



# MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS EN LOS RÍOS DE CHILE

*Primera Edición Digital*

Chávez Callupe, Reif Jorge  
Chávez Estrada, Jorge  
Nolazco Bravo, Luz Mery  
Wilder Javier Martel Tolentino



*Flo Nexus*  
EDITORIAL



Chávez Callupe, Reif Jorge  
Chávez Estrada, Jorge  
Nolazco Bravo, Luz Mery  
Wilder Javier Martel Tolentino



MACROINVERTEBRADOS  
BENTÓNICOS EN LOS  
RIOS DE CHILE

HN

*HoNexus*  
EDITORIAL



# MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS EN LOS RIOS DE CHILE

© Reif Jorge Chávez Callupe.  
© Jorge Chávez Estrada.  
© Luz Mery Nolazco Bravo.  
© Wilder Javier Martel Tolentino.

Editor de contenido: Natalia Beltran Choque  
Diseño de cubierta: Ho Nexus

1ª edición digital, noviembre 2025

Editado por:

© HO NEXUS E.I.R.L.  
Dirección legal: Urb. Paseo del Mar Mz I4, Lt 33  
Nuevo Chimbote, Santa, Ancash - Perú  
Correo electrónico: ed.honexus@gmail.com  
teléfono: 978 653 152  
<https://books.honexus.org>  
DOI: <https://doi.org//10.70504/978-612-99189-8-3>

Reservados todos los derechos de publicación en cualquier idioma; siendo su contenido protegido por la Ley vigente que establece penas de prisión y/o multas a quienes intencionadamente reprodujeren o plagiaran, en todo o en parte, una obra literaria, artística o científica.

Depósito Legal: 2025-12907  
ISBN: 978-612-99189-8-3

Revisión por pares:

Este libro (o monografía) fue sometido a evaluación de pares mediante el sistema de doble ciego (doubleblinded review), garantizando la calidad, pertinencia, ética y rigor académico de la obra, conforme a los estándares internacionales de revisión científica y las políticas editoriales de Ho Nexus.



## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	5
PRÓLOGO .....	6
INTRODUCCIÓN .....	7
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO .....	8
CAPÍTULO II: MARCO METODOLÓGICO .....	15
CAPÍTULO III: RESULTADOS .....	22
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	65
CONCLUSIONES .....	69
REFERENCIAS .....	71

## RESUMEN

La heterogeneidad de variables físicas existentes en las cuencas de cada río afecta el contexto de comunidades biológicas. Para estudiar a las comunidades, perturbaciones naturales antropogénicas, se usa el espectro de salud comunitario. Se basan en logaritmos de masa y logaritmo de abundancia, muestra la energía, productividad primaria e interrelaciones tróficas en un conjunto. Se debe a la gradiente de altitud y latitud de la masa de macroinvertebrados, trabajado con los ríos: Choapa, Maipo y Maule, en 3 escenarios diferentes. Estudiando la formación y composición de macroinvertebrados bentónicos, en densidad relativa, tallas y estudio de muestras funcionales, aportantes consumidores basales no tributarios y depredadores. Las poblaciones cambian sus tamaños a diferentes altitudes en cada río, se pierden grupos en zonas bajas. Por comparación, el Maipo mostró mayor pendiente negativa en tamaño, pérdida en depredadores dentro de su composición trófica. El tamaño es sensible para evaluar variedad ambiental sobre comunidades naturales.

## PRÓLOGO

En el corazón de Chile, entre cordilleras y valles, los ríos trazan caminos de vida que descienden desde los Andes hasta el mar. Son arterias líquidas que sostienen comunidades, ecosistemas y culturas. Sin embargo, más allá de sus aguas visibles, existe un mundo oculto y fascinante: el de los macroinvertebrados bentónicos, diminutos organismos que viven adheridos al fondo del río y que, aunque casi imperceptibles, son esenciales para el equilibrio ecológico de nuestros ecosistemas acuáticos.

Este libro nace de la necesidad de mirar los ríos desde abajo, de descubrir la vida que bulle en el sedimento, entre piedras y hojas sumergidas. Allí, insectos, larvas, crustáceos y moluscos cumplen funciones fundamentales: filtran el agua, descomponen la materia orgánica, sirven de alimento a peces y aves, y nos ofrecen señales sobre la salud ambiental de cada corriente.

A través de estas páginas, el lector recorrerá los ríos Choapa, Maipo y Maule, tres escenarios naturales que representan la diversidad de paisajes de Chile central. En ellos, la ciencia se encuentra con la geografía, la estadística se une a la observación minuciosa, y la biología se transforma en relato. Porque conocer a los macroinvertebrados no es solo entender su estructura o su función ecológica: es aprender a escuchar lo que el río nos dice a través de ellos.

El propósito de este libro no es solo divulgar los resultados de una investigación, sino reconciliar la ciencia con la sensibilidad ambiental. En tiempos de crisis climática, escasez hídrica y pérdida de biodiversidad, aprender a leer los signos del río se vuelve una tarea urgente. Esta obra invita a mirar con nuevos ojos ese universo invisible que sostiene la vida, y a comprender que proteger el agua es también proteger a quienes la habitan y, en última instancia, protegernos a nosotros mismos.

## INTRODUCCIÓN

Los ríos de Chile son más que cuerpos de agua: son sistemas vivos que conectan montañas, bosques, campos y ciudades. En su recorrido desde la alta cordillera hasta el océano, atraviesan diferentes climas, suelos y paisajes, transformándose en un mosaico de condiciones ambientales únicas. Cada tramo alberga comunidades biológicas adaptadas a sus particularidades, y entre ellas, los macroinvertebrados bentónicos destacan como verdaderos termómetros de la salud de los ecosistemas acuáticos. Estos pequeños organismos: larvas de insectos, gusanos, caracoles o crustáceos habitan el fondo de los ríos, donde desempeñan un papel silencioso pero vital. Son los recicladores naturales del agua, los encargados de transformar la materia orgánica en energía disponible para otros niveles de la cadena trófica. Su presencia, abundancia y tamaño nos revelan mucho más de lo que parece: nos hablan de la calidad del agua, del grado de contaminación y del equilibrio ecológico de un río.

El estudio que da origen a este libro se desarrolló en tres cuencas emblemáticas del centro de Chile: Choapa, Maipo y Maule, donde la heterogeneidad ambiental (las variaciones en altitud, temperatura, oxígeno, pH y otros factores) moldea la estructura de las comunidades acuáticas. A través del análisis de estos organismos y sus interacciones, se buscó comprender cómo las diferencias ambientales influyen en la distribución, el tamaño y la diversidad de la vida bentónica. Más allá de las cifras y los modelos, esta investigación pretende contar una historia sobre adaptación y equilibrio, sobre cómo los ríos responden a los cambios naturales y humanos. Cada corriente nos ofrece una lección de resiliencia, pero también una advertencia sobre los límites que la naturaleza impone cuando se la fuerza demasiado.

Así, este libro invita a recorrer los ríos chilenos con curiosidad científica y respeto ecológico, a observar la vida bajo la superficie, y a reconocer en cada gota la conexión profunda entre el agua, la tierra y las personas que dependen de ella. Porque comprender el lenguaje de los ríos es también comprendernos a nosotros mismos como parte de un mismo sistema vivo.

## CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

### 1.1. Recursos hídricos de Chile

Chile está al suroeste de Sudamérica, tiene clima templado predominantemente. Sus montañas prevalecen en la mayor parte del país y las condiciones climáticas en zona central, entre la IV (29° 20' y 32° 15' de latitud sur) y la VIII región administrativa (36°00' y 38°30' de latitud sur). El agua en la zona metropolitana de Santiago es en primer lugar agricultura. En el año 2007, el sector agrícola representó aproximadamente el 74 % del uso total de agua en la región. La proporción requerida para agua potable alcanzó el 17 % mientras que la demanda para fines industriales alcanzó aproximadamente el 9,4%. La demanda absoluta de agua en la región varía entre 3,2 km<sup>3</sup> (años húmedos) y 4,4 km<sup>3</sup> (años secos), dependiendo de las necesidades de riego (Bartosch 2007). El sistema de agua institucional está administrado por empresas privadas.

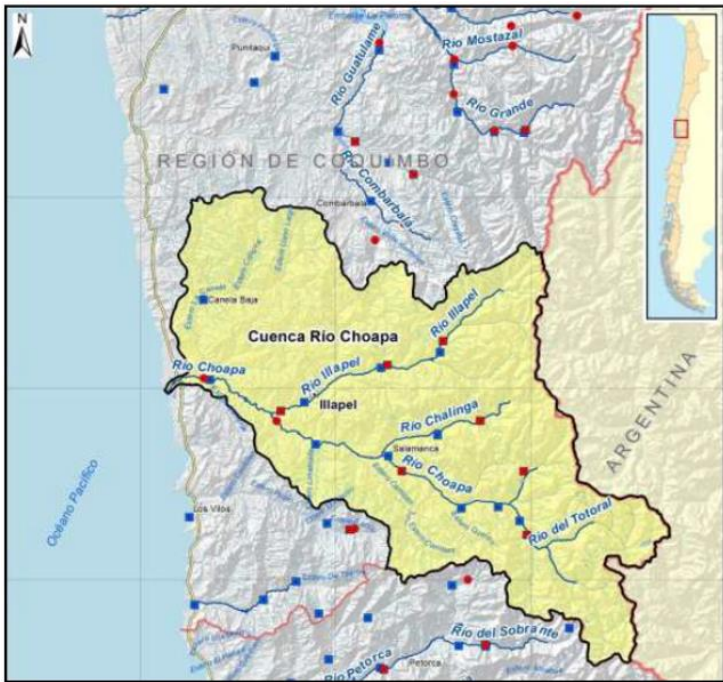
### 1.2. Río Maipo

El río Maipo abarca gran parte del territorio Metropolitano, buena parte de la V y VI zonas paralelas entre 32° 55' y 34° 15' latitud sur y meridianos 69° 55' y 71° 33' longitud oeste (Ver Figura 1). Drena sobre los 15.304 Km<sup>2</sup>. El área cubre casi el 100% de la Zona Metropolitana y una parte de Valparaíso (San Antonio y Valparaíso) y del Libertador Bernardo O'Higgins (Cachapoal). Maipo sobre 250 Km de longitud, es toma de agua de la Zona Metropolitana. Atiende un promedio del 70% del suministro de agua potable y por lo menos al 90% de riegos de plantas. Otro aprovechamiento intensivo es el hidroeléctrico en la producción de energía eléctrica. La cuenca, posee alta concentración de viviendas e industrias (DGA, 2004).



izquierda, al estero y Camisas como afluente principal y otros de menor importancia, El río Illapel drena 2.100 km<sup>2</sup> con un curso de 85 km para unirse al Choapa. Aguas abajo el ancho se reduce desde Canelillo, en roca granítica, para ejecución de un embalse de 200 millones de m<sup>3</sup>. El 2do. río tributario superior-medio es el Chalinga, drena en 600 km<sup>2</sup> con caudal de 0,84 m<sup>3</sup> /s. generando confluencia del río Los Helados con el estero, pequeñas fuentes en la falda oeste del cordón que llega al Choapa aguas debajo de Salamanca.

Desarrollo de precordillera, nace en despluvio cuenca del Petorca; se constituye de quebradas Guayongo y León Muerto, y tiene un curso al Norte de unos 20 km. sufre severos estiajes (DGA, 2004).



**Figura 2.** Cuenca del río Choapa. Latitud sur: 31°10'- 32°15'.

*Fuente: Dirección General de Aguas (2004)*

#### 1.4. Río Maule

Pertenece a la VII Región con área de 20.295 km<sup>2</sup>, es la cuarta en extensión del país (Ver Figura 3). Nace en el extremo noroeste de laguna del Maule; recorre por el Norte 6.00 km y avanza hacia el NW encajonado por altas montañas. A 31 km de su inicio, se une el río Puelche y toma rumbo definitivo al WNW, hasta desembocar después de 240 km. A 90 km de su origen, expande su cauce por 80 km, por la llanura aluvial central y penetra en la cordillera de Costa, recibiendo al río Claro, como uno de sus tributarios más importantes. Discurre confinado por la cordillera de costa, en sus 10 (diez) últimos kilómetros ensancha, y en su tramo final alcanza 900 m de ancho. En esta travesía por la cordillera, el Maule recibe afluentes que sólo llevan agua por lluvias; como el estero. Los Puercos, drenan por el valle de Pencahue. Los tributarios provienen de la cordillera andina, muchos de ellos se unen en la Depresión Intermedia.

En la zona andina, el Maule recibe tributarios de envergadura; el río Puelche y río Los Cipreses, desde la laguna “La Invernada”, de 5 km<sup>2</sup> de área. A 75 km de iniciar, el Maule ensancha su caudal por del río Melado, que recibe por el sur.

El río Guaiquivilo-Melado viene de sur a norte y surge el valle interandino. Con 7 km de longitud, flanqueado a su izquierda por el cordón Melado, en las cumbres a 2.500 m separando los ríos Longaví, Achibueno y Ancoa, sub tributarios del Maule. El río Guaiquivilo-Melado nace del Cajón Troncoso, amplio drenaje en frontera, y Paralelo, desagua de laguna Dial, a 70 km aguas arriba se junta (DGA, 2004).



se observa en gradientes altitudinales de los hemisferios norte y sur (Montañas Rocosas y la Cordillera de los Andes) según Hauer et al. (2000) y Jacobsen (2004).

### 1.6. Espectro de tamaño

Es el rasgo estructural de masas acuáticas (Bainbridge, 1958). Los tamaños representan las energías y dinámicas del ecosistema en niveles tróficos altos, si mantienen una complejidad. El tamaño es factor clave de la estructura ambiental. La relación entre abundancia y tamaño corporal explica la distribución de la biomasa y la distribución de la biota del ecosistema. El tamaño es una herramienta para ver organismos de comunidades, evidencia empírica de procesos ecológicos y fisiológicos, como: el crecimiento somático, incremento y abundancia poblacional o eficiencia, se relacionan por escalas de tamaño (Yvon-Durocher et al., 2011).

De acuerdo con Sprules y Barth (2015), el tamaño muestra representaciones discretas o continuas de las relaciones enlazadas ya sea abundancia numérica o concentración de biomasa con el tamaño corporal. La transferencia de energía de una red alimentaria se rige por un complejo proceso ecológico y fisiológico que incluye en la depredación, crecimiento somático y demográfico, mortalidad, ingestión, asimilación, digestión y respiración. Los estudios tróficos de estos procesos están centrados en las especies, pero el enfoque del tamaño es estrictamente no taxonómico porque se basa en organismos individuales, representada por su tamaño, por interacciones ecológicas reales (Gilljam et al. 2011).

El tamaño ocasiona perturbaciones ambientales de mucho interés para ecologistas, refleja procesos ecológicos por distribución de biomasa y cantidad de energía en ecosistemas acuáticos (Trebilco et al. 2013), además perturbaciones antropogénicas y naturales que afectan procesos y producen alteraciones del tamaño de comunidades acuáticas.

Duplisa y Kerr (1995) demuestran que una perturbación natural sobre la comunidad de peces en Nueva Escocia reflejó en su tamaño normalizado. Yvon-Durocher et al. (2011) utilizaron un experimento de mesocosmo de agua dulce al aire libre para mostrar cómo el espectro abundancia de comunidades planctónicas podría

afectarse por el cambio climático. Un aumento de 4 °C de la temperatura del sistema provocó el incremento de abundancia de individuos pequeños y disminución de individuos grandes, reflejado en una variación significativa en la pendiente del espectro de tamaño y abundancia lineal, y una reducción del valor del intercepto en el eje de las ordenadas.

