



INFORME FINAL

Convenio Desempeño 2022-2023:
Monitoreo de la especie plaga *Didymosphenia geminata* en
cuerpos de agua de la zona centro, sur y austral de Chile.
Etapa VII, 2022-2023

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT / ENERO 2024



INFORME FINAL

Convenio Desempeño 2022-2023:
Monitoreo de la especie plaga *Didymosphenia geminata* en
cuerpos de agua de la zona centro, sur y austral de Chile
Etapa VII, 2022-2023
SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT / ENERO 2024

REQUERENTE
**SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y
EMPRESAS DE MENOR TAMAÑO**

Subsecretaría de Economía y
Empresas de Menor Tamaño
Javiera Petersen Muga

EJECUTOR
INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP

Director Ejecutivo
Gonzalo Pereira Puchy

Jefe División Investigación en Acuicultura
Gastón Vidal Santana

JEFA DE PROYECTO
Alejandra Oyanedel Pérez

AUTORÍA
Alejandra Oyanedel Pérez
Rodrigo Jaramillo Teufert
David Opazo Vega
Mario Ortiz Riffó
Paula Ramírez Moenne-Locoz



INFORME FINAL

Convenio Desempeño 2022-2023:
Monitoreo de la especie plaga *Didymosphenia geminata* en
cuerpos de agua de la zona centro, sur y austral de Chile
Etapa VII, 2022-2023
SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT / ENERO 2024

COLABORADORES IFOP

Carolina Sotomayor Contreras
Johana Ojeda Palma
Pamela Ramírez Pinto
José Videla Cofré
Nicole Pesse Lastra
Claudia Pérez Sáez
Carolina Rosner Oyarzo
Rodrigo Vera Sepúlveda
Carlos Velásquez Gallardo
Simón Opazo
Verónica Muñoz Ojeda
Gemita Pizarro Nova
Claudia Espinoza Loncomilla
Alejandra Lafon Vilagrón
Luis Molina Oyarzún
Rodrigo Rojas Espinoza
Pablo Ordóñez Navarrete

COLABORADORES EXTERNOS

Jorge González González (CONAF)
Carlos Mendoza Martínez, Olivia Vergara, Jorge Maijilis (KREEN)
Gustavo Osse Pérez (DAEM-Puerto Montt)
Amanda Valenzuela Valdés (UACH)
Carola Poza (Escuela Llanada Grande, Cochamó)



RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento corresponde al Informe Final del estudio “Programa de Monitoreo, prospección e investigación de la especie plaga *Didymosphenia geminata* en ecosistemas fluviales y lacustres de la zona centro, sur y austral de Chile. Etapa VII, 2022-2023”. El objetivo general de este estudio fue “Ejecutar un programa de monitoreo, prospección e investigación de la especie plaga *Didymosphenia geminata* en ecosistemas dulceacuícolas de la zona centro, sur y austral de Chile.”. Además, se definieron seis objetivos específicos que contemplaron: 1) Conocer y actualizar la distribución geográfica de *Didymosphenia geminata* a nivel de subsubcuenca con el fin de incorporar de manera oportuna los nuevos hallazgos en las declaraciones de plaga; 2) Analizar los factores ambientales que explican las variaciones en la densidad de *Didymosphenia geminata* en las distintas cuencas a lo largo del rango de distribución geográfica de la especie; 3) Describir las características ecológicas y la dinámica espacio-temporal de las comunidades bentónicas invadidas por *D. geminata*, en cada una de las cuencas hidrográficas donde la especie ha sido declarada plaga; 4) Estudiar los impactos de la invasión de *Didymosphenia geminata* sobre las actividades económicas desarrolladas en la cuenca del río Puelo; 5) Evaluar las diferentes vías de dispersión de esta especie exótica y la presión de propágulo asociada a las actividades económicas locales; 6) Implementar un plan de difusión y educación ambiental con foco en el conocimiento ecológico de la plaga, los distintos efectos detectados y la prevención de la dispersión. Las actividades fueron completadas en concordancia a los términos técnicos de referencia modificado, sobre la base de un total de 93 estaciones de prospección y 159 estaciones de monitoreo. Durante la campaña 1 (enero a marzo de 2023) se muestrearon 124 estaciones permanentes y 85 estaciones de prospección, mientras que en la campaña 2 (abril a mayo de 2023) se muestrearon 35 estaciones permanentes y 8 estaciones de prospección. De acuerdo a los resultados Didymo se encuentra presente en 17 de las 25 cuencas muestreadas, y en un total de 116 de 252 estaciones muestreadas, cuyos hallazgos serán incluidos en una actualización de la Res. Ex. N° 1854/2022). Las principales variables limnológicas implicadas en el incremento de la densidad de Didymo a lo largo del territorio fueron el fósforo, nitrógeno total, pH, y otras relacionadas con el hábitat físico como es el número de Froude. Las comunidades de macroinvertebrados bentónicos en presencia de Didymo, se caracterizaron por presentar una disminución en la abundancia de insectos como Plecoptera, Ephemeroptera y Gastropoda, a diferencia de los dípteros de la familia Chironomidae que presentaron una tendencia al incremento de su abundancia. Además, las comunidades de macroinvertebrados bentónicos tendieron a ser más homogéneas cuando Didymo incrementó su abundancia, lo cual fue evidenciado en un amplio rango latitudinal. Una evaluación social preliminar de los impactos generados por Didymo, indicó que sólo por concepto de gastos a causa de la plaga, el impacto mínimo estimado alcanzaría a 381 millones de pesos/año en la cuenca del río Puelo.



TABLA DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	3
2. ANTECEDENTES	6
3. OBJETIVOS.....	8
3.1 Objetivo general	8
3.2 Objetivos específicos	8
4. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN	9
4.1 Localidad de las estaciones de monitoreo	9
4.2 Duración de la Etapa VII del Monitoreo.....	9
4.3 Selección de las estaciones de monitoreo	10
5. REQUERIMIENTOS METODOLÓGICOS	13
5.1 Objetivo específico 1:.....	13
5.2 Objetivo específico 2:.....	15
5.3 <i>Objetivo específico 3:</i>	18
5.4 Objetivo específico 4:.....	19
5.5 Objetivo específico 5:.....	23
5.6 Objetivo específico 6:.....	23
6. RESULTADOS	25
6.1 Estaciones muestreadas y periodos de muestreo.....	25
6.2 Objetivo específico 1:.....	28
6.3 Objetivo específico 2:.....	58
6.4 Objetivo específico 3:.....	64
6.5 Objetivo específico 4:.....	76
6.6 Objetivo específico 5:.....	91
6.7 Objetivo específico 6:.....	105
7. DISCUSIÓN.....	113
8. CONCLUSIONES.....	121
9. REFERENCIAS	123
10. ANEXOS	129



1. INTRODUCCIÓN

La rápida expansión de la diatomea *Didymosphenia geminata* ([Lyngbye] Schmidt), conocida como Didymo, en ríos y lagos oligotróficos a nivel mundial, ha adquirido relevancia debido a su potencial invasor, y ha generado drásticos impactos ecológicos y económicos (Blanco & Ector, 2009; Kilroy & Unwin, 2011). Esta microalga, nativa del hemisferio norte, genera proliferaciones mucilaginosas masivas que recubren el sustrato fluvial y zonas litorales lacustres (Blanco y Ector, 2009). El aumento de los reportes sobre estas floraciones masivas en los últimos años, ha impulsado la clasificación de Didymo como especie plaga en su distribución nativa, abarcando regiones como Estados Unidos, Canadá y Europa (Bothwell et al., 2014; Gillis & Chalifour, 2010; Taylor & Bothwell, 2014). Asimismo, la presencia de esta microalga fuera de su rango nativo, documentada desde 2004 en Nueva Zelanda y a partir de 2010 en Sudamérica, destaca la urgencia de abordar los impactos ecológicos derivados de esta invasión (Kilroy et al., 2005; Biggs et al., 2006; Kilroy & Unwin, 2011).

La dispersión global de Didymo se atribuye principalmente a la acción humana, destacándose como vector clave en la dispersión de esta especie (Bothwell & Kilroy, 2011; Kilroy, 2004; Spaulding & Elwell, 2007). Actividades acuáticas sin medidas de bioseguridad, especialmente aquellas relacionadas con el equipamiento para pesca deportiva, como botas de vadeo con suela de fieltro y/o de neopreno, han emergido como fómites significativos que contribuyen a la propagación de Didymo, dado su potencial para retener humedad durante períodos prolongados (Bothwell et al., 2009). Una vez establecido en un ecosistema, el desarrollo de las proliferaciones mucilaginosas de Didymo está condicionado por diversos factores. Entre estos, se incluyen factores físicos, como regímenes de flujo estables (Kirkwood et al., 2007; Rost et al., 2011; Richardson et al. 2014), presencia de sustrato rocoso, alta disponibilidad de luz (Kirkwood et al., 2009; Whitton et al., 2009; Bothwell & Kilroy, 2011) y hábitats de bajas temperaturas (Lindstrøm, 2008; Whitton et al., 2009); también factores químicos, como la baja disponibilidad de nutrientes, siendo el más relevante la baja concentración de fósforo (Bothwell et al., 2009; Lindstrom & Skulberg, 2008; Bothwell & Kilroy, 2011; Bothwell & Taylor, 2017; Kunza et al., 2018). En este sentido, el hábitat físico y la disponibilidad de nutrientes tienen el potencial de influir en el desarrollo de las floraciones cuando Didymo está presente.

Esta especie es una de las pocas diatomeas bentónicas no tóxicas que causa fuertes efectos negativos en los ecosistemas acuáticos donde invade, aunque muchos aspectos de su biología y efectos ecosistémicos aún no se conocen bien. Algunas evidencias sugieren efectos sobre las comunidades bentónicas de macroinvertebrados debido a que modifica la composición taxonómica y abundancia de individuos (C.A. Gillis & Chalifour, 2010; Kilroy et al., 2009; Green et al. 2019; Suárez et al. 2020). También en el hemisferio norte, se han identificado efectos sobre especies ícticas de interés para la acuicultura y pesca recreativa, como *Salmo salar* y *Salmo trutta*, sobre las cuales las masas mucilaginosas interfieren en la activación y movilidad de los gametos, así como en la dieta y crecimiento de los peces, aspectos que también han sido evaluados en nuestro país (James & Chippis, 2016; Olivares et al., 2015). En relación a los impactos económicos, no existen estudios acabados al respecto debido a que se trata de un alga microscópica que cohabita con otras especies bentónicas. Sin embargo, se ha señalado que las proliferaciones masivas de *D. geminata* degradan la estética de



los ríos y lagos, reduciendo el interés por la pesca deportiva, impactando el turismo y debilitando el comercio asociado a esta actividad (Beville et al., 2012).

En Chile, *Didymo* fue reportada y declarada como especie plaga en el año 2010, categoría que ha mantenido hasta la fecha. Desde entonces la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA) y el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SERNAPESCA), mandatados por el Reglamento Sobre Plagas Hidrobiológicas (D.S. N°345/2005 y sus modificaciones), han desarrollado un plan de manejo que incluye constantes actividades de vigilancia, detección, prospección y control de esta microalga. Dadas las características invasoras de esta especie, junto con las posibles variaciones inducidas por el cambio climático que podrían incidir en la hidroquímica y condiciones físicas de ríos y lagos (i.e. Brahney et al., 2021), se requiere mantener un monitoreo y prospección permanentes. Esto, a fin de no descuidar los sectores que limitan con las áreas declaradas plaga, y así identificar prontamente nuevos brotes o nuevas áreas de distribución de la microalga. Además, es relevante mantener una vigilancia con frecuencia estacional de las variaciones de la abundancia relacionadas con su proliferación, analizar su efecto sobre los ecosistemas en los que se encuentra presente y mantener un programa de difusión de resultados, además de la aplicación de medidas de bioseguridad para el control de la misma.

El presente estudio contempló la realización del monitoreo, prospección y evaluación de los efectos de las proliferaciones masivas de *D. geminata* sobre las comunidades bentónicas y consecuentemente los impactos que pudieran representar para las actividades de pesca y acuicultura en el territorio nacional. Para esto, se dispuso una red de monitoreo con una cobertura geográfica que abarcó desde la Región del Maule hasta la Región de Magallanes y la Antártica Chilena, incorporando ríos y lagos invadidos, en riesgo de ser invadidos por *D. geminata* y libres de esta plaga. El número y distribución de estaciones fue acordado entre el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) y la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SSPA), siguiendo los criterios indicados en el “Manual de Monitoreo e Identificación de la Microalga Bentónica *Didymosphenia geminata*” (Díaz et al., 2016), así como por criterios científico-técnicos propuestos por IFOP. No obstante, el número definitivo de estaciones de monitoreo y prospección dependió de aspectos logísticos que fueron evaluados en el transcurso de las actividades de campo.

El número total de estaciones de acuerdo a los Términos Técnicos de Referencia que se debían muestrear en la Etapa VII eran de 124 para la primera campaña y 35 para la segunda campaña de otoño-invierno. Gran parte de las estaciones contempladas correspondió a estaciones de monitoreo donde se ha detectado la presencia de *D. geminata* en etapas previas del monitoreo, y que permitieron estudiar la evolución de la plaga en las áreas afectadas. No obstante, las estaciones de vigilancia, ubicadas cerca de cuencas o tramos de río donde se tiene certeza de la presencia de la especie plaga, también contribuyen importantemente al conocimiento de la dinámica ecológica de la plaga y su distribución espacial. En tanto, también fueron incorporadas estaciones donde no se ha detectado la plaga a lo largo del monitoreo y también se consideraron estaciones de prospección donde no contábamos con antecedentes previos y que son definidas en base a los requerimientos de SUBPESCA, denuncias recibidas por SERNAPESCA y sugerencias de IFOP a partir de la información recabada en terreno.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN DE INVESTIGACIÓN EN ACUICULTURA

Este estudio busca el fortalecimiento de las bases para la gestión adecuada y oportuna de esta especie exótica invasora declarada plaga. Entrega información sobre nuevos hallazgos de la presencia de *D. geminata* de manera de mantener una actualización constante de su rango de distribución nacional y regional de la especie plaga, para que las Áreas de Plaga y Riesgo de Plaga constituyan elementos clave para la acción dirigida a la protección de los ecosistemas dulceacuícolas y la contención de la plaga, para frenar la rápida proliferación que ha mantenido en la última década. Del mismo modo, el conocimiento de las relaciones que tiene esta especie plaga en los ecosistemas receptores son aportes relevantes para la gestión y la educación de las comunidades que se encuentran en contacto permanente con los ecosistemas acuáticos continentales del país.



2. ANTECEDENTES

Didymosphenia geminata es una diatomea bentónica conocida por generar proliferaciones masivas que afectan el sustrato fluvial y litoral lacustre de sistemas acuáticos oligotróficos. Comúnmente es conocida como Didymo o moco de roca, y fue descrita por primera vez en las Islas Faroe al Norte de Escocia (Spaulding & Elwell, 2007), existiendo consenso respecto a su origen nativo en ríos montañosos de la región circumboreal. Según colecciones algales históricas, *D. geminata* se distribuye en todos los continentes excepto África y Antártica (Ejaz et al., 2021).

Históricamente, esta microalga ha sido descrita en cuerpos de aguas frías, pobres en nutrientes y aguas claras, donde crece adherida sobre el sustrato fluvial a través de un pie o tallo de mucílago. Bajo condiciones favorables, i.e. de aguas frías, con sustrato rocoso, flujo constante y baja concentración de nutrientes, la producción celular es estimulada y los tallos de mucílago forman extensas masas que cubren el sustrato y afectan el bentos fluvial y lacustre. Aún no existe claridad respecto a los factores que gatillan las proliferaciones de *D. geminata*. Sin embargo, se relaciona con bajos niveles de nutrientes, específicamente de fósforo. Se han identificado efectos sobre las comunidades bentónicas de invertebrados y peces, y su dispersión estaría relacionada principalmente, con la actividad de pesca deportiva.

Las proliferaciones de *D. geminata* fueron registradas por primera vez en los años 90 en la Isla de Vancouver Columbia Británica en Norteamérica. A partir de este episodio, comenzaron a registrarse nuevas proliferaciones masivas en Polonia en 1990, en Estados Unidos en 2002, en la Isla Sur de Nueva Zelanda en 2004 y en la Patagonia Chilena y Argentina en 2010 (Kawecka & Sanecki, 2003; C Kilroy & Unwin, 2011; Larson & Carreiro, 2008; Reid & Torres, 2014).

En relación a Chile, la primera proliferación de *D. geminata* fue registrada en los Ríos Futaleufú y Río Espolón en la Región de Los Lagos. De acuerdo al Reglamento Sobre Plagas Biológicas DS N°345 de 2010, la SSPA declara como “Área de Plaga” por Res. Ex. N°3064 de 2010, ambos sectores afectados. A partir de este año, la plaga muestra una dispersión agresiva dentro de la región y comenzaron a registrarse nuevas proliferaciones entre la Región del Biobío y la Región de Magallanes. Desde esa fecha, se han declarado como Áreas de Plaga, diferentes sectores en las cuencas de los ríos Aysén, Baker (Ex. N°2812 de 2011, Res. Ex. N° 996 de 2013, Res. Ex. N° 918 de 2015, Res. Ex. N° 3709), Yelcho (Res. Ex. N°2304, Res. Ex. N° 3709, Res. Ex. N°183/2019), Biobío, Toltén, Puelo, Palena y Costeras límite Décima Región, Cisnes (Res. Ex. N° 996 de 2013, Res. Ex. N°1065 de 2014, Res.Ex. N° 918 de 2015, Res. Ex. N° 3709), Tierra del Fuego (Res. Ex. N°1927 de 2013, Res. Ex. N° 3709, Res. Ex. N° 2450/2018), Costeras entre Río Andrew y Río Hollemburg e Islas al Oriente (Res.Ex. N° 918 de 2015, Res. Ex. N° 3709) y Río Bueno (Res. Ex. N° 3709). Actualmente, se ha declarado como “Área Plaga” todas las cuencas andinas entre el Río Maule (Región del Maule) y Río Azopardo (Región de Magallanes) de acuerdo a Res. Ex. N°2743/2019, Res. Ex. N°719/2021 y Res. Ex. N°1854/2022 (SSPA).

Desde la declaración de Áreas Plaga en territorio nacional, la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA) y el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SERNAPESCA), han desplegado esfuerzos constantes para monitorear la dispersión de *D. geminata*. Es así como, desde 2011,



SUBPESCA ha encargado diferentes estudios y programas de investigación a instituciones como Poch, Amakaik y Fundación CEQUA; iniciativas que han dado como principales resultados la adaptación de protocolos de muestreos, protocolos de bioseguridad, manuales de monitoreo y actividades de difusión.

A partir del año 2016, la prospección, monitoreo y vigilancia de la plaga ha sido ejecutada por el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), cuyo estudio contempla el monitoreo en ríos de cuencas prospectadas en estudios anteriores, y en ríos de cuencas donde no se tenga certeza de la presencia de la microalga. A fin de lograr resultados comparables con estudios previos, se utiliza la metodología indicada en el “Manual para el Monitoreo e Identificación de la Microalga Bentónica *Didymosphenia geminata*” de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (Díaz et al., 2016). Este programa de Monitoreo cuenta con seis Etapas ejecutadas por el IFOP y desarrolla una metodología que ha consistido en la obtención de muestras fitoplanctónicas, fitobentónicas, macrozoobentos, calidad de agua y descripción del hábitat fluvial y ribereño en campañas de terreno coincidentes con las épocas de primavera-verano y otoño-invierno. En cada punto de muestreo se estableció la presencia/ausencia de *D. geminata* en la columna de agua y su cuantificación en la comunidad diatomológica bentónica y en la comunidad completa del fitobentos, así como el registro in situ de parámetros de la columna de agua, muestras para análisis de calidad de agua en laboratorio, muestras cuantitativas de macroinvertebrados y caracterización del hábitat fluvial y usos adyacentes. Los datos generados a partir de las muestras biológicas y de calidad de agua fueron analizados con herramientas estadísticas y de modelación. Los datos recogidos de la descripción del hábitat se usaron como información complementaria para la discusión de las características que propician la aparición o mantención de la especie en cuencas afectadas por la plaga. Para el análisis de la información generada por las actividades del propio monitoreo, se consideraron los resultados de estudios previos y las metodologías utilizadas en estudios de similares características, no obstante, la metodología final fue consensuada con la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.



3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

*Ejecutar un programa de monitoreo, prospección e investigación de la especie plaga *Didymosphenia geminata* en ecosistemas dulceacuícolas de la zona centro, sur y austral de Chile.*

3.2 Objetivos específicos

3.2.1 Objetivo específico 1:

*Conocer y actualizar la distribución geográfica de *Didymosphenia geminata* a nivel de subsubcuencia con el fin de incorporar de manera oportuna los nuevos hallazgos en las declaraciones de plaga.*

3.2.2 Objetivo específico 2:

*Analizar los factores ambientales que explican las variaciones en la densidad de *Didymosphenia geminata* en las distintas cuencas a lo largo del rango de distribución geográfica de la especie.*

3.2.3 Objetivo específico 3:

*Describir las características ecológicas y la dinámica espacio-temporal de las comunidades bentónicas invadidas por *Didymosphenia geminata*, en cada una de las cuencas hidrográficas donde la especie ha sido declarada plaga.*

3.2.4 Objetivo específico 4:

*Estudiar los impactos de la invasión de *Didymosphenia geminata* sobre las actividades económicas desarrolladas en la cuenca del río Puelo.*

3.2.5 Objetivo específico 5:

Evaluuar las diferentes vías de dispersión de esta especie exótica y la presión de propágulo asociada a las actividades económicas locales.

3.2.6 Objetivo específico 6:

Implementar un plan de difusión y educación ambiental con foco en el conocimiento ecológico de la plaga, los distintos efectos detectados y la prevención de la dispersión.



4. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN

4.1 Localidad de las estaciones de monitoreo

De acuerdo a los Términos Técnicos de Referencia de la Etapa VII del Monitoreo, se realizaron actividades de seguimiento y prospección en un área geográfica comprendida entre el río Claro (Región del Maule) y el río Azopardo (Región de Magallanes y la Antártica Chilena), donde se muestrearon un total de 124 de estaciones, abarcando 22 cuencas (**Figura 1**). Las estaciones de monitoreo fueron localizadas tratando de mantener, al menos, una estación por cada subsubcuenca incluida en las Resoluciones Exentas N°1854/2022 (SUBPESCA) que declara una serie de subsubcuencas en las categorías Áreas de Plaga y Riesgo de Plaga. La ubicación definitiva de las estaciones de monitoreo y prospección fue consensuada entre IFOP y SUBPESCA considerando criterios científico-técnicos y financieros.

Las divisiones espaciales de las cuencas (cc), subcuencas (sc) y subsubcuencas (ssc) fueron tomadas del Inventario Nacional de Cuencas Hidrográficas de la Dirección General de Aguas (DGA). Esta información fue trabajada en ArcGIS y Google Earth para la elaboración de la planificación de terreno, así como, para la elaboración de la base de datos, cartografía, figuras y todo tipo de análisis que empleó los códigos identificadores de las cuencas hidrográficas y sus subdivisiones. La subsubcuenca, como unidad geográfica más pequeña que conforma la cuenca, fue la unidad de trabajo de este monitoreo, ya que permitió generar información en una escala espacial conocida, comparable y utilizable para otras investigaciones en ecosistemas dulceacuícolas. Además, la subsubcuenca como unidad espacial mínima de trabajo permite aportar información a SUBPESCA en el proceso de elaboración de las declaraciones de Plaga y Riesgo de Plaga, contribuyendo de este modo a la gestión de esta especie plaga.

4.2 Duración de la Etapa VII del Monitoreo

Las actividades de muestreo ejecutadas durante la Etapa VII del monitoreo, al igual que en las etapas anteriores, estuvieron organizadas en 2 campañas, la primera campaña fue realizada entre los días 5 de enero del 2022 y el 31 de marzo 2022, durante la cual se muestreó en 124 estaciones que estuvieron localizadas en el más amplio rango geográfico considerado en este Monitoreo, que abarca el rango de distribución total de la especie plaga, abarcando entre las regiones del Maule y Magallanes y la Antártica Chilena.

La segunda campaña fue realizada entre abril y mayo 2022, durante la cual se muestreó 35 estaciones correspondientes a las cuencas del río Biobío (Región del Biobío y Araucanía), Costeras límite región y río Valdivia (Región de los Ríos), río Valdivia (Región de Los Ríos), río Bueno (Región de Los Ríos y Los Lagos), Cuencas e islas entre río Bueno y río Puelo (Región de Los Lagos) y río Aysén (Región de Aysén). Cabe destacar que en la campaña de otoño-invierno de la Etapa VII se trabajó en un rango geográfico reducido de acuerdo a los Términos Técnicos de Referencia, y que además, se incorporaron estaciones de prospección.

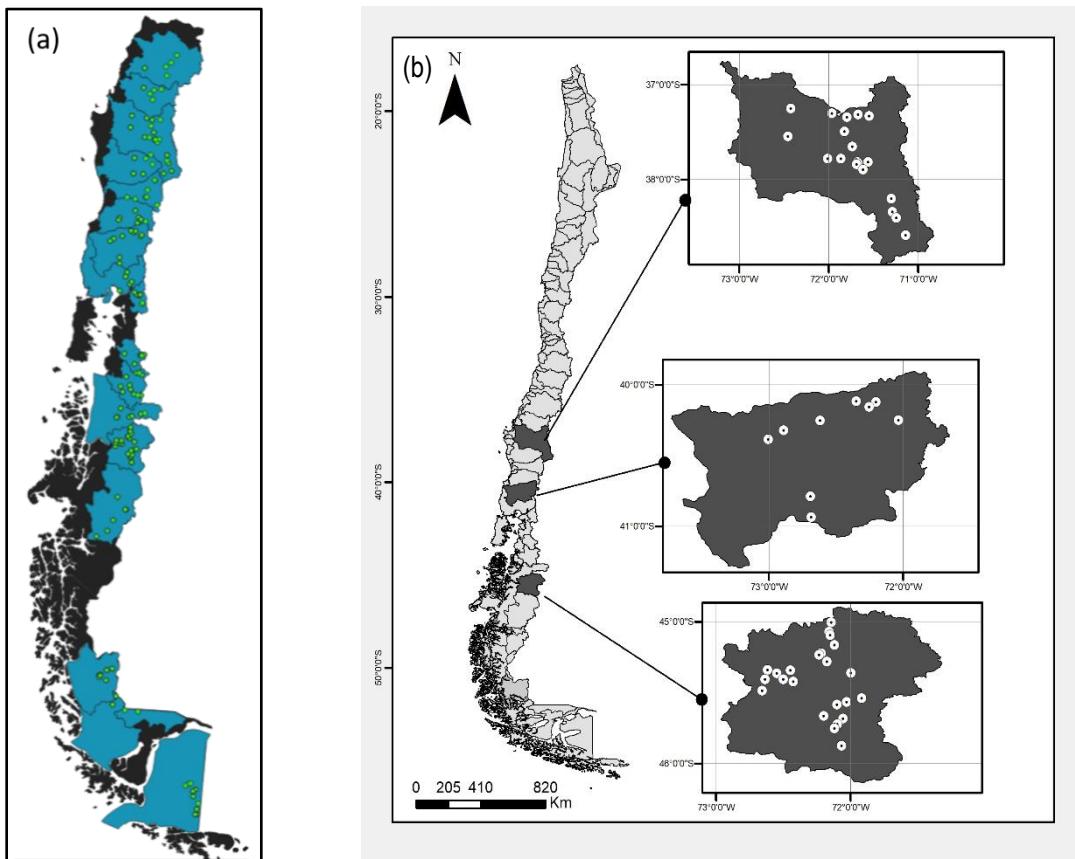


Figura 1. Distribución geográfica de las estaciones de muestreo propuestas originalmente en el TTR para la Etapa VII del presente Monitoreo. a) estaciones propuestas en el TTR para la campaña de primavera-verano. b) estaciones propuestas para la campaña de otoño-invierno.

