia exclusiva de Leptophlebiidae no debe considerarse como el único criterio para determinar la calidad del agua, sino como un componente más dentro del análisis.

3.2.8 Comparación histórica parámetros Físico-Químicos punto monitoreo Boldo Alto

La temperatura más alta se registró en la temporada de primavera 2022 con 12,3° C y la más baja en otoño 2023 con 10,1°C (Tabla 21). El oxígeno disuelto (mg/l) más alto registrado fue en verano 2024 con 7,8 mg/l y la más baja en primavera 2023 con 2,4 mg/l (Tabla 21).

La conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) registrada en este punto fue de 31 $\mu\text{S}/\text{cm}$ la más alta en otoño 2023 y de 24 $\mu\text{S}/\text{cm}$ la más baja en primavera 2023.

Tabla 21. Registro de parámetros físico-químicos en temporadas otoño y primavera entre los años 2022 al 2024, Boldo Alto. P: Primavera, O: Otoño, V: Verano.

Estación	T (°C)	pH	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	TDS (ppm)	OD (mg/l)
P-2022	12,2	7,5	23	11	7,8
O-2023	10,1	7,8	31	16	5,4
P-2023	10,6	8,1	24	12	2,4
V-2024	12,1	7,0	27	13	10,9

Los sólidos disueltos totales (ppm) tuvieron su máximo de 16 ppm en la temporada de otoño 2023 y un mínimo de 11 ppm en la temporada de primavera 2022. El pH más alto registrado fue en primavera 2023 con 8,1 unidades de pH y el más bajo en verano 2024 el cual se registró como neutro.

3.1.9 Comparación histórica punto monitoreo Puente Boldo

Se realizaron seis campañas de monitoreo en el punto Puente Boldo (Figura 22), registrándose una abundancia total de 96 individuos y nueve taxones (Tabla 22, Figura 23)



Figura 22. Punto de monitoreo Puente Boldo.

Se colectaron individuos en las seis campañas de monitoreo, siendo primavera 2021 (P-2021), la más diversa y la temporada primavera 2022 (P-2022) y 2023 (P-2023) las más abundante (Tabla 22, Figura 23).

Tabla 22. Número de individuos identificados en seis campañas de monitoreo entre los años 2021 y 2023, Puente Boldo. P: Primavera, O: Otoño, V: Verano.

Taxas	P-2021	O-2022	P-2022	O-2023	P-2023	V-2024
Ancylidae	4	0	2	0	2	3
Aeglidae	1	0	0	0	0	0
Chilinae	2	1	1	0	1	0
Chironomidae	0	0	0	0	0	1
Corixidae	2	0	0	0	0	0
Hirudinea	2	0	1	1	1	0
Hyalidae	3	0	1	0	0	0
Hydroptilidae	4	0	3	0	0	0

Jariniidae	12	5	22	0	27	0
Oniscigastridae	1	0	1	0	0	0
Total	27	6	29	1	29	4

Este punto de monitoreo se ha caracterizado por presentar gran abundancia de isópodos del género *Heterias sp.*, con un total de 66 individuos colectados. Aproximadamente 10% de las especies isópodos son dulceacuícolas (Wilson, 2008), generalmente son de 5 a 20 mm de largo y el cuerpo puede ser aplanado o delgado y alargado. Tienen una tolerancia baja a media a la contaminación, pero existe escasa bibliografía respecto de este género en el país.

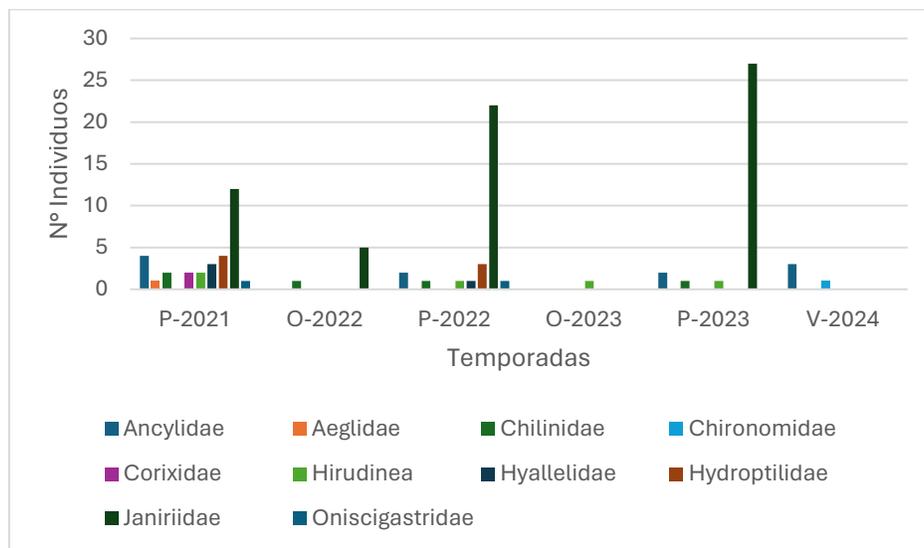


Figura 23. Número de individuos identificados en seis campañas de monitoreo entre los años 2021 y 2024, Puente Boldo. P: Primavera, O: Otoño, V: Verano.

La subclase Hirudínea también fue frecuente en este punto de monitoreo, los Hirudíneos son un tipo de sanguijuelas parásitas o depredadoras, que presentan alta tolerancia a la contaminación, pueden vivir en aguas tranquilas y estancadas, también se pueden encontrar en aguas corrientes, tienen un cuerpo aplastado menor a cinco centímetros. Poseen una ventosa en forma de disco en uno de sus extremos, pudiendo tener dos (uno en cada extremo) (Palma, 2013).

3.2.9 Comparación histórica parámetros Físico-Químicos punto monitoreo Puente Boldo

La temperatura más alta se registró en la temporada de primavera 2022 con 18,2 ° C y la más baja en otoño 2022 con 10,4 ° C (Tabla 23). El oxígeno disuelto (mg/l) más alto registrado fue en primavera 2022 con 12,8 mg/l y la más baja en primavera 2023 con 0,5 mg/l (Tabla 23). La concentración de oxígeno disuelto bajo 1 mg/l en las temporadas de O-2023 y P-2023, pueden deberse a un problema de calibración del equipo o la muestra tomada a muy poca profundidad.

La conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) registrada en este punto fue de 83 $\mu\text{S}/\text{cm}$ la más alta en primavera 2023 y de 31 $\mu\text{S}/\text{cm}$ la más baja en primavera 2022.

Tabla 20. Registro de parámetros físico-químicos en temporadas otoño y primavera entre los años 2021 al 2024, Puente Boldo. P: Primavera, O: Otoño, V: Verano.

Estación	T (°C)	pH	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	TDS (ppm)	OD (mg/l)
P-2021	15,4	6,9	54	35	8,2
O-2022	10,4	7,3	35	18	12,5
P-2022	18,2	7,3	31	36	12,8
O-2023	12,1	7,1	34	17	0,5
P-2023	14,6	7,0	83	42	0,6
V-2024	15,6	7,0	35	17	8,4

Los sólidos disueltos totales (ppm) tuvieron su máximo en la temporada de primavera 2022 con 42 ppm y un mínimo de 17 ppm en verano 2024. El pH se mantuvo más menos constante ente las temporadas otoño 2022 y otoño 2023. En la temporada primavera 2021, se registró un pH ligeramente ácidos y en primavera 2023 y verano 2024 se registraron pH neutros.