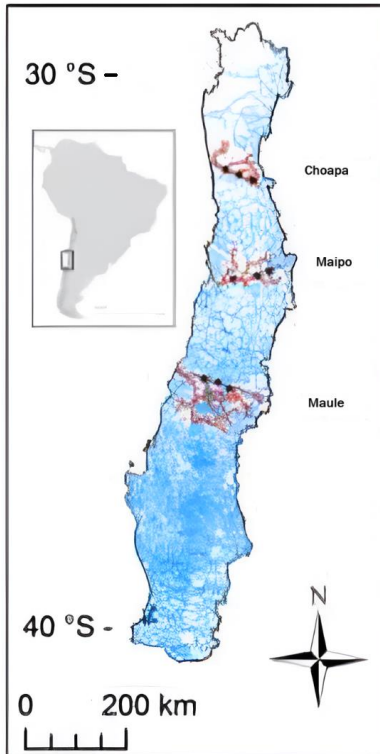
Según Kerr y Dickie (2001), las relaciones ecológicas y procesos fisiológicos en ecosistemas acuáticos dependen del tamaño (ejemplo, mortalidad, eficiencias de transferencia, metabolismo y crecimiento). Por ello varios investigadores incorporan la biomasa. teoría de espectro en modelos para estimar los procesos ecológicos dependientes del tamaño. Jennings et al. (2002) cuantificaron eficiencias de transferencia tróficas usando una combinación de datos del espectro de biomasa y producción, el tamaño del cuerpo y nivel trófico. Thygesen et al. (2005) utilizaron el modelo de abundancia en comunidad acuática para calcular la energía de un individuo de un determinado tamaño, para encontrar mejores estrategias de historia de vida de individuos. Se basa en antecedentes de estudios anteriores donde el tamaño es un valor que sirve para predecir procesos ecológicos en comunidades de tamaño definido y ver alternativa por otros métodos específicos costosos y que consumen mayor tiempo. Además, la relación entre abundancia y biomasa, significan que a mayor biomasa, menor abundancia de individuos, lo cual sirve como indicador de pendiente del tamaño.

## CAPÍTULO II: MARCO METODOLÓGICO

### 2.1. Materiales

#### 2.1.1. Material Biológico

Alcohol al 70% para macroinvertebrados bentónicos de 3 cuencas de Chile (Figura 4).



**Figura 4.** Área de estudio y puntos de muestreo en las cuencas: Choapa, Maipo y Maule. Zona central de Chile.

*Fuente: "An organismic-based the effect of global change and anthropogenic activities on stream systems in central chile"*

### 2.1.2. Material de Laboratorio

- Alcohol
- Pinzas
- Microscopio estereoscópico
- Claves taxonómicas

## 2.2. Métodos

### 2.2.1. Separación y análisis taxonómica

Ejecutado en el laboratorio del Medio Ambiente (CENMA), de la Universidad de Chile, en “An organismic-based approach to understand the effect of global FONDECYT 11140498 y 1150348”, con muestras semicuantitativas de macroinvertebrados bentónicos en 3 ríos (Choapa, Maipo y Maule) en octubre, 2015 y mayo, 2016.

Los ríos Choapa, Maipo y Maule, acorde a su orientación longitudinal, desde las zonas Andinas, drenan por el valle central hasta la costa. Para todas las cuencas con muestreo a diferentes alturas (Tabla 3), donde los macroinvertebrados fueron colectados usando red de mano de 250 mm de diámetro y fijados en alcohol etílico a 70%.

En paralelo se describieron propiedades físico químicas definidas en puntos de muestreo, con tres réplicas por punto en concordancia a un Contador et al. (2015): temperatura (°C), pH, conductividad ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) y oxígeno disuelto ( $\text{mg L}^{-1}$ ). Asimismo, las localidades fueron categorizadas por su altitud por clase de Lojtin (Tabla 1) según Gracia y Maza (1997). Las altitudes locales y diferencia de altitudes se establecen acorde al Contador et al. (2015) y clasificación de zonas biocenóticas basadas en características físicas del hábitat (Pinder, 1995): Epirithron (zona dominada por rápidos y aguas de alta velocidad) asociado al nivel de Montaña, Metarithron (zona media, alternando entre rápidos y aguas lentas) asociado al nivel de Pie Montaña e Hyporithron (zona baja) asociado al nivel de Planicie (Tabla 2).

Los macroinvertebrados bentónicos fueron identificados utilizando un microscopio estereoscópico con magnificación 5x y publicación disponible de nivel

Macroinvertebrados Bentónicos en los Ríos de Chile

taxonómico bajo, incluye a Merritt y Cummins (2007), Merritt et al. (2008), Domínguez y Fernández (2009), Palma (2013), Jerez y Moroni (2006), Vera y Camousseight (2006) así mismo a Rojas (2006). Los macroinvertebrados son identificados por taxas y por grupos funcionales: filtradores, colectores, raspadores, trituradores y depredadores. Cada presentado en etanol al 70% para la colección científica del CENMA.

**Tabla 1.** Clasificación de Lojtin de tramos del río de acuerdo x tipo de cauce

Tipo de cauce	D/S <sub>0</sub>
Alta montaña	>10
Montaña	>7
Pie de montaña	>6
Intermedio	>5
Planicie (cauce arenoso)	
a) Río caudaloso	>2
b) Río poco caudaloso	>1

D = Diámetro de partículas, en metros.

S<sub>0</sub> = Pendiente (m/m), unidad (distancia vertical (m) / distancia horizontal (m)).

*Fuente: Gracia y Maza (1997)*

**Tabla 2.** Estaciones de muestreo: georreferencia y clase por altitud.

Zona central de Chile

Cuenca	Lugar	Nivel del Río	GPS localidades	Altitud ** (msnm)
Choapa	Choapa 1	Montaña	S31° 55', W70° 53'	771
	Choapa 2	Pie Montaña	S31° 52', W70° 57'	577
	Choapa 3	Planicie	S31° 43', W71° 12'	242
Maipo	Maipo 4	Montaña	S33° 22', W70° 23'	1121
	Maipo 6	Montaña	S33° 19', W70° 27'	1057
	Maipo 5	Montaña	S33° 22', W70° 27'	992

Macroinvertebrados Bentónicos en los Ríos de Chile

	Maipo 2	Pie Montaña	S33° 45', W70° 26'	878
	Maipo 3	Planicie	S33° 43', W70° 29'	152
Maule	Maule 1	Montaña	S35° 33', W71° 13'	345
	Maule 2	Pie Montaña	S35° 29', W71° 17'	246
	Maule 3	Planicie	S35° 27', W71° 52'	41

*\* Gracia y Maza (1997).*

*\*\* Las altitudes de localidades y diferencia de altitudes, se establecieron acorde al Contador et al. (2015) indica como criterio de elección, una separación media de 100m de altitud acorde a cambios visibles en pendiente respecto a vegetación, hábitat y paisaje.*

2.2.2. Estimación de masa corporal

Los individuos, se cuentan y su masa corporal por longitud del cuerpo. Cada uno fotografiado mediante Motic Image (Stubbington et al., 2016) y con cada imagen longitudes de macroinvertebrados con longitud desde la parte anterior de cabeza hasta el último segmento, sin colas ni antenas. Se midieron los malacostráceos. Gastrópodos de longitud máxima concha (Meyer, 1989) y crustáceos, arácnidos y anélidos se miden con cuerpo extendido (Larrañaga et al., 2009), acorde a Baumgartner y Rothhaupt (2003), relación entre dimensiones lineales del cuerpo y masa corporal se describe por la función:  $BM = a * L^b$

Normalmente se presenta en forma transformada aplicando el Logaritmo natural:

$$\ln BM = \ln a + b \cdot \ln L$$

Donde:

BM masa corporal (mg),

L dimensión lineal del cuerpo

a y b constantes corregidas de regresión

## Macroinvertebrados Bentónicos en los Ríos de Chile

Por datos de literatura Yvon-Durocher et al. (2011). Según Burgherr y Meyer (1997), estos valores se aplican a nivel de especies y también a taxonómicos más altos no alterados por la composición comunitaria. La masa corporal de cada individuo se estima a partir de su longitud, aplicando Logaritmo decimal y no logaritmo natural, acorde a lo siguiente:

$$\text{Log}10\text{BM} = \text{log}10a + b * \text{log}10L$$

La masa corporal o biomasa, se categorizó por grupos funcionales (porcentajes). En caso de la familia Elmidae, obtuvo hasta tres porcentajes de biomasa en tres grupos funcionales debido a que presentó dos géneros pertenecientes a grupos funcionales distintos (*Austrolimnius* sp. Y *Microcylloepus* sp.) Y en el caso de *Austrolimnius* sp. Presentó dos estados de desarrollo (larva y adulto) cada uno perteneciente a un grupo funcional distinto.

### 2.2.3. Tamaño

El espectro tamaño para macroinvertebrados se construyó dividiendo el rango total de  $\log_{10}(M)$ , donde M es masa corporal, para n categorías logarítmicas de iguales tamaños, entre el logaritmo de la densidad de organismos ( $\log_{10}N$ ) para cada rango seleccionado (Martínez et al., 2016). La creación de rangos permitió usar el tamaño corporal como una covariable.

El espectro de tamaño fue construido como el mayor rango de tamaños del ecosistema caracterizado para cada muestreo y respectivos rangos de tamaños construidos considerando grupos funcionales de alimentación definidos. Solo organismos con masa superiores a 0.1 mg serán considerados para el análisis. En paralelo, la riqueza por taxa, diversidad y densidad estimadas para contrastar el espectro de tamaño.

Para el espectro tamaño se usó una técnica de preprocesamiento de información, denominada “binningo agrupamiento”, con la cual se disminuyó errores de observación. Los valores originales corresponden a un intervalo o bin, que son reemplazados por un valor representativo del intervalo, frecuentemente el valor

central. Cabe resaltar que para la caracterización del tamaño se utilizó, según la referencia de White, Enquist y Green (2008) para comunidades acuáticas, un agrupamiento logarítmico o logarithmic binning, caracterizado por utilizar intervalos (bins) de amplitud (ancho) logarítmica constante, es decir que el logaritmo del límite superior de un bin ( $x_{i+1}$ ) igual que el logaritmo del límite inferior del mismo bin ( $x_i$ ) más el ancho del bin ( $b$ ):

$$\text{Log}(x_{i+1}) = \text{Log}(x_i) + b$$

Entonces, el espectro tamaño para macroinvertebrados de cada cuenca se construyó dividiendo el rango total de valores de  $\log_{10}(M)$ , donde  $M$  masa corporal, entre  $n$  intervalos (bins) logarítmicos de amplitud constante y así como, el logaritmo de densidad de organismos ( $\log_{10}N$ ) dentro de cada intervalo, ajustado a la regresión contra el valor central del intervalo (White et al., 2008).

La creación de intervalos (bins) permitió que la masa corporal fuera utilizada como covariable en los análisis, a pesar de no existir consenso sobre el número de bins que deben utilizarse al construir espectros de tamaño, sabiendo que el número de bins influye en coeficientes estimados de regresiones de masa corporal y densidad (Martínez et al., 2016).

De acuerdo con Martínez et al. (2016), las comparaciones de pendientes e intercepto entre gráficas de distintas cuencas, se obtuvieron utilizando el mismo número de bins para todos los sitios produciendo de esta manera que el sesgo o error asociado a la selección del número de bins sea insignificante.

En este análisis sólo se utilizaron organismos con masa corporal superior a 0,1 mg para todas las variables comparadas (espectro de tamaño, riqueza de taxones, diversidad, densidad y biomasa) asumiendo que los organismos por debajo de este valor fueron subestimados en el muestreo (Morin et al., 2004).

Se trabajó con el sistema estadístico chi-cuadrado para comparar entre datos observados y esperados. Para determinar variable, que tenga incidencia sobre el tamaño, sea independiente o dependiente. Para cada variable dependiente, se obtiene significancia para estimar dependencia de la población.

#### 2.2.4. Proceso Estadístico

Se utilizó el software R, para procesar estadísticamente, aplicando las pruebas Kruskal-Wallis, chi cuadrado de tamaño, análisis no paramétrico multidimensional (NMDS) por fuentes, aplicando longitud de Bray-Curtis. Para obtener significancia estadística a nivel 0,05 y cálculo logarítmico  $\text{Log}_{10}(x + 1)$  según Crawley (2007) y Zar (2010). Además, se analiza escalamientos multidimensionales no métricos y análisis por componentes por efectos ambientales sobre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos.

## CAPÍTULO III: RESULTADOS

### 3.1. Caracterizar los macroinvertebrados bentónicos, por su abundancia y grupos funcionales

#### 3.1.1. Caracterización ambiental

Acorde a la metodología expuesta, se obtuvieron resultados que se observan en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Muestreo: georreferenciación, clasificación acorde a su altitud y datos físicoquímicos por estación. Zona central de Chile

Cuenca	Lugar	Código	Nivel del río	Coordenadas GPS	Altitud (msnm)	Parámetros físicoquímicos			
						T C°	OD mg/l	Conductividad mhos/cm	pH
Choapa	Choapa 1	CHOA1	Montaña	S31_55', W70_53'	771	21	6.9	325.15	9
	Choapa 2	CHOA2	Pie Montaña	S31_52', W70_57'	577	29	8.7	432.8	9
	Choapa 3	CHOA3	Planicie	S31_43', W71_12'	242	22	4.9	775.9	9
Maipo	Maipo 4	MA4	Montaña	S33_22', W70_23'	1121	16	8.2	244.28	8
	Maipo 6	MA6	Montaña	S33_19', W70_27'	1057	17	8.1	308.83	8
	Maipo 5	MA5	Montaña	S33_22', W70_26'	992	15	8.9	423.12	7
	Maipo 2	MA2	Pie Montaña	S33_45', W70_26'	878	20	7.9	1206	8
	Maipo 3	MA3	Planicie	S33_35', W70_29'	152	21	9.1	1409.22	8
Maule	Maule 1	MAU1	Montaña	S35_33', W71_13'	345	24	2.5	188.66	9
	Maule 2	MAU2	Pie Montaña	S35_29', W71_17'	246	26	2.8	174	9
	Maule 3	MAU3	Planicie	S35_27', W71_52'	41	25	2	167.33	9

#### 3.1.2. Estaciones de muestreo

##### 3.1.2.1 Río Choapa

Estación CHOA1: Este punto se encuentra en el tramo montañoso del río Choapa, a la altura de Quelen y aguas arriba de la localidad de Panguelillo. Ubicado a 771 msnm, caracterizado por encontrarse en una zona levemente intervenida por actividad agrícola, y por poseer una densa vegetación ribereña. El sustrato observado en este punto se caracterizó por presentar abundantes raíces.

## Macroinvertebrados Bentónicos en los Ríos de Chile

Estación CHOA2: Este punto se encuentra en el tramo Pie de montaña del río Choapa, a la altura de Huiguerillas y aguas arribas de la localidad de Salamanca. Ubicado a 577 msnm, caracterizado por encontrarse en una zona levemente intervenida por actividad agrícola, y por poseer una vegetación ribereña intervenida y fragmentada. El sustrato observado en este punto se caracterizó por presentar abundantes raíces.

Estación CHOA3: Este punto está en tramo Planicie del río Choapa, aguas abajo de la localidad de Limahuida. Ubicado a 242 msnm, caracterizado por encontrarse en una zona fuertemente intervenida por actividad agrícola, y por poseer una vegetación ribereña igualmente intervenida por actividades de extracción de áridos (piedras y suministros de construcción). El sustrato observado en este punto se caracterizó por presentar arena y piedras pequeñas.

### 3.1.2.2. Cuenca del río Maipo

Estación MA4: Este punto se encuentra en el tramo montañoso de la cuenca del río Maipo, camino a Farellones y aguas arriba de la intersección de los ríos Olina y San Francisco localidad de Panguecillo. Ubicado a 1121 msnm, caracterizado por encontrarse en una zona sin intervención por actividad agrícola, y por poseer una densa vegetación ribereña. El sustrato observado en este punto se caracterizó por presentar piedras de tamaño medio.

Estación MA6: Este punto se encuentra en el tramo montañoso del río Maipo, camino al Santuario de la naturaleza El Arrayán y aguas arribas de la intersección del estero del Arrayán y la quebrada el Bolson. Ubicado a 1057 msnm, caracterizado por encontrarse en una zona con nula intervención por actividad agrícola, y por poseer una densa vegetación ribereña.

El sustrato observado en este punto se caracterizó por presentar piedras de tamaño medio.

Estación MA5: Este punto se encuentra en el sector montañoso del Maipo, en el tramo que corresponde al río Mapocho, camino a Farellones y aguas abajo de la intersección del río mencionado y la quebrada de los Potrerillos. Ubicado a 992 msnm,

## Macroinvertebrados Bentónicos en los Ríos de Chile

caracterizado por encontrarse en una zona con baja a media intervención humana por asentamientos urbanos y actividad turística, y por poseer vegetación ribereña, aunque no en la densidad de otros puntos. El sustrato observado en este punto se caracterizó por presentar piedras de tamaño medio.

Estación MA2: Este punto se encuentra en el sector pie de montaña del río Maipo, tramo correspondiente al río Clarillo, ubicado en el Parque Nacional del Río Clarillo, aguas debajo de la intersección de la Quebrada Retamales y el río en mención. Ubicado a 878 msnm, caracterizado por encontrarse en una zona con nula a baja intervención humana por la condición de Parque Nacional de su entorno. Además, posee abundante vegetación ribereña. El sustrato observado en este punto se caracterizó por presentar piedras de tamaño medio.