4.3 Selección de las estaciones de monitoreo

El número total de muestras y la ubicación de las estaciones de monitoreo incorporadas en la primera y segunda campaña de la Etapa VII fueron acordados entre SUBPESCA e IFOP. Empleando criterios científicos, técnicos y financieros, se determinó como número máximo un total de 124 estaciones de monitoreo y 22 estaciones de prospección para la campaña de primavera-verano y 35 estaciones de monitoreo y 8 de prospección para la campaña de otoño-invierno. De acuerdo a los resultados obtenidos en etapas previas y a los objetivos del monitoreo, en la Etapa VII se definieron los tipos de estaciones de muestreo, de manera de clarificar qué tipo de datos se obtiene en cada una de ellas y qué requerimientos de gestión permiten cubrir, qué hipótesis permiten responder y de qué forma se puede mejorar el diseño de la red de monitoreo. Las características de cada tipo de estación incorporada en ambas campañas de la Etapa VII del monitoreo se detallan a continuación:



4.3.1 Estaciones de monitoreo permanente con presencia de *D. geminata*.

Fueron aquellas estaciones donde se tuvo registro de la presencia de la plaga previamente, y correspondió a estaciones ubicadas en subsubcuenca declaradas como Área de Plaga o Área en Riesgo de Plaga por alguna de las dos últimas Resoluciones de Plaga. Son estaciones que han sido monitoreadas de manera permanente desde la Etapa I, con la obtención de muestras en todas las campañas o en la mayoría de ellas, y donde se realizó un muestreo completo de todos los componentes estipulados en los Términos Técnicos de Referencia (fitobentos, fitoplancton, diatomeas, floraciones, macroinvertebrados, columna de agua).

4.3.2 Estaciones de monitoreo permanente sin presencia de *D. geminata*.

Corresponden a aquellas estaciones que han sido muestreadas de manera permanente y que no han presentado la plaga hasta la fecha de muestreo de esta Etapa, permitiendo realizar seguimiento a las condiciones ambientales donde la plaga se encuentra presente y donde no ha sido registrada. Al igual que en las estaciones mencionadas previamente, en éstas se obtuvieron muestras en todas las campañas o en la mayoría de ellas, y también se realizó un muestreo completo de todos los componentes estipulados en los Términos Técnicos de Referencia (fitobentos, fitoplancton, diatomeas, floraciones, macroinvertebrados, columna de agua).

4.3.3 Estaciones de monitoreo nuevas sin información sobre la presencia de *D. geminata*.

En esta categoría caben todas aquellas estaciones nuevas, que se incorporaron por primera vez a la red de monitoreo, de las cuales no se tenía información de la presencia de la plaga. Correspondió a estaciones que fueron ubicadas en subsubcuenca cercanas a aquellas declaradas como plaga, por lo tanto, existe una alta probabilidad de que la plaga esté presente. Estas estaciones son móviles y permiten mantener actualizadas las áreas con presencia de *D. geminata*, una mejor cobertura de la red de monitoreo. En estas estaciones se realizó un muestreo completo de todos los componentes estipulados en los Términos Técnicos de Referencia (fitobentos, fitoplancton, diatomeas, floraciones, macroinvertebrados, columna de agua).

4.3.4 Estaciones de prospección.

Este tipo de estaciones fueron ubicadas en sitios donde existieron denuncias de sospecha de la plaga en SERNAPESCA, o en sitios donde el hábitat dominante coincide con los requerimientos de hábitat de la especie plaga. Son estaciones adicionales a lo comprometido en el TTR. En el segundo caso, se trabajó con la información recabada en terreno durante las campañas previas. En este tipo de estaciones se realizó un muestreo semi-completo, incluyendo solo muestreo de fitoplancton y parámetros físico-químicos *in situ*, sin considerar muestras de agua para análisis químico en laboratorio, ni muestreo de macroinvertebrados y fitobentos. Sin perjuicio de lo anterior, en caso de observar floraciones fitobentónicas, se tomó una única muestra para evaluar la presencia de Didymo.



Las estaciones de monitoreo permanente permitieron conocer las dinámicas espaciales y temporales de esta especie plaga. La localización de estas estaciones fue determinada en la Etapa I del Monitoreo utilizando como base el listado de estaciones que fueron muestreadas previamente por otras iniciativas de monitoreo, el cual fue proporcionado por SUBPESCA. Además, existe un conjunto de estaciones permanentes que no presentan la plaga, las cuales posibilitan detectar de manera temprana la plaga en una subsubcuenca determinada. Por otro lado, existen estaciones móviles que contribuyen al conocimiento del estado de las áreas contiguas a las subsubcuencas que presentan la plaga. Por último, las estaciones de prospección son aquellas estaciones destinadas al muestreo en áreas donde existan denuncias de sospecha de la presencia de la plaga recibidas por el Servicio Nacional de Pesca, o donde el equipo de trabajo considere que existen las condiciones ambientales idóneas para la presencia de la microalga.

Complementariamente, se aplicó una serie de criterios que fueron elaborados sobre la base del trabajo en terreno y laboratorio, y sobre las denuncias recibidas por SUBPESCA, a través de SERNAPESCA, que permitieron asignar estaciones de prospección y reubicar estaciones de monitoreo, si fuese necesario con el fin de conocer nuevos ecosistemas y hábitats afectados por la plaga, actualizar el rango de distribución geográfica de *D. geminata*, y detectar la presencia de la plaga en el hábitat bentónico en las subsubcuencas donde solo se ha encontrado en el fitoplancton.

Los criterios que fueron empleados en la selección de los ríos para su monitoreo y prospección durante la Etapa VII fueron los siguientes:

- a. Presencia de Didymo en alguna de las campañas previas: Los ríos que registraron la presencia de Didymo fueron evaluados para su incorporación en la red de seguimiento.
- b. Accesibilidad: Los ríos considerados para su prospección deben contar con acceso público. En último caso se considerarán estaciones dentro de propiedades privadas, cuando exista autorización oficial para ingresar.
- c. Hábitat óptimo: Los ríos que presenten una accesibilidad adecuada, y que además presenten condiciones ambientales que coincidan con los requerimientos de hábitat de la especie *D. geminata* (e.g. sistemas expuestos a la luz solar, bajo nivel de alteración ribereña, relevancia para las actividades turísticas y la conservación de la biodiversidad)
- d. Uso de suelo compatible: Se priorizarán sectores compatibles con la actividad turística acuática y acuicultura, excluyendo zonas de desarrollo intensivo de actividades agrícolas, ganaderas, forestales y de extracción de áridos.
- e. Denuncias: Utilizando información proporcionada por el Servicio Nacional de Pesca, basado en denuncias de sospecha de la presencia de Didymo, se establecerán estaciones de prospección en aquellas subsubcuencas que cumplan con los requisitos b, c y d nombrados como criterios de selección.



5. REQUERIMIENTOS METODOLÓGICOS

A continuación, se detallan los aspectos metodológicos empleados en el cumplimiento de los seis objetivos propuestos en la Etapa VII de este monitoreo, en concordancia con los Términos Técnicos de Referencia.

5.1 Objetivo específico 1:

*Conocer y actualizar la distribución geográfica de *Didymosphenia geminata* a nivel de subsubcuenca con el fin de incorporar de manera oportuna los nuevos hallazgos en las declaraciones de plaga.*

La descripción metodológica de este objetivo se presenta estructuradamente de acuerdo a los distintos tipos de información que abarca. En primer lugar, se detalla la forma de trabajo para identificar y caracterizar el rango geográfico de *D. geminata*.

5.1.1 Rango de distribución geográfica de *Didymosphenia geminata*

Todas las actividades de campo fueron ejecutadas de acuerdo a las recomendaciones del “Manual para el Monitoreo e Identificación de la Microalga Bentónica *Didymosphenia geminata*, 2^a edición” (Díaz et al., 2017). A modo general, las actividades en terreno se estructuraron de la siguiente forma: i) inspección visual del hábitat acuático y ribereño, ii) obtención de muestras planctónicas, iii) bentónicas y iv) proyección del rango de distribución de la plaga mediante la utilización de SIG.

i. Inspección visual

Durante la inspección visual, realizada con el fin de seleccionar los sitios específicos de muestreo dentro de un tramo de 50 metros como mínimo, se consideró la representatividad del parche respecto a los microhabitats detectados en el tramo (transecto) de estudio. Además, durante la inspección visual se realizó una caracterización física del hábitat muestreado, la cual es detallada en el punto 5.1.2.

ii. Muestreo de fitoplancton

Las muestras de fitoplancton fueron recolectadas mediante red estándar (37µm) suspendida en forma horizontal contra la corriente por 10 o 5 minutos según la carga sedimentológica en suspensión y velocidad de la corriente en cada sitio seleccionado. Inmediatamente después de obtenidas las muestras, éstas fueron transferidas a un frasco de propileno, hermético, con contratapa y tapa rosca. Luego, fueron fijadas con lugol (2%), para ser etiquetadas indicando el tipo de muestra, fecha y nombre de la estación. Posteriormente, los frascos fueron sellados y almacenados hasta la determinación taxonómica de las muestras en laboratorio.

Las muestras de fitoplanctónicas fueron analizadas cualitativamente, para lo cual fueron homogeneizadas mediante agitación y luego se obtuvo una gota que fue observada sin diluir usando un microscopio óptico. Con este método se lograron analizar todos los grupos de microalgas presentes en la muestra, ya que no genera la destrucción de ningún grupo



taxonómico durante su montaje. De este modo, se determinó la ausencia o presencia de *D. geminata* como componente de la comunidad de microalgas planctónicas.

iii. Muestreo de fitobentos

Se obtuvieron dos tipos de muestras de microalgas bentónicas en cada una de las estaciones de monitoreo. Se extrajo una muestra (1) de fitobentos para describir la comunidad completa de las microalgas bentónicas, y una muestra (2) de diatomeas con el fin de caracterizar a nivel de especie el grupo de las Bacillariophyceae. La obtención de la muestra (1) de la comunidad completa se realizó a través de la selección de 5 rocas del lecho fluvial o lacustre sobre las que se definió un área de 4 cm² donde se removió el film de microalgas utilizando un cepillo. Las muestras provenientes de las 5 rocas fueron integradas en un frasco de polietileno con tapa rosca y contratapa y fijadas en lugol (2%). El frasco fue sellado para evitar derrames. En el caso de la muestra de las Bacillariophyceae (2) se obtuvo con el mismo método descrito para la muestra de fitobentos con la diferencia de que fue fijada en etanol (95%) en un tubo Falcon de 15 mL con tapa rosca, el cual fue sellado para evitar derrames. Sin perjuicio de lo anterior, cuando se observaron formaciones microalgales macroscópicas (i.e., floraciones), una muestra (3) para identificar y cuantificar las especies predominantes fue tomada en estaciones de prospección. Esta muestra fue tomada directamente desde la floración, y fue fijada en lugol (2%) en un tubo Falcon de 15 mL.

Si bien, el Manual para el Monitoreo e Identificación de la Microalga Bentónica *D. geminata* sugiere el uso de Formalina (4%) para la fijación y conservación de las muestras, durante el presente monitoreo no se emplea este compuesto debido a su alto grado de toxicidad y por ser reconocido por la OMS como un agente carcinogénico. El uso de alcohol al 95% no afecta los resultados finales del análisis taxonómico.

iv. Proyección del rango de distribución de la plaga mediante la utilización de SIG

Para el desarrollo de la cartografía del presente informe, se realizó una búsqueda de insumos en capas de extensión shape (.shp) actualizadas y de acceso público, las cuales se utilizaron con fines de representación gráfica y de extracción de datos de sus tablas de atributos. Para esto, se descargaron capas de cuencas, subcuencas y subsubcuencas, desde la página web del de la Dirección General de Aguas de Chile (DGA Chile: www.dga.mop.gob.cl), organismo que forma parte del Ministerio de Obras Públicas de Chile. Paralelamente, se descargaron capas de delimitación político administrativa desde el sitio web perteneciente al Ministerio de Bienes Nacionales llamado “Infraestructura de Datos Geoespaciales de Chile” (IDE Chile: www.ide.cl) desde donde se obtuvieron los límites de regionales, provinciales y comunales que se encuentran dentro del área de estudio. Las capas necesarias para el presente informe se extrajeron desde las tablas de atributos, datos asociados a la extensión territorial que contempló el monitoreo para la generación del core de la Base de Datos de Etapa VII del presente proyecto.



Una vez obtenido todos los resultados de los análisis de microalgas, se determinó el rango de distribución de *D. geminata* consolidando la presencia/ausencia en las muestras del fitoplancton y un conglomerado bentónico (fitobentos, diatomeas y floraciones), el cual fue proyectado en mapas de distribución geográfica.

5.2 Objetivo específico 2:

Analizar los factores ambientales que explican las variaciones en la densidad de Didymosphenia geminata en las distintas cuencas a lo largo del rango de distribución geográfica de la especie.

La finalidad de este objetivo específico es aportar al conocimiento sobre la relación de *Didymosphenia geminata* y su ambiente. Con esto en mente, durante los muestreos en terreno se levantó información de parámetros físico-químicos y se tomaron muestras para la determinación de las variables químicas asociadas al muestreo de fitobentos. Específicamente, se determinaron *in situ* los parámetros pH, conductividad ($\mu\text{S cm}^{-1}$), sólidos suspendidos totales (ppm), temperatura, oxígeno disuelto (mg L^{-1}) y saturación de oxígeno (%), y a través de muestreo de agua y análisis en laboratorio se determinaron las concentraciones de calcio total (mg L^{-1}), nitrito (mg L^{-1}), nitrato (mg L^{-1}), nitrógeno total (mg L^{-1}), nitrógeno total Kjeldahl (mg L^{-1}), fosfato (mg L^{-1}), fósforo total (mg L^{-1}), sílice total (mg L^{-1}), hierro total (mg L^{-1}) y turbidez (NTU).

El análisis de datos presentado en este informe considera la máxima cantidad de información disponible generada en todas las etapas del programa de monitoreo ejecutadas por el IFOP. Debido a que no todos los parámetros físico-químicos y variables químicas fueron medidos en todos los muestreos, se realizó una selección priorizando aquellos mencionados en la literatura como posibles moduladores de Didymo, y que además permitiesen contar con el máximo tamaño muestral posible para los análisis de datos. De esta forma, se seleccionaron las variables temperatura, conductividad, pH, fósforo total, nitrógeno total, sílice total, calcio total, turbidez y se calculó el número de Froude utilizando las estimaciones de velocidad de corriente y profundidad. La base de datos ambiental obtenida se asoció a 1.044 muestreos, equivalente a un 61 % del total de muestreos de fitobentos (1.706) realizados por el programa de monitoreo.

A pesar de que el enunciado del objetivo específico menciona la densidad celular como variable de interés, en este informe se presentan resultados de presencia/ausencia de Didymo en las muestras. Esta decisión fue tomada considerando las dificultades técnicas para estimar la densidad celular en el perifiton (Morin & Cattaneo, 1992), la ausencia de réplicas en el diseño de muestreo y las distintas fuentes de error de estimación asociadas al muestreo y análisis de muestras. Por estas razones, se descartó utilizar la densidad celular, considerando además que la finalidad es obtener relaciones informativas de Didymo y su ambiente. Por su parte, la presencia/ausencia de Didymo es obtenida de 2 a 3 muestras de fitobentos tomadas en cada muestreo (i.e., perifiton, diatomeas, floraciones) y permite estimar la probabilidad de ocurrencia de Didymo en función de las distintas variables ambientales consideradas. Sin perjuicio de lo anterior, las estimaciones de densidad celular son útiles



para dividir las presencias de Didymo en grupos de densidad (e.g., densidad alta, media, baja), como ha sido demostrado en etapas previas del monitoreo y en el análisis de datos de otros objetivos específicos.

El análisis de los datos de este objetivo específico consistió en (i) la caracterización de la variabilidad ambiental asociada a los muestreos mediante un análisis de componentes principales (e.g., Borcard et al., 2018), indicando exploratoriamente que porción de esta variabilidad se asocia a la presencia de Didymo, y (ii) la determinación de la probabilidad de ocurrencia de Didymo en base a gradientes definidos por las variables ambientales consideradas en el análisis, mediante el ajuste de un modelo aditivo generalizado (Wood, 2017) para una variable respuesta binomial (i.e., presencia/ausencia).

El análisis de componentes principales (PCA) es un análisis exploratorio de datos multivariados, que permite simplificar la complejidad de estos creando nuevas variables o componentes principales (PC) que son combinaciones lineales de las variables utilizadas en el análisis. El PCA entrega tantos PC como variables se utilicen (9 en este caso), con la ventaja que estas nuevas variables son ortogonales (i.e., independientes entre sí), y explican un mayor porcentaje de la varianza que las variables originales, al menos los primeros PC que son los que explican una mayor proporción de la varianza total. De esta forma, el PCA aplicado a las 9 variables ambientales seleccionadas permite explorar la variabilidad ambiental asociada a los muestreos de Didymo, al graficar los PC con las variables ambientales como vectores y los distintos muestreos como puntos (i.e., biplot). Finalmente, al diferenciar los puntos de los muestreos con distintos colores según la presencia o ausencia de Didymo, es posible identificar si las condiciones ambientales asociadas a la presencia de Didymo son distintas a las condiciones ambientales sin la presencia de Didymo (e.g., si son condiciones ambientales distintas, los puntos de distintos colores se agruparán en distintas zonas del biplot). Con el fin de garantizar una mayor robustez de este análisis exploratorio multivariado, se graficaron todos los PC que en conjunto explicaron al menos un 75% de la varianza total en los datos.

Los modelos aditivos generalizados (GAM) son un método de regresión no lineal, que a diferencia de los modelos lineales generalizados (GLM) permiten modelar relaciones no monotónicas. La forma de la relación entre las variables predictoras y respuesta depende solo de los datos, y la variable respuesta puede ser binomial (e.g., presencia/ausencia), limitando las predicciones entre 0 y 1 (i.e., probabilidad de ocurrencia de Didymo). En este análisis en particular, se ajustó un GAM considerando las 9 variables ambientales seleccionadas como variables predictoras, además de la latitud y la altitud asociada a los muestreos, con el fin de despejar el efecto de estas variables geográficas. Los resultados se presentan como gráficos de efectos parciales de cada variable predictor sobre la probabilidad de ocurrencia de Didymo (i.e., efecto de una variable considerando un efecto promedio del resto de las variables predictoras). Para la interpretación de estos gráficos, se agregaron intervalos de confianza a las predicciones, permitiendo identificar predicciones con mayor soporte de los datos cuando los intervalos de confianza no contienen la probabilidad de ocurrencia de 0,5 (i.e., predicción de probabilidad de ocurrencia de Didymo no es distinta de un 50%, por lo que no es informativa).

Los resultados obtenidos en este objetivo se asocian y se restringen a los períodos y áreas geográficas de los muestreos en que se obtuvieron los datos y que se presentan en la **Figura 2**.

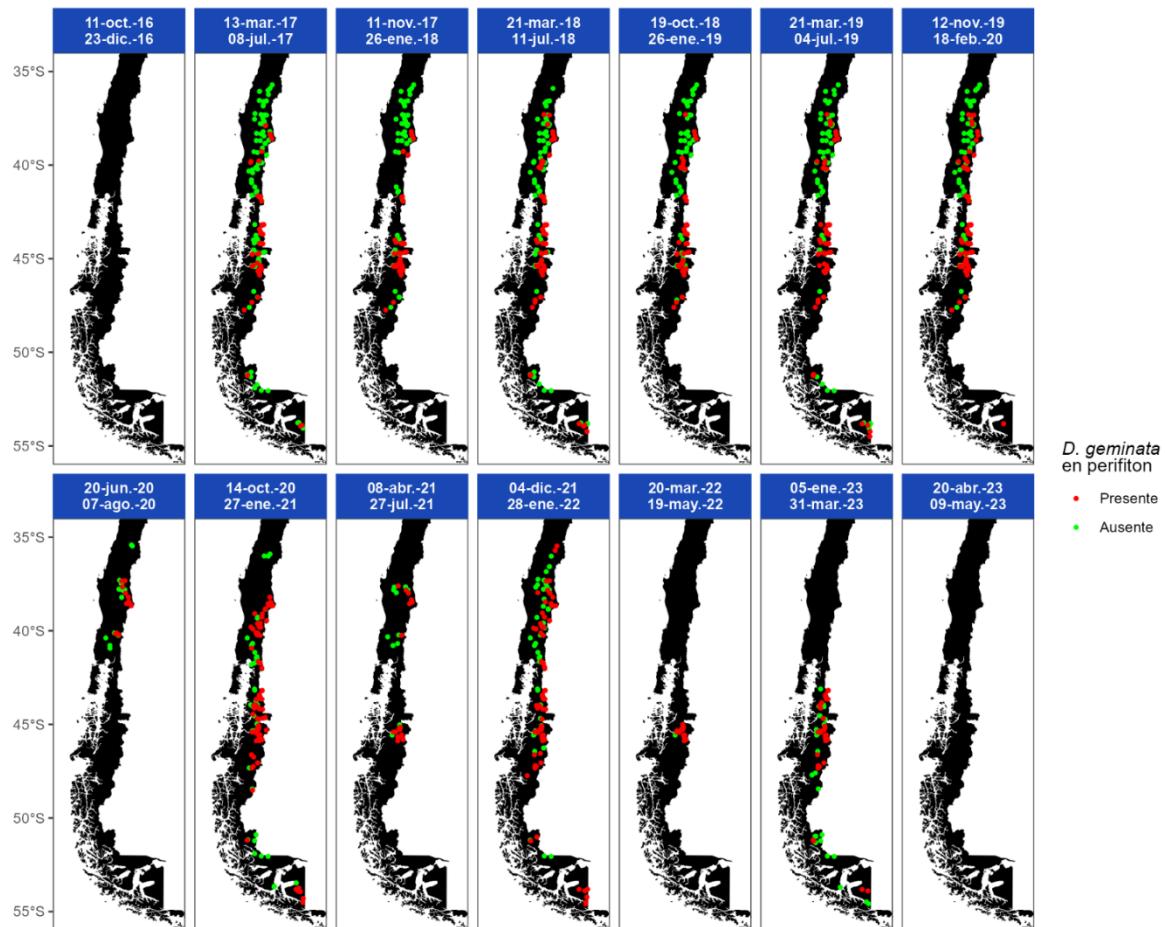


Figura 2. Áreas y períodos de estudio considerados en el objetivo específico 1, indicando los muestreos incluidos y el resultado de presencia/ausencia de Didymo en el fitobentos. Cada panel representa una de las 14 campañas de muestreo realizadas durante las 7 etapas ejecutadas por el IFOP, indicando el periodo en que se realizaron.



5.3 **Objetivo específico 3:**

Describir las características ecológicas y la dinámica espacio-temporal de las comunidades bentónicas invadidas por Didymosphenia geminata, en cada una de las cuencas hidrográficas donde la especie ha sido declarada plaga.

Con el fin de incorporar la variabilidad de las comunidades bentónicas y su relación con *D. geminata*, se obtuvieron tres tipos de muestras de microalgas bentónicas. (1) Una muestra dirigida a la caracterización de la comunidad fitobentónica, (2) la segunda muestra fue tomada para identificar las especies del grupo Bacillariophyceae y (3) una tercera muestra se obtuvo con el fin de identificar las especies de macroinvertebrados.

Las dos primeras muestras fueron tomadas a partir de una superficie de 4 cm² en 5 rocas del lecho fluvial y lacustre. La muestra de fitobentos fue integrada en un frasco de polietileno con tapa rosca y contratapa. Las muestras destinadas a la descripción del fitobentos fueron fijadas en lugol (2%), mientras que las muestras de diatomeas fueron fijadas en etanol (95%) en un tubo falcon de 15 mL con tapa rosca. Las muestras de macroinvertebrados fueron obtenidas mediante técnicas cuantitativas de muestreo con una red Surber (250 µm trama de malla), siendo almacenado el contenido de la muestra en bolsas hermética y preservadas en etanol al 95% para su posterior cuantificación e identificación taxonómica en laboratorio.

Una vez finalizados los análisis taxonómicos de las muestras correspondientes a ambas campañas de monitoreo, se trabajó en una rutina de análisis multivariados para caracterizar las comunidades de macroinvertebrados presentes en distintas categorías de densidad algal. Los análisis fueron realizados en PRIMER v7 (Clarke & Gorley, 2015). Primeramente, se aplicó ANOSIM (Análisis de Similitud) a una matriz de abundancia (ind/m²) de macroinvertebrados bentónicos para poner a prueba la significancia estadística de factores como cuenca hidrográfica, zona latitudinal (tres grupos de cuencas: Norte, Sur y Austral), presencia/ausencia de Didymo (2 niveles) y categorías de densidad celular de Didymo (Ausente, Baja, Media, Alta y Muy Alta). Se realizaron análisis de una vía, cruzados y con factores integrados (e.g. Zona+Categoría). Una vez identificados los grupos de estaciones estadísticamente significativos, se realizó un análisis del porcentaje de similitud explicado por un taxa determinado (SIMPER), lo cual permitió identificar taxa y variaciones en la abundancia de éstos para cada grupo significativo de densidad celular de Didymo a través de las tres Zona Latitudinales. Se realizó un PCO para visualizar la magnitud de la disimilitud entre grupos y luego se sobrepusieron las abundancia de los taxa que presentaron un mayor peso en la discriminación de grupos (%). Posteriormente, se calcularon algunos índices de diversidad univariada (Riqueza y Diversidad de Simpson) y la Dispersión Multivariada como una aproximación de la Diversidad Beta, usando la rutina DIVERSE en PRIMER v7. Los parámetros de diversidad fueron graficados junto al error estándar para observar las tendencias a través de un gradiente latitudinal y de la densidad celular de Didymo.

**5.4 Objetivo específico 4:**

*Estudiar los impactos de la invasión de *Didymosphenia geminata* sobre las actividades económicas desarrolladas en la cuenca del río Puelo*

A continuación, se presentan los enfoques y métodos utilizados para la valoración social de los efectos de la plaga:

5.4.1 Selección de servicios ecosistémicos afectados por Didymo para ser valorados.

Los servicios ecosistémicos afectados por Didymo se presentaron en el informe “*Aproximación metodológica para determinar los principales impactos de Didymo desde una perspectiva económica en la cuenca del río Puelo*” (Cerda et al. 2021), preparado para el IFOP (**Tabla 1**).

Tabla 1

Servicios ecosistémicos identificados afectados por Didymo y que fueron valorados. Listado en base a la identificación realizada por Cerda et al. (2021)

Tipología de servicios (MEA 2005)	Servicios Ecosistémicos
REGULACIÓN	a) Mantención de las propiedades fisicoquímicas del agua (mantener la composición química del agua y la capacidad para eliminar sedimentos)
	b) Mantención de hábitat de diferentes especies acuáticas presentes en el río (peces, algas, otros)
PROVISIÓN	c) Provisión de agua para consumo humano
	d) Provisión de salmones para alimentación
CULTURALES	e) Provisión de otros peces para alimentación y consumo humano
	f) Provisión de agua para ser utilizada como fuente de energía
	g) Posibilidades de realizar pesca deportiva
	h) Belleza escénica que proporciona el río Puelo en toda su extensión, y contemplación (paisaje)
	i) Posibilidades de realizar diferentes actividades turísticas en la cuenca del río Puelo
	j) Posibilidades de realizar investigación en la cuenca del Río Puelo
	k) Sentido de pertenencia y arraigo con el territorio que comprende la cuenca del río Puelo



5.4.2 Diseño y aplicación del instrumento

Enfoque conceptual para el diseño del instrumento.

Se adoptó un enfoque basado en el diseño y aplicación de una encuesta semiestructurada para ser aplicada a actores que perciban la presencia de Didymo y sus efectos. La encuesta fue diseñada para ser aplicada a diferentes actores presentes en la cuenca del río Puelo.

En cuanto a la idoneidad de las encuestas como la aquí presentada, estas tienen larga data en la literatura científica relativa al análisis de servicios ecosistémicos y sus impulsores de cambio o forzantes (ej. cambio climático, especies exóticas invasoras, entre otros). Permiten profundizar el conocimiento de las relaciones sociedad/naturaleza, y cómo diferentes grupos humanos perciben efectos en los ecosistemas causados por múltiples agentes. Además, encuestas semiestructuradas también permiten llevar a cabo análisis económicos relativos a costos y beneficios de diferentes problemáticas y medidas de gestión en diferentes territorios, cuando la información económica no está disponible para tomadores de decisión desde otras fuentes. Este análisis económico puede llevarse a cabo a través del análisis de costos directos en los que diferentes usuarios incurren (CENRE 2016), o utilizando métodos más sofisticados de valoración económica cuando los mercados no existen para los servicios ecosistémicos afectados (Cerda y Melo 2019).