3.1.10 Comparación histórica punto monitoreo Laguna Patagua

Se realizaron seis campañas de monitoreo en el punto Laguna Patagua (Figura 24), registrándose una abundancia total de 43 individuos y 8 taxas (Tabla 24, Figura 25).



Figura 24. Punto de monitoreo Laguna Patagua.

Se registraron taxones en cuatro de las seis campañas de monitoreo, siendo primavera 2021 (P-2021), la más abundante, con 18 individuos (Tabla 21, Figura 24).

Tabla 24. Número de individuos identificados en seis campañas de monitoreo entre los años 2021 y 2023, Laguna Patagua. P: Primavera, O: Otoño, V: Verano.

Taxas	P-2021	O-2022	P-2022	O-2023	P-2023	V-2024
Aeshnidae	0	0	1	0	1	0
Calopterygidae	0	0	0	0	2	0
Chilinae	8	0	1	0	0	0
Chironomidae	0	0	0	0	6	0
Corixidae	3	0	0	0	0	0
Hirudinea	2	0	1	0	0	0
Hyalinellidae	5	0	1	0	4	0
Oligochaeta	0	8	0	0	0	0
Total	18	8	4	0	13	0

La familia Hyallellidae ha sido la más frecuente registrándose en tres de las seis campañas de monitoreo, otros taxas solo se han registrado solo dos veces como Aeshnidae y Calopterygidae en temporada de primavera. Estas familias son del orden Odonata, representantes de las libélulas y caballitos del diablo, las cuales pasan sus primeros estadios dentro del agua. Los Aeshnidae pueden ser utilizados como indicadores de calidad del agua debido a su sensibilidad a los cambios en las condiciones del agua. Su presencia o ausencia puede proporcionar información valiosa sobre la salud de un ecosistema acuático (Das & Maity, 2021). Sin embargo, es importante complementar esta información con otros indicadores para obtener una evaluación completa de la calidad del agua. Las especies de la familia Calopterygidae, pueden considerarse indicadores de la calidad del agua en ciertos casos. Estas libélulas suelen habitar en ríos y arroyos con aguas limpias y bien oxigenadas. Si se encuentran presentes en un cuerpo de agua, puede indicar que el ecosistema acuático está en buen estado. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la presencia exclusiva de Calopterygidae no es suficiente para determinar por completo la calidad del agua.

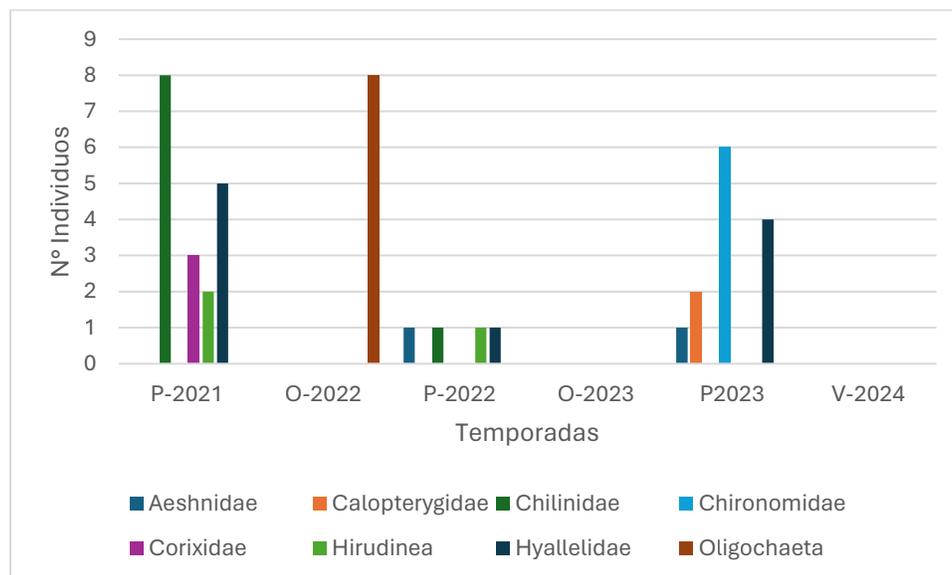


Figura 25. Número de individuos identificados en seis campañas de monitoreo entre los años 2021 y 2024, laguna Patagua.

3.2.10 Comparación histórica parámetros Físico-Químicos punto monitoreo Laguna Patagua

La temperatura más alta se registró en la temporada de primavera 2021 con 22,6 ° C y la más baja en otoño 2023 con 11,3 °C (Tabla 25). El oxígeno disuelto (mg/l) más alto registrado fue en otoño 2022 con 10,7 mg/l y la más baja en primavera 2023 con 1,0 mg/l (Tabla 25).

La conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) registrada en este punto fue de 148 $\mu\text{S}/\text{cm}$ la más alta en primavera 2022 y de 68 $\mu\text{S}/\text{cm}$ la más baja en primavera 2021. La conductividad es una variable que puede cambiar producto de los cambios de temperatura, impurezas y sales disueltas que podamos encontrar en el cuerpo de agua.

Tabla 25. Registro de parámetros físico-químicos en temporadas otoño y primavera entre los años 2021 al 2023, Laguna Patagua. P: Primavera, O: Otoño, V: Verano.

Temporada	T (°C)	pH	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	TDS (ppm)	OD (mg/l)
P-2021	22,6	7,8	68	40	8,8
O-2022	13,3	7,5	70	35	10,7
P-2022	21,8	7,4	148	38	5,4
O-2023	11,3	7,7	77	39	6,3
P-2023	20,0	7,2	92	46	1,0
V-2024	18,5	6,5	82	41	8,4

Los sólidos disueltos totales (ppm) tuvieron un mínimo 35 ppm en la temporada de otoño 2022 y máximo de 46 ppm en primavera 2023. El pH se mantuvo más menos constante ente las temporadas primavera 2022 y primavera 2023. En la temporada verano 2024 se registró el pH ligeramente ácido.

3.3 Índice de calidad de agua: Índice Biótico de familia modificado para Chile

3.3.1 Índice Biótico Familia Balsa Nigüe

La calidad de agua para el punto Balsa Nigüe dio un promedio de 5,78 (Tabla 26, Figura 26) lo que lo clasifica en clase III, Regular, Perturbado. Los valores del IBF variaron en las temporadas de monitoreos, registrándose una mala calidad de agua en las temporadas de otoño 2022 y primavera 2023, ambas temporadas con riquezas bajas de solo dos taxas registrados con valores de tolerancia por sobre los seis puntos.

Tabla 26. IBF, riqueza y abundancia de taxas registrados en el punto de monitoreo Balsa Nigüe entre los años 2021 y 2024. P: Primavera, O: Otoño, V: Verano.

Temporada	P-2021	O-2022	P-2022	P-2023	V-2024	Promedio
IBF	5,90	7,00	5,44	6,53	4,00	5,78
Abundancia	10	2	9	15	5	-
Riqueza	5	2	4	2	4	-
Clase III, Regular Perturbado						

Para la temporada verano 2024 se registró un valor de IBF más bajo situándolo en la categoría de Bueno, Moderadamente perturbado, con una abundancia de taxas baja, pero más diversa y con valores de tolerancia por debajo de los tres puntos (Familias: Aeglidae, Leptophlebiidae y Oniscigastridae).