Estación MA3: Este punto se encuentra en el sector planicie del río Maipo, en el tramo que corresponde al río Maipo, camino al Volcán y aguas abajo del desvío a El Toyo. Ubicado a 152 msnm, caracterizado por encontrarse en una zona con media a alta intervención humana por asentamientos urbanos y actividad agrícola, y por poseer escasa vegetación ribereña. El sustrato observado en este punto se caracterizó por presentar piedras de tamaño pequeño.

### 3.1.2.3. Cuenca del río Maule

Estación MAU1: Este punto se encuentra en el sector montaña del río Maule, en el tramo que corresponde al río Lircay, camino a la comuna de Vilches. Ubicado a 345 msnm, caracterizado por encontrarse en una zona con baja a media intervención humana por asentamientos urbanos en menor medida y actividad agrícola en mayor medida, y por poseer abundante vegetación ribereña. El sustrato observado en este punto se caracterizó por presentar piedras de tamaño medio.

Estación MAU2: Este punto se encuentra en el sector pie de montaña del Maule, en el tramo del río Lircay, cerca de la zona de Los Bajos de Lircay. Ubicado a 246 msnm, caracterizado por encontrarse en una zona con baja a media intervención humana por actividad agrícola principalmente, y por poseer abundante vegetación ribereña. El

sustrato observado en este punto se caracterizó por presentar piedras de tamaño medio.

Estación MAU3: Este punto se encuentra en el sector planicie del río Maule, en el tramo que corresponde al río Claro aguas arriba de la unión de este con el río Maule. Ubicado a 41 msnm, caracterizado por encontrarse en una zona con baja a media intervención humana por actividad agrícola principalmente, y por poseer escasa vegetación ribereña. El sustrato observado en este punto se caracterizó por presentar piedras de tamaño pequeño y medio.

### 3.1.3. Caracterización comunitaria

Se caracterizó la composición comunitaria en relación con las variables latitud y altitud, principalmente, mediante gráficos de distribución y densidad poblacional. A través de pruebas estadísticas no paramétricas a sugerencia de Wantzen & Rueda-Delgado (2009), no se identificaron variaciones significativas entre comunidades asociadas por cuencas (latitud) y tramos del río (altitud) en la abundancia por taxa. Se utilizó la prueba Kruskal-Wallis ( $p < 0,5$ ) (Tabla 4).

**Tabla 4.** Prueba de Kruskal-Wallis aplicados para diferenciar la composición comunitaria por altitud y latitud. Zona central de Chile

<b>Prueba de suma de rangos Kruskal-Wallis</b>
kruskal.test (Género ~ Altitud, data = data) data: Género by Altitud Kruskal-Wallis chi-cuadrado = 47.96, df = 2, p-valor = 3.85
kruskal.test (Género ~ Cuenca, data = data) data: Género by Cuenca Kruskal-Wallis chi-cuadrado = 629.66, df = 2, p-valor < 2.2 <sup>e</sup>

### 3.1.4. Composición de macroinvertebrados

Para 31 taxas, 14 identificados hasta el nivel de género, (Oligochaeta) y 16 niveles de familia.

## Macroinvertebrados Bentónicos en los Ríos de Chile

Los macroinvertebrados acuáticos en 5933 individuos. Por órdenes los representativos y abundantes son Dipteras con 2623 individuos, con abundancia de familia Chironomidae 2,493 individuos, Ephemeroptera con 1,615 individuos, resalta la Baetidae, con especie *Andesiops torrens* de 1,074 individuos. Para orden Trichoptera una abundancia de 865 individuos, de géneros *Smicridea* sp. Y *Metrichia* sp. Con 468 y 390 individuos respectivamente. Para la abundancia del orden Coleoptera con 561 individuos, con especial importancia los *Austrolimnius* sp. y *Microcyloepus* sp., de familia Elmidae, 422 y 126 individuos respectivamente (Figura 5). Respecto a la abundancia por clases, y grupo más representativo eran insectos con 5698 individuos (Figura 6).

Las órdenes más representativas por especies eran Díptera con el 20% de taxas, seguidamente Coleóptera con 16% de taxas, donde la familia Elmidae de mayor riqueza con 2 géneros. Asimismo, el Orden Trichoptera 13% de las que resalta la familia Hydrobiosidae con 2 géneros identificados y orden Ephemeroptera del 10% de los taxa (Figura 7). Así mismo la comunidad de macroinvertebrados representada en su mayoría por la clase Insecta, 24 taxones, mayor diversidad específica con el 77% de los taxa, seguida por Gastropoda que alcanzó el 10% de los taxa (Figura 8).

Macroinvertebrados Bentónicos en los Ríos de Chile

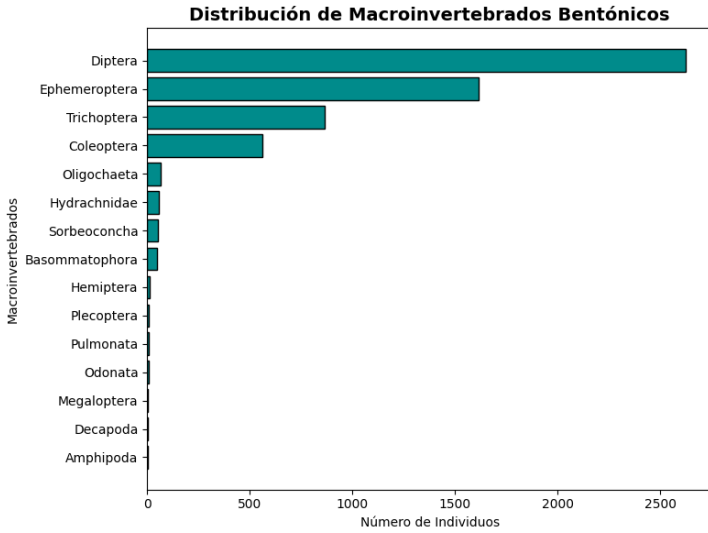


Figura 5. Orden de abundancia en zona central de Chile.

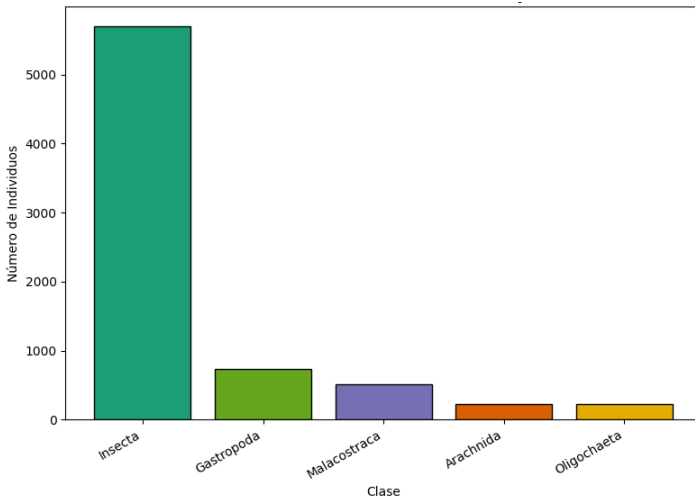


Figura 6. Abundancia de Macroinvertebrados por clase en zona central de Chile.

Macroinvertebrados Bentónicos en los Ríos de Chile

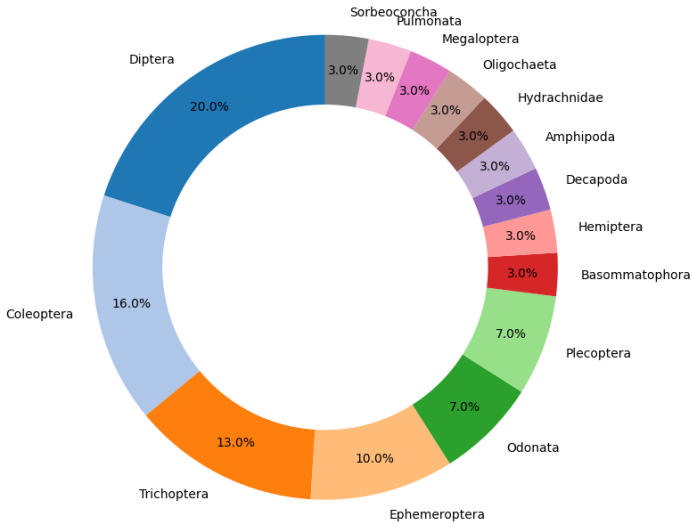


Figura 7. Distribución porcentual de Macroinvertebrados en zona central de Chile.

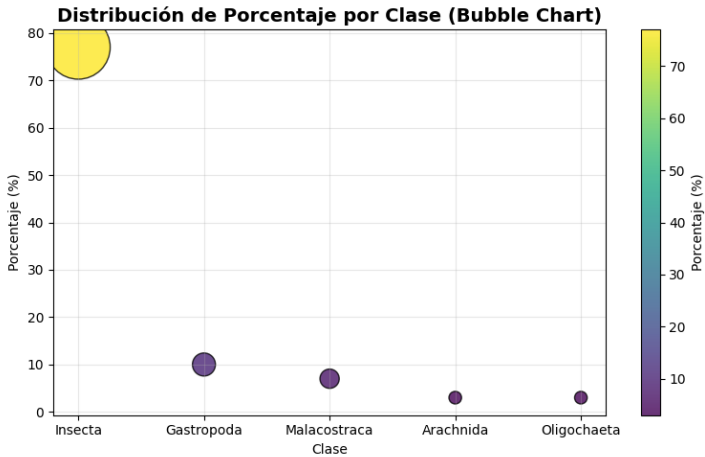


Figura 8. Distribución de porcentajes por clase en zona central de Chile.

**Tabla 5.** Riqueza y abundancia en estaciones de ríos Choapa, Maipo y Maule. Zona central de Chile

	RÍO CHOAPA			
Estación	CHOA1	CHOA2	CHOA3	Total
Riqueza	15	6	15	36
Abundancia	2117	128	566	2811

	RÍO MAIPO					
Estación	MA4	MA5	MA6	MA2	MA3	Total
Riqueza	5	8	8	15	13	49
Abundancia	9	96	30	410	344	889

	RÍO MAULE			
Estación	MAU1	MAU2	MAU3	Total
Riqueza	9	9	14	32
Abundancia	1251	330	652	2233

### 3.1.5. Efecto de latitud de macroinvertebrados: por cuencas

Para evaluación de abundancia de macroinvertebrados en ríos, se observa Díptera, Ephemeroptera y Trichoptera con presencia en 3 cuencas (Figura 5), Choapa y Maule, abundancia de comunidad respecto del río Maipo (Figura 9).

En los ríos Choapa y Maipo, existen principales aportes de individuos para órdenes Díptera y Ephemeroptera, provienen de familias Chironomidae y Baetidae (especie *Andesiops torrens*), mientras que en el río Maule, los principales aportes para los mencionados órdenes vienen de parte de las familias Chironomidae y Leptophlebiidae (género *Meridialaris* sp.) (Figura 9).

Macroinvertebrados Bentónicos en los Ríos de Chile

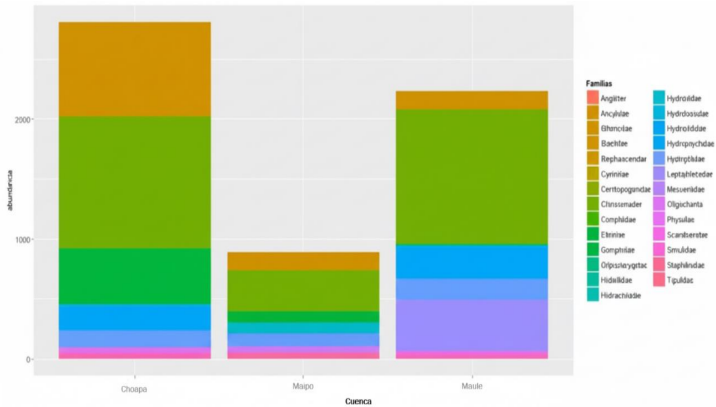


Figura 9. Familias por cuencas. Zona central de Chile.

Fuente: Elaboración propia

Se resalta la abundancia en Coleoptera del río Choapa superior a los Maipo y Maule, por aporte de *Austrolimnius* sp. y *Microcylopeus* sp. De la familia Elmidae (Figuras 10, 11 y 12).

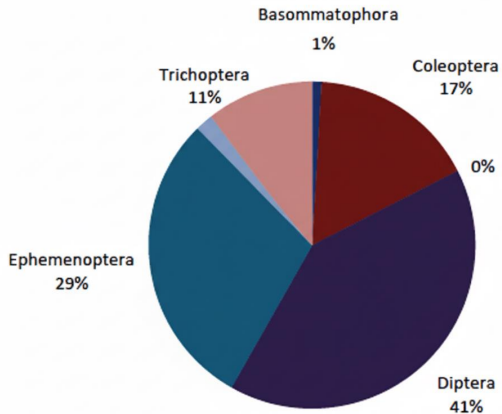


Figura 10. Cuenca del Choapa: abundancia agrupada por órdenes. Zona central de Chile.

Macroinvertebrados Bentónicos en los Ríos de Chile

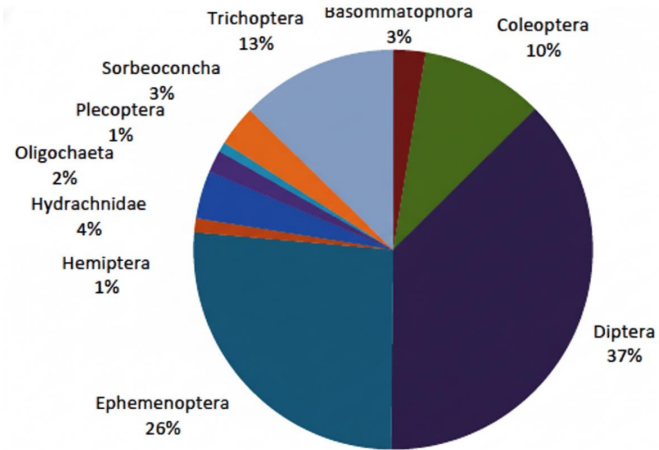


Figura 11. Cuenca del Maipo: abundancia agrupada por órdenes. Zona central de Chile.

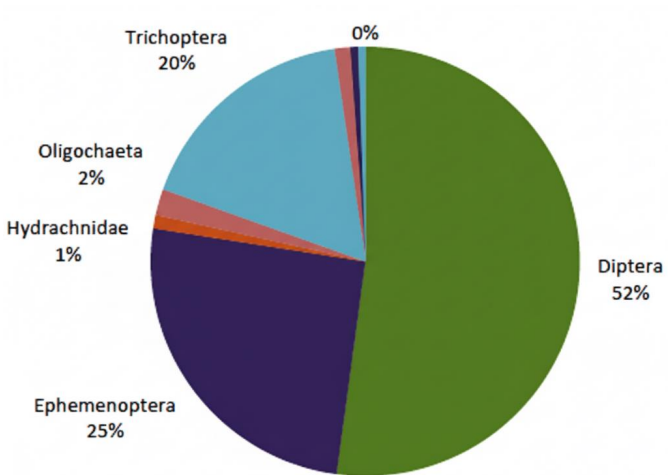


Figura 12. Cuenca del Maule: abundancia agrupada por órdenes. Zona central de Chile.

## Macroinvertebrados Bentónicos en los Ríos de Chile

El río Maipo tiene mayor cantidad de especies, seguido por el Maule y el Choapa (Figura 13). La riqueza de especies en ríos significa las órdenes Diptera, Ephemeroptera, Trichoptera y Coleoptera son predominantes. Cabe resaltar la riqueza del orden Coleoptera en la fuente río Maipo (Figuras 14, 15, 16 y 17).



Figura 13. Presencia de taxones por ríos. Zona central de Chile, octubre.

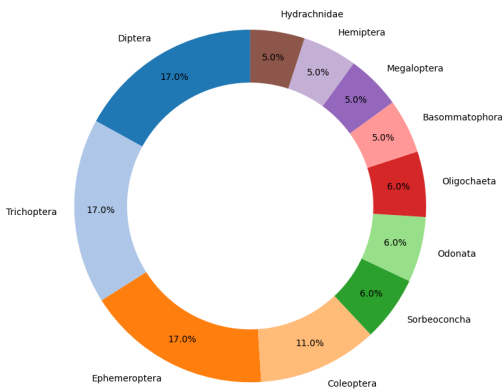


Figura 14. Río Choapa: riqueza específica agrupada por orden. Zona central de Chile.