Las encuestas semiestructuradas se han empleado durante décadas para elucidar preferencias humanas por diferentes servicios ecosistémicos, poniendo de manifiesto el papel clave que tiene la experiencia directa con tales servicios en el ámbito cotidiano (Falk y Balling 2010, Kaplan 1987), y su desarrollo y aplicación ha ayudado a comprender mejor la relación de múltiples actores sociales con los procesos ecológicos (Gobster et al. 2007). Lo que las personas revelan en las encuestas, no constituye información abstracta, sino que, por el contrario, la información puede haberse generado en procesos complejos y de larga data en los cuales las personas conviven con su territorio.

En el contexto de invasiones biológicas la aplicación de encuestas que indaguen en la percepción de grupos afectados sobre los efectos que las especies exóticas invasoras generan, ha sido ampliamente utilizado en la investigación científica relacionada (ej. Fischer y Van der Wal, 2007; Fischer et al., 2014), y por lo tanto se encuentra validado en la literatura científica. Las encuestas permiten poner de manifiesto los valores sociales afectados por las invasiones de una forma rápida, sencilla y eficaz (López-Santiago et al., 2019).

El instrumento propuesto en este caso, además de ser semiestructurado, contiene preguntas basadas en enfoques no económicos y económicos de valoración. En el primer caso, las preguntas siguen la dinámica de una evaluación sociocultural o no económica de los efectos de Didymo en los servicios ecosistémicos de río Puelo, y en el segundo, se incorporan preguntas destinadas a obtener información económica relativa a costos en los que incurren las personas afectadas por la invasión, así como también su disposición a pagar por contribuir con el control de Didymo (Cerda y Melo, 2019).

La evaluación sociocultural lleva ese nombre para distinguirse de la evaluación económica, y permite, en un lenguaje no económico obtener preferencias que se logran a través del uso de rankings y



escalas que hacen posible posteriormente un análisis estadístico de la información (ver Kelemen et al., 2014). Para el caso de esta propuesta, en la evaluación sociocultural se utiliza un enfoque semiestructurado, dado que se presentan preguntas cerradas (cuantitativas) y en algunas se solicita que las personas argumenten su respuesta (preguntas abiertas).

La aplicación de un instrumento para evaluar los efectos de Didymo en los servicios ecosistémicos de la cuenca del río Puelo, representa una adecuada aproximación dado que permite medir los efectos de la invasión usando la misma escala de valoración subjetiva para servicios con valor de mercado (fundamentalmente los de abastecimiento, o aquellos de tipo cultural como el turismo) o sin él (la mayoría de regulación), incorporando de esta forma un amplio espectro de vínculos entre los grupos afectados y el entorno afectado por esta especie al mismo nivel de análisis.

Diseño del instrumento

Se diseñó una encuesta semiestructurada que permitió evaluar los efectos del Didymo desde la perspectiva de actores presentes en la cuenca del río Puelo. La estrategia de combinar diferentes tipos de preguntas en un marco cuantitativo y cualitativo permitió una mayor comprensión del problema de investigación (Creswell, 2014). La encuesta fue diseñada para aplicarse a una amplia variedad de actores, incluyendo incluso visitantes o personas que realizan y ofrecen actividades turísticas. El instrumento contiene preguntas cerradas (a través de escalas) y abiertas. Las preguntas abiertas contribuyen a interpretar mejor los puntajes asignados por los participantes. Para el diseño se siguieron experiencias previas del consultor en el ámbito de análisis de servicios ecosistémicos (ej. Bidegain et al., 2019) y de invasiones biológicas (Bidegain et al., 2023), desde perspectivas económicas y no económicas.

Dentro de las temáticas que aborda la encuesta se encuentran:

- (i) Conocimiento y percepción de presencia de Didymo en el río Puelo y en otros ríos: Esta pregunta permite identificar si el participante conoce o ha visto la invasión. Se presentaron imágenes de la invasión en el río Puelo.
- (ii) Relevancia del río Puelo y sus servicios ecosistémicos: Esta sección permite introducir al entrevistado a la zona de análisis y al mismo tiempo obtener puntajes de importancia a través de escalas cuantitativas Likert sobre la relevancia que le dan a servicios ecosistémicos afectados por Didymo presentados en la **Tabla 1**.
- (iii) Efectos de Didymo: Esta sección se planteó desde una perspectiva no económica de valoración y aborda los efectos de Didymo sobre los servicios ecosistémicos de la **Tabla 1**, a través de escalas Likert de percepción de efectos. También se incorporan preguntas relativas a indagar en la percepción del participante sobre controlar o eliminar la invasión. Se usan además escalas para evaluar la amenaza que las personas perciben que Didymo causa a los servicios.



- (iv) **Dimensión económica:** esta sección permite obtener información sobre costos en que diferentes actores han incurrido o incurren por efectos del Didymo en sus actividades. Esta información permite contar con una aproximación sobre los costos mínimos anuales para la cuenca generados por Didymo. También se incluyen preguntas de disposición a controlar la especie (pagar) de tal forma de estimar beneficios económicos del control. Particularmente se utiliza el método de valoración contingente utilizando el formato dicotómico en el cual el entrevistado responde sí o no a un monto de salida para extraer la Disposición a Pagar (Bateman et al. 2002). Para evitar sesgos del monto de salida, se proponen tres montos que deben ser utilizados de manera aleatoria en la aplicación de cada encuesta (Bateman et al. 2002). Los montos utilizados se aproximan a los que han usado otros estudios de valoración contingente en Chile y constituyen montos conservadores de análisis (ej. Zappi 2011). Como vehículo de pago se utilizó un pago voluntario (ej. Barrena et al. 2014) y no coercitivo (ej. impuestos) dado que frente a la situación actual del país las personas podrían rechazarlo. Además, se plantea que el pago sería administrado por una ONG para evitar potenciales sesgos que el sector privado o la institucionalidad pública pueden generar en las personas.
- (v) La sesión final del instrumento incluye preguntas sociodemográficas: edad, género, ocupación, nivel de estudios, nivel de ingresos y localidad.

Aplicación del instrumento

Se lograron realizar 144 encuestas provenientes de distintas localidades aledañas al río Puelo. Las encuestas fueron realizadas principalmente de manera presencial y telefónica, y otras pocas a través de enlace de Google Forms y por videollamada. Las encuestas fueron aplicadas por profesionales del IFOP previamente entrenados para ello.

Dada la aplicación y el tipo de muestreo, los resultados no pretenden ser estadísticamente representativos de toda la cuenca, pero permiten, dada la diversidad de actores entrevistados, comenzar a visualizar los efectos del Didymo de manera tangible.

5.4.3 Análisis de la información.

Las características sociodemográficas de los participantes fueron analizadas a través de estadística descriptiva.

La valoración de servicios ecosistémicos se analizó a través de la consideración de las medias de puntajes de importancia obtenidos para diferentes servicios ecosistémicos que son relevantes para las personas y que son afectados por Didymo, presentándose las correspondientes desviaciones estándar. Los puntajes de servicios ecosistémicos fueron relacionados con características sociodemográficas de los participantes a través del análisis de Kruskal-Wallis. Los efectos económicos directos fueron analizados considerando personas directamente afectadas, a través de un costo por persona/año. Se calibró una regresión econométrica para explicar la Disposición a Pagar en base a las características sociodemográficas de los participantes, a través de un modelo de regresión generalizada de la familia Poisson con enlace logarítmico. Para el análisis de impacto económico anual



de la plaga se empleó una metodología que integra datos de las encuestas realizadas y extrapolaciones poblacionales, asumiendo que el costo obtenido es un piso mínimo de daño.

5.5 Objetivo específico 5:

Evaluuar las diferentes vías de dispersión de esta especie exótica y la presión de propágulo asociada a las actividades económicas locales.

En la presente etapa se evaluaron los distintos vectores, vías en términos de la presión de propágulo asociada a cada uno de ellos, empleando una revisión de la literatura existente que se complementó con la información obtenida hasta la fecha en relación al número de células que es posible transportar en distintos eventos de contacto con los ríos y lagos que serán estudiados. Dentro de un esquema cualitativo, fue posible dilucidar cuáles son las principales vías que actúan en el incremento de la presión de propágulo. Se realizó una completa revisión bibliográfica empleando tres motores de búsqueda de artículos científicos (Web of Science, Google Scholar y Scopus). Se utilizó Bibliometrix (Aria & Cucurullo, 2017) para realizar análisis bibliométricos y representaciones gráficas que permitieron visualizar rápidamente la evolución de las investigaciones acerca de Didymo a nivel global. Los resultados se presentaron sintetizando la información recopilada para cada una de las siguientes categorías: Turismo, Investigación y consultoría, Trabajos para obras de construcción, Fómites, Ganadería, Agricultura, Acuicultura, Especies exóticas, Flora y fauna silvestre y Facilitadores de la prevalencia de floraciones.

5.6 Objetivo específico 6:

Implementar un plan de difusión y educación ambiental con foco en el conocimiento ecológico de la plaga, los distintos efectos detectados y la prevención de la dispersión.

Durante de la etapa VII del monitoreo, el equipo de trabajo participó en diversas actividades de capacitación, difusión, concientización y transferencia de información técnica a los organismos relacionados con la gestión de especies invasoras y del territorio, de acuerdo a los términos técnicos de referencia.

- i. Actividad 1. Participación en reuniones y mesas de trabajo: Los investigadores del proyecto participaron de estas actividades en la medida de lo posible, con información actualizada y su opinión experta.
- ii. Actividad 2. Taller de capacitación interno: el objetivo de esta actividad es la actualización permanente de los profesionales de los servicios públicos en temas relacionados con esta especie plaga, en los resultados y avances concretos del monitoreo, patrones de comportamiento de esta plaga según el tipo de ambiente, como también sobre las características de otras microalgas muy similares a esta plaga. Al mismo tiempo, será una instancia de retroalimentación de los investigadores de IFOP, en las necesidades y brechas



identificadas por los organismos de estados, para en forma conjunta orientar eficientemente los esfuerzos de monitoreo e investigación.

- iii. Actividad 3. Seminario-Taller de Difusión de Resultados: Esta actividad tiene la finalidad de difundir los resultados obtenidos a las autoridades, científicos, profesionales de instituciones públicas y privadas, así como usuarios de los servicios asociados a los ecosistemas acuáticos continentales invadidos o en riesgo de ser invadidos por *Didymosphenia geminata*. Este taller fue realizado posteriormente a la entrega del Informe Final, previa coordinación entre la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura y el Instituto de Fomento Pesquero. Este taller fue realizado el día 01 de diciembre de 2023.



6. RESULTADOS

En esta sección se detallan los resultados obtenidos para cada uno de los objetivos planteados en los Términos Técnicos de Referencia del “Programa de Monitoreo, prospección e investigación de la especie plaga *Didymosphenia geminata* en ecosistemas fluviales y lacustres de la zona centro, sur y austral de Chile. Etapa VII, 2022-2023”. De manera previa a los resultados de cada objetivo específico, se explica detalladamente el diseño de la red de monitoreo considerada en las dos campañas ejecutadas durante la Etapa.

6.1 Estaciones muestreadas y periodos de muestreo.

Las estaciones de monitoreo comprometidas en los Términos Técnicos de Referencia fueron muestreadas en su totalidad. Del mismo modo, los análisis de laboratorio y de datos, se encuentran finalizados a la fecha de entrega de este informe.

Durante la primera campaña (C1, **Figura 3**), realizada entre el 5 de enero de 2023 y el 31 de marzo de 2023, se muestrearon 124 estaciones de monitoreo en total (**Figura 3 y Tabla 2**), las cuales fueron distribuidas en 19 cuencas ubicadas entre la Región del Maule y la Región de Magallanes y la Antártica Chilena. Además, se muestrearon 85 estaciones de prospección que estuvieron distribuidas en 22 cuencas hidrográficas ubicadas entre la Región del Libertador Bernardo O’Higgins y la Región de Magallanes y la Antártica Chilena.

Posteriormente, durante la segunda campaña (C2, **Figura 3**), ejecutada durante el mes de abril y mayo de 2023, se muestrearon 35 estaciones de monitoreo ubicadas en las cuencas del río Biobío (Región del Biobío), Río Bueno (Región de Los Ríos y Región de Los Lagos) y Río Aysén (Región de Aysén) (**Tabla 2**). También se muestreó un total de 8 estaciones de prospección en cuatro cuencas de la Región de Aysén.

Tabla 2

Número de estaciones muestreadas durante la primera (C1) y segunda (C2) campaña de monitoreo de la Etapa VII. Se diferencian las estaciones que tuvieron muestreo completo (monitoreo) y parcial (prospección). Los códigos (CC) y nombres de cuenca fueron obtenidos del Inventario Público de Cuencas Hidrográficas y Lagos de la DGA.

CC	Cuenca	C1		C2		Total general
		Monitoreo	Prospección	Monitoreo	Prospección	
57	Río Maipo	0	1	0	0	1
60	Río Rapel	0	7	0	0	7
71	Río Mataquito	0	6	0	0	6
73	Río Maule	3	8	0	0	11
81	Río Itata	2	6	0	0	8
83	Río Bio-Bio	18	3	11	0	32
91	Río Imperial	3	0	0	0	3
94	Río Toltén	6	1	0	0	7
101	Río Valdivia	9	1	0	0	10



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN DE INVESTIGACIÓN EN ACUICULTURA

CC	Cuenca	C1		C2		Total general
		Monitoreo	Prospección	Monitoreo	Prospección	
103	Río Bueno	6	6	6	0	18
104	Cuencas e Islas entre Río Bueno y	3	0	0	0	3
105	Río Puelo	6	0	0	0	6
106	Costeras entre Río Puelo y Río	0	2	0	0	2
107	Río Yelcho	7	7	0	0	14
109	Islas Chiloé y Circundantes	0	1	0	0	1
110	Río Palena y Costeras Límite Décima	10	0	0	0	10
111	Costeras e Islas entre Río Palena y	3	6	0	1	10
113	Río Aysén	18	2	18	4	42
114	Costeras e Islas entre Río Aysén y R	0	1	0	1	2
115	Río Baker	10	5	0	2	17
117	Río Pascua	2	3	0	0	5
122	Costeras entre Seno Andrew y R.	8	8	0	0	16
125	Costeras entre Lag. Blanca(inc), Seno	2	3	0	0	5
126	Vertiente del Atlántico	2	1	0	0	3
128	Tierra del Fuego	6	7	0	0	13
25	Total general	124	85	35	8	252

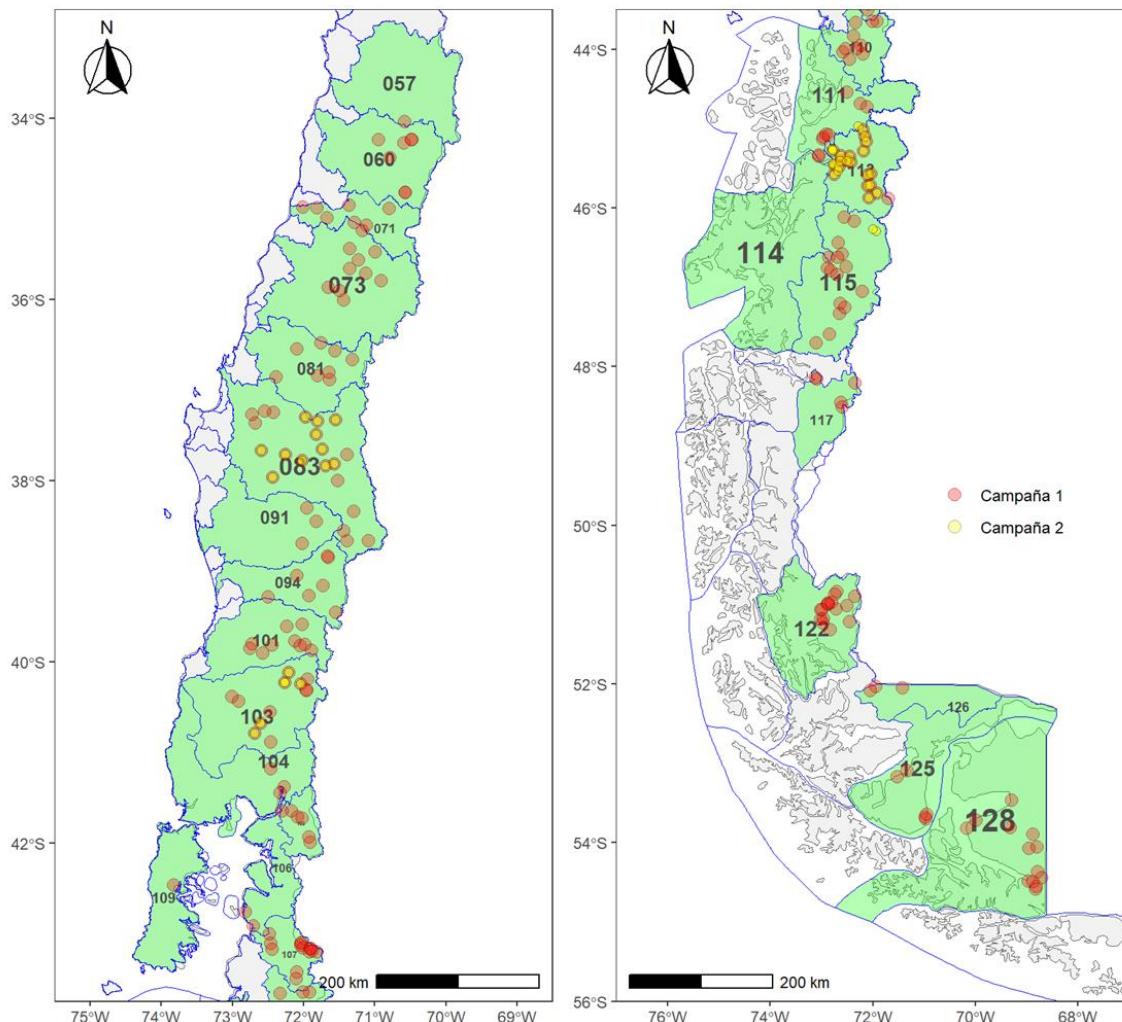


Figura 3. Distribución geográfica de las estaciones muestreadas en la Campaña 1 (C1, primavera-verano) y Campaña 2 (C2, otoño-invierno) de la Etapa VII del programa de monitoreo.



6.2 Objetivo específico 1:

Conocer y actualizar la distribución geográfica de *Didymosphenia geminata* a nivel de subsubcuenca con el fin de incorporar de manera oportuna los nuevos hallazgos en las declaraciones de plaga.

6.2.1 Número de estaciones con presencia de *Didymosphenia geminata*

De acuerdo con los resultados generales obtenidos para la campaña 1 (C1) y campaña 2 (C2) realizadas en la Etapa VII, la presencia de *D. geminata* se registró en 17 de las 25 cuencas prospectadas, estando presente en ríos y lagos en el hábitat planctónico y/o bentónico, en el 46% de las 252 estaciones de muestreo (**Figura 4**).

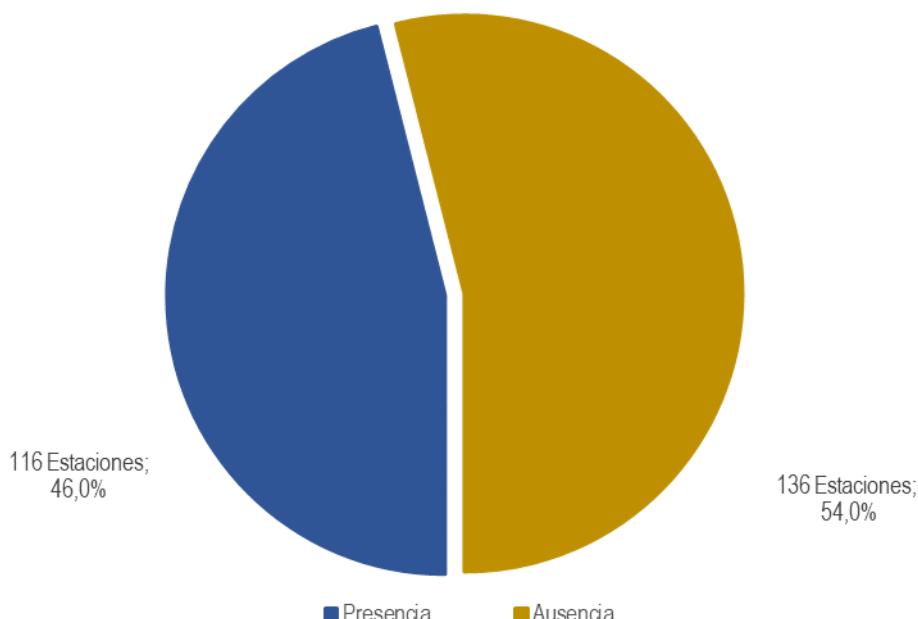


Figura 4. Número de estaciones donde se registró *Didymosphenia geminata* de un total de 252 estaciones muestreadas durante las dos campañas de la Etapa VII.

En la **Figura 4** se muestran los resultados generales de la presencia de *Didymosphenia geminata* para los dos tipos de estaciones, independientemente del hábitat de detección (plancton o bentos). Se encontró que 86 estaciones de monitoreo registraron *Didymosphenia geminata* en al menos uno de los hábitats de muestreo, representando el 54% del total de estas estaciones. En el caso de las estaciones de prospección, *D. geminata* estuvo presente en 30 estaciones, representando un 32,3% del total de estaciones (**Figura 5**).

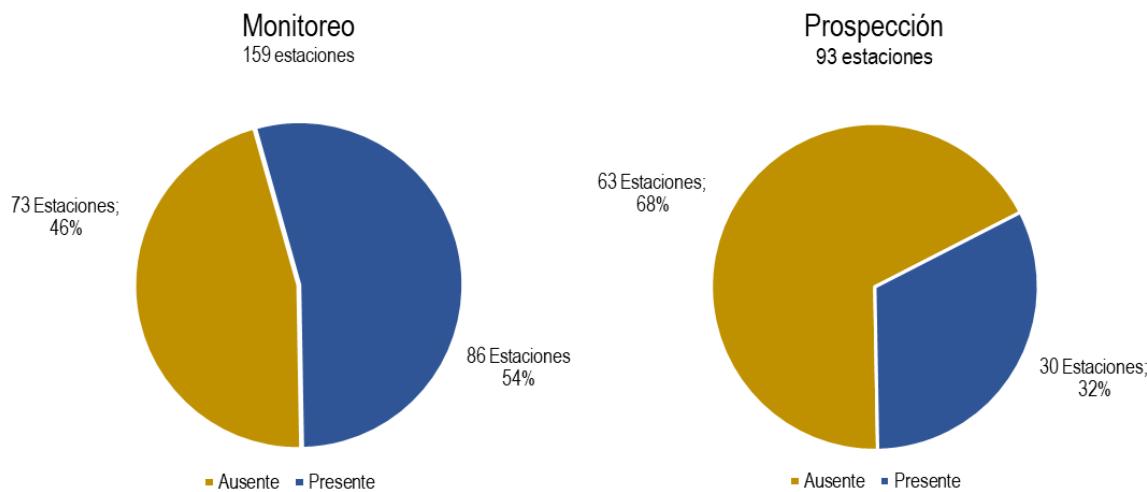


Figura 5. Número de estaciones de monitoreo y prospección donde *Didymosphenia geminata* fue registrada en un total de 159 y 93 estaciones, respectivamente, muestreadas en ambas campañas de la Etapa VII.

En la **Figura 6** es posible visualizar los resultados generales del número de estaciones de muestreo que registraron la presencia de Didymo en las distintas cuencas hidrográficas. *Didymosphenia geminata* estuvo presente en gran parte de las cuencas muestreadas, observándose estaciones con registro positivo entre las cuencas del Maule (73) y Tierra del Fuego (128). De acuerdo a la **Figura 7**, las estaciones prospectadas (superior) mostraron que Didymo se encuentra en las cuencas del río Maule, Itata y Biobío; Bueno; Yelcho; Aysén, Costeras e Islas entre R Aysén y R Baker y Canal Gral. Martínez, Baker y Pascua; Costeras entre Seno Andrew y R. Hollemburg e islas al oriente y Tierra del Fuego. Por otro lado, las estaciones de monitoreo (inferior) indican que Didymo está presente en el rango de geográfico entre las cuencas del río Maule y Tierra del Fuego, no obstante, en este rango latitudinal es posible encontrar cuencas donde Didymo no ha sido registrado, como es el caso de las cuencas Costeras entre Lag. Blanca (inc), Seno Otway, canal Jerónimo y Magallanes (125), Vertiente del Atlántico (126), de la Región de Magallanes y la Antártica Chilena.

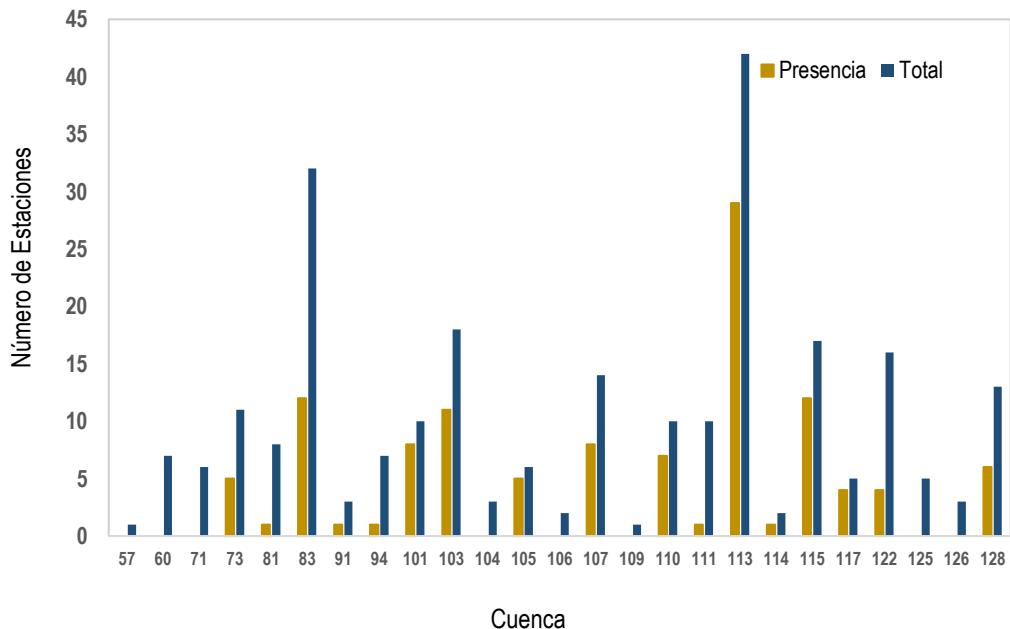


Figura 6. Número de estaciones que registraron la presencia de Didymo (barras de color mostaza) con relación al número total de estaciones muestreadas (barras azules). Los números del eje X representan el código de cada cuenca de acuerdo al inventario de Cuenca de la DGA: Maipo (57), Rapel (60), Mataquito (71), Maule (73), Itata (81), Bio-Bio (83), Imperial (91), Toltén (94), Costeras entre límite Región y R. Valdivia (101), Valdivia (101), Bueno (103) Cuencas e Islas entre R. Bueno y R. Puelo (104), Puelo (105), Costeras entre R. Puelo y R. Yelcho (106), Yelcho (107), Islas Chiloé y circundantes (109), Palena y Costeras Límite Décima Región (110), Costeras e Islas entre R. Palena y R. Aysén (111), Aysén (113), Costeras e Islas entre R. Aysén y R. Baker y Canal Gral. Martínez (114), Baker (115), Pascua (117), Costeras entre Seno Andrew y R. Hollemburg e islas al oriente (122), Costeras e Islas entre R. Hollemburg, Golfo Almirante, Laguna Blanca (124), Costeras entre Lag. Blanca (inc), Seno Otway, canal Jerónimo y Magallanes (125), Vertiente del Atlántico (126) y Tierra del Fuego (128).