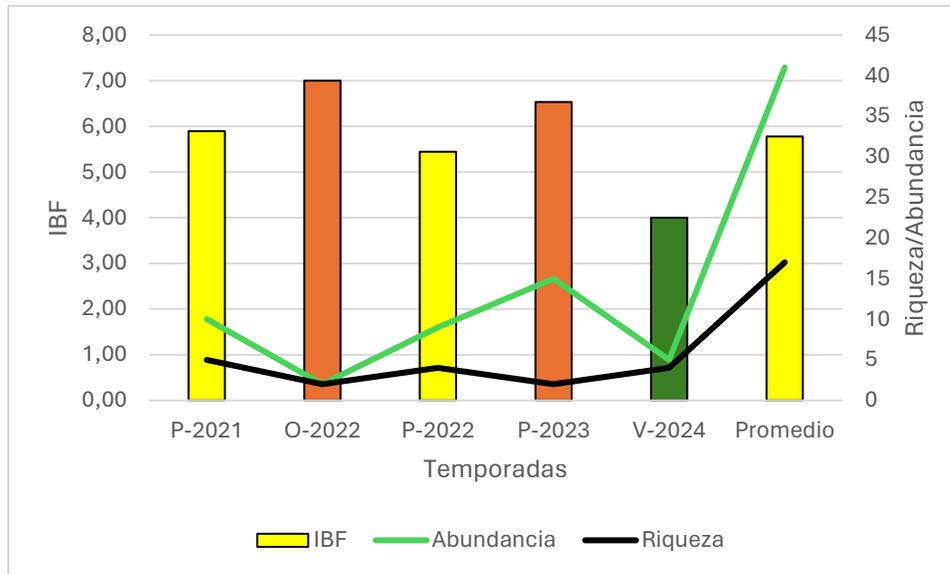


Figura 26. IBF, riqueza y abundancia de taxas registradas en el punto de monitoreo Balsa Nigüe entre los años 2021 y 2024. P: Primavera, O: Otoño, V: Verano.

3.3.2 Índice Biótico Familia Puralaco

La calidad de agua para el punto Puralaco dio un valor promedio de 2,96 lo que lo clasifica en clase I, Muy bueno. Los valores del IBF tuvieron poca variación a lo largo de las temporadas monitoreadas, registrándose una calidad Muy Buena en todas ellas (Tabla 27, Figura 27).

Tabla 27. IBF, riqueza y abundancia de taxas registradas en el punto de monitoreo Puralaco entre los años 2022 y 2024. P: Primavera, O: Otoño, V: Verano.

Temporadas	P-2022	O-2023	P-2023	V-2024	Promedio
IBF	2,89	3,00	2,67	3,29	2,96
Abundancia	46	16	15	17	-
Riqueza	7	8	6	7	-
Clase I Muy Bueno					

En este punto de monitoreo destacan familias con valores de tolerancia de cero puntos como Hydrobiosidae y Blephaceridae, del orden Trichoptera y Diptera respectivamente, la primera registrada en la temporada de primavera 2023 y verano 2024 y la segunda en otoño 2023. Además, se registró una familia con valor de tolerancia uno (Gripopterygiidae) y dos con valor de tolerancia de dos puntos, Leptoplhebiidae y Ameletopsidae, ambas del orden Ephemeroptera.

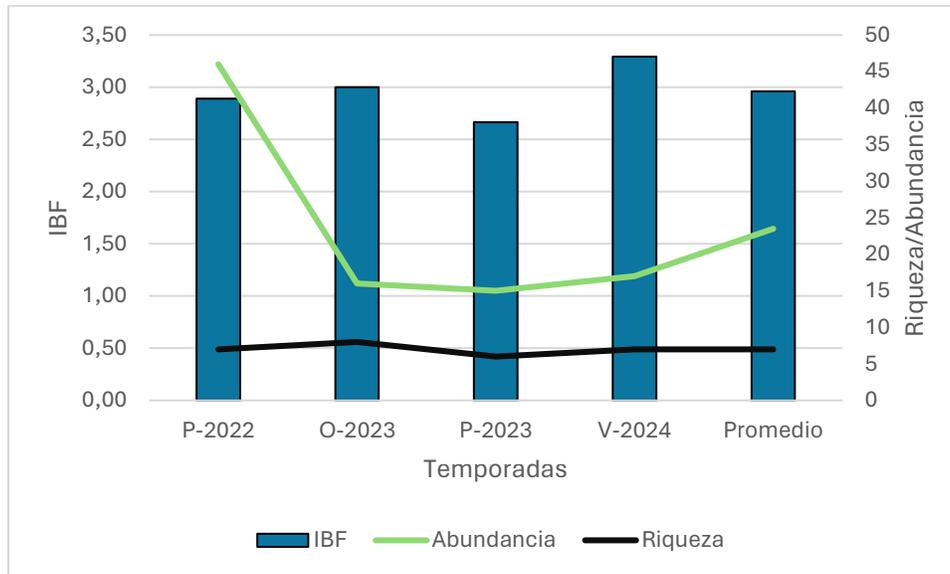


Figura 27. IBF, riqueza y abundancia de taxas registrados en el punto de monitoreo Puralaco entre los años 2022 y 2024. P: Primavera, O: Otoño, V: Verano.

3.3.3 Índice Biótico Familia Boroa Sur

La calidad de agua para el punto Boroa sur dio un promedio de 3,51 (Tabla 28, Figura 28) lo que lo clasifica en clase I, Muy Bueno. Los valores no tuvieron mayor variación, excepto en la temporada de verano 2024, donde se calculó un valor de 4,75 (Tabla 28, Figura 28) correspondiente a clase III Regular, Perturbado.

Tabla 28. IBF, riqueza y abundancia de taxas registradas en el punto de monitoreo Boroa Sur entre los años 2022 y 2024. P: Primavera, O: Otoño, V: Verano.

Temporadas	P-2022	O-2023	P-2023	V-2024	Promedio
IBF	2,97	3,29	3,04	4,75	3,51
Abundancia	35	24	74	8	-
Riqueza	5	3	8	4	-
Clase I Muy Bueno					

El valor más bajo de IBF se calculó en primavera 2022 con 2,97, una abundancia de 35 individuos distribuidos en 5 taxas (Tabla 28, Figura 28). Se identificó una familia con valor de tolerancia de tres puntos, correspondiente a Leptophlebiidae, cabe destacar que fue la familia más abundante registrada en todas las temporadas.