Macroinvertebrados Bentónicos en los Ríos de Chile

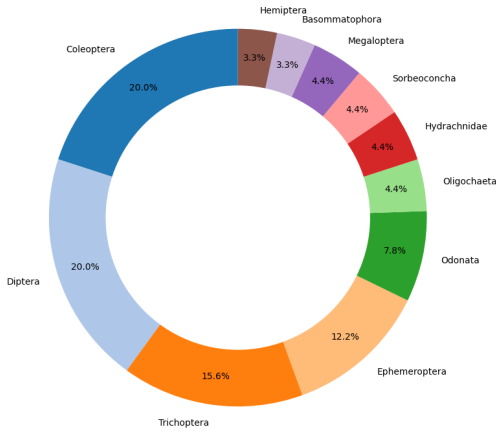


Figura 15. Rio Maipo: riqueza específica agrupada por orden. Zona central de Chile.

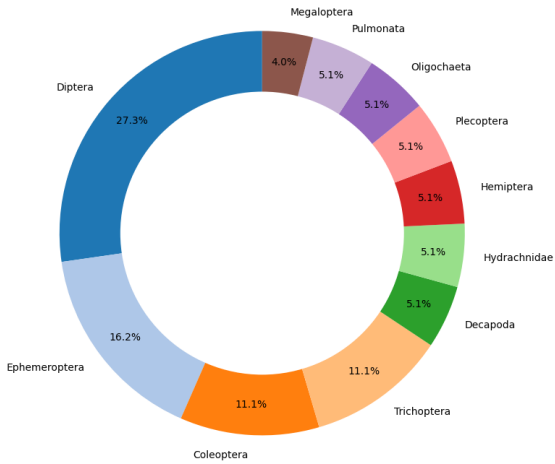
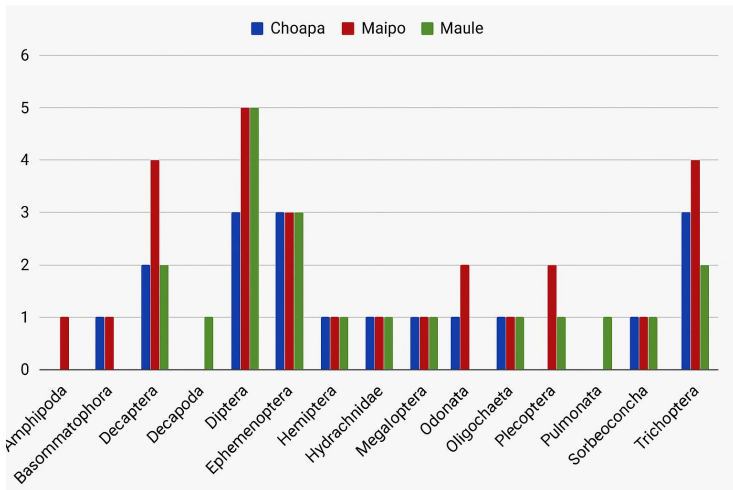


Figura 16. Rio Maule: riqueza específica agrupada por orden. Zona central de Chile.

## Macroinvertebrados Bentónicos en los Ríos de Chile

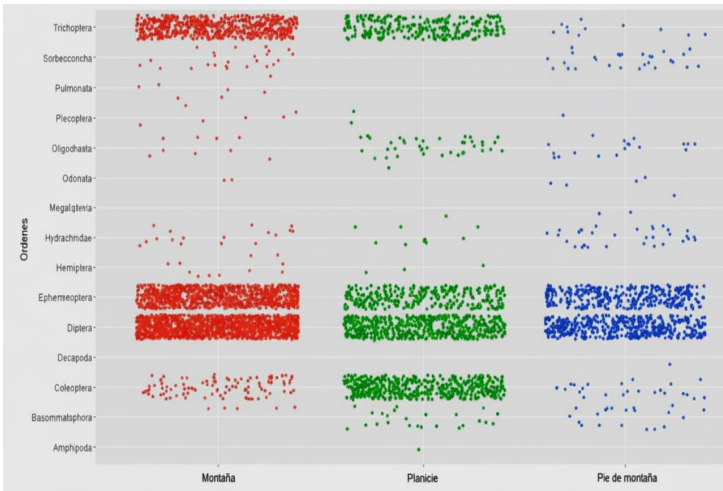


**Figura 17.** Comparación de riqueza específica entre ríos (Choapa, Maipo y Maule). Zona central de Chile.

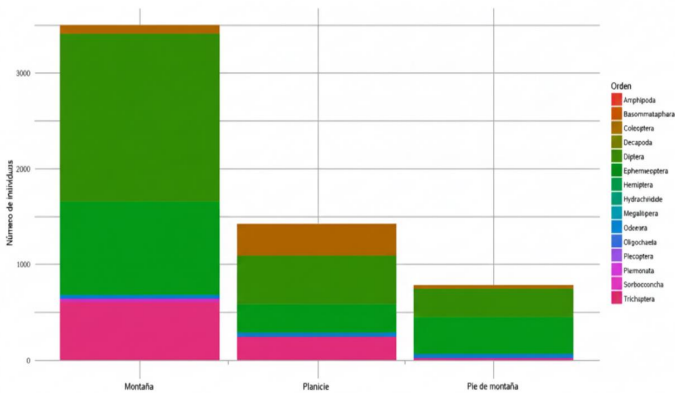
### 3.1.6. Efecto sobre los macroinvertebrados

Para evaluar abundancia de macroinvertebrados por altitud, se ve que los Díptera y Ephemeroptera tienen presencia en 3 altitudes: Montaña (High\_Alt), pie de montaña (Medium\_alt) y planicie (Low\_alt). Los macroinvertebrados bentónicos con mayor presencia en la parte alta y baja de los ríos y disminuye en la parte media. Esta tendencia aplica para órdenes Díptera y Trichoptera. Para el orden Ephemeroptera, la abundancia de individuos disminuye al bajar la altura, así para el Coleoptera mayor presencia en la parte baja de la cuenca. Ver Figuras 18 y 19.

Macroinvertebrados Bentónicos en los Ríos de Chile



**Figura 18.** Distribución de densidad (individuos/m<sup>2</sup>) por orden respecto a la altura. La mayor acumulación de puntos indica mayor densidad independientemente del color. Zona central de Chile.



**Figura 19.** Abundancia por orden respecto a la altura. Zona central de Chile.

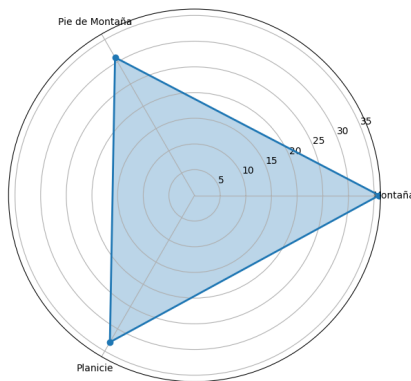


**3.1.7. Riqueza específica (S) por estaciones**

No se identificaron diferencias significativas entre las estaciones agrupadas por cuencas (latitud) y tramos del río (altitud) en relación con la distribución de taxones, lo cual se complementa con el hecho de no observar diferencias claras de riqueza acumulada al comparar las tres cuencas (Figura 22) a pesar de que sí existe una tendencia a presentar mayor riqueza en las estaciones del tramo Planicie (CHOA3, MA3 y MAU3) (Tabla 6).

**Tabla 6.** Riqueza específica en estaciones de muestreo. Zona central

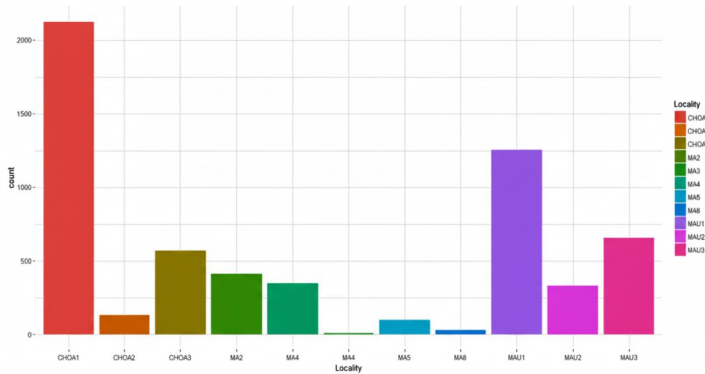
RÍO CHOAPA		Riqueza
CHOA1	Montaña	15
CHOA2	Pie Montaña	6
CHOA3	Planicie	15
RÍO MAIPO		
MA4	Montaña	5
MA5	Montaña	8
MA6	Montaña	8
MA2	Pie Montaña	15
MA3	Planicie	13
RÍO MAULE		
MAU1	Montaña	9
MAU2	Pie Montaña	9
MAU3	Planicie	14



**Figura 22.** Distribución de riqueza acumulada respecto a la altura. Tramos de río identificados en la zona central de Chile.

### 3.1.8. Abundancia de individuos (N) por estaciones

No se identificaron diferencias significativas entre las estaciones agrupadas por cuencas (latitud) y tramos del río (altitud) por distribución de abundancias por taxa. Las estaciones CHO1 y MAU1 son las que presentan mayores abundancias (Figura 23). Lo expuesto se completa con diagrama error (Figura 24), que describe variación de abundancia entre estaciones.



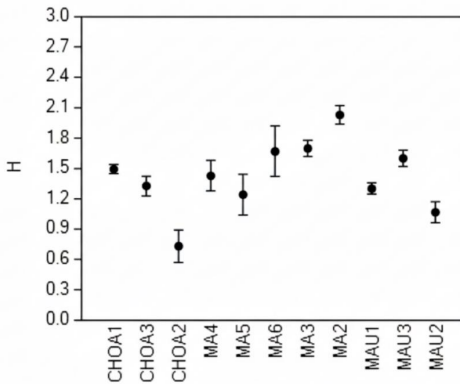
**Figura 23.** Abundancia entre estaciones de muestreo. Zona central de Chile.

### 3.1.9. Estructura de la comunidad

Estructura analizada por índice de diversidad de Shannon - Wiener ( $H'$ ), índice de equidad de Pielou ( $J'$ ), evaluadas la Dominancia y la Rareza considerando tres réplicas tomadas en cada estación.

#### 3.1.9.1. Diversidad de Shannon- Wiener ( $H'$ )

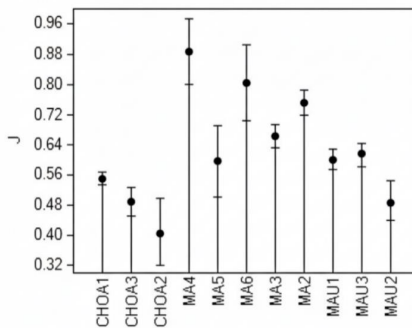
El diagrama de error muestra que para los ríos Choapa y Maule, las estaciones ubicadas en los tramos Montaña (CHO1 y MAU1, respectivamente) y Planicie (CHO3 y MAU3, respectivamente) son las que presentan mayor diversidad de Shannon-Wiener mientras que para el río Maipo no es evidente esta diferenciación por altitud del tramo del río, siendo que la estación del tramo Pie de montaña (MA2) presenta la mayor diversidad (Figura24).



**Figura 24.** Variación de diversidad entre estaciones de muestreo. Chile, cuencas Choapa (CHOA), Maipo (MA) y Maule (MAU).

3.1.9.2. Índice de equidad de Pielou (J)

Las mayores equidades para cada cuenca se obtuvieron en las estaciones pertenecientes al tramo Montaña, sin embargo, las diferencias no fueron marcadas. Asimismo, para los ríos Choapa y Maule, las más bajas equidades se registraron en las estaciones correspondientes al tramo Pie de Montaña (CHOA2 y MAU2, respectivamente). Ver Figura 25.

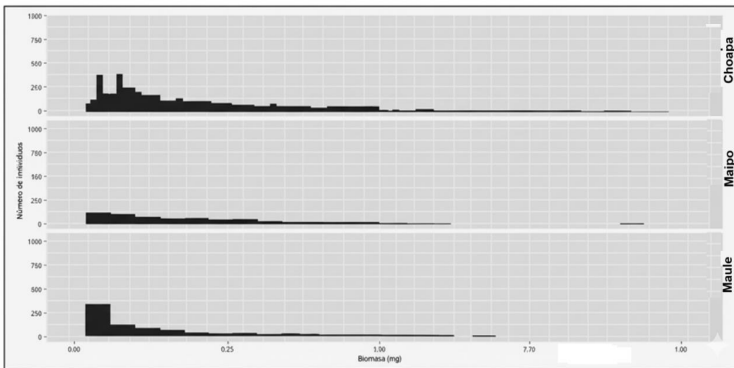


**Figura 25.** Variación de equidad entre estaciones de muestreo. Chile, cuencas Choapa (CHOA), Maipo (MA) y Maule (MAU).

### 3.2. Analizar tamaño en macroinvertebrados bentónicos

#### 3.2.1. Latitud en macroinvertebrados por masa corporal

Acorde a mediciones de masa corporal, la comunidad de macroinvertebrados se caracteriza por su biomasa y distinción de ríos, para evaluar latitud de lugares sobre sistemas bióticos. Se puede observar la Figura 26, las diferencias entre masas corporales indiferenciadas por taxas de cada río. El hallazgo contrasta con la evaluación de riqueza (Figura 16) y la composición comunitaria por abundancias, para la riqueza, se observan valores similares en los ríos y, para composición, no se identifican diferencias significativas entre grupos comunitarios ríos (latitud) acorde a la distribución de abundancias por taxas.



**Figura 26.** Biomasa acumulada por cuencas. Chile, cuencas Choapa, Maipo y Maule.

**Tabla 7.** Distribución de la biomasa (mg) por familias y géneros en 3 ríos evaluados de Chile, Choapa, Maipo y Maule

Género	Choapa	Maipo	Maule
Aegilidae	0.00	0.00	89.99
Ancylidae	0.00	0.00	43.50
Andesiops	92.05	17.20	10.07
Archichauliodes	0.70	21.73	4.00
Athericidae	0.00	0.00	2.49
Austrolimnius	132.28	30.97	0.42
Blephariceridae	0.00	4.00	0.00
Caenis	1.06	2.86	0.35
Calloma	0.00	2.91	0.00
Ceratopogonidae	0.00	0.29	1.11
Chironomidae	110.43	60.58	59.54
Gomphidae	0.93	45.12	0.00
Hyalella	0.00	0.59	0.00
Hydrachnidae	0.26	2.92	1.58
Hydrobiidae	8.17	5.12	0.00
Hydrophilidae	0.00	25.50	0.08
Limnoperla	0.00	1.55	0.00
Meridialaris	24.60	34.70	6.30
Mesoveliidae	0.45	0.86	0.07
Metrichia	42.48	19.36	22.75
Microcylloepus	189.19	100.66	0.00
Neochorema	1.38	0.03	0.00
Neogomphus	0.00	0.30	0.00
Oligochaeta	22.53	0.08	0.39
Physidae	11.32	1.09	0.00
Scarabaeidae	0.00	12.57	0.00
Simuliidae	9.74	1.04	0.58
Smicridea	784.62	23.68	207.21
Staphilinidae	0.00	0.17	0.00
Teutoperla	0.00	0.83	0.10
Tipulidae	1.95	105.89	14.43
<b>Total general</b>	<b>1434.14</b>	<b>522.60</b>	<b>464.96</b>

### 3.2.1.1. Cuenca del Choapa

#### a) Composición comunitaria expresada en biomasa.

Respecto a la biomasa (mg) acumulada por cada familia, es posible distinguir que, en el caso de la cuenca del Choapa, el orden Trichoptera fue el que tiene mayor representación en masa corporal a través de las familias Hydrobiosidae (0,1%), Hydropsychidae (55%) e Hydroptilidae (3%). Asimismo, cabe resaltar que la familia con mayor preponderancia es representada solo por el género Smicridea sp. Por otra parte, el orden con la segunda mayor presencia en biomasa fue Coleoptera, representado por la familia Elmidae (22%) a través de géneros Austrolimnius sp. y Microcylloepus sp. Ver Figura 27.

Macroinvertebrados Bentónicos en los Ríos de Chile

b) Composición de grupos funcionales por biomasa.

Respecto a la distribución de la biomasa (mg) en relación a los grupos funcionales se registró que el 63% corresponde al grupo filtradores dentro de los cuales se identificaron a las familias Chironomidae, Simuliidae y Hydropsychidae, siendo esta última familia la de mayor representación en biomasa (784.62mg) a través solamente del género *Smicridea* sp., mientras que el 26% corresponde al grupo de colectores y un porcentaje muy bajo, menor al 1%, corresponde al grupo de predadores, dentro de los cuales se identificaron las familias Corydalidae, Gomphidae, Hydrachnidae, Hydrobiosidae y Mesoveliidae. Cabe resaltar que es posible estimar la dinámica comunitaria, la cual se analiza con mayor claridad a través del espectro de tamaño, al analizar las relaciones entre biomasa y abundancia pues en esta cuenca se encontró que los taxa pertenecientes al grupo de filtradores presentan en el caso de la familia Hydropsychidae (*Smicridea* sp.) pocos individuos de gran tamaño y, en contraste, en el caso de la familia Chironomidae, gran cantidad de individuos pequeños. Ver Tabla 8 y Figura 28.