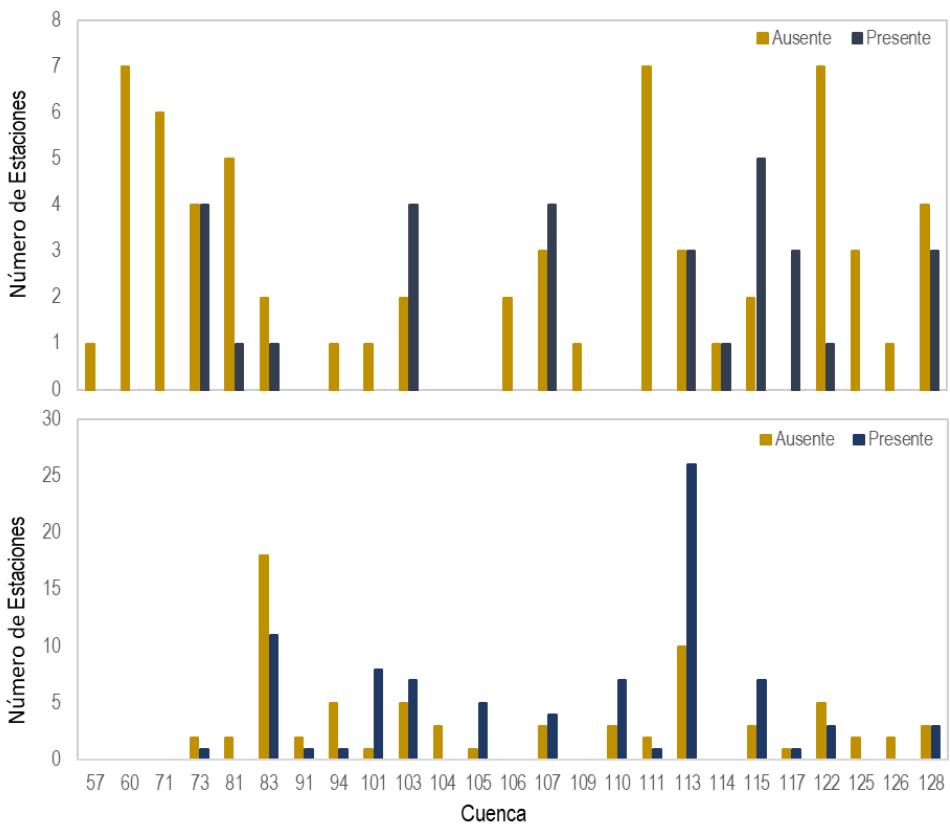


Figura 7. Número de estaciones que registraron la presencia de Didymo (barras de color mostaza) en relación con el número total de estaciones muestreadas (barras azules). Superior: Estaciones de Prospección. Inferior: Estaciones de Monitoreo Los números del eje X representan el código de cada cuenca de acuerdo al inventario de Cuenca de la DGA: Maipo (57), Rapel (60), Mataquito (71), Maule (73), Itata (81), Bio-Bio (83), Imperial (91), Toltén (94), Costeras entre límite Región y R. Valdivia (101), Valdivia (101), Bueno (103) Cuencas e Islas entre R. Bueno y R. Puelo (104), Puelo (105), Costeras entre R. Puelo y R. Yelcho (106), Yelcho (107), Islas Chiloé y circundantes (109), Palena y Costeras Límite Décima Región (110), Costeras e Islas entre R. Palena y R. Aysén (111), Aysén (113), Costeras e Islas entre R Aysén y R Baker y Canal Gral. Martínez (114), Baker (115), Pascua (117), Costeras entre Seno Andrew y R. Hollemburg e islas al oriente (122), Costeras e Islas entre R. Hollemburg, Golfo Almirante. Laguna Blanca (124), Costeras entre Lag. Blanca (inc), Seno Otway, canal Jerónimo y Magallanes (125), Vertiente del Atlántico (126) y Tierra del Fuego (128).

6.2.2 Resultados del monitoreo de *Didymosphenia geminata*

A continuación, se detalla la presencia y ausencia de Didymo en cada estación de monitoreo y prospección considerada en la presente Etapa del Monitoreo. Los resultados se entregan organizados por región administrativa y por cuenca hidrográfica siguiendo la nomenclatura del inventario Público de Cuenca Hidrográficas y Lagos de la Dirección General de Aguas (DGA). Para cada cuenca se



detallan los resultados obtenidos para todos los tipos de muestra obtenidas, separadamente. De acuerdo a lo anterior, para cada estación es posible ver datos para cuatro tipos de muestras bentónicas como máximo, resumen de presencia en bentos, y para la muestra de fitoplancton. incluyendo un resumen de las muestras bentónicas. Además, se detalla la categoría de las subsubcuenca declaradas en la Resolución Exenta N° 1854/2022 SUBPESCA (Área de Plaga o Riesgo de Plaga) y se comentan los principales hallazgos en relación a la distribución geográfica de la especie objetivo.

Región Del Libertador General Bernardo O'Higgins

a) 057: Cuenca Río Maipo

Esta cuenca (057) fue incorporada por primera vez en este programa. Se realizó un muestreo de prospección en una subsubcuenca no declarada en la Declaración de Plaga (Res. Ex. 1874/2022). Los análisis posteriores indicaron ausencia de DG en fitoplancton (**Tabla 3, Figura 8**).

Tabla 3

Ausencia de Didymo en estación prospectada en cuenca del Río Maipo (057). Los códigos de cuenca y subsubcuenca utilizados fueron obtenidos del inventario Público de Cuencas Hidrográficas y Lagos de la DGA. Se indica categoría según Res. Ex. 1854/2022 ND: No Declarada, P: Estación de Prospección, n/a: no aplica

Estación	Fecha	Cod Región	Cod Cuenca	Cod subcuenca	Cat 1854-2022	Tipo	Dg_Perifiton	Dg_Diatomeas	Dg_Floraciones	Dg_Bentos	Dg_Plancton	PRESENCIA
Codegua	31-3-2023	6	57	5713	ND	P	n/a	0	s/m	s/m	0	Ausente

b) 060 Cuenca Río Rapel

Esta cuenca (060) fue incorporada por primera vez en este programa. Se muestrearon 7 estaciones de prospección distribuidas en 6 subsubcuenca distintas que no se encuentran incluidas en la Declaración de Plaga (Res. Ex. 1874/2022). Los análisis posteriores indicaron ausencia de DG en las muestras de fitoplancton obtenidas en todas las estaciones (**Tabla 4, Figura 8**).

Tabla 4

Ausencia de Didymo en estaciones de prospección en la cuenca del Río Rapel (060). Los códigos de cuenca y subsubcuenca utilizados fueron obtenidos del inventario Público de Cuencas Hidrográficas y Lagos de la DGA. Se indica categoría según Res. Ex. 1854/2022 ND: No Declarada P: Estación de Prospección, s/m: sin muestra.

Estación	Fecha	Cod Región	Cod Cuenca	Cod subcuenca	Cat 1854-2022	Tipo	Dg_Perifiton	Dg_Diatomeas	Dg_Floraciones	Dg_Bentos	Dg_Plancton	PRESENCIA
Coya	31-3-2023	6	60	6003	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Pangal O	31-3-2023	6	60	6006	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Claro O	31-3-2023	6	60	6009	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Cachapoal 3	30-3-2023	6	60	6012	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Claro 13	30-3-2023	6	60	6013	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente



Estación	Fecha	Cod Región	Cod Cuenca	Cod sscuenca	Cat 1854-2022	Tipo	Dg_Perifiton	Dg_Diatomeas	Dg_Floraciones	Dg_Bentos	Dg_Plancton	PRESENCIA
Tinguiririca 2	30-3-2023	6	60	6025	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Clarottingui	30-3-2023	6	60	6025	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente

Región del Maule

c) 071: Cuenca Río Mataquito

Esta cuenca (071) fue incorporada por primera vez en este programa. En la cuenca se realizaron actividades de prospección en 6 estaciones, ubicadas en 5 subsubcuencas distintas que no se encuentran incluidas en la Declaración de Plaga (Res. Ex. 1874/2022). Los análisis posteriores indicaron ausencia de DG en las muestras de fitoplancton obtenidas en todas las estaciones (**Tabla 5, Figura 8**).

Tabla 5

Ausencia de Didymo en estaciones de prospección en la cuenca del Río Mataquito (071). Los códigos de cuenca y subsubcuenca utilizados fueron obtenidos del inventario Público de Cuencas Hidrográficas y Lagos de la DGA. Se indica categoría según Res. Ex. 1854/2022 ND: No Declarada P: Estación de Prospección, s/m: sin muestra.

Estación	Fecha	Cod Región	Cod Cuenca	Cod sscuenca	Cat 1854-2022	Tipo	Dg_Perifiton	Dg_Diatomeas	Dg_Floraciones	Dg_Bentos	Dg_Plancton	PRESENCIA
Teno 2	28-3-2023	7	71	7102	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Quilpoco	29-3-2023	7	71	7105	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Lontué	28-3-2023	7	71	7117	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Mataquito	29-3-2023	7	71	7121	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Hualañe	29-3-2023	7	71	7123	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Mataquito 2	29-3-2023	7	71	7123	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente

d) 073: Cuenca Río Maule

En la cuenca del río Maule (073), se muestrearon 11 estaciones en total, cada una ubicada en una subsubcuenca diferente, de las cuales 3 correspondieron a estaciones de monitoreo y 8 a estaciones de prospección (**Tabla 6, Figura 8**). Los resultados indicaron que 4 de las 8 estaciones de prospección registraron presencia de DG en el fitoplancton. Las subsubcuencas de estas estaciones no se encuentran en la Declaración de Plaga (Res. Ex. 1874/2022), por lo que pueden ser incluidas en la próxima actualización. Por su parte, las estaciones de monitoreo consideradas libres de Didymo hasta la Etapa VI, mantienen esta condición de acuerdo con los resultados incorporados en este informe. El registro positivo bentónico en la estación Radal 01 (ssc7370) marca el límite norte de la distribución de *Didymosphenia geminata* en Chile.

**Tabla 6**

Presencia/Ausencia de Didymo en las estaciones muestreadas en la cuenca del Río Maule (073). Los códigos de cuenca y subsubcuenca utilizados fueron obtenidos del Inventario Público de Cuencas Hidrográficas y Lagos de la DGA. Se indica categoría según Res. Ex. 1854/2022 ND: No Declarada P: Estación de Prospección, M: Monitoreo s/m: sin muestra.

Estación	Fecha	Cod Región	Cod Cuenca	Cod ss cuenca	Cat 1854-2022	Tipo	Dg_Perifiton	Dg_Diatomeas	Dg_Floraciones	Dg_Bentos	Dg_Plancton	PRESENCIA
Maule	26-3-2023	7	73	7307	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Armerillo	26-3-2023	7	73	7321	Plaga	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Maule 1	27-3-2023	7	73	7322	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Achibueno	27-3-2023	7	73	7354	ND	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Ancoa 2	27-3-2023	7	73	7355	ND	P	s/m	0	0	0	1	Planctónico
Achibueno 6	26-3-2023	7	73	7356	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	1	Planctónico
Radal 01	28-3-2023	7	73	7370	Plaga	M	1	0	s/m	1	0	Bentónico
Claro 21	28-3-2023	7	73	7371	ND	P	s/m	0	0	0	1	Planctónico
Claro 24	28-3-2023	7	73	7372	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Lircay B	26-3-2023	7	73	7374	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Lircay A	26-3-2023	7	73	7376	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	1	Planctónico

Región del Ñuble

e) 081: Cuenca Río Itata

En la cuenca del río Itata (081) se muestrearon 8 estaciones en total, de las cuales 6 fueron de prospección y 2 de monitoreo; todas estuvieron ubicadas en subsubcuencas distintas (**Tabla 7, Figura 8**). Los resultados de los análisis mostraron que Didymo estuvo presente plancton en 1 de las 6 estaciones de prospección, constituyendo un nuevo registro y una nueva subsubcuenca a ser incorporada en la próxima Declaración de Plagas.

Tabla 7

Presencia/Ausencia de Didymo en las estaciones muestreadas en la cuenca del Río Itata (081). Los códigos de cuenca y subsubcuenca utilizados fueron obtenidos del Inventario Público de Cuencas Hidrográficas y Lagos de la DGA. Se indica categoría según Res. Ex. 1854/2022 ND: No Declarada P: Estación de Prospección, M: Monitoreo, s/m: sin muestra.

Estación	Fecha	Cod Región	Cod Cuenca	Cod ss cuenca	Cat 1854-2022	Tipo	Dg_Perifiton	Dg_Diatomeas	Dg_Floraciones	Dg_Bentos	Dg_Plancton	PRESENCIA
Ñuble 6	25-3-2023	16	81	8105	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	1	Planctónico
Ñuble 1B	25-3-2023	16	81	8106	Riesgo	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Ñuble 3	25-3-2023	16	81	8110	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Ñuble 2A	25-3-2023	16	81	8115	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Chillán 3	24-3-2023	16	81	8116	ND	P	s/m	0	0	0	0	Ausente
Diguilín 2	24-3-2023	16	81	8130	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Diguilín A	24-3-2023	16	81	8131	Riesgo	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Itata	24-3-2023	16	81	8133	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente

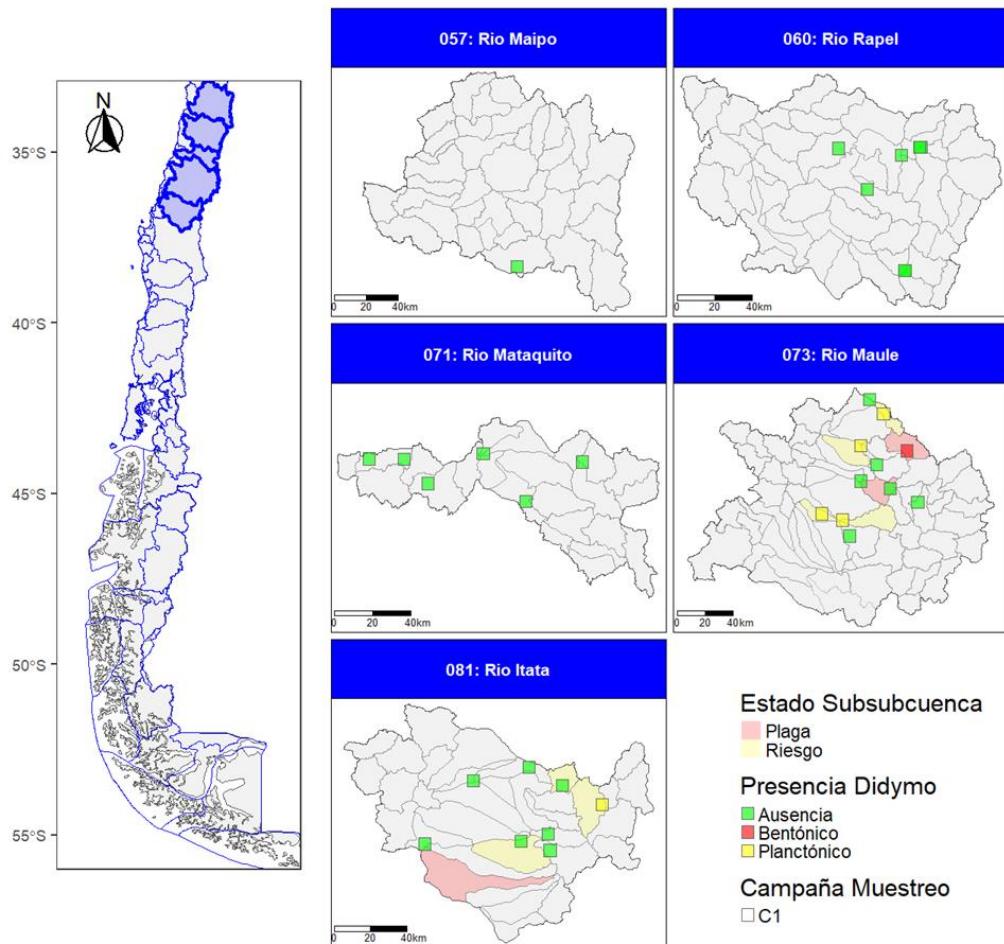


Figura 8. Distribución espacial de las estaciones muestreadas en la campaña C1 de la Etapa VII en las cuencas 057- Río Maipo, cuenca 60- Río Rapel, cuenca 71- Río Mataquito, cuenca 73-Río Maule, cuenca 81- Río Itata. Se distinguen estaciones donde se encontró *Didymosphenia geminata* bentónico, planctónico y ausencia de ésta. Además, se exhiben las subsubcuenca que son parte de la Declaración de Plaga (Res. Ex. 1854-2022).

Región del Biobío y La Araucanía

f) 083: Cuenca Río Bio-Bio

Durante la primera campaña, se muestraron 18 estaciones de monitoreo y 3 estaciones de prospección, cuyos resultados revelaron una nueva subsubcuenca que presentó Didymo en el hábitat planctónico. En la segunda campaña se muestraron 11 estaciones de monitoreo sin existir nuevos registros de Didymo bentónico en el caso de las subsubcuenca declaradas como Riesgo de Plaga en la Res. Ex. 1854-2022 (**Tabla 8, Figura 9**).



Tabla 8

Presencia/Ausencia de Didymo en las estaciones muestreadas en la cuenca del Bío-Bío (083). Los códigos de cuenca y subcuenca utilizados fueron obtenidos del inventario Público de Cuenca Hidrográfica y Lagos de la DGA. Se indica categoría según Res. Ex. 1854/2022 ND: No Declarada P: Estación de Prospección, M: Monitoreo s/m: sin muestra.

Estación	Fecha	Cod Región	Cod Cuenca	Cod subcuenca	Cat 1854-2022	Tipo	Dg_Perifiton	Dg_Diatomeas	Dg_Floraciones	Dg_Bentos	Dg_Plancton	PRESENCIA
Ñirreco A	15-3-2023	9	83	8300	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Biobío 30	15-3-2023	9	83	8301	Plaga	M	1	0	s/m	1	0	Bentónico
Lonquimay 20	16-3-2023	9	83	8304	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Biobío D	15-3-2023	9	83	8306	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Biobío 10	18-3-2023	8	83	8312	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Callaqui	18-3-2023	8	83	8313	Plaga	M	1	0	s/m	1	1	Bentónico
Callaqui	6-5-2023	8	83	8313	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Ñirremetún	18-3-2023	8	83	8314	ND	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Queuco A	18-3-2023	8	83	8315	ND	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Queuco A	6-5-2023	8	83	8315	ND	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Huequecura	19-3-2023	8	83	8316	Plaga	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Huequecura	6-5-2023	8	83	8316	Plaga	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Cañicura A	23-3-2023	8	83	8321	ND	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Cañicura A	6-5-2023	8	83	8321	ND	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Pichibureo	17-3-2023	8	83	8331	Riesgo	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Pichibureo	7-5-2023	8	83	8331	Riesgo	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Bureo	17-3-2023	8	83	8332	ND	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Bureo	7-5-2023	8	83	8332	ND	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Renaico 3	17-3-2023	8	83	8344	Plaga	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Renaico 3	7-5-2023	8	83	8344	Plaga	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Bajo Malleco	16-3-2023	9	83	8351	Riesgo	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Bajo Malleco	7-5-2023	9	83	8351	Riesgo	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Biobío 67	22-3-2023	8	83	8367	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	1	Planctónico
Polcura	23-3-2023	8	83	8375	Plaga	M	1	0	s/m	1	0	Bentónico
Polcura	5-5-2023	8	83	8375	Plaga	M	1	1	s/m	1	0	Bentónico
Rucúe B	23-3-2023	8	83	8376	Plaga	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Rucúe B	5-5-2023	8	83	8376	Plaga	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Laja	23-3-2023	8	83	8380	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Laja	5-5-2023	8	83	8380	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Caliboro	22-3-2023	8	83	8382	Riesgo	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Perales	22-3-2023	8	83	8383	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
San Rosendo	22-3-2023	8	83	8386	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente



Región de La Araucanía

g) 091: Cuenca Río Imperial

En esta cuenca se muestrearon 3 estaciones de monitoreo durante la campaña 1, distribuidas en subsubcuencas distintas. No se incluyeron estaciones de prospección. De acuerdo con los resultados, no existen nuevos hallazgos para Didymo en esta cuenca (**Tabla 9, Figura 9**).

Tabla 9

Presencia/Ausencia de Didymo en las estaciones muestreadas en la cuenca del Río Imperial (091). Los códigos de cuenca y subsubcuenca utilizados fueron obtenidos del Inventario Público de Cuencas Hidrográficas y Lagos de la DGA. Se indica categoría según Res. Ex. 1854/2022 ND: No Declarada P: Estación de Prospección, M: Monitoreo s/m: sin muestra.

Estación	Fecha	Cod Región	Cod Cuenca	Cod sscuenca	Cat 1854-2022	Tipo	Dg_Perifiton	Dg_Diatomeas	Dg_Floraciones	Dg_Bentos	Dg_Plancton	PRESENCIA
Quillén	16-3-2023	9	91	9110	ND	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Cautín 1	16-3-2023	9	91	9122	Plaga	M	1	0	s/m	1	0	Bentónico
Quepe B	14-3-2023	9	91	9130	Riesgo	M	0	0	s/m	0	0	Ausente

h) 094: Cuenca Río Toltén

Los muestreos en esta cuenca se realizaron en la campaña 1 de primavera-verano abarcando un total de 3 subcuencas. La subcuenca de Río Allipén (sc940) cuenta con 3 estaciones de monitoreo, subcuenca de Río Pucón (sc941) con 3 estaciones de las cuales 1 fue de prospección, la subcuenca de Toltén Bajo cuenta con 1 estación de monitoreo (**Tabla 10, Figura 9**). Dentro de los resultados obtenidos la estación de monitoreo Trancura en la ssc9412 presentó presencia de DG a nivel Bentónico.

Tabla 10

Resultado del muestreo de estaciones cuenca Río Toltén (094). Los códigos de cuenca y subsubcuenca utilizados fueron obtenidos del Inventario Público de Cuencas Hidrográficas y Lagos de la DGA. Se indica categoría según Res. Ex. 1854/2022 ND: No Declarada P: Estación de Prospección, M: Monitoreo s/m: sin muestra.

Estación	Fecha	Cod Región	Cod Cuenca	Cod sscuenca	Cat 1854-2022	Tipo	Dg_Perifiton	Dg_Diatomeas	Dg_Floraciones	Dg_Bentos	Dg_Plancton	PRESENCIA
Truful Truful	14-3-2023	9	94	9400	Plaga	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Allipén A	14-3-2023	9	94	9401	ND	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Curaco	13-3-2023	9	94	9405	Plaga	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Trancura	11-3-2023	9	94	9412	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Tinquilco	24-3-2023	9	94	9416	ND	P	s/m	0	0	0	s/m	Ausente
Pucón	12-3-2023	9	94	9418	Plaga	M	s/m	s/m	s/m	s/m	0	Ausente
Donguil A	11-3-2023	9	94	9431	Riesgo	M	0	0	s/m	0	0	Ausente



Región de Los Ríos

i) 101: Cuenca Río Valdivia

Río Valdivia como cuenca (101) cuenta con 3 subcuenca con 10 estaciones en total de las cuales 1 es de prospección (**Tabla 11, Figura 9**). Los resultados mostraron presencia a nivel bentónico de DG en 8 estaciones. Las estaciones de Pangueco (ssc10111) que es una estación de prospección y la estación Neltume (ssc10100) que es una estación de monitoreo no mostraron presencia de DG.

Tabla 11

Resultado del muestreo de estaciones cuenca Río Valdivia (101). Los códigos de cuenca y subsubcuenca utilizados fueron obtenidos del inventario Público de Cuencas Hidrográficas y Lagos de la DGA. Se indica categoría según Res. Ex. 1854/2022 ND: No Declarada P: Estación de Prospección, M: Monitoreo s/m: sin muestra.

Estación	Fecha	Cod Región	Cod Cuenca	Cod subcuenca	Cat 1854-2022	Tipo	Dg_Perifiton	Dg_Diatomeas	Dg_Floraciones	Dg_Bentos	Dg_Plancton	PRESENCIA
Neltume	10-3-2023	14	101	10100	Plaga	M	0	s/m	s/m	0	0	Ausente
Chan Chan	10-3-2023	14	101	10103	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Llanquihue	10-3-2023	14	101	10104	Plaga	M	1	1	s/m	1	0	Bentónico
Llancahue	11-3-2023	14	101	10105	Plaga	M	0	1	s/m	1	0	Bentónico
Huenehue	11-3-2023	14	101	10107	Plaga	M	1	0	s/m	1	0	Bentónico
Reca	10-3-2023	14	101	10108	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Pangueco	9-3-2023	14	101	10111	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
San Pedro	9-3-2023	14	101	10113	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Quinchilca	9-3-2023	14	101	10116	Plaga	M	1	0	s/m	1	0	Bentónico
Quinchilca B	9-3-2023	14	101	10122	Plaga	M	1	0	s/m	1	0	Bentónico

Región de Los Ríos y Región de Los Lagos

j) 103: Cuenca Río Bueno

La cuenca del Río Bueno (103) cuenta con 3 subcuenca dentro de las cuales se tomaron 18 estaciones. Durante la campaña 1 de primavera-verano se visitaron 6 estaciones de monitoreo y 6 estaciones de prospección. En la campaña 2 siguiente de otoño-invierno se visitaron 6 estaciones de monitoreo (**Tabla 12, Figura 9**). Los resultados de muestreos indican presencia en el fitoplancton en 4 estaciones, de las cuales Bonito en Lago Rupanco (ssc10340), Caicayén en Río Melipue (ssc10303), constituyen nuevos registros y una nueva subsubcuenca a ser incorporada en la próxima Declaración de Plagas (**Tabla Anexo 1**). Se encontró presencia de *Didymosphenia geminata* a nivel bentónico en 3 estaciones. Además, la estación Pilmaiquén B (ssc10328) que cuenta con una estación de monitoreo entregó resultados negativos a la presencia de *Didymosphenia geminata* en la campaña 1 de primavera-verano, pero en el monitoreo de invierno entregó como resultado presencia a nivel planctónico de *Didymosphenia geminata* (**Tabla 12**).

**Tabla 12**

Resultado del muestreo de estaciones cuenca Río Bueno (103). Los códigos de cuenca y subsubcuenca utilizados fueron obtenidos del inventario Público de Cuencas Hidrográficas y Lagos de la DGA. Se indica categoría según Res. Ex. 1854/2022 ND: No Declarada P: Estación de Prospección, M: Monitoreo s/m: sin muestra.