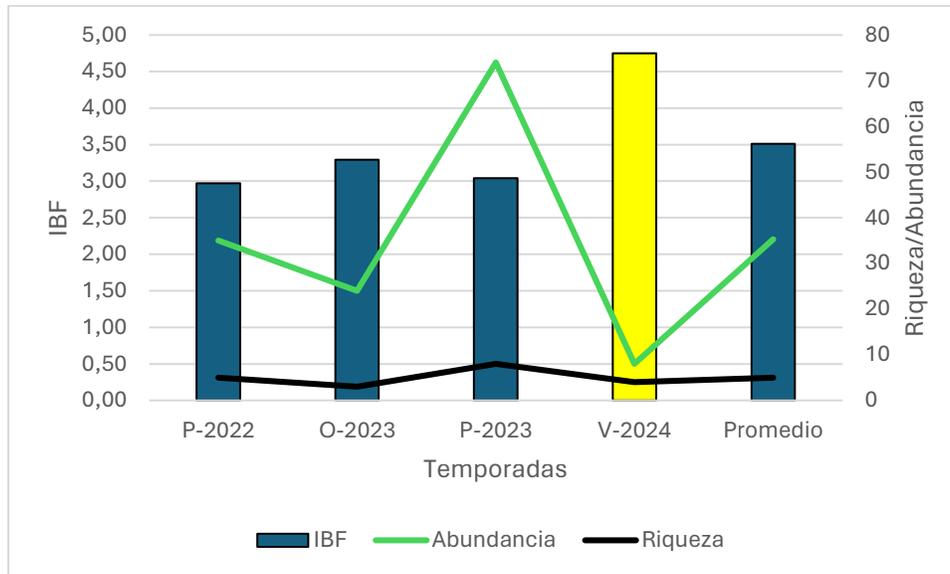


Figura 28. IBF, riqueza y abundancia de taxas registrados en el punto de monitoreo Boroa Sur entre los años 2022 y 2024. P: Primavera, O: Otoño, V: Verano.

3.3.4 Índice Biótico Familia Puerto Ramos

La calidad de agua para el punto Puerto Ramos dio un valor de 6,45 (Tabla 29, Figura 29) lo que lo clasifica en clase IV, Malo, Muy Perturbado. Los valores del IBF variaron de clase III a IV, en la temporada otoño 2022 y primavera 2023 se calculó un valor por sobre los 5,5 correspondiente a una clase Regular, Perturbada, por otra parte, las temporadas primavera 2022, otoño 2023 y verano 2024 se calculó un valor por sobre los 6,67 correspondiente a calidad de agua Mala, Muy perturbado.

Tabla 27. IBF, riqueza y abundancia de taxas registrados en el punto de monitoreo Puerto Ramos entre los años 2022 y 2024.

Temporadas	O-2022	P-2022	O-2023	P-2023	V-2024	Promedio
IBF	5,50	7,10	7,00	6,00	6,67	6,45
Abundancia	4	10	4	2	3	-
Riqueza	3	3	2	1	3	-
Clase IV, Malo, Muy perturbado						

El punto de monitoreo Puerto Ramos se destacó en todas las campañas por presentar una abundancia y riqueza muy baja (Tabla 29, Figura 29), solo se registraron las familia Parastacidae, Hyallellidae y la subclase Hirudínea. Cabe destacar que la familia Parastacidae tiene un valor de tolerancia de ocho puntos y la subclase Hirudínea de diez puntos.

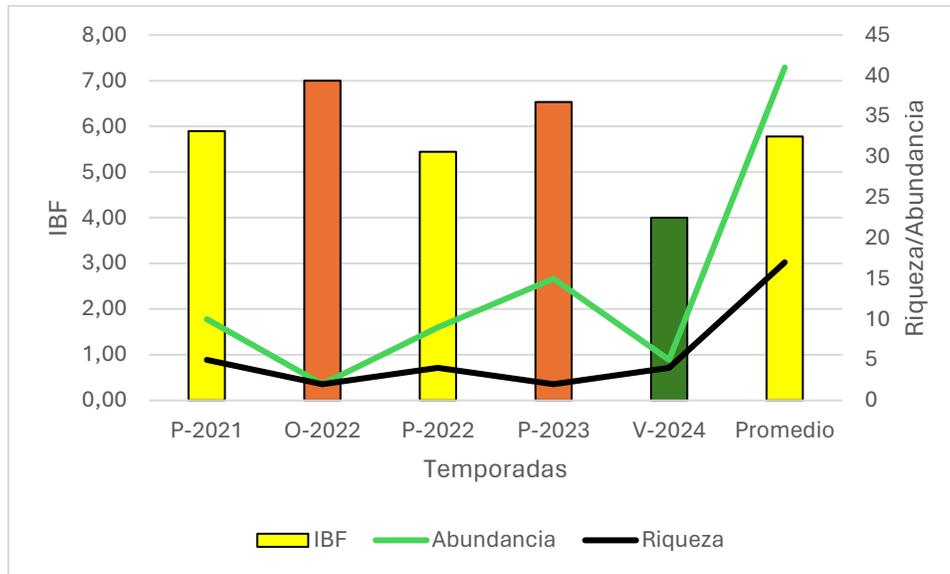


Figura 24. IBF, riqueza y abundancia de familias registradas en el punto de monitoreo Balsa Nigüe entre los años 2021 y 2024. P: Primavera, O: Otoño, V: Verano.

3.3.5 Índice Biótico Familia Boroa

La calidad de agua para el punto Boroa dio un promedio de 6,6 (Tabla 30, Figura 30) lo que lo clasifica en clase IV, Malo, Muy Perturbado. Los valores del IBF tuvieron variación en las distintas temporadas de monitoreo, pero la clase de calidad más frecuente fue la Clase I, Muy malo, Fuertemente perturbado, con un valor de ocho en las temporadas otoño 2022, primavera 2023 y verano 2024.

Tabla 30. IBF, riqueza y abundancia de familias registradas en el punto de monitoreo Puerto Ramos entre los años 2022 y 2024. P: Primavera, O: Otoño, V: Verano.

	P-2021	O-2022	P-2022	P-2023	V-2024	Promedio
IBF	5,0	8,0	4,0	8,0	8,0	6,6
Abundancia	6	1	4	8	2	-
Riqueza	3	1	2	2	2	-
Clase IV, Malo, Muy Perturbado						

La familia más abundante fue Hyallellidae con un valor de tolerancia de ocho puntos (Anexo 2). Este punto de monitoreo presentó bajas abundancias y riqueza de familias, destacándose solo dos familias con valor de tolerancia de tres puntos (Anexo 2), Oniscigastridae del orden Ephemeroptera y Aeshnidae del orden Odonata.

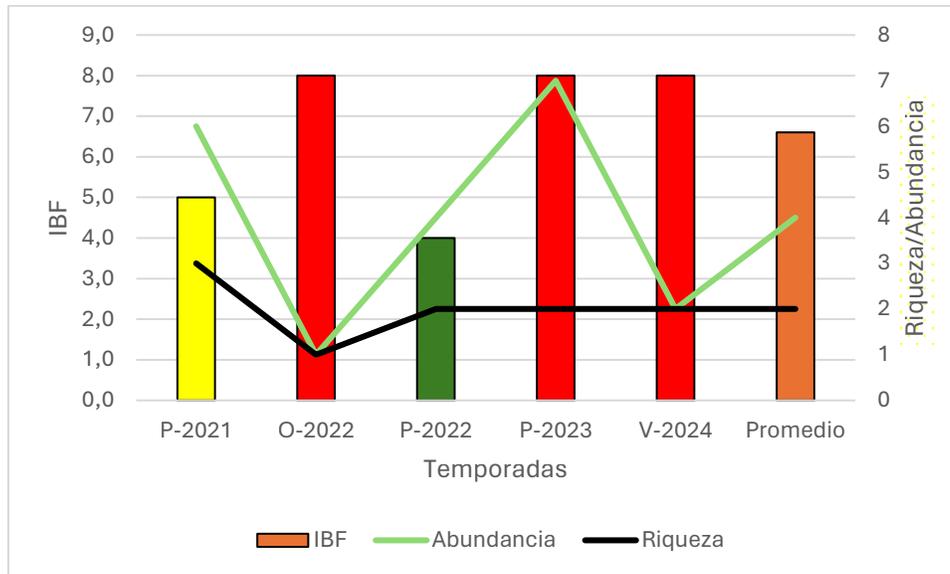


Figura 30. IBF, riqueza y abundancia de taxas registrados en el punto de monitoreo Boroa entre los años 2021 y 2024. P: Primavera, O: Otoño, V: Verano.