**Tabla 8.** Abundancia y biomasa por grupos funcionales de macroinvertebrados bentónicos. Río Choapa, Zona central de Chile

Grupos	Biomasa (mg)	Abundancia (n)
<b>Filtrador</b>	<b>62.45%</b>	<b>46.14%</b>
Hydropsychidae	54.71%	7.04%
Chironomidae	7.54%	38.10%
Simuliidae	0.24%	1.00%
<b>Colector</b>	<b>26.24%</b>	<b>36.89%</b>
Elmidae	12.90%	1.89%
Baetidae	6.42%	27.75%
Hydroptilidae	2.96%	4.30%
Leptophlebiidae	1.72%	0.96%
Oligochaeta	1.57%	0.21%
Simuliidae	0.44%	0.53%
Chironomidae	0.16%	0.64%
Caenidae	0.07%	0.60%
<b>Grupos</b>	<b>Biomasa (mg)</b>	<b>Abundancia (n)</b>
<b>Raspador</b>	<b>4.68%</b>	<b>12.52%</b>
Elmidae	3.32%	10.74%
Physidae	0.79%	0.92%
Hydrobiidae	0.57%	0.85%
<b>Tritador</b>	<b>6.34%</b>	<b>4.09%</b>
Elmidae	6.20%	3.84%
Tipulidae	0.14%	0.25%
<b>Depredador</b>	<b>0.26%</b>	<b>0.36%</b>
Hydrobiosidae	0.10%	0.07%
Gomphidae	0.06%	0.07%
Corydalidae	0.05%	0.04%
Mesoveliidae	0.03%	0.11%
Hydrachnidae	0.02%	0.07%

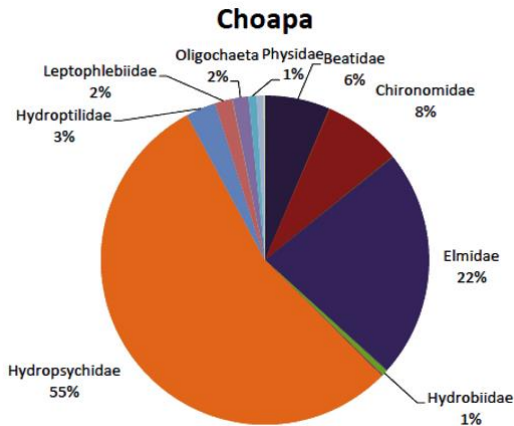


Figura 27. Distribución comunitaria (por familias) expresada en biomasa para el río Choapa, Chile.

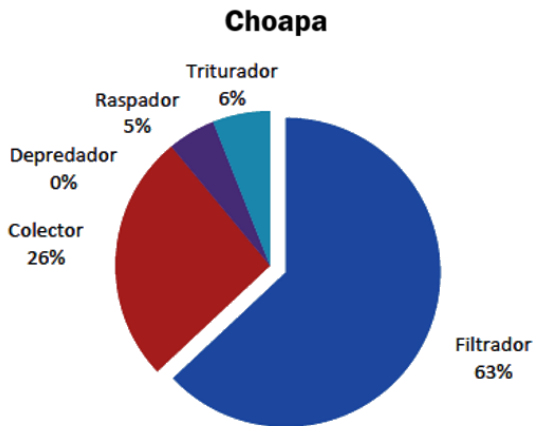


Figura 28. Distribución de biomasa por grupos funcionales para el río Choapa, Chile.

3.2.1.2. Cuenca del Maipo

a) Composición comunitaria expresada en biomasa.

Respecto a la biomasa (mg) acumulada por cada familia, es posible distinguir que el caso de la cuenca del Maipo, el orden Diptera fue el que tiene mayor representación en masa corporal a través de las familias Tipulidae (20.26%) y Chironomidae (11.59%), principalmente, y adicionalmente las familias Blephariceridae (0.77%), Simuliidae (0.20%) y Ceratopogonidae (0.06%). Asimismo, cabe resaltar que la familia con mayor preponderancia es Elmidae (25.19%) perteneciente al orden Coleoptera, el cual es el segundo orden con mayor presencia en biomasa, y representada por los géneros *Microcyloepus* sp. (19.26%) y *Austrolimnius* sp. (5.93%). Ver Figura 29.

b) Composición de grupos funcionales por biomasa.

Respecto a la distribución de la biomasa (mg) en relación con los grupos funcionales se registró que el grupo de mayor presencia estuvo representado por los colectores con un 43.5% dentro de los cuales se identificaron a las familias Elmidae (18.89%), Chironomidae (10.08%), Leptophlebiidae (6.64%), Hydroptilidae (3.7%), Baetidae (3.29%) y otras cinco familias con menos de 1% cada uno y que suma 4.18%. El segundo grupo en importancia respecto a la biomasa fue el grupo de los trituradores con un 24% correspondiente a las familias Tipulidae (20.26%), Scarabaeidae (2.41%), Elmidae (1.32%) y Gripopterygidae (0.16%). Un punto importante para resaltar es el porcentaje de representa el grupo de los depredadores con 19%, ubicándose en tercer lugar de importancia respecto a su biomasa mientras que respecto a su abundancia representaba apenas el 7.42% lo cual nos da indicios de la dinámica comunitaria en esta cuenca, donde conviven pocos predadores de gran tamaño representados principalmente por las familias Gomphidae, Hydrophilidae y Corydalidae, lo cual se evidenciará en mayor grado con el análisis del espectro de tamaño corporal, muchos colectores de tamaño pequeño a mediano y pocos trituradores de gran tamaño representados principalmente por la familia Tipulidae. Ver Tabla 9 y Figura 30.

**Tabla 9.** Relación entre abundancia y biomasa por grupos funcionales. Río Maipo, Zona central de Chile

Grupos	Biomasa (mg)	Abundancia (n)
<b>Colector</b>	<b>43.50%</b>	<b>72.10%</b>
Elmidae	18.89%	6.75%
Chironomidae	10.08%	26.55%
Leptophlebiidae	6.64%	3.37%
Hydroptilidae	3.70%	10.57%
Baetidae	3.29%	18.79%
Caenidae	0.55%	3.82%
Simuliidae	0.16%	0.34%
Hyalellidae	0.11%	0.11%
Ceratopogonidae	0.06%	0.22%
Oligochaeta	0.01%	1.57%
<b>Filtrador</b>	<b>6.08%</b>	<b>8.21%</b>
Hydropsychidae	4.53%	1.46%

Grupos	Biomasa (mg)	Abundancia (n)
Chironomidae	1.51%	6.64%
Simuliidae	0.04%	0.11%
<b>Raspador</b>	<b>7.22%</b>	<b>7.54%</b>
Elmidae	4.97%	0.67%
Hydrobiidae	0.98%	3.26%
Blephariceridae	0.77%	0.34%
Gripopterygidae	0.30%	0.67%
Physidae	0.21%	2.59%
<b>Depredador</b>	<b>19.05%</b>	<b>7.42%</b>
Gomphidae	8.69%	0.56%
Hydrophilidae	4.88%	0.22%
Corydalidae	4.16%	0.22%
Hydrobiosidae	0.56%	0.56%
Hydrachnidae	0.56%	3.82%
Mesoveliidae	0.16%	1.12%
Staphilinidae	0.03%	0.67%
Oligochaeta	0.00%	0.22%
<b>Tritador</b>	<b>24.15%</b>	<b>4.72%</b>
Tipulidae	20.26%	3.04%
Scarabaeidae*	2.41%	0.11%
Elmidae	1.32%	1.46%
Gripopterygidae	0.16%	0.11%

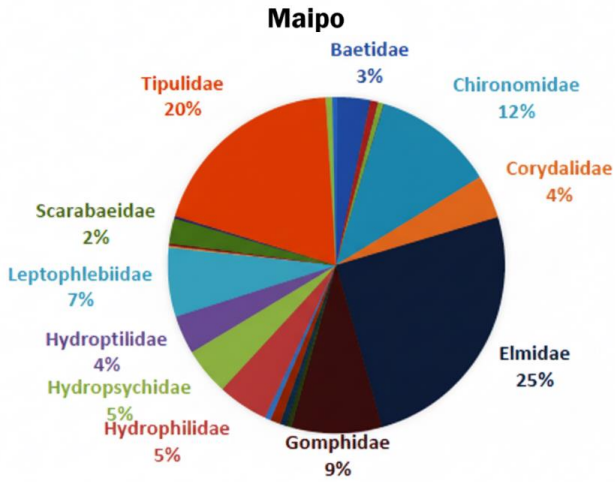


Figura 29. Distribución comunitaria expresada en biomasa para el río Maipo. Chile.

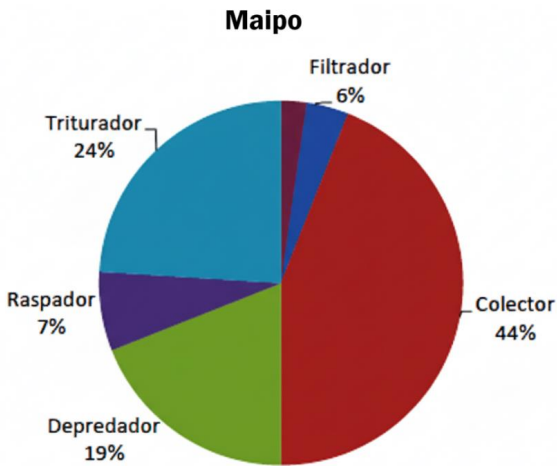


Figura 30. Distribución de biomasa por grupos funcionales para el río Maipo. Chile.

## Macroinvertebrados Bentónicos en los Ríos de Chile

### 3.2.1.3. Cuenca del Maule

#### a) Composición comunitaria expresada en biomasa.

Respecto a la biomasa (mg) acumulada por cada familia, es posible distinguir que, en caso del río Maule, el orden Trichoptera (49.46%) fue el que tuvo mayor representación en masa corporal a través de las familias Hydropsychidae (44.56%) e Hydroptilidae (4.89%). Adicionalmente, resalta la biomasa del orden Decapoda, familia Aeglidae (19.36%) pero no es representativo pues un solo individuo registra este valor. Asimismo, cabe resaltar la presencia del orden Diptera respecto a su biomasa (16.81%) principalmente a través de las familias Chironomidae (12.8%) y Tipulidae (3.1%). Desde el mismo enfoque, resalta el orden Pulmonata a través de la familia Ancyliidae (9.36%). Ver Figura 31.

#### b) Composición de grupos funcionales por biomasa.

Respecto a la distribución de la biomasa (mg) acorde a grupos funcionales se registró que el grupo de mayor presencia fueron los filtradores con un 57.37% dentro de los cuales se identificaron a las familias Hydropsychidae (44.56%) y Chironomidae (12.8%). El segundo grupo en importancia respecto a la biomasa fue el grupo de los depredadores con un 21.12%, sin embargo, es importante destacar que la mayor parte de esta biomasa corresponde a la familia Aeglidae (19.36%) representada por un solo individuo, pues terminan la lista de este grupo funcional familias con porcentajes mucho más bajos como Corydalidae (0.86%), Athericidae (0.54%), Hydrachnidae (0.34%), Hydrophilidae (0.02%) y Mesoveliidae (0.01%). Un punto importante para analizar es los porcentajes que se presentan dentro del grupo de los filtradores al compararlos con los porcentajes de abundancia, lo cual indica que para la familia Hydropsychidae (44.56%), se presentan pocos individuos de gran tamaño, mientras que para la familia Chironomidae (12.8%) se presentan muchos individuos pequeños. Por otra parte, los depredadores (predators), excluyendo a la familia Aeglidae por tener solo un individuo, suman a penas 1.76% respecto a su biomasa y 1.48% respecto a su abundancia, lo cual indica que la dinámica comunitaria en esta cuenca no está marcada por los depredadores, sino más bien por los filtradores (Filters) y los

## Macroinvertebrados Bentónicos en los Ríos de Chile

colectores (Gatherers), los cuales merecen una mención aparte pues a pesar de tener una baja representación respecto a su biomasa (8.94%), tienen un porcentaje considerable respecto a su abundancia (35.65%). Ver Tabla 10 y Figura 32.

**Tabla 10.** Relación entre abundancia y biomasa por grupos funcionales. Cuenca del Maule, Chile

Grupos	Biomasa (mg)	Abundancia (n)
Filtrador	57.37%	61.17%
Hydropsychidae	44.56%	11.51%
Chironomidae	12.80%	49.66%
Depredador	21.12%	1.52%
Aegliidae	19.36%	0.04%
Corydalidae	0.86%	0.04%
Athericidae	0.54%	0.22%
Hydrachnidae	0.34%	0.99%
Hydrophilidae	0.02%	0.18%
Mesoveliidae	0.01%	0.04%
Raspador	9.44%	0.40%
Ancylidae	9.36%	0.31%
Elmidae	0.08%	0.09%
Colector	8.94%	35.65%
Hydroptilidae	4.89%	7.84%
Baetidae	2.17%	5.69%
Leptophlebiidae	1.35%	18.76%
Ceratopogonidae	0.24%	0.45%
Simuliidae	0.12%	0.31%
Oligochaeta	0.08%	1.97%
Caenidae	0.08%	0.63%
Triturador	3.14%	1.25%
Tipulidae	3.10%	0.99%
Gripopterygidae	0.02%	0.09%
Elmidae	0.01%	0.18%

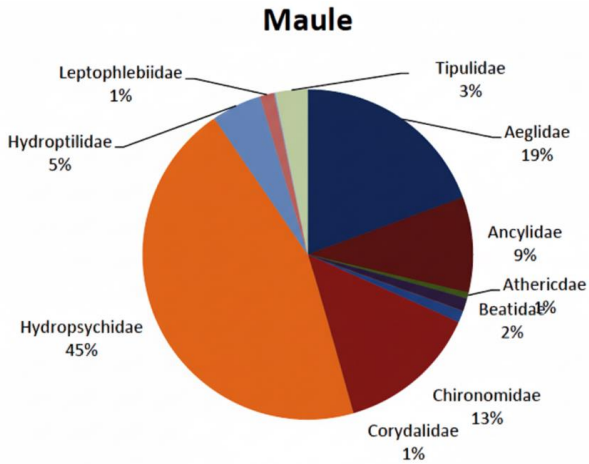


Figura 31. Distribución comunitaria de biomasa para el río Maule. Chile.

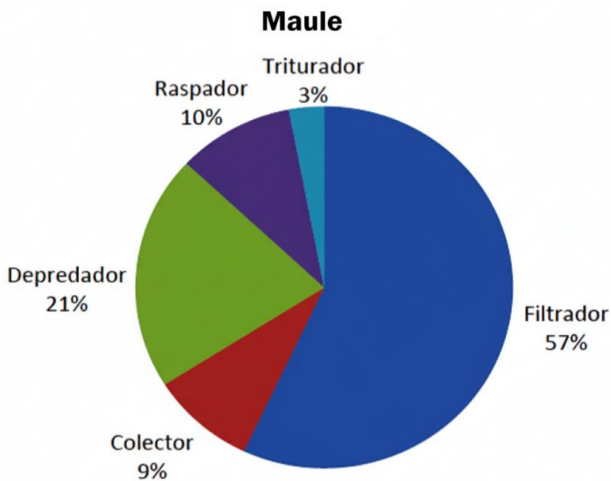
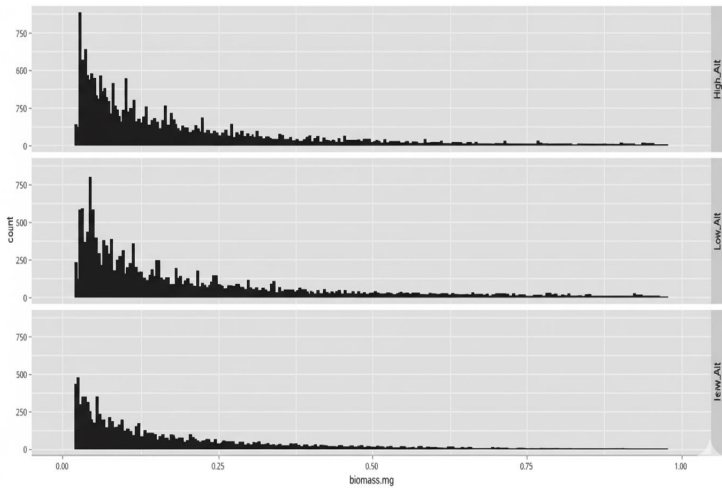


Figura 32. Distribución de biomasa por grupos funcionales para el río Maule. Chile.