Estación	Fecha	Cod Región	Cod Cuenca	Cod subcuenca	Cat 1854-2022	Tipo	Dg_Perifiton	Dg_Diatomeas	Dg_Floraciones	Dg_Bentos	Dg_Plancton	PRESENCIA
Curriñe 01	7-3-2023	14	103	10300	Riesgo	P	s/m	0	s/m	s/m	1	Planctónico
Pillanleufú	7-3-2023	14	103	10301	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Pillanleufú	8-5-2023	14	103	10301	Plaga	M	1	0	s/m	1	1	Bentónico
Hueinahue	7-3-2023	14	103	10302	Plaga	P	s/m	0	s/m	s/m	1	Planctónico
Caicayén	7-3-2023	14	103	10303	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	1	Planctónico
Calcurupe	8-3-2023	14	103	10304	Plaga	M	0	1	s/m	1	0	Bentónico
Calcurupe	8-5-2023	14	103	10304	Plaga	M	1	0	s/m	1	1	Bentónico
Pilmaiquén B	9-5-2023	14	103	10304	Plaga	M	0	0	s/m	0	1	Planctónico
Florín	8-3-2023	14	103	10305	Plaga	M	1	0	s/m	1	1	Bentónico
Florín	8-5-2023	14	103	10305	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Puyehue	5-3-2023	10	103	10323	Plaga	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Puyehue	9-5-2023	10	103	10323	Plaga	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Trafún	6-3-2023	10	103	10324	Riesgo	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Chirre	6-3-2023	14	103	10325	ND	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Pilmaiquén B	6-3-2023	10	103	10328	Riesgo	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Rahue	5-3-2023	10	103	10340	ND	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Bonito	5-3-2023	10	103	10340	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	1	Planctónico
Rahue	9-5-2023	10	103	10340	ND	M	0	0	s/m	0	0	Ausente

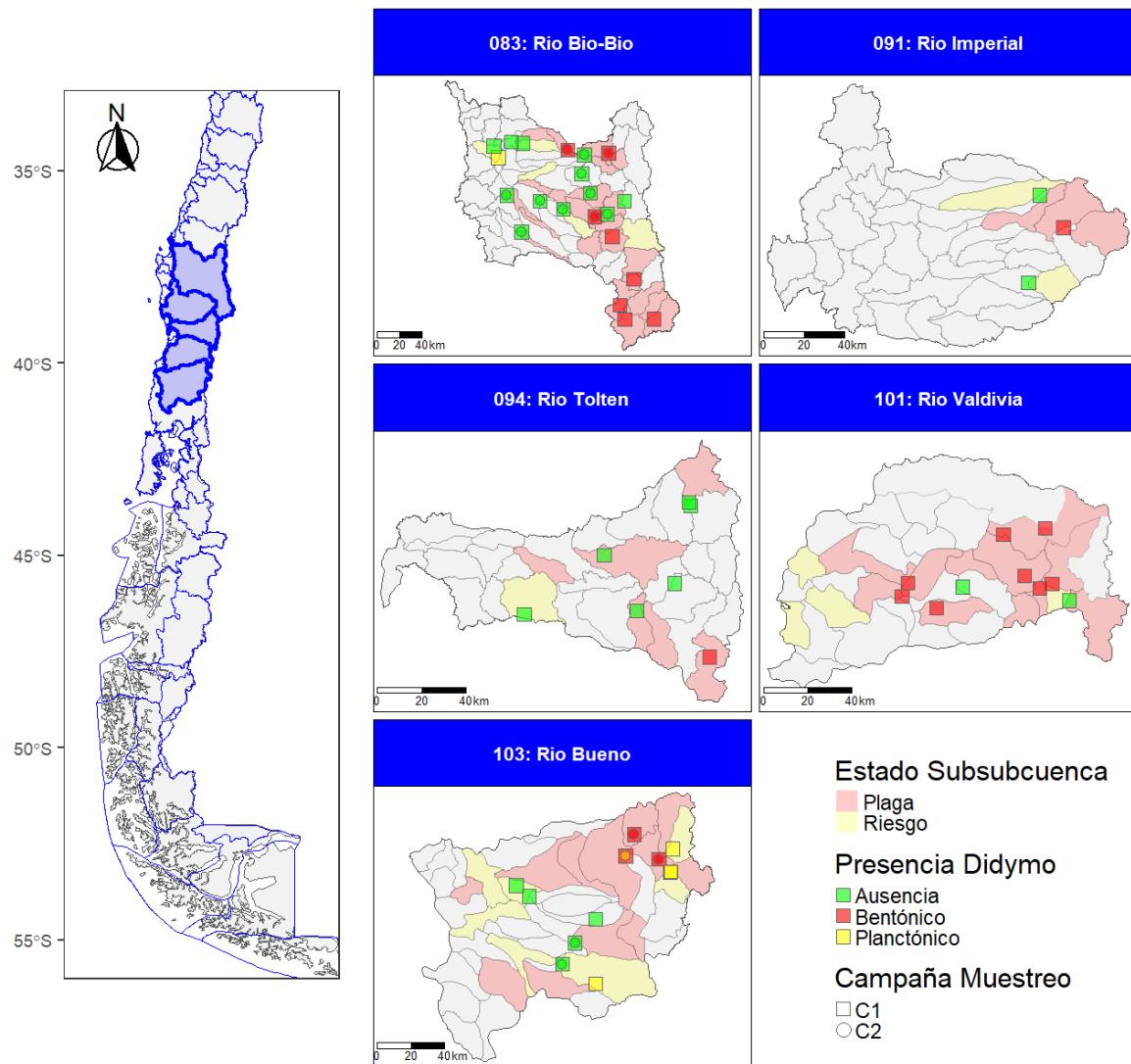


Figura 9. Distribución espacial de las estaciones muestreadas en la campaña C1 y C2 de la presente etapa en cuenca 83- Río Bío-Bío, cuenca 91- Río Imperial, cuenca 94- Río Toltén, cuenca 101- Río Valdivia, cuenca 103- Río Bueno donde se distinguen estaciones donde se presentó *D. geminata* bentónico, planctónico y ausencia de esta, en conjunto con las áreas declaradas según resolución exenta 1854/2022.

Región de Los Lagos

k) 104: Cuencas e Islas entre Río Bueno y Río Puelo

Esta cuenca (104) cuenta con 3 subcuenca, cada una con una estación de monitoreo, que fueron visitadas en la campaña 1 de primavera-verano (**Tabla 13, Figura 10**).



Los resultados indican ausencia de *Didymosphenia geminata* en las estaciones muestreadas de esta cuenca.

Tabla 13

Resultado del muestreo de estaciones cuenca Río Bueno y Río Puelo (104). Los códigos de cuenca y subsubcuenca utilizados fueron obtenidos del Inventario Público de Cuencas Hidrográficas y Lagos de la DGA. Se indica categoría según Res. Ex. 1854/2022 ND: No Declarada P: Estación de Prospección, M: Monitoreo s/m: sin muestra.

Estación	Fecha	Cod Región	Cod Cuenca	Cod ss cuenca	Cat 1854-2022	Tipo	Dg_Perifiton	Dg_Diatomeas	Dg_Floraciones	Dg_Bentos	Dg_Plancton	PRESENCIA
Rollizo A	4-3-2023	10	104	10443	Riesgo	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Petrohué	4-3-2023	10	104	10455	ND	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Del Este A	4-3-2023	10	104	10460	ND	M	0	0	s/m	0	0	Ausente

I) 105: Cuenca Río Puelo

La cuenca del río Puelo cuenta con 3 subcuencas, con 6 estaciones de monitoreo que fueron visitadas durante la primera campaña C1. Los resultados obtenidos mostraron 5 estaciones presentaron presencia de *Didymosphenia geminata* a nivel bentónico (**Tabla 14, Figura 10**).

Tabla 14

Resultado del muestreo de estaciones cuenca Río Puelo (105). Los códigos de cuenca y subsubcuenca utilizados fueron obtenidos del Inventario Público de Cuencas Hidrográficas y Lagos de la DGA. Se indica categoría según Res. Ex. 1854/2022 ND: No Declarada P: Estación de Prospección, M: Monitoreo s/m: sin muestra.

Estación	Fecha	Cod Región	Cod Cuenca	Cod ss cuenca	Cat 1854-2022	Tipo	Dg_Perifiton	Dg_Diatomeas	Dg_Floraciones	Dg_Bentos	Dg_Plancton	PRESENCIA
Manso 2	2-3-2023	10	105	10503	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Puelo	2-3-2023	10	105	10510	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Puelo C	2-3-2023	10	105	10512	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Puelo 10	2-3-2023	10	105	10514	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Puelo A	3-3-2023	10	105	10520	Plaga	M	1	1	s/m	1	0	Bentónico
Puelo Chico	3-3-2023	10	105	10523	Plaga	M	0	0	s/m	0	0	Ausente

m) 106: Cuenca Río Puelo y Río Yelcho

Esta cuenca cuenta con 2 estaciones localizadas en una subcuenca (1068) que fue visitada en la campaña 1 de primavera-verano (**Tabla 15, Figura 10**). Ambas estaciones corresponden a prospección y no mostraron presencia de *Didymosphenia geminata*.

**Tabla 15**

Resultado del muestreo de estaciones cuenca Río Puelo y Río Yelcho (106). Los códigos de cuenca y subsubcuenca utilizados fueron obtenidos del inventario Público de Cuencas Hidrográficas y Lagos de la DGA. Se indica categoría según Res. Ex. 1854/2022 ND: No Declarada P: Estación de Prospección, M: Monitoreo s/m: sin muestra.

Estación	Fecha	Cod Región	Cod Cuenca	Cod subcuenca	Cat 1854-2022	Tipo	Dg_Perifiton	Dg_Diatomeas	Dg_Floraciones	Dg_Bentos	Dg_Plancton	PRESENCIA
Rayas B	1-2-2023	10	106	10681	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Mollfun	1-2-2023	10	106	10683	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente

n) 107: Cuenca Río Yelcho

Contando con dos subcuenca, esta área cuenta con 14 estaciones de las cuales 7 son de monitoreo y 7 de prospección las cuales fueron visitadas durante la campaña 1 de primavera-verano (**Tabla 16, Figura 10**). Los resultados de las muestras indican presencia en el fitoplancton de *Didymosphenia geminata* en 4 de las estaciones de prospección, presencia a nivel bentónico en 4 estaciones de monitoreo.

Tabla 16

Resultado del muestreo de estaciones cuenca Río Yelcho (107). Los códigos de cuenca y subsubcuenca utilizados fueron obtenidos del inventario Público de Cuencas Hidrográficas y Lagos de la DGA. Se indica categoría según Res. Ex. 1854/2022 ND: No Declarada P: Estación de Prospección, M: Monitoreo s/m: sin muestra.

Estación	Fecha	Cod Región	Cod Cuenca	Cod subcuenca	Cat 1854-2022	Tipo	Dg_Perifiton	Dg_Diatomeas	Dg_Floraciones	Dg_Bentos	Dg_Plancton	PRESENCIA
Espolón E	7-1-2023	10	107	10700	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Blanco Futra	7-1-2023	10	107	10700	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Cenizas	7-1-2023	10	107	10701	Plaga	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Tigre Futra	7-1-2023	10	107	10701	Plaga	P	s/m	0	s/m	s/m	1	Planctónico
Espolón B	7-1-2023	10	107	10701	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Bellavista	8-1-2023	10	107	10701	Plaga	P	s/m	0	s/m	s/m	1	Planctónico
Noroeste	8-1-2023	10	107	10701	Plaga	P	s/m	0	1	1	1	Bentónico
Chico Futra	8-1-2023	10	107	10702	Plaga	P	s/m	0	1	1	1	Bentónico
Espolón A	8-1-2023	10	107	10702	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Futaleufú C	9-1-2023	10	107	10703	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Malito	9-1-2023	10	107	10704	Plaga	M	1	1	s/m	1	0	Bentónico
Yelcho B	6-1-2023	10	107	10710	Plaga	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Michinmahuida	6-1-2023	10	107	10711	Plaga	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Amarillo	6-1-2023	10	107	10712	ND	M	s/m	s/m	s/m	s/m	0	Ausente

o) 109: Islas Chilotas y Circundantes

Esta cuenca cuenta con una estación de muestreo de prospección en la subcuenca isla Chiloé 1090, entre la zona Costeras Vertiente este Entre Estero San Juan y Punta Ahoni, realizada durante la



campaña 1 primavera-verano. Los resultados indicaron ausencia de *Didymosphenia geminata* en la cuenca (**Tabla 17, Figura 10**).

Tabla 17

Resultado del muestreo de estaciones cuenca Islas Chilotas y Circundantes (109). Los códigos de cuenca y subsubcuenca utilizados fueron obtenidos del Inventario Público de Cuencas Hidrográficas y Lagos de la DGA. Se indica categoría según Res. Ex. 1854/2022 ND: No Declarada P: Estación de Prospección, M: Monitoreo s/m: sin muestra.

Estación	Fecha	Cod Región	Cod Cuenca	Cod sscuencia	Cat 1854-2022	Tipo	Dg_ Perifiton	Dg_ Diatomeas	Dg_ Floraciones	Dg_Bentos	Dg_Plancton	PRESENCIA
Caduco	5-1-2023	10	109	10901	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente

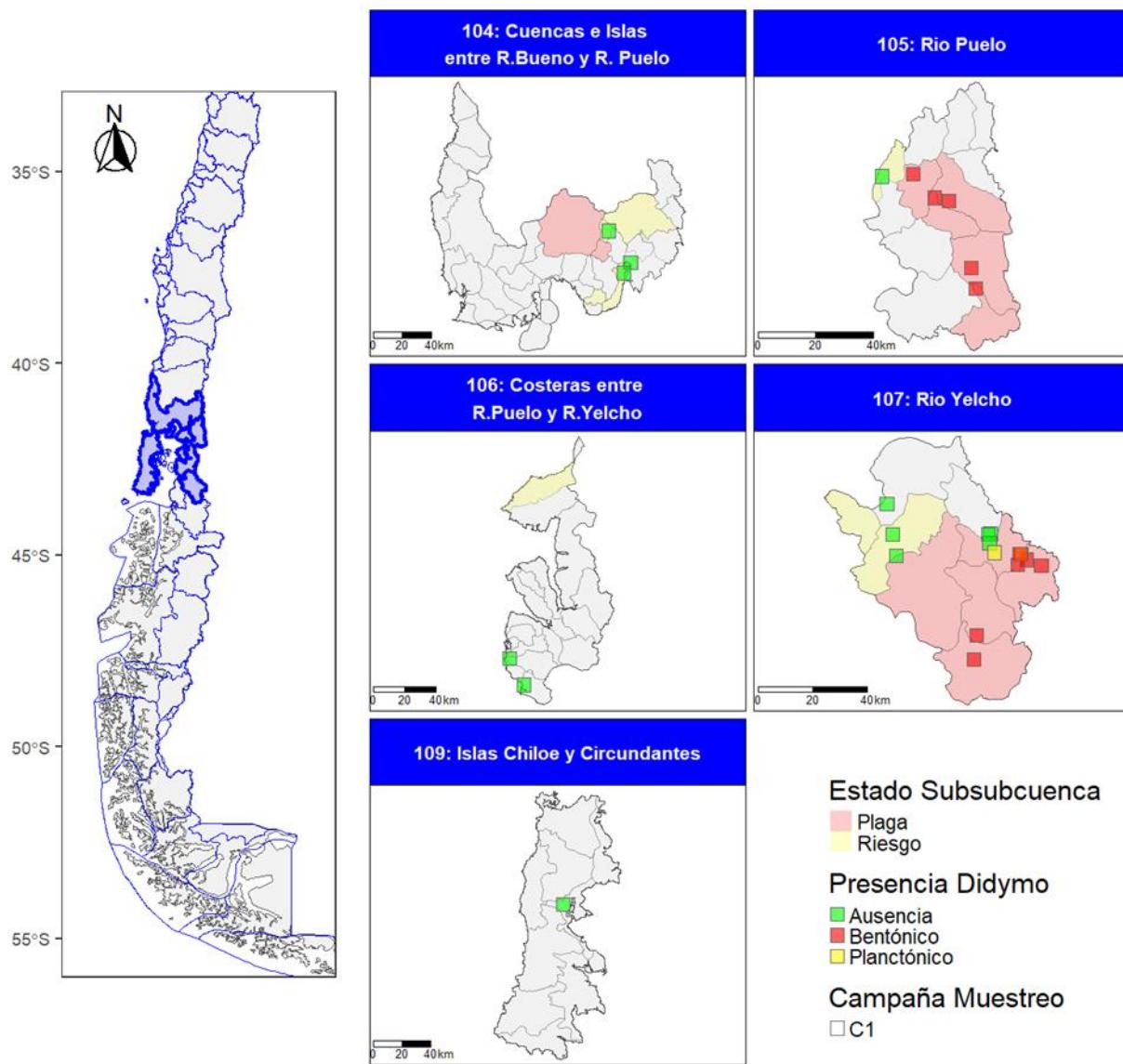


Figura 10. Distribución espacial de las estaciones muestreadas en la campaña C1 de la presente etapa en cuenca 104- Río Bueno y Río Puelo, cuenca 105- Río Puelo, cuenca 106- Río Puelo y Río Yelcho, cuenca 107-Río Yelcho, cuenca 109- Islas de Chiloé y circundantes donde se distinguen estaciones donde se presentó *Didymosphenia geminata* bentónico, planctónico y ausencia de esta, en conjunto con las áreas declaradas según resolución exenta 1854/2022.

p) 110: Río Palena y área costera límite décima Región

La cuenca de Río Palena (110) cuenta con 3 subcuencas las cuales tienen distribuidas 10 estaciones de monitoreo que fueron visitadas durante la campaña 1 de primavera-verano. La subcuenca (sc1102) de Río Palena entre Frontera y Río Rosselot cuenta con 4 estaciones de monitoreo, la subcuenca



(sc1103) de Río Rosselot cuanta con 3 estaciones de monitoreo y Río Palena Bajo subcuenca (sc1104) con 3 estaciones de monitoreo (**Tabla 18, Figura 11**). Los resultados indicaron presencia a nivel planctónico de *Didymosphenia geminata* en la estación Oeste sub-subcuenca (ssc11023) y presencia de nivel Bentónico en 6 estaciones dentro de las cuales Pampita (ssc11024), constituye un nuevo registro a ser incorporado en la próxima Declaración de Plagas (**Tabla Anexo 1**).

Tabla 18

Resultado del muestreo de estaciones cuenca Río Palena y área costera límite décima Región (110). Los códigos de cuenca y subsubcuenca utilizados fueron obtenidos del Inventario Público de Cuenca Hidrográficas y Lagos de la DGA. Se indica categoría según Res. Ex. 1854/2022 ND: No Declarada P: Estación de Prospección, M: Monitoreo s/m: sin muestra.

Estación	Fecha	Cod Región	Cod Cuenca	Cod subcuenca	Cat 1854-2022	Tipo	Dg_Perifiton	Dg_Diatomeas	Dg_Floraciones	Dg_Bentos	Dg_Plancton	PRESENCIA
El Tigre	9-1-2023	10	110	11020	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Palena B	10-1-2023	10	110	11021	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Oeste	10-1-2023	10	110	11023	Plaga	M	s/m	s/m	s/m	s/m	1	Planctónico
Pampita	10-1-2023	11	110	11024	Riesgo	M	1	0	s/m	1	1	Bentónico
Seco A	11-1-2023	11	110	11033	Plaga	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Lago Rosselot	11-1-2023	11	110	11034	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Quinto B	11-1-2023	11	110	11035	Plaga	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Palena D	11-1-2023	11	110	11040	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Risopatrón	12-1-2023	11	110	11041	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Dorotea	11-1-2023	11	110	11042	Plaga	M	0	0	s/m	0	0	Ausente

Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo

q) 111: Costeras e Islas entre Río Palena y Río Aysén

La presente cuenca que comprende el área Costeras e Islas entre Río Palena y Río Aysén incluye 3 subcuencas para un total de 10 estaciones de las cuales 7 fueron de prospección y 3 de monitoreo. El área de la subcuenca Costeras entre Seno Ventisquero y Río Cisnes 1113 en comuna Cisnes cuenta con 1 estación de monitoreo. La subcuenca Río Cisnes (sc1114) en comuna Lago Verde cuenta con 3 estaciones de las cuales 2 son de monitoreo y 1 de prospección. La subcuenca de Costeras entre Punta San Andrés y Río Aysén (sc1117) en la comuna de Aysén, cuenta con 6 estaciones de prospección (**Tabla 19, Figura 11**). Dentro de los resultados se encontró que solo la estación de monitoreo Cisnes 03 sub-subcuenca (ssc11147) entregó resultados de presencia de *Didymosphenia geminata* a nivel bentónico. Las demás estaciones no mostraron presencia de *Didymosphenia geminata* tanto en monitoreo como en prospección.

**Tabla 19**

Resultado del muestreo de estaciones cuenca Costeras e Islas entre Río Palena y Río Aysén (111). Los códigos de cuenca y subsubcuenca utilizados fueron obtenidos del Inventario Público de Cuencas Hidrográficas y Lagos de la DGA. Se indica categoría según Res. Ex. 1854/2022 ND: No Declarada P: Estación de Prospección, M: Monitoreo s/m: sin muestra.

Estación	Fecha	Cod Región	Cod Cuenca	Cod subcuenca	Cat 1854-2022	Tipo	Dg_Perifiton	Dg_Diatomeas	Dg_Floraciones	Dg_Bentos	Dg_Plancton	PRESENCIA
Queulat B	12-1-2023	11	111	11130	Plaga	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Las Torres A	12-1-2023	11	111	11144	Plaga	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Cobarde	21-4-2023	11	111	11145	ND	P	s/m	0	0	0	0	Ausente
Cisnes 03	12-1-2023	11	111	11147	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Cuervo	30-1-2023	11	111	11170	ND	P	0	0	s/m	0	0	Ausente
Tepa	30-1-2023	11	111	11170	ND	P	0	0	s/m	0	0	Ausente
Yulton 1	8-3-2023	11	111	11170	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Yulton 2	8-3-2023	11	111	11170	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Yulton 3	9-3-2023	11	111	11170	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Yulton 4	9-3-2023	11	111	11170	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente

r) 113: Cuenca Río Aysén

Esta cuenca cuenta con 5 subcuencas en las cuales hay 19 estaciones de monitoreo que fueron visitadas en la campaña 1 primavera-verano y campaña 2 de otoño invierno, a esto se sumó una estación de prospección en la campaña 1 y 3 estaciones de prospección en campaña 2 entregando un total de 42 estaciones de muestreo para esta cuenca. Río Maniguales subcuenca (sc1130) cuenta con 5 estaciones, Río Simpson (sc1131) cuenta con 6 estaciones de monitoreo visitadas en ambas campañas y una prospección (Balmaceda ssc11310) visitada solo en campaña 1. Río Aysén bajo Junta Maniguales-Simpson y Río Riesco subcuenca (sc1132) tiene una estación de monitoreo visitada en ambas campañas, mientras que Río Riesco subcuenca (sc1133) tiene 3 estaciones de monitoreo y 1 estación de prospección visitadas en ambas campañas, además de 1 estación de prospección visitada en la campaña 2 de otoño-invierno. Río Aysén entre Río Riesco y Desembocadura subcuenca (sc1134) cuenta con 3 estaciones de monitoreo visitadas en ambas campañas y 2 estaciones de prospección visitadas en la campaña 2 otoño-invierno (**Tabla 20, Figura 11**)

Los resultados indicaron presencia en 5 estaciones de prospección declaradas en riesgo y 1 estación no declarada. En las estaciones de monitoreo, 26 de ellas mostraron presencia a nivel bentónico. Las estaciones de prospección de Balmaceda (ssc11310) y Blanco AY sub-subcuenca (ssc11335) constituyen nuevos registros para ser incorporada en la próxima Declaración de Plagas (**Tabla Anexo 1**).



Tabla 20

Resultado del muestreo de estaciones cuenca Río Aysén (113) Los códigos de cuenca y subsubcuenca utilizados fueron obtenidos del inventario Público de Cuenca Hidrográficas y Lagos de la DGA. Se indica categoría según Res. Ex. 1854/2022 ND: No Declarada P: Estación de Prospección, M: Monitoreo s/m: sin muestra.

Estación	Fecha	Cod Región	Cod Cuenca	Cod subcuenca	Cat 1854-2022	Tipo	Dg_Perifiton	Dg_Diatomeas	Dg_Floraciones	Dg_Bentos	Dg_Plancton	PRESENCIA
Nirehuao	13-1-2023	11	113	11302	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Nirehuao	21-4-2023	11	113	11302	Plaga	M	1	1	s/m	1	0	Bentónico
Picaflor	13-1-2023	11	113	11303	Plaga	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Picaflor	21-4-2023	11	113	11303	Plaga	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Mañihuales B	13-1-2023	11	113	11304	Plaga	M	1	1	s/m	1	0	Bentónico
Mañihuales B	21-4-2023	11	113	11304	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Emperador Guillermo A	13-1-2023	11	113	11307	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Emperador Guillermo A	23-4-2023	11	113	11307	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Viviana	14-1-2023	11	113	11308	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Viviana	23-4-2023	11	113	11308	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Balmaceda	19-1-2023	11	113	11310	ND	P	s/m	0	1	1	1	Bentónico
Blanco BM	18-1-2023	11	113	11312	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Blanco BM	26-4-2023	11	113	11312	Plaga	M	1	0	s/m	1	0	Bentónico
Simpson B	18-1-2023	11	113	11313	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Simpson B	26-4-2023	11	113	11313	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Pollux	18-1-2023	11	113	11314	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Pollux	26-4-2023	11	113	11314	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Claro S	17-1-2023	11	113	11315	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Claro S	25-4-2023	11	113	11315	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Coyhaique B	17-1-2023	11	113	11316	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Coyhaique B	25-4-2023	11	113	11316	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Simpson A	17-1-2023	11	113	11318	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Simpson A	23-4-2023	11	113	11318	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Simpson-Mañihuales	14-1-2023	11	113	11320	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Simpson-Mañihuales	23-4-2023	11	113	11320	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
La Paloma	18-1-2023	11	113	11330	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
La Paloma	26-4-2023	11	113	11330	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Blanco AY	22-4-2023	11	113	11335	Riesgo	P	s/m	0	1	1	1	Bentónico
Cóndor	15-1-2023	11	113	11336	Riesgo	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Riesco 01	16-1-2023	11	113	11336	Riesgo	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Riesco 01	20-4-2023	11	113	11336	Riesgo	P	s/m	0	0	0	0	Ausente
Cóndor	22-4-2023	11	113	11336	Riesgo	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Riesco	15-1-2023	11	113	11337	Plaga	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Riesco	22-4-2023	11	113	11337	Plaga	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Pangal A	14-1-2023	11	113	11340	Plaga	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Pangal A	20-4-2023	11	113	11340	Plaga	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Tabo	16-1-2023	11	113	11341	Riesgo	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Tabo	24-4-2023	11	113	11341	Riesgo	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Tabo 01	24-4-2023	11	113	11341	Riesgo	P	s/m	0	0	0	1	Planctónico
Oro Verde	24-4-2023	11	113	11341	Riesgo	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Aysén	15-1-2023	11	113	11342	Plaga	M	1	1	s/m	1	0	Bentónico
Aysén	22-4-2023	11	113	11342	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico



s) 114: Costeras e Islas entre Río Aysén y Río Baker y Canal Gral. Martínez

Esta área comprende 2 estaciones de prospección, la primera en Río Exploradores subcuenca (sc1142) visitada en la campaña 1 primavera-verano y segunda en ubicada en la zona Costeras entre R. Aysén y R. Huemules (incl.) subcuenca (sc11400) visitada en la campaña 2 otoño-invierno.

Los resultados entregaron presencia de *Didymosphenia geminata* a nivel bentónico en la estación Norte sub-subcuenca (ssc11420) en la campaña 1 de primavera-verano, lo que constituye un nuevo registro a ser incorporado (**Tabla Anexo 1**). La Estación El salto ubicado en la subcuenca (ssc1140) no presento presencia de *Didymosphenia geminata* (**Tabla 21, Figura 11**).

Tabla 21

Resultado del muestreo de estaciones cuenca Costeras e Islas entre Río Aysén y Río Baker y Canal Gral. Martínez Río Aysén (114) Los códigos de cuenca y subsubcuenca utilizados fueron obtenidos del Inventario Público de Cuencas Hidrográficas y Lagos de la DGA. Se indica categoría según Res. Ex. 1854/2022 ND: No Declarada P: Estación de Prospección, M: Monitoreo s/m: sin muestra.

Estación	Fecha	Cod Región	Cod Cuenca	Cod subcuenca	Cat 1854-2022	Tipo	Dg_Perifiton	Dg_Diatomeas	Dg_Floraciones	Dg_Bentos	Dg_Plancton	PRESENCIA
El Salto	20-4-2023	11	114	11400	Riesgo	P	s/m	0	0	0	0	Ausente
Norte	27-1-2023	11	114	11420	ND	P	s/m	0	1	1	1	Bentónico

t) 115: Vertiente N. Lago J. Miguel Carrera (Exc. R. Ibáñez)

En esta área comprende 5 subcuencas las cuales cuentan con 10 estaciones de monitoreo y 5 estaciones de prospección visitadas en la campaña 1 de primavera-verano, además de 2 estaciones de prospección visitadas en la campaña 2 de otoño invierno. Los resultados indicaron presencia de *Didymosphenia geminata* bentónico en 8 estaciones visitadas en la campaña 1 primavera-verano en la cuenca las cuales son 2 de prospección (**Tabla 22**) Dentro de estas, Luna sub-subcuenca (ssc11502), es nuevo registro para incorporar en la próxima declaración de plagas. Las estaciones que presentaron presencia de *Didymosphenia geminata* en el plancton fueron 4 de las cuales 3 fueron de prospección (Sánchez sub-subcuenca ssc11513, Guadal sub-subcuenca ssc11523, Ibáñez 2 sub-subcuenca ssc11511) las cuales son nuevos registros para incorporar en la próxima declaración de plagas (**Tabla Anexo 1**).

**Tabla 22**

Resultado del muestreo de estaciones cuenca Vertiente N. Lago J. Miguel Carrera (Exc. R. Ibáñez) (115)

Los códigos de cuenca y subsubcuenca utilizados fueron obtenidos del Inventario Público de Cuenca

Hidrográficas y Lagos de la DGA. Se indica categoría según Res. Ex. 1854/2022 ND: No Declarada P:

Estación de Prospección, M: Monitoreo s/m: sin muestra.