3.3.6 Índice Biótico Familia Boroa Norte

La calidad de agua para el punto Boroa Norte dio un valor promedio de 2,55 lo que lo clasifica en clase I, Muy bueno. Los valores del IBF tuvieron poca variación a lo largo de las temporadas monitoreadas, registrándose una calidad Muy Buena en todas ellas (Tabla 31, Figura 31).

Tabla 31. IBF, riqueza y abundancia de taxas registrados en el punto de monitoreo Boroa Norte entre los años 2022 y 2024. P: Primavera, O: Otoño, V: Verano.

	P-2022	O-2023	P-2023	V-2024	Promedio
IBF	2,31	2,35	2,73	2,70	2,52
Abundancia	37	48	37	33	-
Riqueza	9	11	8	7	-
CLASE I EXCELENTE					

En este punto de monitoreo destacan familias con valores de tolerancia de cero, como Diamphipnoidae y Blephaceridae (Anexo 2), del orden Ephemeroptera y Diptera respectivamente, la primera registrada en todas las temporadas y la segunda en otoño 2023 y primavera 2023. Además, se registró una familia con valor de tolerancia uno (Gripopterygiidae) (Anexo 2) del orden Plecóptera y dos con valor de tolerancia de dos, Leptophlebiidae y Ameletopsidae (Anexo 2), ambas del orden Ephemeroptera.

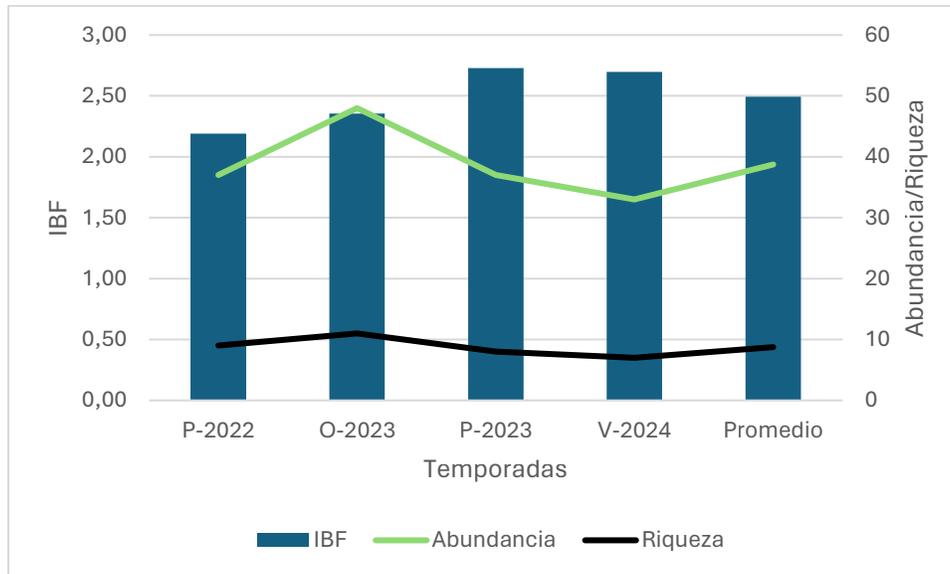


Figura 31. IBF, riqueza y abundancia de taxas registrados en el punto de monitoreo Boroa Norte entre los años 2022 y 2024. P: Primavera, O: Otoño, V: Verano.

3.3.7 Índice Biótico Familia Boldo Alto

La calidad de agua para el punto Boldo Alto dio un valor promedio de 2,26 lo que lo clasifica en clase I, Muy bueno. Los valores del IBF tuvieron poca variación a lo largo de las temporadas monitoreadas, registrándose una calidad Muy Buena en todas ellas (Tabla 32, Figura 32).

Tabla 32. IBF, riqueza y abundancia de taxas registrados en el punto de monitoreo Boldo Alto entre los años 2022 y 2024. P: Primavera, O: Otoño, V: Verano.

	P-2022	O-2023	P-2023	V-2024	Promedio
IBF	2,50	2,27	1,86	2,40	2,26
Abundancia	18	11	22	15	-
Riqueza	4	2	5	6	-
Clase I Muy Bueno					

Destacan familias con valores de tolerancia cero como Diamphipnoidae y Corydalidae, del orden Plecoptera y Megalopetera respectivamente. Gran abundancia de la familia Leptophlebiidae con un valor de tolerancia de dos puntos, registrado en todas las temporadas, al igual que Athericidae registrado en la temporada primavera 2023.

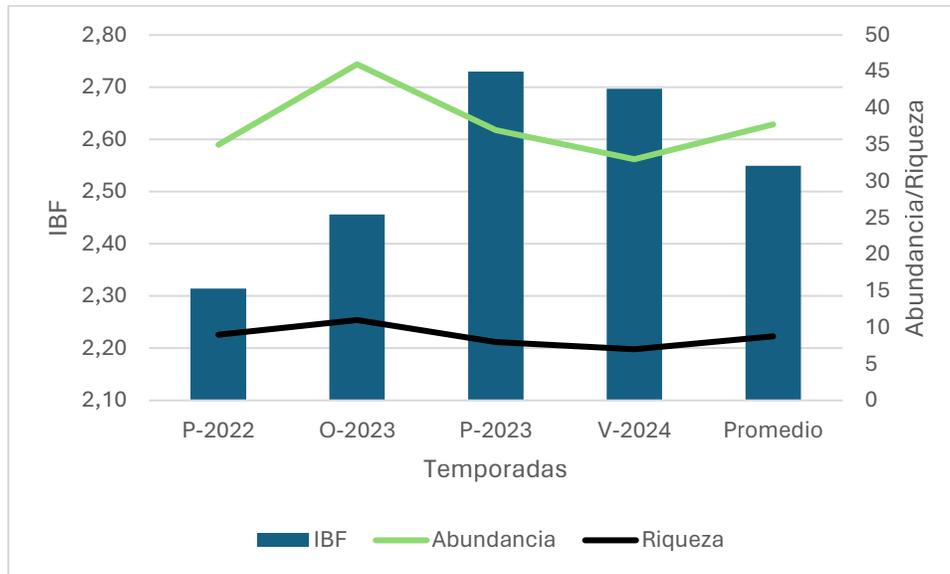


Figura 32. IBF, riqueza y abundancia de taxas registrados en el punto de monitoreo Boroa Norte entre los años 2022 y 2024. P: Primavera, O: Otoño, V: Verano.

Este punto se caracteriza por una perturbación significativa en su matriz vegetal, evidenciada por la presencia de plantaciones de monocultivo. Durante la última campaña realizada en el verano de 2024, se observó que la plantación fue completamente talada hasta el borde del cauce del río. Los impactos derivados de esta tala rasa probablemente se manifestarán durante las temporadas de lluvia, debido a la llegada directa de material particulado al río, lo que impactara directamente en las comunidades acuáticas existentes en el cuerpo de agua.