### 3.2.2. Efecto de altitud de macroinvertebrados por masa corporal

Evaluando biomasa acumulada y distribuida en Alturas (Montaña, Pie montaña y Planicie), en Montaña (High\_Alt) existe masa corporal y en la Planicie (Low\_Alt) y Pie montaña (Medium\_Alt). Estas diferencias contrastan con la riqueza (ver Figura 22) y la composición comunitaria por abundancias, para la riqueza, tienen indicadores idénticos para las Alturas (Montaña 36%, Pie montaña 31% y Planicie 33%), y en la composición, no se notan diferencias significativas para grupos comunitarios relacionado a la distribución de abundancias por taxas (Figura 33).



**Figura 33.** Biomasa acumulada por altitudes. Zona central de Chile, Montaña, Pie de montaña y Planicie.

#### 3.2.2.1. Montaña (High\_Alt)

a) Composición comunitaria expresada en biomasa.

Respecto a la biomasa (mg) acumulada por cada familia, es posible distinguir que, en el caso de la zona de montaña (High\_Alt), el orden Trichoptera (70.85%) fue el de mayor representación en masa corporal a través de las familias Hydropsychidae (67.68%), Hydroptilidae (2.97%) e Hydrobiosidae (0.2%). Adicionalmente, resalta la

## Macroinvertebrados Bentónicos en los Ríos de Chile

biomasa del orden Diptera (9.98%) a través de la familia Chironomidae (8.47%), principalmente, y en menor medida a través de las familias Tipulidae (0.99%), Blephariceridae (0.27%) y Simuliidae (0.25%). En tercer lugar, el orden Ephemeroptera (7.57%) representado principalmente por la familia Baetidae (6.21%), compuesta en su totalidad por el género *Andesiops* sp. Ver Tabla 11 y Figura 33.

### b) Composición de grupos funcionales por biomasa.

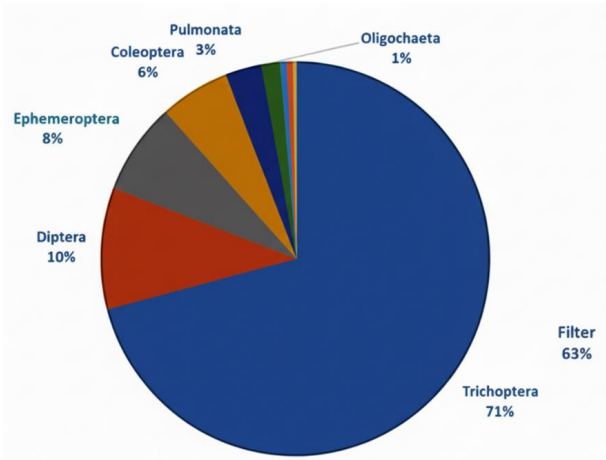
Respecto a la distribución de la biomasa (mg) relacionado a los grupos funcionales se registró que el grupo de mayor presencia fueron los filtradores con un 76.06% dentro de los cuales se identificaron a familias Hydropsychidae (67.68%), Chironomidae (8.14%) y Simuliidae (0.25%). El segundo grupo en importancia respecto a la biomasa fue el grupo de los colectores con un 12.57%, correspondiente principalmente por la presencia de las familias Baetidae (6.21%) e Hydroptilidae (2.97%), y en menor medida por las familias Leptophlebiidae (1.29%), Chironomidae (0.33%), Elmidae (0.17%) y Caenidae (0.07%). Cabe resaltar el análisis que surge al comparar los porcentajes de biomasa y los de abundancia, que muestran la dinámica comunitaria en este segmento de montaña, pues para la familia Hydropsychidae, en primer lugar, se observan que presenta pocos individuos de gran tamaño (biomasa) mientras que para la familia Chironomidae se presentan muchos individuos pequeños. Por otra parte, los depredadores (predators) presentan escasa biomasa y no son abundantes por lo cual no marcan la dinámica comunitaria, sino son más bien por los filtradores y los colectores, los cuales presentan el mayor porcentaje en biomasa, 88.64% en conjunto, y el mayor porcentaje en abundancia, 95.98% en conjunto. Ver Tabla 11 y Figura 34.

Macroinvertebrados Bentónicos en los Ríos de Chile

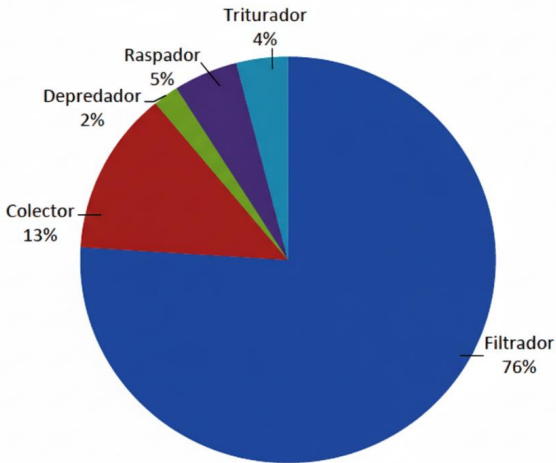
**Tabla 11.** Relación entre abundancia y biomasa por grupos funcionales zona de montaña. Zona central de Chile

Grupo funcional	Biomasa (mg)	Abundancia (n)
Filtrador	76.06%	59.63%
Hydropsychidae	67.68%	12.62%
Chironomidae	8.14%	46.19%
Simuliidae	0.25%	0.83%
Colector	12.57%	35.46%
Baetidae	6.21%	22.07%
Hydroptilidae	2.97%	4.88%
Oligochaeta	1.53%	0.26%
Leptophlebiidae	1.29%	6.45%
Chironomidae	0.33%	0.63%
Elmidae	0.17%	0.71%
Caenidae	0.07%	0.46%
Raspador	4.97%	1.86%
Ancylidae	2.98%	0.20%
Hydrobiidae	0.56%	0.69%
Elmidae	0.53%	0.57%
Physidae	0.51%	0.14%
Blephariceridae	0.27%	0.09%
Gripopterygidae	0.11%	0.17%
Triturador	4.23%	1.86%
Elmidae	2.38%	1.20%
Tipulidae	0.99%	0.63%
Scarabaeidae	0.86%	0.03%
Depredador	2.16%	1.20%
Hydrophilidae	1.75%	0.06%
Hydrobiosidae	0.20%	0.11%
Hydrachnidae	0.08%	0.49%
Gomphidae	0.06%	0.06%
Mesoveliidae	0.06%	0.31%
Staphiliidae	0.01%	0.17%

Macroinvertebrados Bentónicos en los Ríos de Chile



**Figura 34.** Distribución comunitaria por biomasa zona de Montaña (High\_Alt). Zona central de Chile.



**Figura 35.** Distribución de biomasa por grupos funcionales. zona de Montaña (High\_Alt). Zona central de Chile.

3.2.2.2. Pie de montaña (Medium\_Alt)

a) Composición comunitaria expresada en biomasa.

Respecto a la biomasa (mg) acumulada por cada familia, es posible distinguir que, en el caso de la zona de Pie de montaña (Medium\_Alt), el orden Diptera (36.2%) fue el que tuvo mayor representación en masa corporal a través de las familias Tipulidae (24.18%) y Chironomidae (11.21%) principalmente, y en menor medida a través de las familias Athericidae (0.51%), Simuliidae (0.23%) y Ceratopogonidae (0.07%). Adicionalmente, resalta la biomasa del orden Decapoda, familia Aeglidae (21.72%) pero no es representativo pues un solo individuo registra este valor. Asimismo, cabe resaltar la presencia del orden Ephemeroptera (12.04%), principalmente a través de la familia Leptophlebiidae (8.54%) y en menor medida a través de las familias Baetidae (2.8%) y Caenidae (0.69%), y del orden Odonata (10.89%) representada únicamente por la familia Gomphidae. Ver Figura 35.

b) Composición de grupos funcionales por biomasa.

Respecto a la distribución de la biomasa (mg) relacionado a los grupos funcionales se registró que el grupo de los predadores fue dominante con un 40.02%, sin embargo, es necesario destacar que la familia Aeglidae aportó la mayor biomasa a pesar de estar representada solo por un individuo con esta masa corporal, por lo cual, sin considerar esta familia, el grupo de los predadores alcanzaría un valor de 18.3% representado por las familia Gomphidae (10.89%), Corydalidae (6.21%), Hydrachnidae (0.67%), Athericidae (0.51%) e Hydrophilidae (0.02%). Por lo tanto, el grupo de los predadores tiene un tercer lugar de preponderancia respecto a la biomasa y es en realidad el grupo de los trituradores el que tiene la mayor representación respecto a biomasa (25.08%) a través de la familia Tipulidae (24.18%) principalmente, y en menor medida a través de las familias Elmidae (0.71%) y Gripopterygidae (0.2%). El segundo grupo en importancia respecto a la biomasa fue el grupo de los colectores con aportes principalmente de las familias Leptophlebiidae (8.54%), Chironomidae (6.93%) y Baetidae (2.8%). Es importante analizar los porcentajes de biomasa que se presentan dentro del grupo de los trituradores (Shredders) al compararlos con los

Macroinvertebrados Bentónicos en los Ríos de Chile

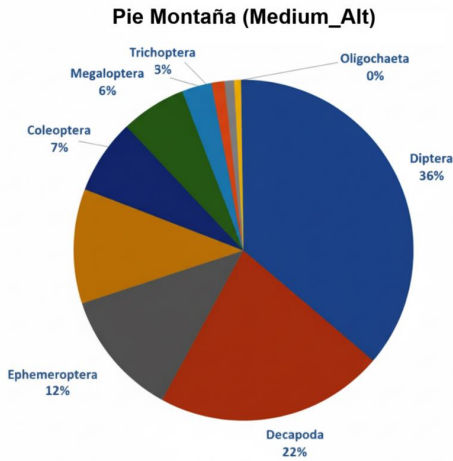
porcentajes de abundancia, lo cual indica que para la familia Tipulidae (24.18%), se presentan pocos individuos de gran tamaño, mientras que para la familia Elmidae (0.71%) se presenta mayor número de individuos que biomasa acumulada. En ese mismo sentido, dentro del grupo de colectores, para las familias Leptophlebiidae, Chironomidae y Baetidae, se presentan un alto número de individuos de escasa biomasa. Por otra parte, los depredadores, excluyendo a la familia Aeglidae por tener solo un individuo, suman 18.30% respecto a su biomasa en contraste con su abundancia (5.41%) lo cual indica que este grupo se compone de pocos individuos de gran tamaño, indicando así que la dinámica comunitaria en esta zona de Pie de montaña no está marcada por los depredadores, sino más bien por los trituradores, compuesto también por pocos individuos con alta biomasa, y colectores, compuesto por gran cantidad de individuos relativamente pequeños. Ver Tabla 12 y Figura 36.

**Tabla 12.** Relación entre abundancia y biomasa por grupos funcionales para la zona de pie de montaña. Zona central de Chile

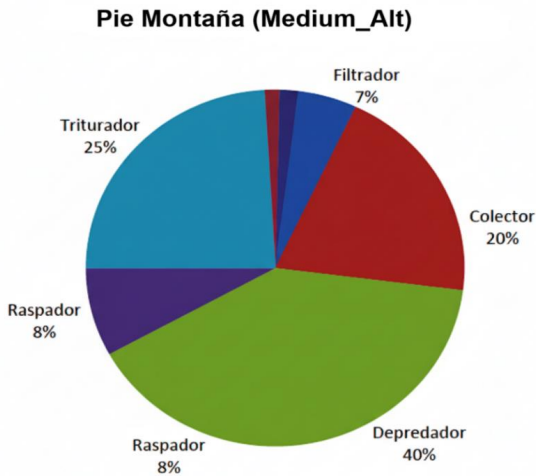
Grupo funcional	Biomasa (mg)	Abundancia (n)
Depredador	40.02%	5.53%
Aeglidae	21.72%	0.12%
Gomphidae	10.89%	0.46%
Corydalidae	6.21%	0.35%
Hydrachnidae	0.67%	3.69%
Athericidae	0.51%	0.46%
Hydrophilidae	0.02%	0.46%
Triturador	25.08%	4.26%
Tipulidae	24.18%	2.88%
Elmidae	0.71%	1.27%
Gripopterygidae	0.20%	0.12%
Colector	19.93%	56.34%
Leptophlebiidae	8.54%	24.31%
Chironomidae	6.93%	16.01%
Baetidae	2.80%	8.87%
Caenidae	0.69%	4.03%
Elmidae	0.63%	0.35%
Simuliidae	0.23%	0.46%
Ceratopogonidae	0.07%	0.23%
Oligochaeta	0.02%	2.07%
Raspador	7.87%	6.34%
Elmidae	5.73%	0.69%
Hydrobiidae	1.23%	3.34%

Grupo funcional	Biomasa (mg)	Abundancia (n)
Physidae	0.91%	2.30%
Filtrador	7.10%	27.53%
Chironomidae	4.28%	26.27%
Hydropsychidae	2.81%	1.27%



**Figura 36.** Distribución comunitaria expresada en biomasa para la zona de Pie Montaña (Medium\_Alt). Zona central de Chile.



**Figura 37.** Distribución de biomasa por grupos funcionales para la zona de Pie Montaña (Medium\_Alt). Zona central de Chile.

3.2.2.3. Planicie (Low\_Alt)

a) Composición comunitaria expresada en biomasa.

Respecto a la biomasa (mg) acumulada por cada familia, es posible distinguir que, en el caso de la zona de Planicie (Low\_Alt), el orden Coleoptera (69.17%) fue el que tuvo mayor representación en masa corporal a través de la familia Elmidae, principalmente con los géneros *Austrolimnius* sp. (18.01%) y *Microcylloepus* sp. (51.16%). Adicionalmente, resalta la biomasa del orden Diptera (13.95%), principalmente por el aporte de la familia Chironomidae (11.0%). Asimismo, cabe resaltar la presencia del orden Trichoptera (10.77%) mediante las familias Hydroptilidae (7.52%), Hydropsychidae (2.99%) e Hydrobiosidae (0.26%). Desde el mismo enfoque, resalta el orden Ephemeroptera (5.25%) con la familia Baetidae (3.11%) principalmente, la cual estuvo representada únicamente por *Andesiops* sp. Ver Tabla 13 y Figura 37.

b) Composición de grupos funcionales por biomasa.

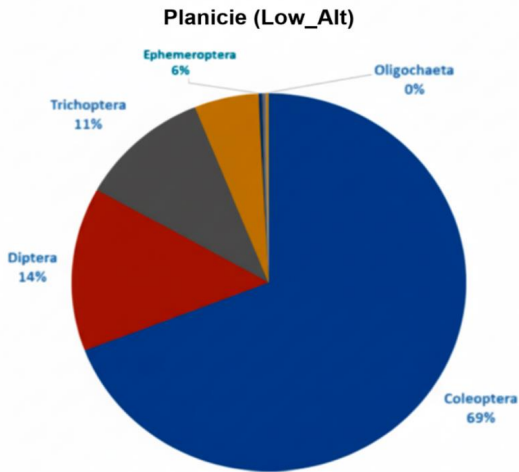
Respecto a la distribución de la biomasa (mg) relacionados a los grupos funcionales se registró que el grupo de los colectores fue dominante con un 69.5% dentro de los cuales se identificó a la familia Elmidae como la de mayor importancia (51.16%) y con un menor aporte a las familias Hydroptilidae (7.52%), Chironomidae (3.92%), Baetidae (3.11%), Leptophlebiidae (2.08%), Simuliidae (1.23%), Ceratopogonidae (0.2%), Hyalellidae (0.11%) y Caenidae (0.06%). El segundo grupo en importancia respecto a la biomasa fue el grupo de los Raspadores con un 18.22%, con el aporte principalmente de la familia Elmidae, representada por el género *Austrolimnius* sp. (18.01%) y en menor medida por la familia Physidae (0.2%). Es importante analizar los porcentajes respecto a biomasa que se presentan dentro del grupo de los colectores al compararlos con los porcentajes de abundancia, donde se encuentran, para el caso de *Microcylloepus* sp., pocos individuos de gran tamaño (biomasa), y para el caso de *Metrichia* sp., gran cantidad de individuos de poca biomasa. Por otra parte, en el grupo de los raspadores, el género *Austrolimnius* sp.