Estación	Fecha	Cod Región	Cod Cuenca	Cod ss cuenca	Cat 1854-2022	Tipo	Dg_Perifiton	Dg_Diatomeas	Dg_Floraciones	Dg_Bentos	Dg_Plancton	PRESENCIA
Cajón	28-1-2023	11	115	11500	ND	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Luna	28-1-2023	11	115	11502	ND	P	s/m	0	1	1	1	Bentónico
Ibáñez 3	27-4-2023	11	115	11505	ND	P	s/m	0	0	0	0	Ausente
Ibáñez 2	27-4-2023	11	115	11511	ND	P	s/m	0	0	0	1	Plancótico
Murta	20-1-2023	11	115	11513	ND	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Sánchez	20-1-2023	11	115	11513	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	1	Plancótico
Tranquilo	21-1-2023	11	115	11515	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Leones	21-1-2023	11	115	11516	Plaga	P	1	0	s/m	1	1	Bentónico
Cañal	21-1-2023	11	115	11517	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Maitén	27-1-2023	11	115	11522	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Guadal	27-1-2023	11	115	11523	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	1	Plancótico
Chacabuco A	21-1-2023	11	115	11534	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Cochrane	23-1-2023	11	115	11536	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Del Salto A	22-1-2023	11	115	11538	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Baker 01	23-1-2023	11	115	11539	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Los Ñadis A	22-1-2023	11	115	11544	Plaga	M	0	0	s/m	0	1	Plancótico
Vargas	22-1-2023	11	115	11548	Plaga	M	0	0	s/m	0	0	Ausente

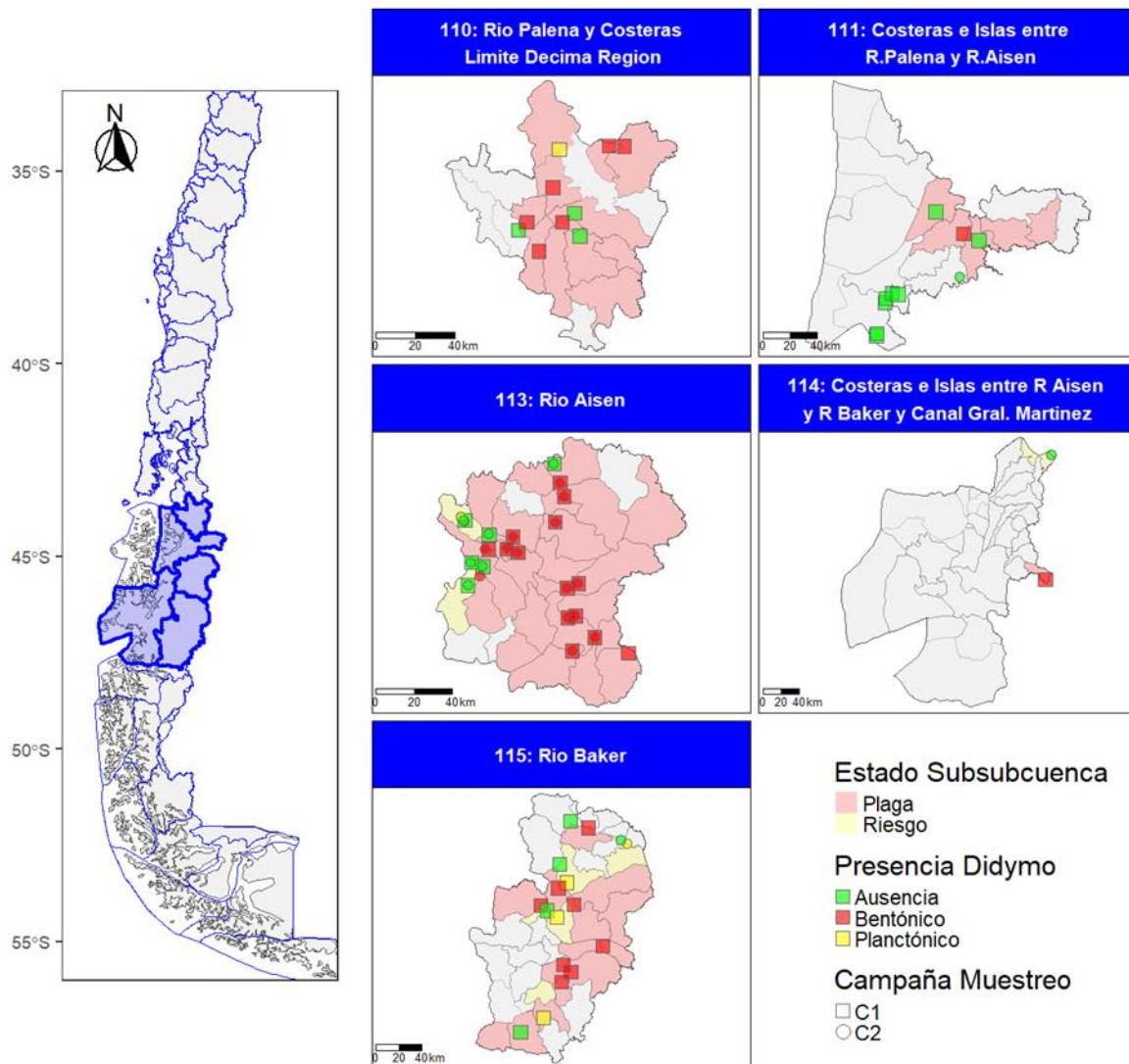


Figura 11. Distribución espacial de las estaciones muestreadas en la campañas C1 y C2 de la presente etapa en cuenca 110- Río Palena y Costeras Limite Décima Región, cuenca 111- Costeras e Islas entre Río Palena y Río Aysén, cuenca 113- Río Aysén, cuenca 114- Costeras e Islas entre Río Aysén y Río Baker y Canal Gral. Martínez, cuenca 115- Río Baker donde se distinguen estaciones donde se presentó *Didymosphenia geminata* bentónico, planctónico y ausencia de esta, en conjunto con las áreas declaradas según resolución exenta 1854/2022.



u) 117: Río Pascua

La cuenca del río Pascua cuenta con 2 subcuenca, con un total de 5 estaciones que fueron visitadas en la campaña 1 de primavera-verano. La subcuenca (sc1170) de Lago O'Higgins cuenta con 3 estaciones, de las cuales 1 es de prospección y 2 de monitoreo, y la subcuenca (sc1171) de río Pascua cuenta con 2 estaciones de prospección (**Tabla 23, Figura 12**). Los resultados indicaron la presencia de *Didymosphenia geminata* bentónico en dos estaciones (O'Higgins ssc11702 y Pérez sub-ssc11712), y a nivel planctónico en otras dos estaciones (Pascua ssc 11712 y Quetro ssc 11712). Estas dos últimas estaciones corresponden a nuevos registros a ser incorporados en la próxima declaración de plagas (**Tabla Anexo 1**).

Tabla 23

Resultado del muestreo de estaciones cuenca Río Pascua (117) Los códigos de cuenca y subsubcuenca utilizados fueron obtenidos del inventario Público de Cuencas Hidrográficas y Lagos de la DGA. Se indica categoría según Res. Ex. 1854/2022 ND: No Declarada P: Estación de Prospección, M: Monitoreo s/m: sin muestra.

Estación	Fecha	Cod Región	Cod Cuenca	Cod subcuenca	Cat 1854-2022	Tipo	Dg_Perifiton	Dg_Diatomeas	Dg_Floraciones	Dg_Bentos	Dg_Plancton	PRESENCIA
Pérez	25-1-2023	11	117	11700	Plaga	P	s/m	0	1	1	1	Bentónico
Desagüe Lago Cisnes	25-1-2023	11	117	11701	Riesgo	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
O'higgins	24-1-2023	11	117	11702	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Pascua	26-1-2023	11	117	11712	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	1	Planctónico
Quetro	26-1-2023	11	117	11712	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	1	Planctónico

Región de Magallanes y de la Antártica Chilena

v) 122: Costeras entre Seno Andrew y R. Hollemburg e islas al oriente

Esta cuenca consta de una única subcuenca Río Serrano subcuenca (sc1228) en la cual hay 16 estaciones de muestreo divididas en 8 estaciones de monitoreo y 8 estaciones de prospección las cuales fueron visitadas en la campaña 1 de primavera-verano (**Tabla 24, Figura 12**).

Se encontró *Didymosphenia geminata* bentónica en 3 estaciones de monitoreo, en las estaciones Serrano sub-subcuenca (ssc12289), Grey sub-subcuenca (ssc12287) y Lago Toro sub-subcuenca (ssc12286), además, de presencia de *Didymosphenia geminata* planctónico en la estación de prospección Zamora sub-subcuenca (ssc12283).

**Tabla 24**

Resultado del muestreo de estaciones cuenca Costeras entre Seno Andrew y R. Hollemburg e islas al oriente (122) Los códigos de cuenca y subsubcuenca utilizados fueron obtenidos del Inventario Público de Cuenca Hidrográficas y Lagos de la DGA. Se indica categoría según Res. Ex. 1854/2022 ND: No Declarada P: Estación de Prospección, M: Monitoreo s/m: sin muestra.

Estación	Fecha	Cod Región	Cod Cuenca	Cod ss cuenca	Cat 1854-2022	Tipo	Dg_Perifiton	Dg_Diatomeas	Dg_Floraciones	Dg_Bentos	Dg_Plancton	PRESENCIA
Laguna Azul	14-1-2023	12	122	12280	ND	P	s/m	0	0	0	0	Ausente
Paine 2	16-1-2023	12	122	12280	ND	M	0	s/m	s/m	0	0	Ausente
Lago Sarmiento	14-1-2023	12	122	12281	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Nordenskjold 1	15-1-2023	12	122	12282	Plaga	P	s/m	0	0	0	0	Ausente
Paine 3	15-1-2023	12	122	12282	Plaga	P	s/m	0	0	0	0	Ausente
Nordenskjold	15-1-2023	12	122	12282	Plaga	P	s/m	0	0	0	0	Ausente
Ascencio	15-1-2023	12	122	12282	Plaga	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Pudeto	15-1-2023	12	122	12282	Plaga	P	s/m	0	0	0	s/m	Ausente
Zamora	14-1-2023	12	122	12283	Plaga	P	s/m	0	0	0	1	Planctónico
Baguales	16-1-2023	12	122	12283	Plaga	M	0	0	0	0	0	Ausente
Las Chinas	14-1-2023	12	122	12283	Plaga	P	s/m	0	0	0	0	Ausente
Máscaras	16-1-2023	12	122	12284	ND	M	0	0	0	0	0	Ausente
Lago Toro	13-1-2023	12	122	12286	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Rincón	17-1-2023	12	122	12286	Plaga	M	0	0	0	0	0	Ausente
Grey	13-1-2023	12	122	12287	Plaga	M	1	0	s/m	1	1	Bentónico
Serrano	12-1-2023	12	122	12289	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico

w) 125: Costeras entre Laguna Blanca (inc), Seno Otway, canal Jerónimo y Magallanes

Contando con 2 subcuencas: Costeras e Islas Orientales de la Península Brunswick (sc1258) y Costeras Occidentales Península Brunswick (sc1256). Estas subcuencas cuentan con 5 estaciones de muestreo de las cuales 2 son de monitoreo y 3 de prospección las cuales fueron visitadas en la campaña 1 primavera-verano (**Tabla 25, Figura 12**). Los resultados indicaron ausencia de *Didymosphenia geminata* en forma bentónica y planctónica en todas las estaciones visitadas.

Tabla 25

Resultado del muestreo de estaciones cuenca Costeras entre Laguna Blanca (inc), Seno Otway, canal Jerónimo y Magallanes (125) Los códigos de cuenca y subsubcuenca utilizados fueron obtenidos del Inventario Público de Cuenca Hidrográficas y Lagos de la DGA. Se indica categoría según Res. Ex. 1854/2022 ND: No Declarada P: Estación de Prospección, M: Monitoreo s/m: sin muestra.

Estación	Fecha	Cod Región	Cod Cuenca	Cod ss cuenca	Cat 1854-2022	Tipo	Dg_Perifiton	Dg_Diatomeas	Dg_Floraciones	Dg_Bentos	Dg_Plancton	PRESENCIA
Río Grande Otway	24-1-2023	12	125	12561	ND	P	s/m	0	0	0	0	Ausente
Canelo	24-1-2023	12	125	12562	ND	M	0	0	0	0	0	Ausente
San Pedro M	18-1-2023	12	125	12581	ND	M	0	0	0	0	0	Ausente
Santa María	18-1-2023	12	125	12581	ND	P	s/m	0	0	0	0	Ausente
San Juan	18-1-2023	12	125	12582	ND	P	s/m	0	0	0	0	Ausente



x) 126: Vertiente del Atlántico

Esta cuenca cuenta con 2 subcuenca R. Rubens (sc1260) y Río Penitente (sc1262) y con 3 estaciones de muestreo 2 de las cuales con de monitoreo y 1 de prospección, las cuales fueron visitadas en la campaña 1 de primavera-verano. Los resultados indicaron ausencia de *Didymosphenia geminata* plantónica y bentónica en las estaciones visitadas (**Tabla 26, Figura 12**).

Tabla 26

Resultado del muestreo de estaciones cuenca Vertiente del Atlántico (126) Los códigos de cuenca y subsubcuenca utilizados fueron obtenidos del Inventario Público de Cuenca Hidrográficas y Lagos de la DGA. Se indica categoría según Res. Ex. 1854/2022 ND: No Declarada P: Estación de Prospección, M: Monitoreo s/m: sin muestra.

Estación	Fecha	Cod Región	Cod Cuenca	Cod subcuenca	Cat 1854-2022	Tipo	Dg_Perifiton	Dg_Diatomeas	Dg_Floraciones	Dg_Bentos	Dg_Plancton	PRESENCIA
Rubens	17-1-2023	12	126	12600	ND	M	0	0	0	0	0	Ausente
Rubens 2	17-1-2023	12	126	12600	ND	P	s/m	0	0	0	0	Ausente
Penitente	17-1-2023	12	126	12622	ND	M	0	0	0	0	0	Ausente

y) 128: Tierra del Fuego

La cuenca de Tierra del Fuego consta de 3 subcuenca: Costeras Bahía Inútil entre Cabo Monmouth y Cabo Nose (sc1281) con 2 estaciones de prospección, Costeras entre Cabo Nose y R. Azopardo (incl.) (sc1282) con 6 estaciones de las cuales 4 son de prospección más 2 de monitoreo y Afluentes Río Grande y Cuenca Cerradas (sc1287) con 5 estaciones de muestreo de las cuales 4 con de monitoreo y 1 de prospección. Todas las estaciones fueron visitadas en la campaña 1 primavera-verano. Los resultados de los muestreos indicaron presencia de *Didymosphenia geminata* bentónico en 5 estaciones y presencia a nivel planctónico en 1 estación. (**Tabla 27, Figura 12**).

**Tabla 27**

Resultado del muestreo de estaciones cuenca Tierra del Fuego (128) Los códigos de cuenca y subsubcuenca utilizados fueron obtenidos del inventario Público de Cuenca Hidrográficas y Lagos de la DGA. Se indica categoría según Res. Ex. 1854/2022 ND: No Declarada P: Estación de Prospección, M: Monitoreo s/m: sin muestra.

Estación	Fecha	Cod Región	Cod Cuenca	Cod subcuenca	Cat 1854-2022	Tipo	Dg_Perifiton	Dg_Diatomeas	Dg_Floraciones	Dg_Bentos	Dg_Plancton	PRESENCIA
Marazzi	20-1-2023	12	128	12815	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Bueno M	20-1-2023	12	128	12819	ND	P	s/m	0	0	0	0	Ausente
Caleta	20-1-2023	12	128	12820	ND	P	s/m	0	0	0	0	Ausente
Fontaine	22-1-2023	12	128	12825	Plaga	M	0	0	0	0	0	Ausente
Intimani	22-1-2023	12	128	12825	Plaga	P	s/m	0	0	0	s/m	Ausente
Pagels	22-1-2023	12	128	12825	Plaga	M	0	0	0	0	0	Ausente
Betbeder	22-1-2023	12	128	12825	Plaga	P	s/m	0	s/m	s/m	1	Planctónico
Cañadón	22-1-2023	12	128	12825	Plaga	P	s/m	0	1	1	s/m	Bentónico
Japón	21-1-2023	12	128	12873	Plaga	M	1	1	s/m	1	0	Bentónico
Lago Blanco	21-1-2023	12	128	12875	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Grande	21-1-2023	12	128	12876	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Catalina	21-1-2023	12	128	12876	Plaga	P	s/m	0	1	1	1	Bentónico
Lago Despreciado	22-1-2023	12	128	12879	Plaga	M	0	0	0	0	0	Ausente

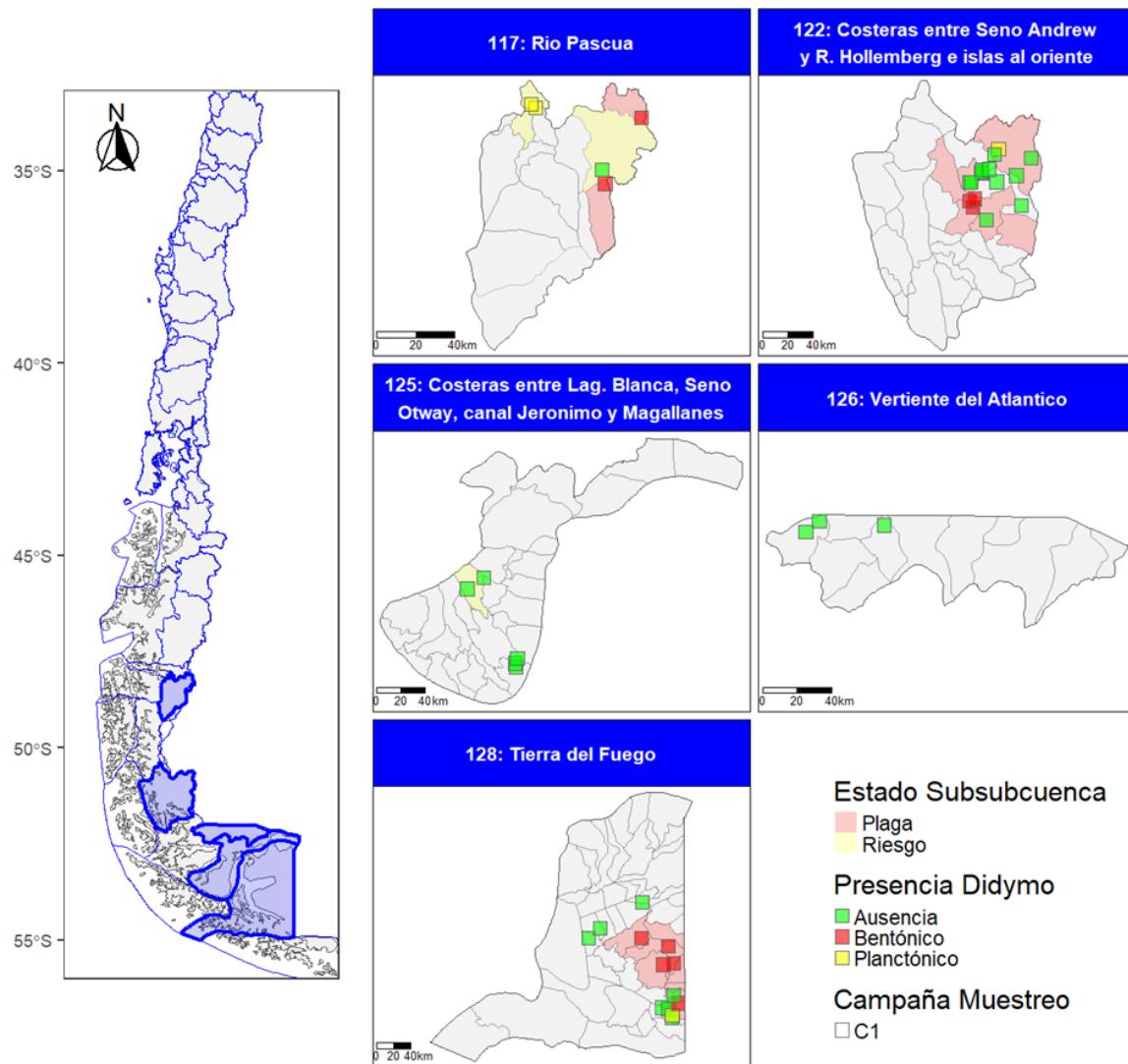


Figura 12. Distribución espacial de las estaciones muestreadas en la campaña C1 de la presente etapa en cuenca 117- Río Pascua, cuenca 122- Costeras entre Seno Andrew y R. Hollemburg e islas al oriente, cuenca 125- Costeras entre Lag. Blanca(inc), Seno Otway, canal Jerónimo y Magallanes, cuenca 126- Vertiente del Atlántico, cuenca 128- Tierra del Fuego donde se distinguen estaciones donde se presentó *Didymosphenia geminata* bentónico, planctónico y ausencia de esta, en conjunto con las áreas declaradas segú resolución exenta 1854/2022.



6.2.3 Rango de distribución de *Didymosphenia geminata* en cuencas hidrográficas de Chile.

Los resultados de este objetivo se estructuraron para definir, el rango de distribución de *Didymosphenia geminata* en ríos y lagos de Chile. Durante la etapa VII se determinó que la Región del Maule constituía el límite septentrional de la distribución de *Didymosphenia geminata*, en la sub-subcuenca del río Claro, Parque Nacional Radal Siete Tazas. En esta Etapa (VII) el límite norte se mantiene en esta Región, la estación Claro 21 ssc7371 de la comuna de Molina reportó con presencia de *Didymosphenia geminata* a nivel planctónico (**Figura 8**). Por otro lado, el límite austral para la especie se mantiene en la sub-subcuenca 12825 estación Betbeder que se encuentra en el río de este, afluente del Lago Fagnano el cual desagua a través del río Azopardo, comuna de Timaukel, la Región de Magallanes, en (**Figura 12**).

Con esto *Didymosphenia geminata* mantiene su rango latitudinal de 2160 kilómetros en línea recta desde la etapa VI, incluyendo hábitat planctónico o bentónico. Además, la especie plaga fue encontrada en el 32% de las estaciones prospectadas. En consecuencia, el área afectada ha incrementado al interior de cada cuenca, en la medida que aumenta el número de estaciones prospectadas.

6.2.4 Nuevos hallazgos en la distribución

Didymosphenia geminata fue encontrada en 16 estaciones de prospección que no se encuentran declaradas en la Res. Ex. 1854/2022, 1 estación de monitoreo declarada como en Riesgo y 1 estación de prospección declarada como en Riesgo (**Tabla 28**). En esta Etapa se incluyeron 14 estaciones de prospección las cuencas en la región Libertador Bernardo O'Higgins y la región del Maule que están ubicadas al norte del límite más septentrional identificado para esta plaga, las cuales no presentaron presencia de esta alga invasora. Sin embargo, dentro de esta cuenca que es el límite (73) se encontraron 3 estaciones de prospección con presencia de la plaga, dentro de la región. La situación de la cuenca 81 donde la estación de prospección Ñuble 05 entregó resultados positivos también marca una tendencia hacia la cabecera de la cuenca (**Figura 8**). En el caso de la cuenca 103 del Río Bueno, la estación Caicayén marca presencia en un tributario del río Hueinahue que descarga al lago Maihue (**Figura 9**).

La cuenca 115 perteneciente al Río Baker presentó 5 estaciones de prospección con presencia positiva de la plaga, de las cuales 4 no están declaradas y son nuevos hallazgos, implicando un aumento de área de riesgo plaga (**Figura 11**). Una situación similar está la cuenca 117 perteneciente al Río Pascua, la cual presenta 2 estaciones de prospección positivas a la plaga marcando presencia hacia el interior de la cuenca (**Figura 12**).

La totalidad de las estaciones monitoreadas y prospectadas se detallan en **el Anexo 1**.

**Tabla 28**

Resultado del muestreo de estaciones con nuevos hallazgos en la etapa VII cuenca considerando su clasificación según categoría decreto 1854-2022. La columna “Tipo” indica P = “Prospección” M = “Monitoreo”, s/m = “sin muestra”. Los códigos y nombres de cuenca fueron obtenidos del Inventario Público de Cuenca Hidrográficas y Lagos de la DGA.

Estación	Region	Cod Cuenca	Nom_CC	Cod ss cuenca	Coordenadas (nd)		Fecha de muestreo	Tipo	Cat 1854-2022	Dg Bentónico			Dg Plancton
					Lat	Long				Dg_Bentos	Dg_Diatomeas	Dg_Floraciones	
Ancoa 2	7	73	Maule	7355	-35.9088	-71.4913	27-03-23	P	ND	s/m	s/m	0	1
Achibueno 6	7	73	Maule	7356	-35.8692	-71.6496	26-03-23	P	ND	s/m	s/m	s/m	1
Lircay A	7	73	Maule	7376	-35.4419	-71.3486	26-03-23	P	ND	s/m	s/m	s/m	1
Nuble 6	16	81	Itata	8105	-36.6660	-71.3164	25-03-23	P	ND	s/m	s/m	s/m	1
Caicayén	14	103	Bueno	10303	-40.3186	-71.9589	07-03-23	P	ND	s/m	s/m	s/m	1
Bonito	10	103	Bueno	10340	-40.8896	-72.4629	05-03-23	P	ND	s/m	s/m	s/m	1
Pampita	11	110	Palena v	11024	-43.8379	-72.3698	10-01-23	M	Riesgo	1	0	s/m	1
Balmaceda	11	113	Aysén	11310	-45.8863	-71.6989	19-01-23	P	ND	s/m	s/m	1	1
Blanco AY	11	113	Aysén	11335	-45.5335	-72.6721	22-04-23	P	Riesgo	s/m	s/m	1	1
Norte	11	114	Costera s.e	11420	-46.6262	-72.8603	27-01-23	P	ND	s/m	s/m	1	1
Luna	11	115	Baker	11502	-46.1714	-72.3579	28-01-23	P	ND	s/m	s/m	1	1
Ibáñez 2	11	115	Baker	11511	-46.2952	-71.9286	27-04-23	P	ND	s/m	s/m	0	1
Sánchez	11	115	Baker	11513	-46.5830	-72.5975	20-01-23	P	ND	s/m	s/m	s/m	1
Guadal	11	115	Baker	11523	-46.8401	-72.7016	27-01-23	P	ND	s/m	s/m	s/m	1
Pascua	11	117	Pascua	11712	-48.1586	-73.0886	26-01-23	P	ND	s/m	s/m	s/m	1
Quetro	11	117	Pascua	11712	-48.1437	-73.1205	26-01-23	P	ND	s/m	s/m	s/m	1



6.3 Objetivo específico 2:

*Analizar los factores ambientales que explican las variaciones en la densidad de *Didymosphenia geminata* en las distintas cuencas a lo largo del rango de distribución geográfica de la especie.*

En esta sección se presentan los resultados del objetivo específico 2, que busca aumentar el conocimiento con respecto a la relación entre Didymo y su ambiente. De acuerdo a lo indicado en la sección de metodología (**sección 5.2**), se trabajó con datos de presencia/ausencia de Didymo y con las variables ambientales temperatura, pH, conductividad, turbidez, fósforo total, nitrógeno total, sílice total, calcio total, y el número de Froude. Con este conjunto de variables, se logró contar con una base de datos de 1.044 muestreos realizados entre los ~35 y 55 °S en el periodo de marzo 2017 a marzo 2023 (**Figura 2**).

El análisis de componentes principales realizado con estas 9 variables ambientales dejó en manifiesto la alta variabilidad ambiental asociada a los muestreos producto de su gran extensión espacial y temporal. Hasta 5 componentes principales explicaron al menos un 10 % de la varianza total, acumulando en conjunto un 75 %. El primer componente principal explicó un 23 % de la varianza, y se asoció principalmente a la conductividad y calcio total, mientras que el segundo componente principal explicó un 16 % de la varianza, estando relacionado con la concentración de fósforo total. Los componentes principales 3, 4 y 5 explicaron un 14, 12 y 10 % de la varianza, respectivamente, y se asociaron mayoritariamente al sílice total y número de Froude; temperatura y turbidez; y al nitrógeno total, respectivamente.