3.3.8 Índice Biótico Familia Puente Boldo

La calidad de agua para el punto Puente Boldo dio un promedio de 5,84 (Tabla 33, Figura 33) lo que lo clasifica en clase III, Malo, Regular, Perturbado. Los valores del IBF tuvieron variación en las distintas temporadas de monitoreo, destacándose la clase II Bueno, Moderadamente perturbado, en las temporadas de otoño 2022, primavera 2022 y primavera 2023. La temporada otoño 2023 tuvo un valor de 10 (Clase 1, Muy Malo, Perturbado fuertemente), debido a la presencia de solo un individuo de la subclase Hirudínea.

Tabla 33. IBF, riqueza y abundancia de taxas registrados en el punto de monitoreo Puente Boldo entre los años 2022 y 2024. P: Primavera, O: Otoño, V: Verano.

	P-2021	O-2022	P-2022	O-2023	P-2023	V-2024	Promedio
IBF	5,04	4,33	4,38	10,00	4,28	7,00	5,84
Abundancia	25	6	29	1	29	1	-
Riqueza	7	2	6	1	3	1	-
CLASE III, REGULAR PERTURBADO							

La familia más abundante fue Janiriidae con un valor de tolerancia de cuatro (Anexo 2). Este punto de monitoreo presento bajas abundancias y riqueza de taxas, es un cuerpo de agua intervenido, en donde se extrae agua y con existencia de microbasurales en sus alrededores.

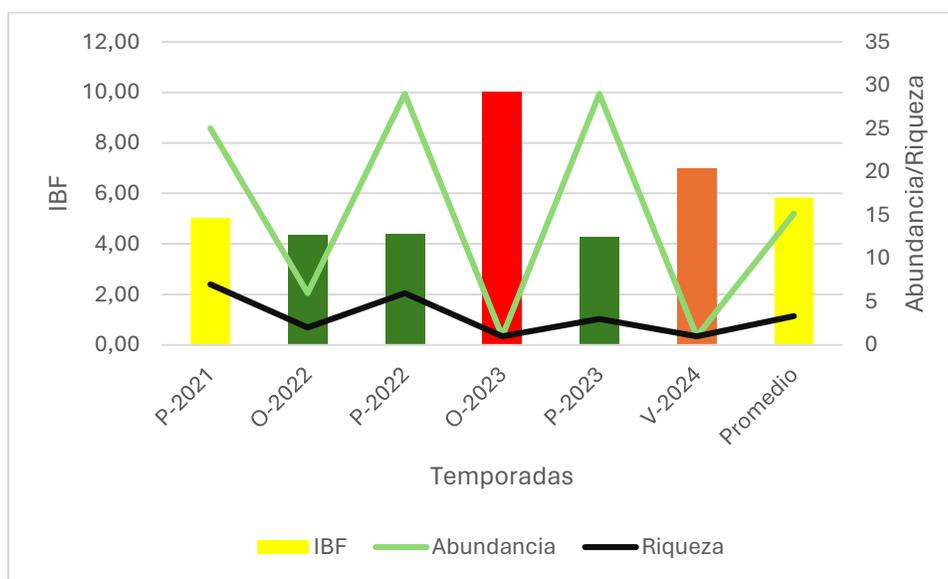


Figura 33. IBF, riqueza y abundancia de taxas registrados en el punto de monitoreo Puente Boldo entre los años 2021 y 2024. P: Primavera, O: Otoño, V: Verano.

3.3.9 Índice Biótico Familia Laguna Tromén

La calidad de agua para el punto Laguna Tromén dio un promedio 7,15 (Tabla 34, Figura 34) lo que lo clasifica en clase IV, Malo, Muy Perturbado. Los valores del IBF se mantuvieron constante en Clase IV, excepto en la temporada primavera 2023 en donde se calculo un IBF de 7,39 situando la calidad de agua en la clase I, Muy malo, Fuertemente perturbado, en donde domino la presencia de la familia Hyallellidae. Esto puede deberse a la ganadería predominante en el sector, la cual pastorea en los alrededores del cuerpo de agua.

Tabla 34. IBF, riqueza y abundancia de taxas registrados en el punto de monitoreo Laguna Tromén entre los años 2022 y 2024. P: Primavera, O: Otoño.

Temporadas	P-2022	O-2023	P-2023	Promedio
IBF	7,22	6,83	7,39	7,15
Abundancia	37	6	18	-
Riqueza	3	3	3	-
CLASE IV, Malo, Muy Perturbado				

El punto de monitoreo Laguna Tromén se destacó en todas las campañas por presentar una abundancia variable de individuos y una riqueza estable con tres taxas (Tabla 34, Figura 34), se registró la familia Chironomidae y Hyallelidae en todas las campañas de monitoreo, siendo la primera la más abundante y con valor de tolerancia de siete (Anexo 2) y la segunda con un valor de tolerancia de ocho (Anexo 2).

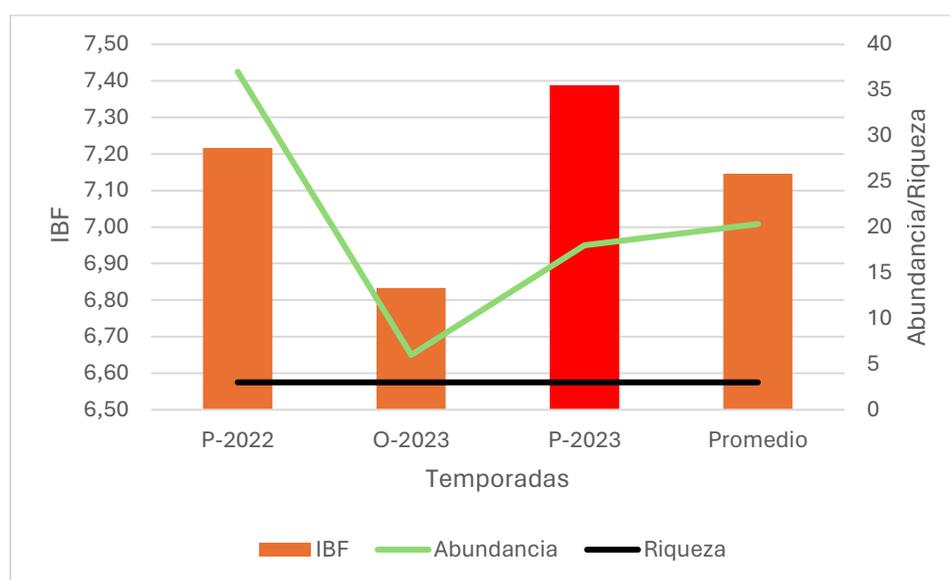


Figura 34. IBF, riqueza y abundancia de taxas registrados en el punto de monitoreo Balsa Nigüe entre los años 2021 y 2024. P: Primavera, O: Otoño, V: Verano.

3.3.10 Índice Biótico Familia Laguna Patagua

La calidad de agua para el punto Laguna Patagua dio un promedio 7,2 (Tabla 35, Figura 35) lo que lo clasifica en clase IV, Malo, Muy Perturbado. Los valores del IBF se mantuvieron constante en Clase IV, excepto en la temporada otoño 2022 en donde se calculó un IBF de 8,0 situando la calidad de agua en la clase I, Muy malo, Fuertemente perturbado, en donde domino solo la presencia de la clase Oligochaeta

Tabla 35. IBF, riqueza y abundancia de taxas registrados en el punto de monitoreo Laguna Patagua entre los años 2021 y 2023. P: Primavera, O: Otoño, V: Verano.