Macroinvertebrados Bentónicos en los Ríos de Chile

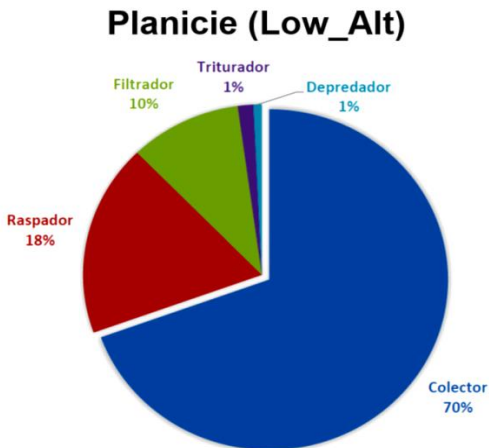
presenta un número similar de individuos y de biomasa relativa. Mientras que los filtradores, a través de la familia Chironomidae, presenta una gran cantidad de individuos de poco tamaño (biomasa) en contraste con el grupo de los depredadores (Predators), los cuales, para esta zona de Planicie, presentan pocos individuos de poca biomasa lo cual indica que la dinámica comunitaria en esta zona está marcada por los colectores, raspadores y filtradores. Ver Tabla 13 y Figura 38.

**Tabla 13.** Relación entre abundancia y biomasa por grupos funcionales zona de planicie. Zona central de Chile

Grupo funcional	Biomasa (n)	Abundancia
<b>Filtrador</b>	<b>10</b>	<b>23</b>
Chironomidae	7	25
Chironomidae	7	25
Hydropsychidae	2	0
Smicridea	2	0
<b>Colector</b>	<b>69</b>	<b>47</b>
Baetidae	3	14
Andesiops	3	14
Caenidae	0	0
Caenis	0	0
Ceratopogonidae	0	0
Ceratopogonidae	0	0
Chironomidae	3	5
Chironomidae	3	5
Elmidae	51	5
Microcylloepus	51	5
Hyaletellidae	0	0
Hyaletella	0	0
Hydroptilidae	7	14
Metricia	7	14
Leptophlebiidae	2	2
Meridialaris	2	2
Oligochaeta	0	2
Oligochaeta	0	2
Simuliidae	1	1
Simuliidae	1	1
<b>Depredador</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
Athericidae	0	0
Athericidae	0	0
Corydalidae	0	0
Archichauliodes	0	0
Gomphidae	0	0
Neogomphus	0	0
Hydrachnidae	0	0
Hydrachnidae	0	0
Hydrobiosidae	0	0
Neochorema	0	0
Mesoveliidae	0	0
Mesoveliidae	0	0
Oligochaeta	0	0
Oligochaeta	0	0
<b>Raspador</b>	<b>18</b>	<b>24</b>
Elmidae	18	22
Austrolimnius	18	22
Physidae	0	1
Physidae	0	1
<b>Triturador</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
Gripopterygidae	0	0
Teutoperla	0	0
Tipulidae	1	0
Tipulidae	1	0



**Figura 38.** Distribución comunitaria expresada en biomasa, zona de Planicie (Low\_Alt). Zona central de Chile.



**Figura 39.** Distribución de biomasa por grupos funcionales, zona de Planicie (Low\_Alt). Zona central de Chile.

### 3.2.3. Tamaño (size spectrum)

El análisis metodológico para el espectro tamaño se encontró que la fuente de variación influye sobre la biomasa por  $P < 0.05$  y por tanto es significativo, el tamaño depende de la interacción de (BxH), donde H (Hábitat) altitud corresponde a (Montaña, Pie Montaña o Planicie) y B (Basin). La intersección con resultado significativo al ser  $P < 0.05$ . Influye por interacción del B x H, resalto que el valor proviene de la cuenca (B) y altitud (H) proyectada en intersección de curvas con el eje Y, cuando  $X=0$ , por tanto, la altitud de la cuenca es importante para determinar la alta densidad de pequeños individuos o baja densidad de individuos grandes. Influye la cuenca como fuente de variación, insuficiente para un resultado no significativo ( $P=0.7143$ ) y tampoco por la influencia conjunta de cuencas y masa corporal (B x Body mass) descritos en pendiente (slope), con resultado no significativo ( $P=0.2385$ ). Ver Tabla 14 y Figura 39.

Los indicadores de densidad, riqueza y diversidad no presentan resultados en prueba chi-cuadrado por cuenca (B) o altitud (H) o ambas al por presentar valores  $P > 0.05$ . la única variable dependiente, se presenta entre biomasa (Biomass) y en la cuenca con resultado  $P=0.0197$ . Esto significa que la dinámica de biomasa actúa como covariante dependiente del río, influye en las características de la curva ideal (Tabla 15).

Las pendientes de tamaño por ríos muestran que el Maule y el Choapa son idénticos en densidad de individuos, diferentes en biomasa al tamaño corporal, los valores para el río Choapa superiores. Las cuencas del río Maipo y río Maule son similares en tamaño corporal, mas no en sus abundancias, donde el Maipo muestra mayor densidad de pequeños individuos, así mismo el Choapa por densidad de individuos pequeños y baja densidad de organismos grandes (Figura 40).

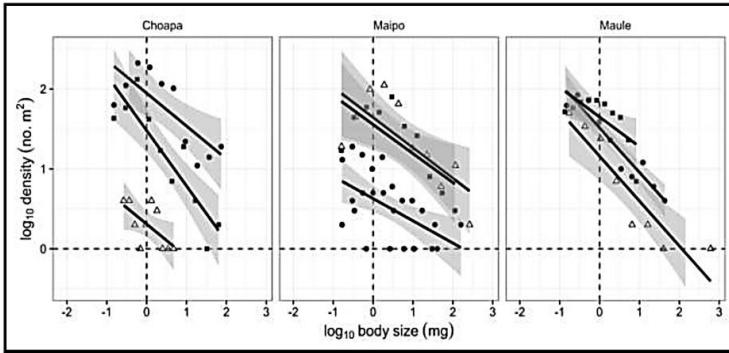
Macroinvertebrados Bentónicos en los Ríos de Chile

**Tabla 14.** Chi cuadrado de tamaño (size spectrum). Chile

Variable	Source of variation	AIC	logLik	deviance	$\chi^2_{(df)}$	P value
Total invertebrates						
	Size spectrum					
	<b>Body mass (covariant)</b>	150.05	-71.024	142.05	84.297 <sub>(1)</sub>	<0.0001
	<b>B. (intercept)</b>	67.75	-28.875	57.75	0.6729 <sub>(2)</sub>	0.7143
	<b>B x H (Intercept interaction)</b>	71.077	-28.539	57.07	35.304 <sub>(6)</sub>	<0.0001
	<b>B x Body mass (slope)</b>	47.773	-10.886	21.77	2.867 <sub>(2)</sub>	0.2385
	<b>B x H x Body mass (slope interaction)</b>	48.906	-9.453	18.906	2.2548 <sub>(6)</sub>	0.8948
	<b>full model</b>	58.651	-8.325	16.651		

**Tabla 15.** Influencia de cuenca y hábitat (altitud) sobre variables comunitarias. Chile

Variable	Source of variation	AIC	logLik	deviance	$\chi^2_{(df)}$	P value
Total invertebrates						
Density	Basin	160.99	-75.497	150.99	0.7236 <sub>(2)</sub>	0.6964
	Habitat	164.76	-75.382	150.76	0.2291 <sub>(2)</sub>	0.8918
	Basin x Habitat	169.38	-73.691	147.38	3.3823 <sub>(4)</sub>	0.4960
	Full model	157.72	-75.858	151.72		
Biomass	<b>Basin</b>	<b>181.47</b>	<b>-85.732</b>	<b>171.47</b>	<b>7.8480<sub>(2)</sub></b>	<b>0.0197</b>
	Habitat	185.17	-85.587	171.17	0.2922 <sub>(2)</sub>	0.8641
	Basin x Habitat	185.59	-81.798	163.59	7.5783 <sub>(4)</sub>	0.1083
	Full model	185.31	-89.657	179.31		
Richness	Basin	291.12	-139.56	279.12	2.3392 <sub>(2)</sub>	0.3105
	Habitat	294.79	-139.40	278.79	0.3323 <sub>(2)</sub>	0.8469
	Basin x Habitat	302.29	-139.18	278.29	0.4956 <sub>(4)</sub>	0.9739
	Full model	289.46	-140.73	281.46		
Diversity	Basin	109.16	-48.578	97.15	3.9879 <sub>(2)</sub>	0.1362
	Habitat	112.24	-48.120	96.24	0.9171 <sub>(2)</sub>	0.6322
	Basin x Habitat	118.78	-47.388	94.77	1.4631 <sub>(4)</sub>	0.8332
	Full model	109.14	-50.572	101.14		



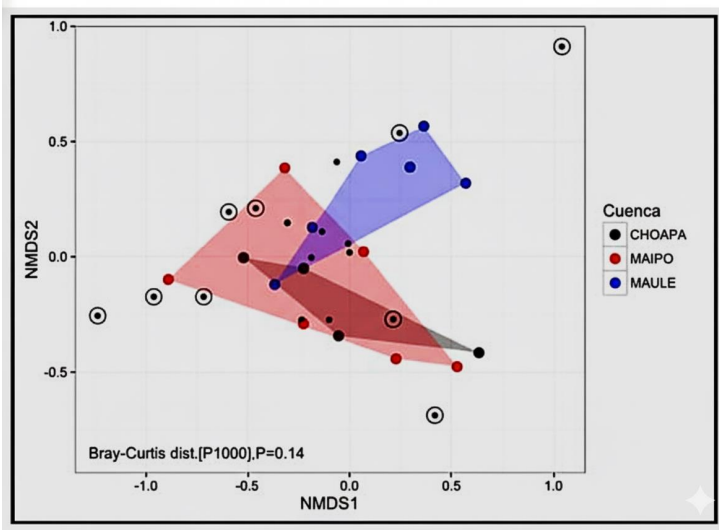
**Figura 40.** Tamaño en cada cuenca. Regresiones por localidades clasificadas de Lojtin: Montaña ( $\Delta$ ), Pie Montaña ( $\bullet$ ) y Planicie ( $\blacksquare$ ). Chile.

### 3.3. Relación de variables (altitud, latitud, composición comunitaria)

Las comunidades no muestran diferencias en los ríos (localidades), pero sí agrupadas por sus hábitats (altitud), por clasificación Lojtin, donde las diferencias grandes son encontradas en distancias Bray-Curtis.

#### 3.3.1. Relación entre latitud (ríos) y composición comunidad

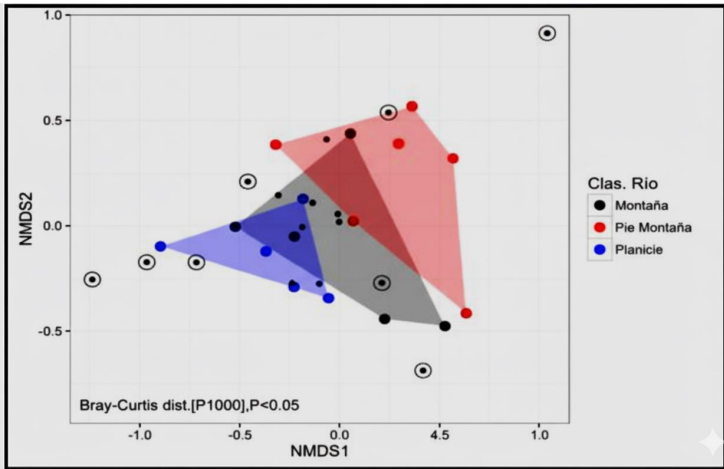
Las cuencas, no presentan influencia independiente de comunidad, sino composiciones superpuestas para los ríos (Choapa, Maipo y Maule), no existe influencia de latitud. Existe influencia de ríos sobre el tamaño, no significativa, no paramétrico de escalamiento multidimensional (NMDS) por cuencas, para distancia de Bray-Curtis, y valor no significativo ( $P=0.14$ ). Ver Figura 41.



**Figura 41.** Estudio no Paramétrico de Escalamiento Multidimensional (NMDS) por cuencas (Latitud). Chile.

### 3.3.2. Relación para altitud y composición comunitaria

La composición de comunidad estudia la influencia de (Montaña, Pie de Montaña y Planicie) por clasificación de Lojtin, con hábitats diferentes, buscando influencia significativa para análisis no paramétrico de escalamiento multidimensional (NMDS) acorde a distancias de Bray-Curtis,  $P < 0.05$ . Se describe influencia de altitud no suficiente y determinante para composiciones comunitarias, tiene efecto suficiente para ver diferencias entre comunidades de Pie de Montaña y Planicie, con similitudes entre comunidades de Montaña y Pie de Montaña, y comunidades de Montaña y Planicie. Según el hallazgo se analiza el tamaño con intersección que representa la variación de cuencas (B) con resultados no significativos (Ver Tabla 14). El análisis no paramétrico de escalamiento multidimensional de altitud (H), con evaluación de acción conjunta del río y altitud (B x H) como variación del tamaño en ambos casos la variación de tramos sobre el tamaño y dinámica comunitaria. Ver Figura 42.



**Figura 42.** Estudio no Paramétrico de Escalamiento Multidimensional (NMDS) del río (Altitud) por Clasificación de Lojtin, Chile.

## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La caracterización de macroinvertebrados bentónicos por su riqueza y abundancia, describen con errores en la variación de métricas entre zonas de muestreo indicando que en los ríos Choapa y Maule, las estaciones ubicadas en tramos de Montaña (CHOA1 y MAU1) y Planicie (CHOA3 y MAU3), son las que presentan mayor diversidad de Shannon-Wiener, pero para el río Maipo no es evidente esta diferencia por altitud del tramo del río, siendo que la estación del tramo al Pie de montaña (MA2) presentan mayor diversidad. En relación a lo anterior, los resultados obtenidos se explican en mayor medida debido a las condiciones locales de estaciones que con influencia de altitud o latitud, para el caso del río Choapa, la estación CHOA1, ubicada en el tramo de montaña, sin intervención aparente a las condiciones naturales, presenta un alto valor de diversidad de Shannon-Wiener acorde a estudios de Mykrä y Heino (2017), mientras que CHOA3, ubicada después de un poblado, muestra alta diversidad no esperada por su ubicación, sin embargo el efecto de esta intervención no implica cambio en el índice de diversidad ni en su composición comunitaria, situación estudiada por McCabe y Gotelli (2000), quienes, de manera similar a lo encontrado en la estación (CHOA3), obtuvieron resultados de riqueza de especies en mayor proporción en estaciones con perturbaciones que en estaciones sin perturbaciones en concordancia al modelo de equilibrio dinámico de Huston (Huston, 1979). Para la cuenca del Maule, la estación MAU1 del sector montaña, en el tramo del río Lircay, con abundante de vegetación ribereña y piedras de tamaño medio, explica su alta diversidad también, descrito por Mykrä y Heino (2017), mientras que para el caso de MAU3, del sector planicie, muestra un resultado inesperado a pesar de encontrarse en zona media intervención humana por actividad agrícola y por escasa vegetación ribereña, presenta alta diversidad, situación estudiada por Lammert y Allan (1994), quienes encontraron variables locales del hábitat y tienen una influencia superior al uso de la tierra (agricultura) sobre la integridad biótica, particularmente para macroinvertebrados, indica que las condiciones de altitud y latitud no afectan la comunidad de macroinvertebrados como se observa en la distribución del tamaño donde se muestran pendientes similares para MAU1 y MAU3.

## Macroinvertebrados Bentónicos en los Ríos de Chile

Para el caso del río Maipo, las estaciones del tramo Montaña (MA4, MA5, MA6) presentan una baja diversidad en comparación a los tramos Planicie y Pie de Montaña, y ello se explica por su ubicación que contempla cercanía a la Mina Los Bronces la cual muestra un efecto sobre la zona conocida como “camino a Farellones”, escenario que ya se ha registrado en otras zonas mineras de Chile como en el estudio de Alvial et al. (2012) realizado en la cuenca del río Elqui (norte de Chile) donde hallaron un drástico decrecimiento en la riqueza de las muestras tomadas en distritos mineros, concluyendo que el impacto minero, en ese caso, tiene mayor influencia que los factores naturales, sin embargo, respecto a su densidad y biomasa, no presenta diferencias importantes en las pendientes de espectro de tamaño en comparación con los sectores Planicie y Pie de montaña. Este último sector, MA2, presenta una alta diversidad lo cual se explica por su ubicación dentro del Parque Nacional Río Clarillo, sin embargo, presenta una pendiente más baja en el espectro de tamaño, menor densidad y biomasa, mientras que el sector Planicie (MA3) muestra resultados inesperados con una diversidad alta a pesar de encontrarse en una zona de alta intervención humana con actividad agrícola y escasa actividad agrícola lo cual muestra que en esta estación es mayor la influencia de parámetros locales que la influencia de latitud o altitud como se muestra con la pendiente de espectro de tamaño similar a las estaciones del sector montaña respecto a la densidad y biomasa y es concordante con lo expuesto por McCabe y Gotelli (2000). Marca una tendencia el hecho de observar una mayor riqueza en conjunto de las estaciones ubicadas en el tramo Montaña (CHOA1, M4, M5, M6, MAU1) y Planicie (CHOA3, MA3 y MAU3).