Al graficar los datos en los 5 componentes principales y categorizarlos de acuerdo a la presencia o ausencia de Didymo, es evidente un gran nivel de superposición de las condiciones ambientales para ambas categorías (**Figura 13**). En primer lugar, los elipses de confianza de los muestreos con presencia de Didymo se encuentran en todos los casos dentro de los elipses de los muestreos con ausencia de Didymo. Esto indica que, en promedio, las condiciones ambientales en las que se ha encontrado a Didymo en el perifiton no difieren de aquellas donde no se ha encontrado Didymo. En segundo lugar, los elipses de confianza de los muestreos con presencia y sin presencia de Didymo muestran en general una orientación similar, lo que indica que no existen o existen pocas condiciones ambientales que se puedan considerar inmunes a la presencia de Didymo en el futuro. La única evidencia de condiciones ambientales relativamente libres de Didymo puede ser observada en la combinación de los componentes principales 1 y 2, asociada a altas conductividades y/o altas concentraciones de nutrientes, especialmente sílice total y fósforo total. De la misma combinación de componentes principales se puede evidenciar que las presencias de Didymo en el perifiton se concentran en muestreos caracterizados por bajos niveles de nutrientes, especialmente de fósforo total.

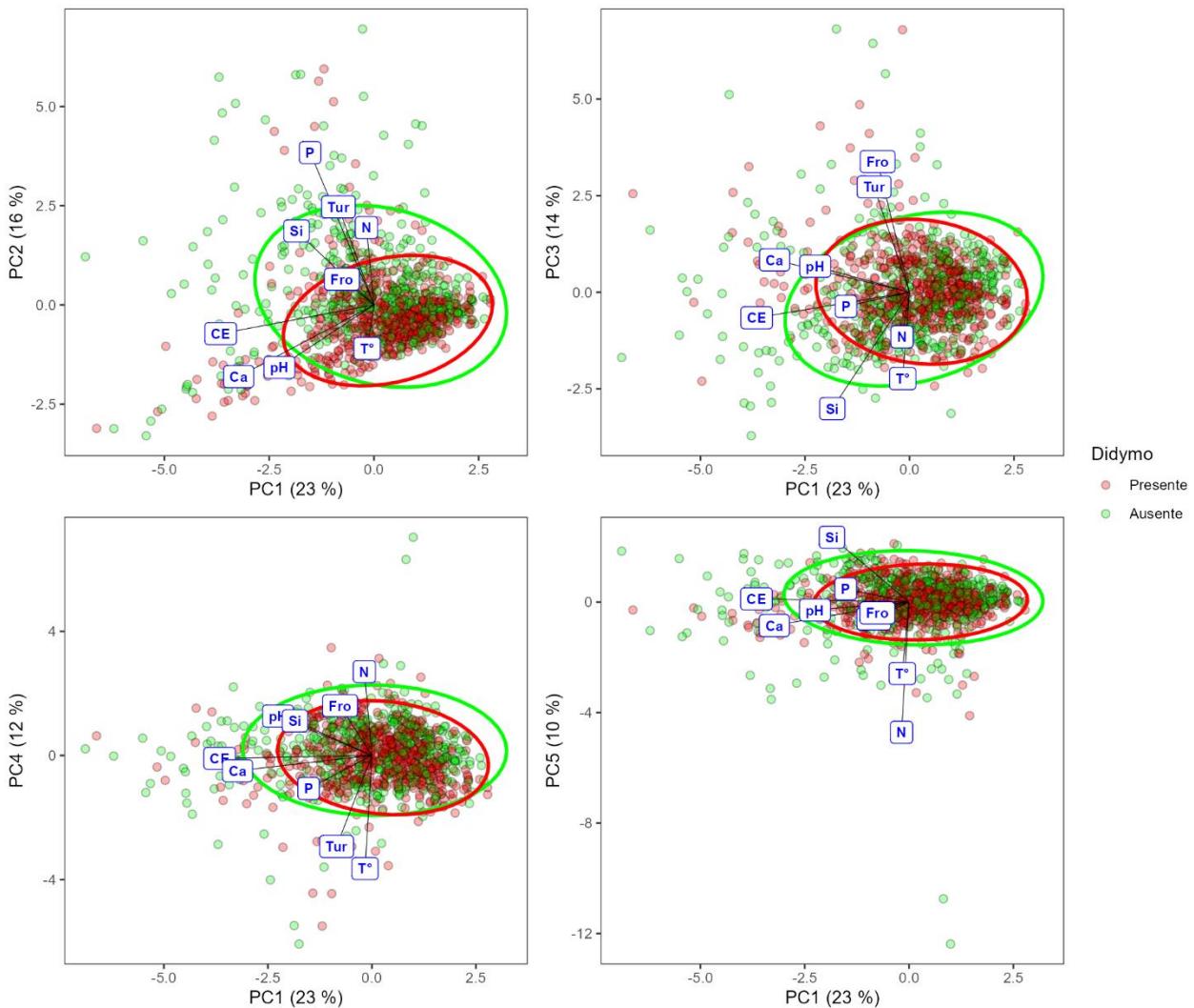


Figura 13. Análisis de componentes principales realizado con 9 variables ambientales estimadas en 1.044 muestreos del monitoreo de Didymo, entre marzo de 2017 y marzo de 2023. Se presentan biplots del primer componente principal vs los componentes principales 2 a 5 (75 % de varianza total). Puntos coloreados de acuerdo a presencia/ausencia de Didymo en el muestreo y elipses representan intervalos de confianza del 95 % para distribución t multivariada de cada grupo.

Con el fin de evaluar la probabilidad de ocurrencia de Didymo en el perifiton en función de las variables ambientales, se ajustó a los datos un modelo aditivo generalizado para una variable respuesta binomial (e.g., presencia/ausencia). En esta ocasión, y para simplificar la interpretación de los resultados de forma exploratoria, el modelo incluyó solo el efecto principal de cada variable, sin incluir interacciones, aunque si se incluyeron las variables geográficas latitud y altitud para despejar su efecto de las relaciones entre la presencia de Didymo y las variables ambientales de interés.

El modelo ajustado explicó un 48,5 % de la variabilidad en la presencia/ausencia de Didymo,

caracterizando además la forma de la relación entre cada variable y la presencia de Didymo e identificando aquellas relaciones que tienen una muy baja probabilidad de deberse al azar. En general, las relaciones entre las variables geográficas incorporadas en el modelo y la presencia de Didymo fueron las que recibieron mayor soporte de los datos (**Figura 14**). La latitud mostró una relación compleja con la presencia de Didymo ($edf = 27,97$; $\chi^2 = 158,27$, $p < 0,001$), pudiendo identificarse una alta probabilidad de ocurrencia alrededor de los $45^\circ S$, específicamente en la zona sur de la Región de Los Lagos (i.e., cuenca Río Yelcho) y en la Región de Aysén. Otras zonas con una probabilidad de ocurrencia mayor al 50 % (i.e., intervalo de confianza no incluye probabilidad 0,5) fueron la cuenca del Río Puelo y la de Tierra del Fuego. El resto de las zonas se dividieron entre zonas con una probabilidad de ocurrencia no distinta del 50 % y zonas con una baja probabilidad de ocurrencia de Didymo (al sur de los 35 y $40^\circ S$).

La relación entre la altitud y la presencia de Didymo en el perifiton también tuvo soporte de los datos ($edf = 6,75$; $\chi^2 = 35,10$, $p < 0,001$), con bajas probabilidades de ocurrencia a las menores altitudes, y mayores probabilidades de ocurrencia a ~ 400 y > 800 m. Estas altitudes probablemente corresponden a aquellas asociadas a las estaciones de la cuenca del Río Aysén y a la porción cordillerana del Río Bio-Bío.

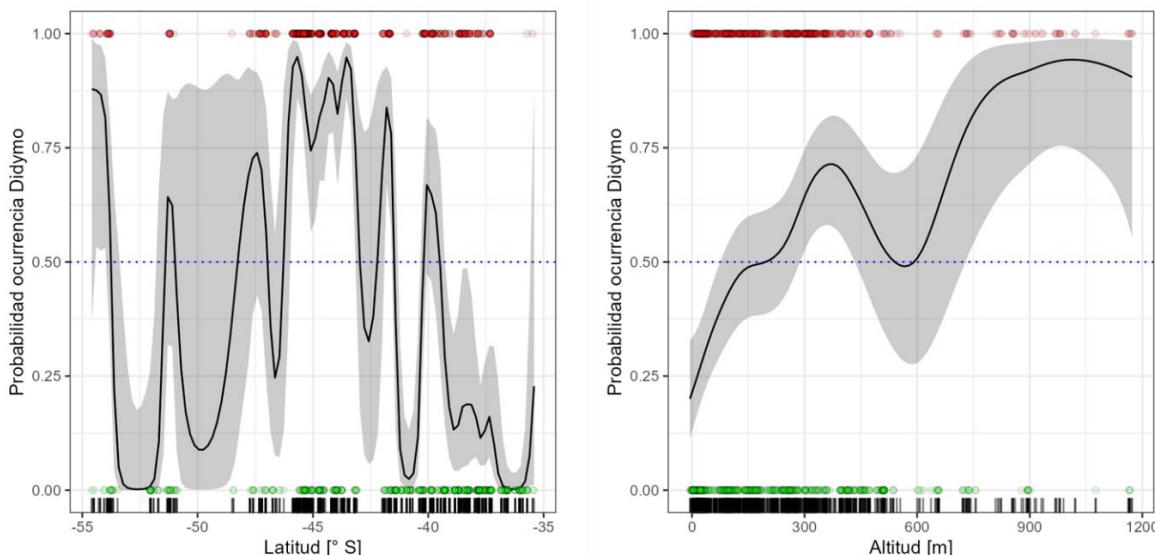


Figura 14. Gráficos de efectos parciales de variables latitud y altitud sobre la presencia/ausencia de Didymo en el perifiton (círculos rojos/verdes). Curvas negras representan las predicciones del modelo aditivo generalizado para la probabilidad de ocurrencia de Didymo en función de la variable ambiental de interés, manteniendo el resto de las variables ambientales en su valor promedio. Áreas grises representan intervalos de confianza del 95 %.

Las siguientes variables cuyas relaciones con la presencia de Didymo recibieron soporte de los datos fueron el calcio total ($edf = 5,91$; $\chi^2 = 25,46$, $p < 0,001$) y la temperatura ($edf = 3,53$; $\chi^2 = 24,19$, $p < 0,001$) (**Figura 15**). El calcio total se asoció a bajas probabilidades de ocurrencia a bajas concentraciones, para luego alcanzar un máximo de probabilidad de ocurrencia alrededor de los 10

mg L⁻¹. Si bien las predicciones son altas a mayores concentraciones, los intervalos de confianza son muy amplios, probablemente por falta de datos con estos valores. Por su parte, la temperatura presentó una relación positiva con la probabilidad de ocurrencia de Didymo. En este caso, es importante mencionar que esta relación positiva puede ser producto del diseño de muestreo más que de una relación fisiológica. A pesar de que se esperan mayores tasas de división a mayores temperaturas, también es cierto que en los muestreos realizados las menores temperaturas se asocian a meses de invierno, cuando el caudal y la radiación solar no favorece al perifiton en general, mientras que las mayores temperaturas se asocian a meses de primavera y verano con mayor radiación solar.

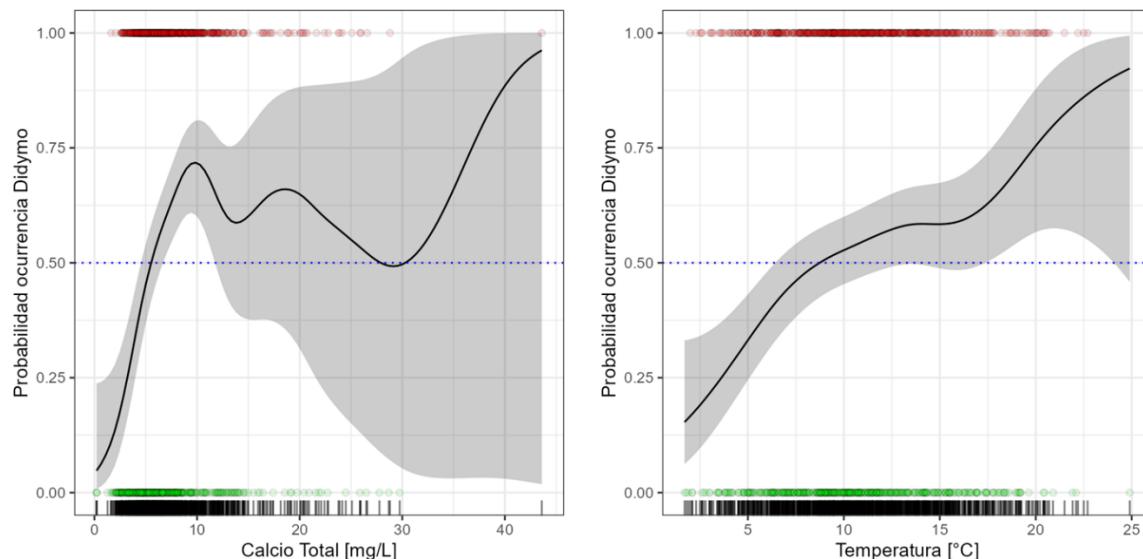


Figura 15. Gráficos de efectos parciales de variables calcio total y temperatura sobre la presencia/ausencia de Didymo en el perifiton (círculos rojos/verdes). Curvas negras representan las predicciones del modelo aditivo generalizado para la probabilidad de ocurrencia de Didymo en función de la variable ambiental de interés, manteniendo el resto de las variables ambientales en su valor promedio. Áreas grises representan intervalos de confianza del 95 %.

Las siguientes variables que presentaron relaciones con la presencia de Didymo con un menor soporte de los datos fueron el pH (edf = 3,11; Chi = 12,04, p = 0,016), el fósforo total (edf = 2,37; Chi = 9,22, p = 0,027), el número de Froude (edf = 1; Chi = 5,42, p = 0,020) y el nitrógeno total (edf = 1; Chi = 4,64, p = 0,031) (**Figuras 16 y 17**). El pH se asoció a altas probabilidades de ocurrencia de Didymo a valores < 6,5, mientras que el fósforo total solo se asoció a probabilidades de ocurrencia > 0,5 cuando se encontró con muy bajas concentraciones, cercanas al límite de detección. Un patrón similar de descenso en la probabilidad de ocurrencia se observó con el número de Froude y el nitrógeno total, aportando más evidencia de la preferencia de Didymo por sistemas con bajas concentraciones de nutrientes y corrientes relativamente estables. Finalmente, las relaciones entre Didymo y las variables conductividad (edf = 4,25; Chi = 9,69, p = 0,109), sílice total (edf = 4,83; Chi = 6,84, p = 0,370) y turbidez (edf = 1; Chi = 0,02, p = 0,874) no recibieron soporte de los datos (**Figura 18**).

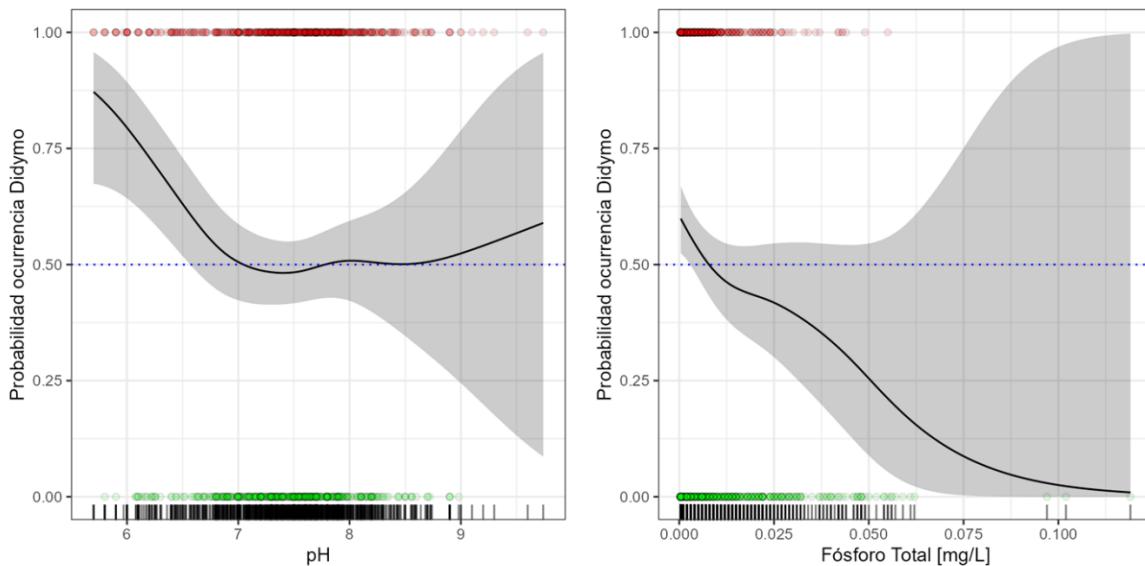


Figura 16. Gráficos de efectos parciales de variables pH y fósforo total sobre la presencia/ausencia de Didymo en el perifiton (círculos rojos/verdes). Curvas negras representan las predicciones del modelo aditivo generalizado para la probabilidad de ocurrencia de Didymo en función de la variable ambiental de interés, manteniendo el resto de las variables ambientales en su valor promedio. Áreas grises representan intervalos de confianza del 95 %.

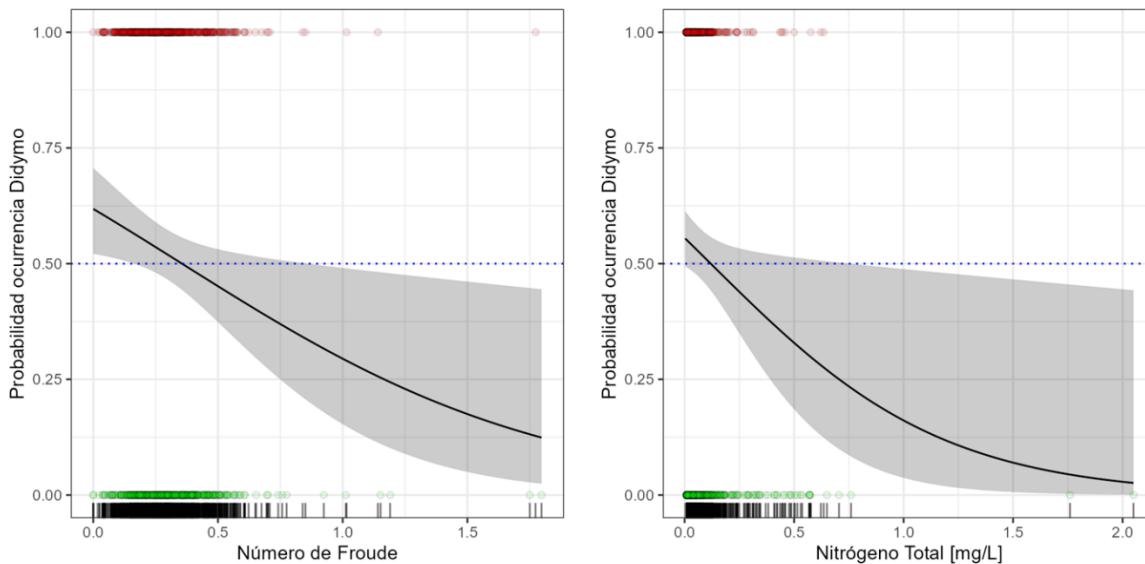


Figura 17. Gráficos de efectos parciales de variables número de Froude y nitrógeno total sobre la presencia/ausencia de Didymo en el perifiton (círculos rojos/verdes). Curvas negras representan las predicciones del modelo aditivo generalizado para la probabilidad de ocurrencia de Didymo en función de la variable ambiental de interés, manteniendo el resto de las variables ambientales en su valor promedio. Áreas grises representan intervalos de confianza del 95 %.

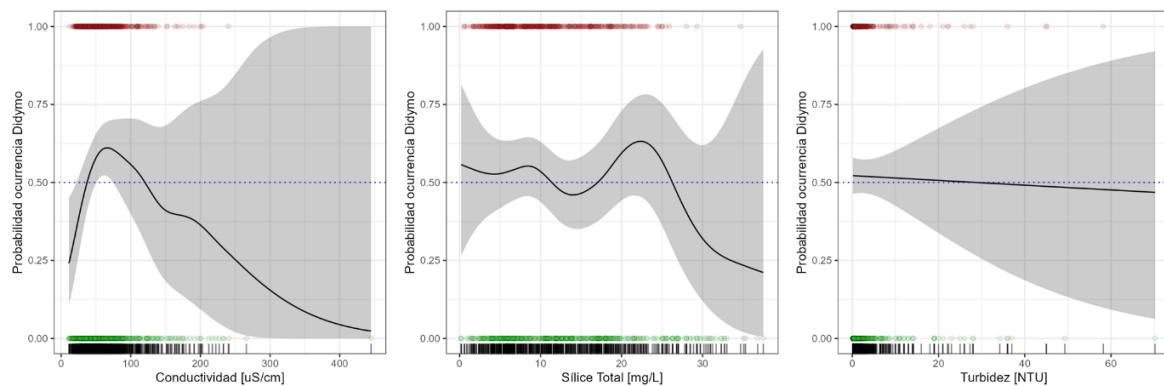


Figura 18. Gráficos de efectos parciales de variables conductividad y sílice total y turbidez sobre la presencia/ausencia de Didymo en el perifiton (círculos rojos/verdes). Curvas negras representan las predicciones del modelo aditivo generalizado para la probabilidad de ocurrencia de Didymo en función de la variable ambiental de interés, manteniendo el resto de las variables ambientales en su valor promedio. Áreas grises representan intervalos de confianza del 95 %.



6.4 Objetivo específico 3:

Describir las características ecológicas y la dinámica espacio-temporal de las comunidades bentónicas invadidas por *Didymosphenia geminata*, en cada una de las cuencas hidrográficas donde la especie ha sido declarada plaga.

A continuación, se muestran algunos aspectos acerca de la composición taxonómica general de los macroinvertebrados bentónicos, cuyas comunidades fueron analizadas para conocer sus características en presencia de la especie plaga *Didymosphenia geminata*. El listado taxonómico total de macroinvertebrados bentónicos correspondientes a las Etapas I a VII de este programa de Monitoreo, se constituyó de 180 taxa. La mayor parte de éstos correspondió al Phylum Arthropoda (151 taxa), seguido de Mollusca (18 taxa), Annelida (9 taxa) y Platyhelminthes (2 taxa). Los Arthropoda concentraron 17 Órdenes de los cuales 10 correspondieron a la Clase Insecta. Dentro de esta clase, los Órdenes que registraron un mayor número de taxa fueron Ephemeroptera (41 taxa), Plecoptera (29 taxa), Trichoptera (23 taxa), Diptera (15 taxa) y Coleoptera (10 taxa) (**Tabla 29**).

Tabla 29

Número de taxa de macroinvertebrados bentónicos correspondientes a las Etapas I a VII de este programa de Monitoreo. El número de taxa se muestra por Phylum, Clase y Orden.

Taxa	Número de Taxa
Phylum: Annelida	9
Clase Clitellata	9
Arhynchobellida	1
Crassiclitellata	1
Haplotaxida	5
Hirudinea	1
Lumbriculida	1
Phylum: Mollusca	18
Clase Bivalvia	3
Sphaeriida	2
Unionida	1
Clase Gastropoda	15
Basommatophora	11
Littorinimorpha	4
Phylum: Platyhelminthes	2
Clase Turbellaria	2
Tricladida	2
Phylum: Arthropoda	151
Clase Arachnida	1
Trombidiformes	1

Taxa	Número de Taxa
Clase Branchiopoda	1
Diplostraca	1
Clase Collembola	2
Entomobryomorpha	1
Poduromorpha	1
Clase Insecta	135
Coleoptera	10
Diptera	15
Ephemeroptera	41
Hemiptera	3
Lepidoptera	2
Mecoptera	1
Megaloptera	4
Odonata	7
Plecoptera	29
Trichoptera	23
Malacostraca	12
Amphipoda	3
Decapoda	8
Isopoda	1

En la **Figura 19** (izquierda) es posible observar de manera proporcional el número de taxa identificado para todas las Clases identificadas, en el periodo correspondiente a las Etapas I a VII. Las Clases Malacostraca, Clitellata, Gastropoda e Insecta son aquellas que concentran el mayor número de taxa, destacándose que la Clase Insecta reúne un 75% del número total de taxa identificados. Estas mismas cuatro Clases registraron las mayores abundancias las cuales se encuentran estandarizadas como

número de individuos/m². La Clase Insecta representa el 87% de la abundancia total registrada en todo el periodo de ejecución del monitoreo que correspondió a 833.002 ind/m² (**Figura 19**, derecha).

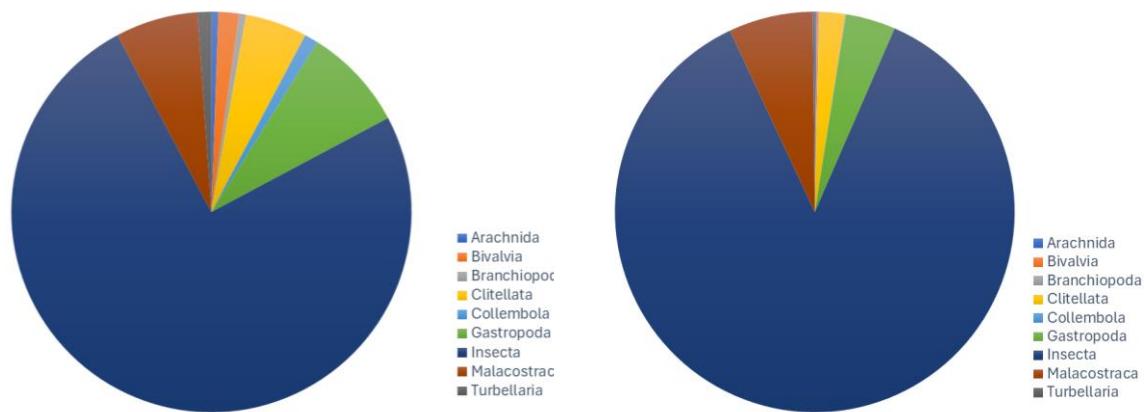


Figura 19. Clases de macroinvertebrados bentónicos identificados durante las Etapas I a VII (2016-2023). Número de taxa identificados por Clase (izquierda) y sus abundancias (ind/m², derecha).

Se analizó la abundancia relativa de los órdenes más representativos de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos de acuerdo a la información histórica de este programa. La abundancia relativa predominante para todas las cuencas correspondió a los insectos del Orden Diptera, Ephemeroptera, Trichoptera y Plecoptera, seguida de los caracoles Basommatophora y los crustáceos Amphipoda en las cuencas de Magallanes.

La composición y estructura comunitaria general de los macroinvertebrados se encuentra representada en la **Figura 20**. A través de ANOSIM se encontró que estas comunidades fueron significativamente distintas a través de las tres Zonas latitudinales, resultando $R=0,78$ y $p=0,1\%$. Las comparaciones pareadas entre zonas mostraron $R>0,7$ y estadísticamente significativas ($p=0,1\%$), indicando que la Zonas Norte (cuencas 73 a 101 o Maule a Valdivia), Zona Sur (cuencas 104 a 115 o Petrohué a Baker) y Zona Austral (cuencas 122 a 128 o río Serrano a Tierra del Fuego) fueron estadísticamente distintas entre sí. En el nMDS de la **Figura 20** es posible observar el ordenamiento espacial de las cuencas y la disimilitud existente entre ellas y entre las Zonas latitudinales.