	P-2021	O-2022	P-2022	P-2023	Promedio
IBF	7,20	8,00	6,75	6,69	7,16
Abundancia	15	8	4	13	-
Riqueza	3	1	4	4	-
Clase IV, Malo, Muy Perturbado					

El punto de monitoreo Laguna Patagua se destacó en todas las campañas por presentar una abundancia variable de individuos y una baja riqueza de taxas (Tabla 35, Figura 35), solo en las campañas de primavera 2022 y primavera 2023 se registraron ninfas de libélulas de las familias Aeshnidae y Calopterygidae, con un valor de tolerancia de tres y cinco respectivamente (Anexo 2). Las demás familias y clases registradas tuvieron valores de tolerancia por sobre los seis puntos. Cabe destacar que en la temporada verano 2024 no se registraron individuos por lo tanto no se incluyó dicha temporada en el análisis.

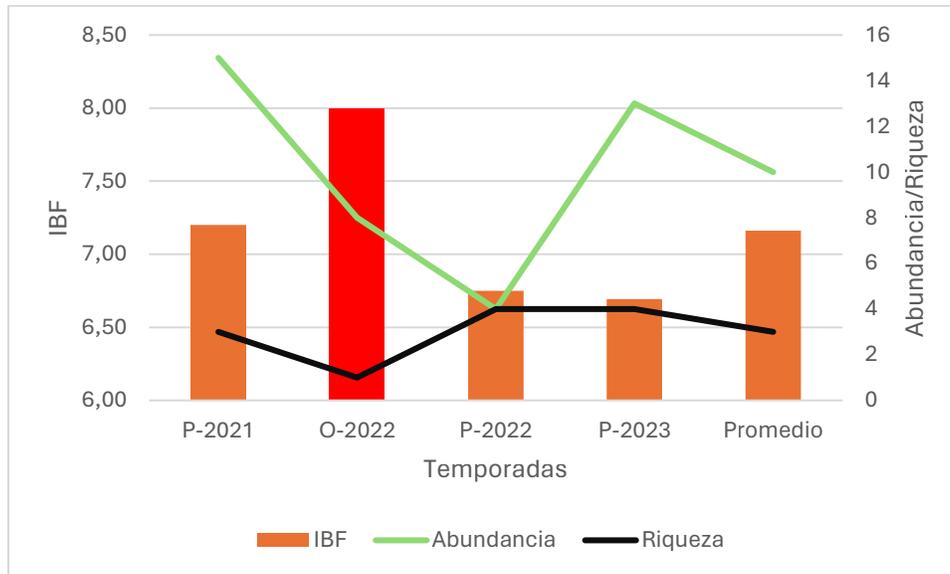


Figura 35. IBF, riqueza y abundancia de taxas registradas en el punto de monitoreo Laguna Patagua entre los años 2021 y 2023. P: Primavera, O: Otoño, V: Verano.

3.4 Propuesta monitoreo de seguimiento

Con base en el análisis de todas las campañas de monitoreo realizadas en diferentes temporadas en el humedal del río Queule, se sugiere implementar un seguimiento continuo mediante las campañas de monitoreo tres puntos específicos. Al seleccionar los puntos, es fundamental considerar tres variables clave: accesibilidad, representatividad del hábitat y el propósito del monitoreo. En este caso particular, el propósito es evaluar la calidad del agua del humedal río Queule de manera eficiente, fácil y con un bajo costo económico.

A continuación, se explicarán detalladamente las tres variables a considerar:

- La accesibilidad representa un factor crítico en la selección de los puntos de monitoreo, dado que estamos sujetos a la variabilidad espacial y temporal del clima. Es fundamental que los puntos seleccionados sean accesibles durante temporadas de altas precipitaciones y aumentos en el caudal, así como durante las temporadas estivales.
- La representatividad del hábitat es crucial, ya que el hábitat monitoreado debe ser característico del ecosistema o parte de este el cual se desea evaluar. Por lo tanto, es imperativo seleccionar hábitats representativos en las zonas alta, media y baja de la cuenca, evitando la repetición de áreas con características paisajísticas similares.

- El propósito del monitoreo puede variar ampliamente, ya que existen numerosos objetivos para la evaluación de un ecosistema. Principalmente, se enfoca en la salud ambiental, pero también puede abarcar la presencia o ausencia de especies, la movilidad de poblaciones o comunidades, los impactos ambientales, entre otros aspectos, para este caso en particular nos centraremos en la calidad de agua.

Considerando estas tres variables clave, se proponen tres puntos de monitoreo, sugiriendo llevar a cabo el monitoreo de forma semestral, durante la temporada lluviosa (otoño-invierno) y la temporada seca (primavera-verano). Esto permitirá comparar el ensamblaje de comunidades acuáticas en condiciones climáticas diferentes, proporcionando una visión integral de la dinámica del ecosistema a lo largo del año.

Para el Humedal río Queule se propone monitorear:

1. El punto de monitoreo Boroa Sur se encuentra en la zona media-alta de la cuenca, con aguas corrientes y sustrato fangoso. A pesar de que el acceso se realiza a través de una propiedad privada, en comparación con las alternativas de Boldo Alto o Boroa Norte, el acceso es relativamente fácil y cercano. Se ha observado una abundancia y riqueza de especies media, y se han registrado familias que no han sido observadas en otros puntos de monitoreo.
2. El punto de monitoreo Puralaco se ubica en la zona media-alta de la cuenca, con características ritrónicas y acceso libre. Se encuentra en las proximidades de un colegio y ha demostrado una alta abundancia y diversidad a lo largo de las campañas de monitoreo realizadas.
3. El punto de monitoreo Puente Boldo se localiza en la zona baja de la cuenca, con características lénticas y perturbación antrópica, pero con acceso libre. Aunque no ha mostrado una gran diversidad y abundancia, es un punto representativo debido a que la vegetación circundante es distinta a la de las otras dos estaciones, y experimenta una perturbación constante debido a la entrada de camiones aljibes.

4. CONCLUSIONES

1. En total, durante las campañas de monitoreo realizadas entre 2021 y 2024, se registraron 808 individuos pertenecientes a 35 taxones en los 11 puntos evaluados.
2. El punto de monitoreo Boroa Norte (BON) se destaca por presentar la mayor abundancia y diversidad de organismos. Esto se atribuye a las características favorables de su hábitat, ubicado en la zona alta de la cuenca, y con condiciones ambientales óptimas.
3. La utilización de diversas metodologías de muestreo ha permitido mejorar los resultados obtenidos en términos de abundancia y diversidad de los organismos colectados en los ecosistemas de humedal. Mientras más metodologías se empleen, mayor será la cobertura y representatividad del hábitat evaluado.
4. De manera general, se puede inferir que el humedal del río Queule presenta buenas condiciones ecosistémicas a medida que se asciende por la cuenca, en las zonas altas con presencia de ríos y arroyos. La presencia de organismos poco tolerantes a perturbaciones y contaminación es un indicador de esta condición favorable. En contraste, las estaciones ubicadas en zonas más bajas, y algunas con influencia marina, presentan condiciones ligeramente más alteradas, ya sea por características propias del territorio o por perturbaciones antrópicas, como en el caso de Laguna Patagua y Queule 2.
5. Estos resultados resaltan la importancia de realizar un monitoreo a lo largo del año, ya que las diferentes épocas pueden revelar patrones de diversidad y abundancia distintos, posiblemente relacionados con los ciclos de vida y las respuestas de los organismos a los cambios ambientales estacionales en este humedal.