En relación al tamaño de la comunidad de macroinvertebrados, el enfoque considera el espectro como el mayor rasgo de comunidades acuáticas (Bainbridge, 1958) y con flujo de energía y dinámica en la comunidad que explica la relación entre abundancia y tamaño corporal respecto a lo cual se halló que la biomasa de la comunidad se distribuye entre la biota de ecosistemas, en estaciones evaluadas, a diferentes alturas y en diferentes cuencas, sin embargo, las pendientes del espectro de tamaño graficadas por cuencas, no presentan diferencias importantes. Esto puede explicarse por la corta longitud de la precordillera y la pendiente elevada que la caracteriza, como sucede también en el estudio de Contador et al (2015).

Respecto al factor latitudinal, considerado como uno de los factores fundamentales en ecología comunitaria, reflejado en patrones de alta diversidad de especies en los trópicos y su declinación hacia los polos, su gradiente respecto a la diversidad está bien caracterizado en varios grupos taxonómicos y a lo largo de varias regiones geográficas, sin embargo, existen casos de gradientes latitudinales donde el dominio es inverso o medio para varios grupos taxonómicos y hábitats (Shah, D. et al., 2014), igual que los resultados obtenidos en la investigación.

Las estaciones del tramo Montaña (MA4, MA5, MA6) respecto a su densidad y biomasa, no presentan diferencias importantes en las pendientes de espectro de tamaño en comparación con los sectores Planicie y Pie de montaña. Asimismo, desde el enfoque de size spectrum, las condiciones de altitud y latitud no afectaron a los macroinvertebrados como dice la distribución del espectro de tamaño donde se muestran pendientes similares para MAU1 y MAU3. No obstante, la cuenca del Choapa sí presente un grupo que escapa de la distribución del espectro de tamaño, este grupo pertenece a la categoría Montaña, donde se observan menores densidades, en relación a las cuencas del Maipo y Maule, lo cual podría explicarse por la diferencia en los caudales medios anuales para estos cuerpos de agua. En el caso de los ríos Maipo y Maule, estos tienen mayor caudal medio anual, 117,2 m<sup>3</sup> /s (estación Manzano) y 63,8 m<sup>3</sup> /s (estación Armenillo), respectivamente, en comparación al río Choapa, con caudal anual de 9,6 m<sup>3</sup> /s (estación Cuncumén). En el tamaño se utilizó como herramienta para representar organismos de comunidad, se utiliza como base la evidencia empírica de procesos ecológicos y fisiológicos, el crecimiento somático, el incremento poblacional, la abundancia poblacional y la eficiencia en crecimiento, por escalonamiento de tamaño corporal (Yvon-Durocher et al., 2011).

La relación de variables ambientales (latitud [cuenca] y altitud [de río]) y la composición comunitaria, se observa por gráficos de distribución y densidad poblacional, no hay diferencias significativas entre grupos comunitarios por ríos (latitud) y tramos del río (altitud). Hay diferencias entre masa corporal por taxa de cada cuenca, sin diferencia en riqueza. El análisis de escalamiento multidimensional (NMDS) muestra diferencias por hábitats (altitud), acorde a clasificación Lojtin, las diferencias se encuentran en distancias Bray-Curtis.

Esta baja diferencia entre estaciones con diferentes condiciones ambientales también sucedió en el estudio de Martínez et al. (2016), donde la intersección de pendiente gráfica de espectro tamaño, para distintas estaciones fueron similares, las cuales se obtuvieron utilizando el mismo número de bins para todos los sitios produciendo de esta manera que el sesgo o error asociado a la selección del número de bins sea insignificante, de la misma manera que se aplicó en el presente estudio. Por otra parte, Contador et al., (2015) indica en su estudio de gradiente altitudinal enfocado en cambios en la estructura comunitaria de macroinvertebrados bentónicos, que en su área de estudio, con una gradiente corta y escarpada de 600m, se observan patrones similares a través de la gradiente, sin variaciones importantes, lo cual concuerda con los resultados del presente estudio al haberse realizado también en una gradiente altitudinal corta típica de la zona de precordillera. Además, cabe señalar que los procesos y factores ecológicos involucrados en la distribución de las especies a lo largo del gradiente altitudinal no han sido totalmente esclarecidos y varían según los organismos y ecosistemas estudiados (Lomolino, 2001).

En la biomasa acumulada y distribuida por Alturas (Montaña, Pie montaña y Planicie), en la Montaña (High\_Alt) tenemos mayor presencia de masa corporal y sigue la zona Planicie (Low\_Alt) y Pie montaña (Medium\_Alt), contrasta con la riqueza y abundancia, con valores similares para 3 Alturas (Montaña 36%, Pie montaña 31% y Planicie 33%) entre grupos comunitarios por altitudes no identificaron diferencias significativas por abundancias y se entiende que los patrones caracterizan una comunidad que depende del rango de tamaño corporal observado (Sprules y Barth, 2015).

## CONCLUSIONES

El presente estudio permitió evaluar el efecto de la heterogeneidad ambiental sobre las comunidades de macroinvertebrados bentónicos en las cuencas de los ríos Choapa, Maipo y Maule, considerando gradientes de altitud y variaciones de tamaño, biomasa y composición comunitaria. Los resultados obtenidos aportan evidencia respecto a la importancia del tamaño corporal y su relación con la estructura ecológica de las comunidades acuáticas en sistemas fluviales de la zona central de Chile.

En primer lugar, la prueba de chi-cuadrado demostró que el tamaño corporal constituye la variable de mayor influencia sobre la biomasa, con valores estadísticamente significativos ( $P < 0.05$ ). Esto confirma que el tamaño actúa como un eje funcional que organiza la transferencia de energía y la estructura trófica dentro de las comunidades bentónicas. Asimismo, el análisis indicó que el tamaño es dependiente de la interacción entre la cuenca y el hábitat (altitud), lo cual sugiere que los gradientes ambientales determinan patrones diferenciales de distribución de individuos pequeños y grandes a lo largo del río.

Se observó que la altitud del río es un factor clave para definir la estructura de tamaños: en tramos altos y bajos tiende a encontrarse mayor densidad de individuos pequeños, mientras que la presencia de organismos de mayor tamaño disminuye hacia sectores medios y zonas de mayor presión ambiental. En contraste, la variación atribuible únicamente al río como unidad geográfica (latitud) no fue significativa ( $P = 0.7143$ ), lo que indica que la identidad de la cuenca, por sí sola, no explica los cambios en la comunidad. Del mismo modo, la influencia conjunta del río y la masa corporal tampoco resultó significativa ( $P = 0.2385$ ).

Por otra parte, variables comúnmente utilizadas para describir comunidades bentónicas, como la densidad, riqueza y diversidad, no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre ríos o entre altitudes ( $P > 0.05$ ). Este hallazgo es relevante, ya que revela que la diversidad por sí misma no es suficiente para inferir el estado ecológico, mientras que la biomasa y la distribución de tamaños sí permiten detectar variaciones funcionales más sutiles.

## Macroinvertebrados Bentónicos en los Ríos de Chile

El único caso con dependencia clara fue la relación entre biomasa y cuenca, con resultado significativo ( $P=0.0197$ ), lo que indica que la dinámica de acumulación de biomasa responde a condiciones particulares de cada sistema fluvial. Esta biomasa actúa, en consecuencia, como covariante funcional que moldea las pendientes del espectro de tamaño, reflejando el balance entre individuos pequeños y grandes en cada ambiente.

La comparación entre ríos mostró que el Maule y el Choapa presentan pendientes de tamaño similares en términos de densidad, aunque difieren en biomasa, siendo esta mayor en Choapa. En tanto, el Maipo y el Maule son similares en tamaño corporal, pero no en abundancia, dado que el Maipo posee mayor densidad de individuos pequeños, patrón también observado en el Choapa. Esto evidencia que las comunidades de macroinvertebrados en la zona central están dominadas por formas pequeñas, lo que puede asociarse a presiones ambientales, productividad primaria o procesos de perturbación natural o antropogénica.

En conjunto, los resultados indican que la estructura funcional, más que la diversidad taxonómica, es el mejor descriptor del estado ecológico de los ríos estudiados. El tamaño corporal y la biomasa se configuran como indicadores sensibles para evaluar la influencia de gradientes ambientales sobre las comunidades bentónicas, aportando una herramienta útil para la gestión y monitoreo de ecosistemas lóticos en escenarios de cambio ambiental.

## REFERENCIAS

- Bainbridge, R. (1958). The speed of swimming of fish as related to size and to the frequency and amplitude of the tail beat. *J. Exp. Biol.* 35 (1), 109–133.
- Bartosch, A. (2007). Die Wasserversorgung in einer Metropolregion in Lateinamerika. Das Beispiel Santiago de Chile. Diploma thesis, Jena.
- Bauer, C. (2016). Represas y mercados: Ríos y energía eléctrica en Chile. *Revista de Derecho Ambiental*, (5), pp-9.
- Baumgartner, D. y Rothhaupt, K. (2003). Predictive length–dry mass regressions for freshwater invertebrates in a pre-alpine lake littoral. *Internationale Revue der Gesamten Hydrobiologie*, 88, 453–463.
- Borgias, S. (2016). Law, Scarcity, and Social Movements: Water Governance in Chile's Maipo River Basin.
- Burgherr P. y Meyer E. (1997) Regression analysis of linear body dimensions vs. dry mass in stream macroinvertebrates. *Archiv für Hydrobiologie*, 139, 101–112.
- Contador, T., Kennedy, J., Rozzi, R. y Villarroel, J. (2015). Sharp altitudinal gradients in Magellanic Sub-Antarctic streams: patterns along a fluvial system in the Cape Horn biosphere reserve (55 S). *Polar Biology*, 38(11), 1853-1866.
- Crawley, M. (2007). *The R book*. Wiley, England
- Dirección general de aguas [DGA] (2004). Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua: Cuenca del río Maipo.
- Dirección general de aguas [DGA] (2004). Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua: Cuenca del río Choapa.
- Dirección general de aguas [DGA] (2004). Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua: Cuenca del río Maule.
- Dodrill, M., Yackulic, C., Kennedy, T., y Hayes, J. (2016). Prey size and availability limits maximum size of rainbow trout in a large tailwater: insights from a driftforaging bioenergetics model. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 73(5), 759-772.

## Macroinvertebrados Bentónicos en los Ríos de Chile

- Domínguez, E., y Fernández, H. R. (2009). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología. Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina, 656.
- Donoso, G., Montero, J. P., Meza, F. y Vicuña, S. (2013). Adaptación a los impactos del cambio climático en la agricultura de riego en Chile central.
- Duplisea, D. y Kerr, S. (1995). Application of a biomass size spectrum model to demersal fish data from the Scotian Shelf. *J. Theor. Biol.* 177(3): 263–269. doi:10.1006/jtbi.1995.0243.
- Giacomini, H., Shuter, B. y Lester, N. (2013). Predator bioenergetics and the preysize spectrum: Do foraging costs determine fish production? *Journal of theoretical biology*, 332, 249-260.
- Gracia, S. y Maza, A. (1997). Morfología de ríos.
- Hauer, R., Stanford, J., Giersch, J., Lowe W. (2000) Distribution and abundance patterns of macroinvertebrates in a mountain stream: an analysis along multiple environmental gradient. *Verh. Int. Verein. Limnol.* 27:1485–1488. doi:0368 - 0770/00/0027-01485
- Huston, M. (1979). A general hypothesis of species diversity. *The American naturalist*, 113(1), 81-101.
- Jerez, V. y Moroni, J. (2006). Diversidad de coleópteros acuáticos en Chile. *Gayana* 70 (1). 72-81.
- Kerr, S., y Dickie, L. (2001). The biomass size spectrum: a predator–prey theory of aquatic production. Columbia University Press, New York.
- Körner, C. (2007). The use of ‘altitude’ in ecological research. *Trends in ecology & evolution*, 22(11), 569-574.
- Lammert, M., & Allan, J. D. (1999). Assessing biotic integrity of streams: effects of scale in measuring the influence of land use/cover and habitat structure on fish and macroinvertebrates. *Environmental management*, 23(2), 257-270.
- Larrañaga, A., Basaguren A., Elosegi A. y Pozo J. (2009) Impacts of Eucalyptus globulus plantations on Atlantic streams: changes in invertebrate density and shredder traits. *Fundamental and Applied Limnology*, 175, 151–160.
- Lomolino, M. (2001). Elevation gradients of species-density: historical and prospective views. *Global Ecology & Biogeography*, 10, 3-13.

- McCabe, D. y Gotelli, N. (2000). Effects of disturbance frequency, intensity and areas of assemblages of stream macroinvertebrates. *Oecología*, 124 (2), 270-279.
- Martínez, A., Larrañaga, A., Miguélez, A., Yvon-Durocher, G., y Pozo, J. (2016). Land use change affects macroinvertebrate community size spectrum in streams: the case of *Pinus radiata* plantations. *Freshwater Biology*, 61(1), 69-79.
- Merritt, R., Cummins, K. (2007). Trophic relations of macroinvertebrates. In: Hauer FR, Lamberti GA (EDS). *Methods in stream*.
- Merritt, R., Cummins, K., y Berg, M. (2008). *An introduction to the aquatic insects of North America*. Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque ecology. Academic Press, San Diego, pp 585–610.
- Meyer, E. (1989). The relationship between body length parameters and dry mass in running water invertebrates. *Archiv für Hydrobiologie*, 117, 191–203.
- Mykrä, H., y Heino, J. (2017). Decreased habitat specialization in macroinvertebrate assemblages in anthropogenically disturbed streams. *Ecological Complexity*, 31, 181-188.
- Pinder, L. (1995). The habitats of chironomid larvae. In *The Chironomidae* (pp. 107-135). Springer Netherlands.
- Shah, D., Domisch, S., Pauls, S., Haase, P. y Jähnig, S. (2014). Current and future latitudinal gradients in stream macroinvertebrate richness across North America. *Freshwater Science*, 33(4), 1136-1147.
- Sioli, H. (1950). Das wasser im Amazonasgebiet. *Forsch. Fortschr*, 26(21/22), 274-280.
- Sprules, W. y Barth, L. (2015). Surfing the biomass size spectrum: some remarks on history, theory, and application 1. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 73(4), 477-495.
- Stubbington, R., Hogan, J. y Wood, P. (2016). Characterization of the density and body size of a *Gammarus pulex* (Crustacea: Amphipoda) population in subsurface sediments reflects the sampling technique used. *Hydrobiologia*, 1-11.
- Thygesen, U., Farnsworth, K., Andersen, K., y Beyer, J. (2005). How optimal life history changes with the community size-spectrum. *Proc. R. Soc. Lond. Ser. B*, 272(1570): 1323–1331. doi:10.1098/rspb.2005.3094.

## Macroinvertebrados Bentónicos en los Ríos de Chile

- Trebilco, R., Baum, J., Salomon, A., y Dulvy, N. (2013). Ecosystem ecology: sizebased constraints on the pyramids of life. *Trends Ecol. Evol.* 28(7): 423– 431. doi: 10.1016/j.tree.2013.03.008. PMID: 23623003.
- Vannote, R., Minshall, G., Cummins, K., Sedell, J. y Cushing, C. (1980). The River Continuum Concept. *Aquat Sci.* 37:130-137.
- Vera, A. y Camousseight, A. (2006). Estado de conocimiento de los plecópteros en Chile. *Gayana* 70(1). 57-64.
- Wantzen, K y Rueda-Delgado, G. (2009). Técnicas de muestreo de macroinvertebrados bentónicos. *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistemática y biología*, pág. 17-45.
- White, E., Enquist, B. y Green, J. (2008). On estimating the exponent of power-law frequency distributions. *Ecology*, 89(4), 905-912.



**Dirección legal:** Urb. Paseo del Mar  
Nuevo Chimbote, Santa, Ancash  
**Correo electrónico:** ed.honexus@gmail.com  
**Teléfono:** 978653152