5. BIBLIOGRAFÍA

Alba-Tecedor J, Pardo, I., Prat, N., y Pujanta, A. (2005). Metodología para el establecimiento del estado ecológico según la Directiva del Marco del Agua. Protocolos de muestreo y análisis para invertebrados bentónicos. Ministerio del Ambiente. Confederación Hidráulica del Ebro. Madrid.

Batzer, D. P., & Boix, D. (2016). An introduction to freshwater wetlands and their invertebrates. En Springer eBooks (pp. 1-23). https://doi.org/10.1007/978-3-319-24978-0_1

Das, J., & Maity, J. (2021). Aquatic entomofauna as Biological Indicator of Water quality: A review. *International Journal of Entomology Research*, 6(2), 257-262.

Ministerio del Medio Ambiente (2020). Catastro Nacional de Humedales.

Méndez, N. (2002). Annelid assemblages in soft bottoms subjected to human impact in the Urías estuary (Sinaloa, Mexico). *Oceanologica acta*, 25(3-4), 139-147. [https://doi.org/10.1016/s0399-1784\(02\)01193-3](https://doi.org/10.1016/s0399-1784(02)01193-3)

Norma Chilena. 1987. Requisitos de Calidad de Agua para diferentes Usos (NCh 1333 Of 78). URL: https://ciperchile.cl/pdfs/11-2013/norovirus/NCh1333-1978_Mod-1987.pdf

Oscoz, J. Galicia, D. & Miranda, R. (2011). Clave dicotómica para la identificación de macroinvertebrados de la cuenca del Ebro. Confederación Hidrográfica del Ebro.

Palma, A. 2013. Guía para identificación de invertebrados acuáticos. 1era Edición. 122 pp.

Park, Y., Grenouillet, G., Esperance, B., & Lek, S. (2006). Stream fish assemblages and basin land cover in a river network. *Science of The Total Environment*, 365(1-3), 140-153. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2006.02.046>

Roldán, G. A. (1996). Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. Fondo FEN Colombia, Colciencias. Universidad de Antioquia, Medellín. 217 pp.

Rosenberg, D. M., & Resh, V. H. (1993). Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. *Choice Reviews Online*, 30(11), 30-6159. <https://doi.org/10.5860/choice.30-6159>

Silver, C. A., Vamosi, S. M., & Bayley, S. E. (2012). Temporary and Permanent Wetland macroinvertebrate Communities: phylogenetic structure through time. *Acta Oecologica-international Journal of Ecology*, 39, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2011.10.001>

Van Diggelen, R., Sijtsma, F., Strijker, D., & Burg, J. V. D. (2005). Relating land-use intensity and biodiversity at the regional scale. *Basic and Applied Ecology*, 6(2), 145-159. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2005.01.004>

Wilson, G. (2008). Global diversity of isopod crustaceans (Crustacea; isopoda) in freshwater. En Springer eBooks (pp. 231-240). https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8259-7_26

Zimmer, K. D., Hanson, M. A., & Wrubleski, D. A. (2016). Invertebrates in permanent wetlands (Long-Hydroperiod marshes and shallow lakes). En Springer eBooks (pp. 251-286). https://doi.org/10.1007/978-3-319-24978-0_8

6.ANEXOS

Anexo 1. Abundancia y diversidad de organismos colectados en las temporadas de otoño, primavera y verano entre los años 2021 y 2024.

TAXAS	OTOÑO	PRIMAVERA	VERANO	TOTAL
Acari	1	0	0	1
Aeglidae	17	39	0	56
Aeshnidae	0	5	0	5
Ameletopsidae	2	1	0	3
Amnicolidae	0	0	1	1
Ancylidae	0	8	3	11
Athericidae	0	1	0	1
Baetidae	11	32	8	51
Blephariceridae	6	1	0	7
Calamoceratidae	0	2	0	2
Calopterygidae	0	5	0	5
Ceratopogonidae	0	2	0	2
Chilinae	5	35	3	43
Chironomidae	5	32	1	38
Coralydae	0	0	1	1
Corophiidae	33	10	7	50
Diamphipnoidae	2	11	7	20
Dugesidae	2	6	4	12
Gripopterygidae	9	4	2	15
Hirudinea	2	9	0	11
Hyalloidea	5	56	2	63
Hydrobiosidae	0	0	1	1
Hydropsychidae	3	19	12	34
Hydroptilidae	0	8	0	8
Janiriidae	5	65	0	70
Leptoceridae	1	2	2	5
Leptophlebiidae	34	136	22	192
Oligochaeta	9	4	1	14
Oniscigastridae	0	13	2	15
Parastacidae	8	11	6	25
Perlidae	0	2	0	2
Polychaeta	8	10	0	18
Psephenidae	4	13	2	19
Pyralidae	1	0	0	1
Simuliidae	1	2	4	7
Tipulidae	0	1	0	1

Anexo 2. Tabla valor de tolerancia Índice Biótico de Familia modificado para Chile por Figueroa et al., 2007.

ORDEN	FAMILIA	VT	ORDEN	FAMILIA	VT
PLECOPTERA	Gripopterygiidae	1	MEGALOPTERA	Corydalidae	0
	Notonemouridae	0		Sialidae	4
	Perlidae	1	LEPIDOPTERA	Pyralidae	5
	Diamphipnoide	0	ACARI		4
	Eustheniidae	0	DECAPODA	Parastacidae	6
	Austroperlidae	1		Aegliidae	3
EPHEMEROPTERA	Baetidae	4	COLEOPTERA	Elmidae	4
	Caenidae	7		Psephenidae	4
	Leptophlebiidae	2	DIPTERA	Athericidae	2
	Nesameletidae	7		Blephariceridae	0
	Oligoneuridae	2		Ceratopogonidae	6
	Ameltopsidae	2		Chironomidae	7
	Oniscigastridae	3		Empididae	6
Aeshnidae	3	Ephydriidae		6	
Calopterygidae	5	Psychodidae		10	
Gomphidae	1	Syrphidae		10	
Lestidae	9	Tabanidae		6	
Libellulidae	9	Simuliidae		6	
ODONATA	Coenagrionidae	9	Tipulidae	3	
	Cordulidae	5	DECAPODA	Hyaellidae	8
	Petaluridae	5	MOLLUSCA	Amnicolidae	6
	Calamoceratidae	3		Lymnaeidae	6
	Glossosomatidae	0		Physidae	8
	Helicopsychidae	3		Sphaeriidae	8
	Hydropsychidae	4		Chiliniidae	6
	Hydroptilidae	4	OLIGOCHAETA	-	8
Leptoceridae	4	HIRUDINEA	-	10	
Limnephilidae	2	ISOPODA	Janiriidae	4	
TRICHOPTERA	Ecnomidae	3	PLATYHELMINTES	Turbellaria	4
	Helicophidae	6			
	Polycentropodidae	3			
	Philopotamidae	2			
	Hydrobiosidae	0			
	Sericostomatidae	3			

Anexo 3. Registro de taxas identificados en las temporadas de Otoño, Primavera y Verano entre los años 2021 al 2024.



Odonata



Ameletopsidae



Hydropsichidae



Gripopterygidae



Aegla sp.



Baetidae



Blephariceridae



Parastacus nicoleti



Simuliidae



Chironomidae



Leptophlebiidae



Tipulidae