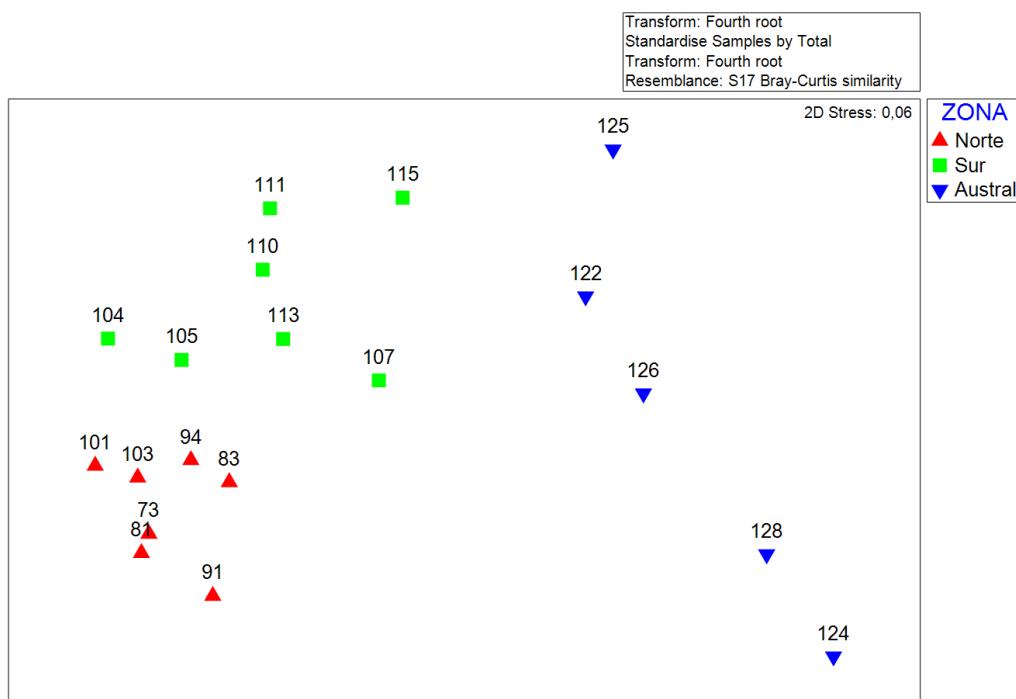


Figura 20. Escalamiento Multidimensional No Paramétrico (nMDS) basado en la abundancia de familias de macroinvertebrados por cuenca, diferenciando las tres zonas latitudinales. Los números representan el código de las cuencas, de acuerdo al inventario de la DGA. 73: Río Maule, 81: Río Itata, 83: Río Biobío, 91: Río Imperial, 94: Río Toltén, 101: Río Valdivia, 103: Río Bueno, 104: Cuencas e Islas entre R. Bueno y R. Puelo, 105: Río Puelo, 107: Río Yelcho, 110: Río Palena y Costeras Límite Décima Región, 111: Costeras e Islas entre R. Palena y R. Aisén, 113: Río Aisén, 115: Río Baker, 117: Río Pascua, 122: Costeras entre Seno Andrew y R. Hollemburg e islas al oriente, 124: Costeras e Islas entre R. Hollemburg, Golfo Alte. Laguna Blanca, 126: Vertiente del Atlántico y 128: Tierra del Fuego.

6.4.1 Características de las comunidades de macroinvertebrados invadidas por *Didymosphenia geminata*

Se realizó una serie de análisis que permitió conocer en detalle las variaciones en la abundancia de los taxa más representativos. En primera instancia se realizaron análisis descriptivos exploratorios para poder conocer las principales tendencias de los datos respecto a la presencia y ausencia de Didymo. Se detectaron diferencias en la abundancia relativa (%) entre la condición de ausencia y presencia de Didymo en la mayoría de los taxa y de las 15 cuencas analizadas. Se cuantificó el número de cuencas donde un determinado taxa presentó una disminución, incremento o invariabilidad de la abundancia relativa, en presencia de Didymo (**Figura 21**). En el caso de los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera, Basommatophora y Lithorinomorpha, predominó el número de cuencas donde la abundancia disminuyó en presencia de Didymo. En cambio, el Orden Diptera exhibió un incremento en su abundancia en gran parte de las cuencas que presentaron Didymo. Por su parte, los órdenes Trichoptera y Amphipoda no registraron un predominio del incremento del número de cuencas con incremento o disminución de la abundancia en presencia de Didymo.

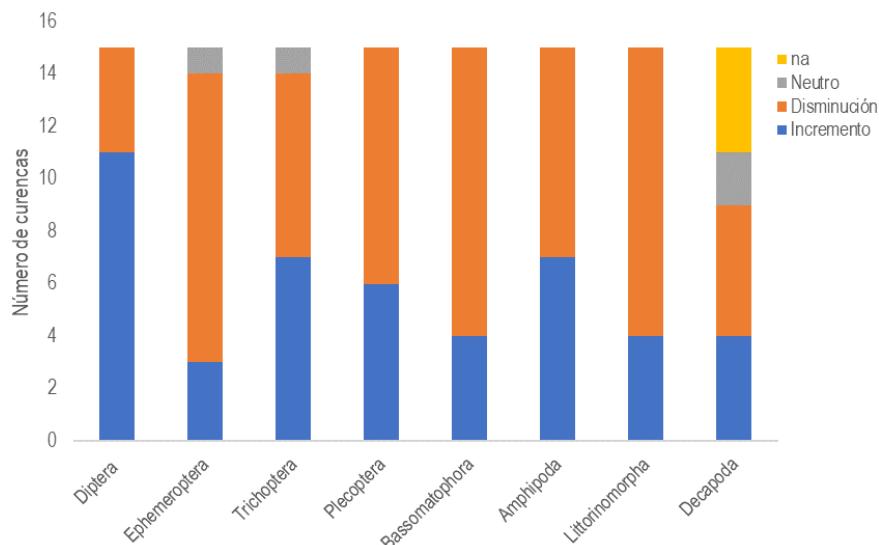


Figura 21. Número de cuencas en las que se observó incremento o disminución del número de individuos/m² para ocho Órdenes, en presencia de Didymo. La categoría “neutro” correspondió a los casos en que no se observó cambios en la abundancia. “na” indica que el Orden no se encuentra presente en determinadas cuencas.

La abundancia relativa fue también analizada separadamente para las 15 cuencas que presentaron estaciones con presencia (1) y ausencia (0) de *D. geminata* (**Figura 22, Tabla 30**). No se encontraron patrones espaciales asociados a las cuencas. Se encontró que el Orden Diptera presentó un incremento en su abundancia relativa en 11 de las 15 cuencas cuando Didymo estuvo presente. Se observó una disminución en la abundancia en las cuencas del Itata (81), Valdivia (101), Baker (115) y Costeras entre Seno Andrew y R. Hollemburg e islas al oriente (122 o cuenca del río Serrano) en presencia de Didymo.

Los Órdenes Trichoptera y Amphipoda incrementaron su abundancia en presencia de Didymo, en las cuencas del Biobío (83), Imperial (91), Toltén (94), Valdivia (101), Puelo (105), Palena (110), Aysén (113) para el primer caso, y en las cuencas del Biobío (83), Valdivia (101), Puelo (105), Yelcho (107), Palena (110), Aysén (113), Baker (115) y Serrano (122). El Orden Plecoptera exhibió un aumento en su abundancia cuando Didymo estuvo presente en las cuencas del Maule (73), Valdivia (101), Puelo (105), Baker (115), Serrano (122) y Tierra del Fuego (128). En el caso del Orden Ephemeroptera presentó mayoritariamente una disminución de su abundancia cuando Didymo estuvo presente, y solo mostró incremento en las cuencas del Maule (73), Valdivia (101) y Yelcho (107).

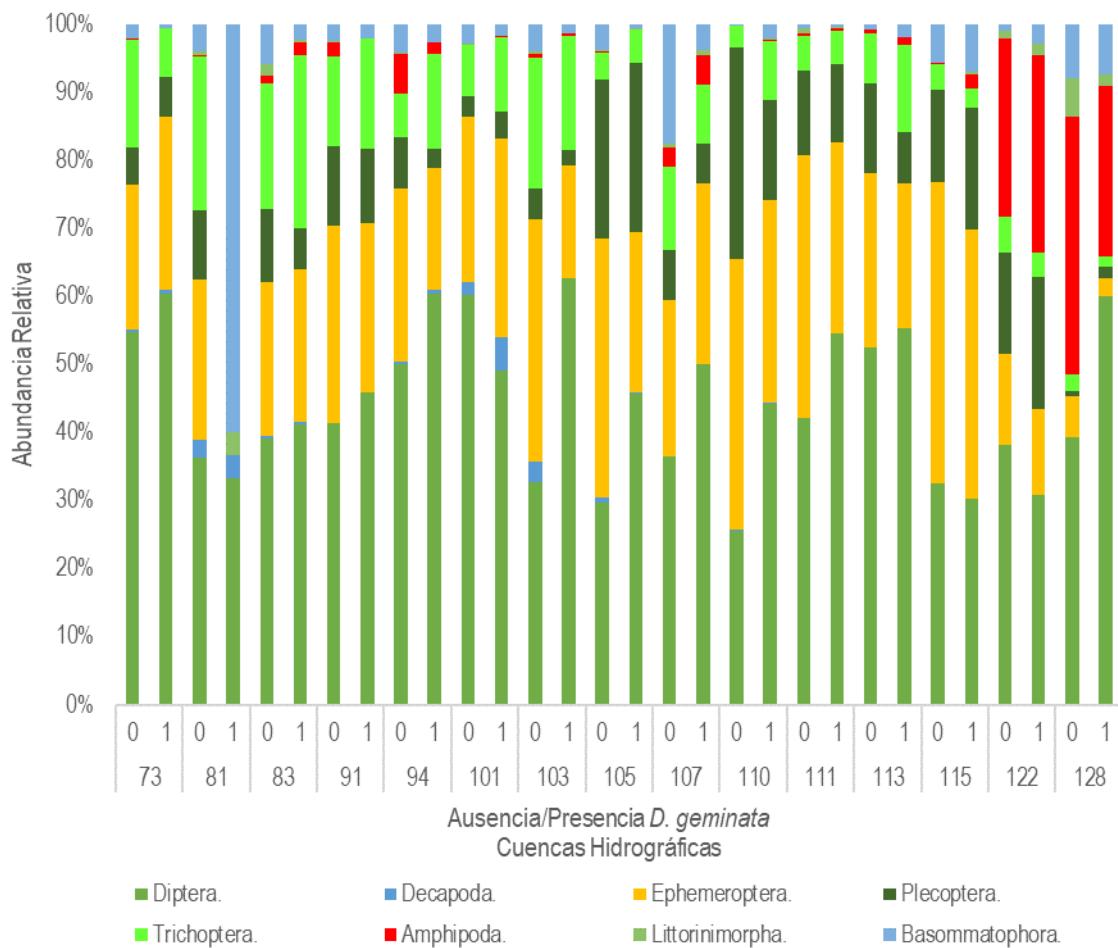


Figura 22. Abundancia relativa (%) de 8 taxa en cuencas que presentaron la condición ausencia (0) y presencia (1) de *Didymosphenia geminata*. Los colores de las áreas corresponden a los distintos taxa analizados.

**Tabla 30**

Tendencia observada en la abundancia relativa de los principales taxa, a través de 15 cuencas en la condición de presencia de Didymo. (+) incremento y (-) disminución en la abundancia. 0 sin variaciones observadas y "na" ausencia del taxa. Se utilizan los códigos de cuenca del Inventario Nacional de Cuenca y Lagos de la Dirección General de Aguas. 73: Maule, 81: Itata, 83: Biobío, 91: Imperial, 94: Toltén, 101: Valdivia, 103: Bueno, 105: Puelo, 107: Yelcho, 110: Palena, 111: Cisnes, 113: Aysén, 115: Baker, 122: Serrano, 128: Tierra del Fuego.

Orden	Cuenca hidrográficas														
	73	81	83	91	94	101	103	105	107	110	111	113	115	122	128
Diptera	+	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	-	+
Ephemeroptera	+	-	0	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-
Trichoptera	-	-	+	+	+	+	-	+	-	+	0	+	-	-	-
Plecoptera	+	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	+	+	+
Bassomatophora	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-
Amphipoda	-	-	+	-	-	+	-	-	+	+	-	+	+	+	-
Littorinomorpha	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+	+	-
Decapoda	+	+	-	-	+	+	-	-	0	-	na	0	na	na	na

Se realizaron distintos análisis exploratorios multivariados para conocer las principales características de las comunidades fluviales invadidas por Didymo. La estructura y composición de las comunidades mostraron que el factor Zona+Dg 0/1 fueron significativos, de acuerdo a los resultados de ANOSIM, con un valor de R=0,4; p= 0,1 (**Figura 23**). En esta figura es posible observar que existe una segregación entre las Zonas Norte, Sur y Austral, y disimilitud entre las condiciones de presencia y ausencia de Didymo en cada Zona. Los resultados de SIMPER mostraron que los taxa que contribuyeron mayormente a la similitud de los tres grupos con presencia de Didymo (1), fueron Chironomidae (Diptera) con una contribución >40%, *Smicridea* (Trichoptera) con una contribución >6%, *Meridialaris* (Ephemeroptera) con una contribución >20% y *Chilina* (Gastropoda) con una contribución >7% en la Zona Austral. Las variaciones de las abundancias de cada taxa se muestran en la **Figura 24**.

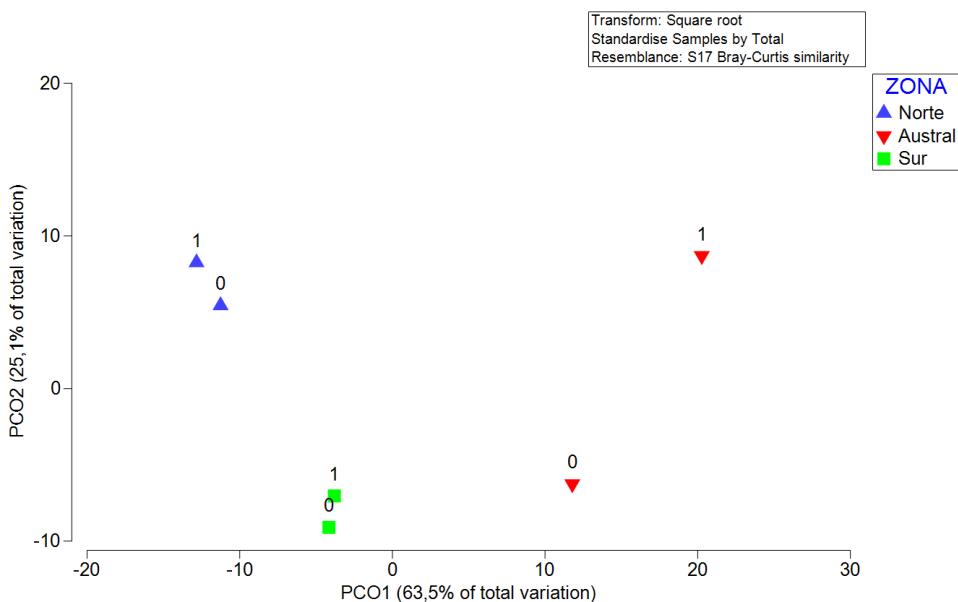


Figura 23. Análisis de Coordenadas Principales (PCO) basado en una matriz de abundancia de macroinvertebrados bentónicos por grupo Zona+Dg(0/1) registrados entre la Etapa I y VII. 0 indica Ausencia y 1 indica Presencia de Didymo.

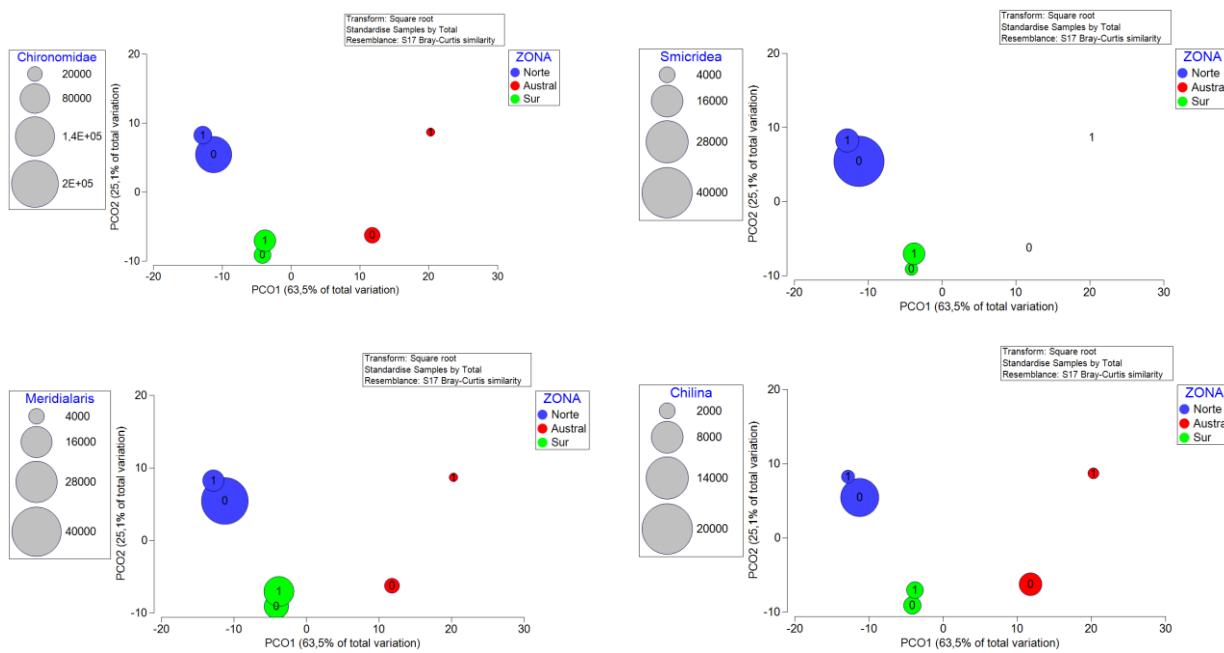


Figura 24. Análisis de Coordenadas Principales (PCO) basado en una matriz de abundancia de macroinvertebrados bentónicos por grupo Zona+Dg(0/1) registrados entre la Etapa I y VII. Se sobrepusieron burbujas que representan la abundancia de los taxa más relevantes de acuerdo a SIMPER.

Posteriormente, se evaluaron las características de las comunidades a través de categorías de densidad celular de Didymo (**Figura 25**), las cuales fueron definidas a través de rangos que fueron puestos a prueba a través de ANOSIM. Las categorías fueron: Ausente, Baja (<500 cél./mm 2), Alta (<1500 cél./mm 2) y Muy Alta (<3500 cél./mm 2). Las categorías de crecimiento (Ausente, Baja, Alta, Muy Alta) mostraron diferencias significativas entre los grupos y que adicionalmente, este efecto estuvo relacionado con las zonas geográficas. Los resultados del ANOSIM cruzado entre las categorías y las Zonas, reveló diferencias significativas entre las Categorías a través de las Zonas ($R=0,449$; $p=0,1\%$) y también entre las Zonas a través de las Categorías ($R=0,273$; $p=0,1\%$) (**Figura 26**). Estos resultados permiten destacar que las comunidades de macroinvertebrados son distintas en relación a las categorías de crecimiento celular de Didymo y que estas diferencias también dependen de la cuenca o la zona latitudinal analizada. Además, los resultados de SIMPER para las categorías de densidad de Didymo (**Figura 27**) mostraron una tendencia muy similar a los resultados de SIMPER realizado para los grupos de presencia /ausencia de Didymo por Zona (**Figura 24**), con marcadas variaciones en la abundancia de taxa como Chironomidae, *Meridialaris*, *Smicridea*, Limnephilidae y *Chilina*, cuyo incremento y disminución dependen de la Zona Latitudinal estudiada y de las características de cada cuenca específica de estudio, lo cual fue representado previamente en la **Figura 22**.

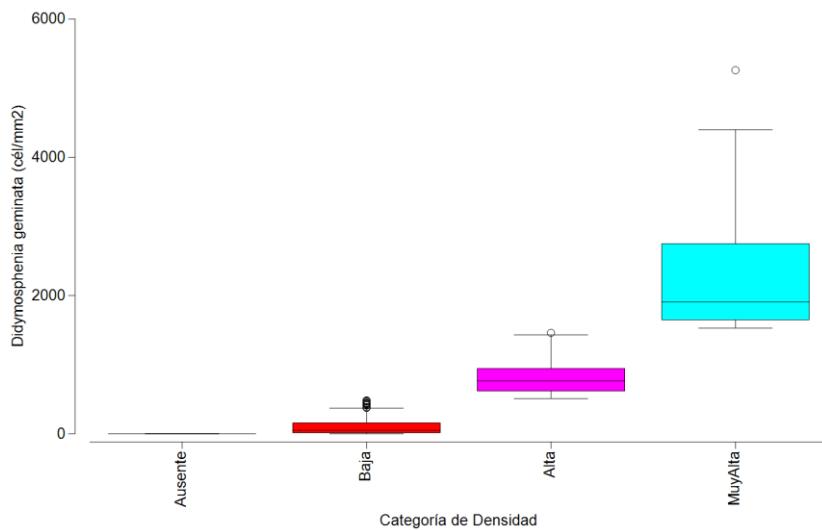


Figura 25. Variación de la densidad promedio de *D. geminata* (cél/mm 2) a través de los rangos definidos en base a la información recabada durante las Etapas I a VI del monitoreo (Ausente, Baja, Alta y Muy Alta). Los whiskers corresponden a los errores estándar para cada una, mientras que los círculos son los valores extremos de cada rango.

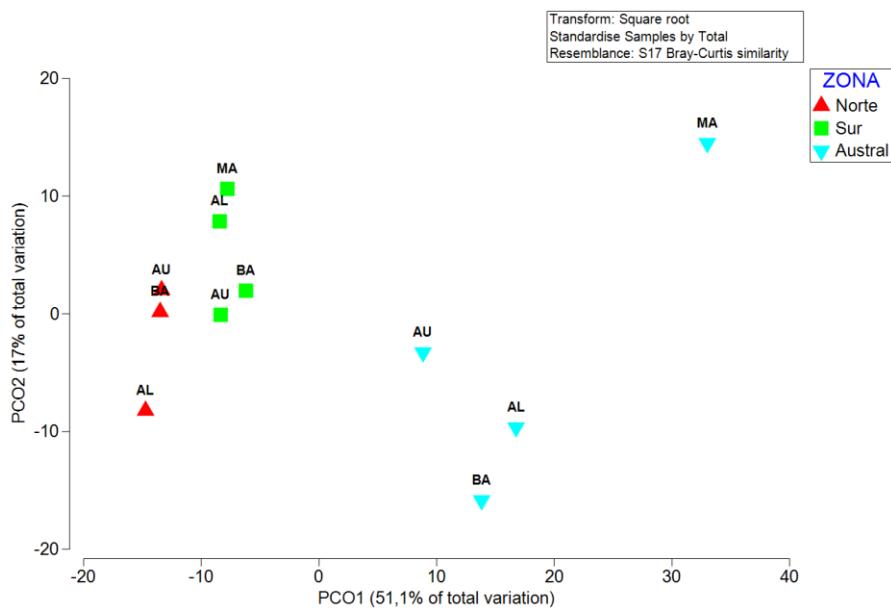


Figura 26. Análisis de Coordenadas Principales (PCO) basado en una matriz de abundancia de macroinvertebrados bentónicos por Zona+Categoría de densidad celular de Didymo, correspondiente al periodo entre la Etapa I y VII de este programa de monitoreo. Categoría: Ausente, Baja, Alta y Muy Alta.

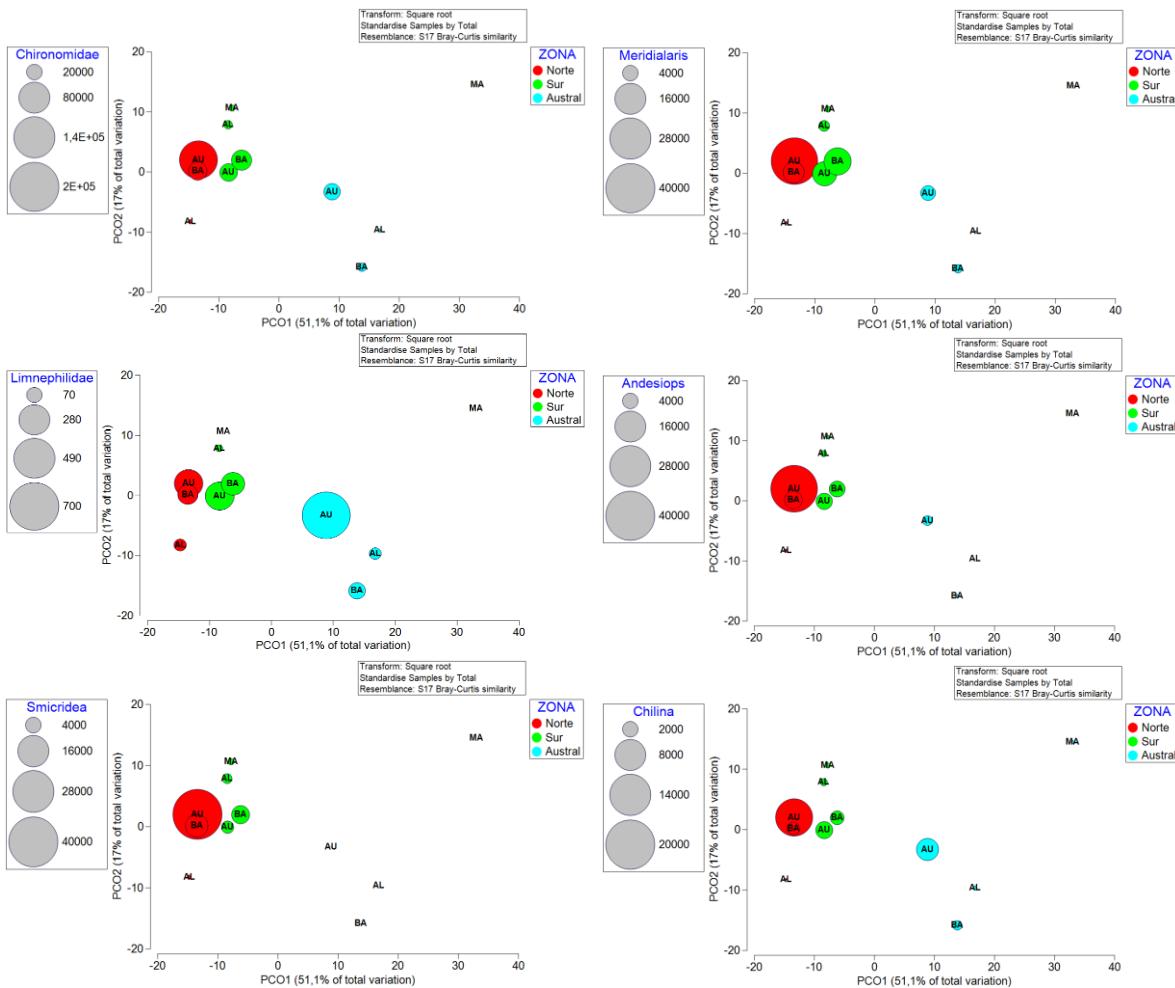


Figura 27. Análisis de Coordenadas Principales (PCO) basado en una matriz de macroinvertebrados bentónicos registrados por grupo Zona-Categoría entre las Etapa I y VII. Las abundancias de los taxa que contribuyeron a la disimilitud entre grupos fueron sobrepujados al PCO como burbujas donde los colores corresponden a las Zonas y las etiquetas a las categorías de Crecimiento de *D. geminata*. El tamaño de las burbujas es proporcional a la abundancia de los taxa.

Se analizaron distintos parámetros de diversidad de macroinvertebrados para describir las comunidades de cada Zona-Categoría. En el caso de la riqueza de taxa (Figura 28, superior), no se encontró una tendencia clara que permita caracterizar las comunidades de acuerdo a las Zonas-Categorías. Se observó un incremento de la riqueza en la cuenca del río Bueno para luego decaer en la cuenca del río Aysén. En la cuenca del río Biobío la riqueza disminuyó en la categoría Baja pero en la categoría Muy Alta no se observó diferencias respecto a la categoría Ausente y Baja. En la Cuenca del río Bueno no se registraron cambios significativos entre las tres categorías. En la cuenca del río Aysén se observó un incremento del valor de la riqueza en la Categoría Muy Alta en comparación a



las categorías Ausente y Baja. En el caso de la diversidad de Simpson, en la cuenca del río Biobío se registró una disminución de este parámetro en la categoría Baja respecto a la categoría Ausente, pero en Muy Alta no se observaron cambios significativos. En la Cuenca del río Bueno no se registraron cambios significativos entre las tres categorías. En la cuenca del Aysén existió una disminución en la diversidad en la categoría Baja en comparación a la categoría Ausente, mientras que en la categoría Muy Alta no hubo diferencias en relación a las dos categorías restantes. Acerca de la diversidad beta o recambio de especies que fue medida a través de la Dispersión Multivariada, se encontró una disminución significativa y sostenida de este parámetro a medida que aumentó la densidad celular de Didymo, en las tres cuencas hidrográficas analizadas. Este último resultado permite destacar que las comunidades invadidas por Didymo tendrían una tendencia a la homogenización en un amplio rango latitudinal.

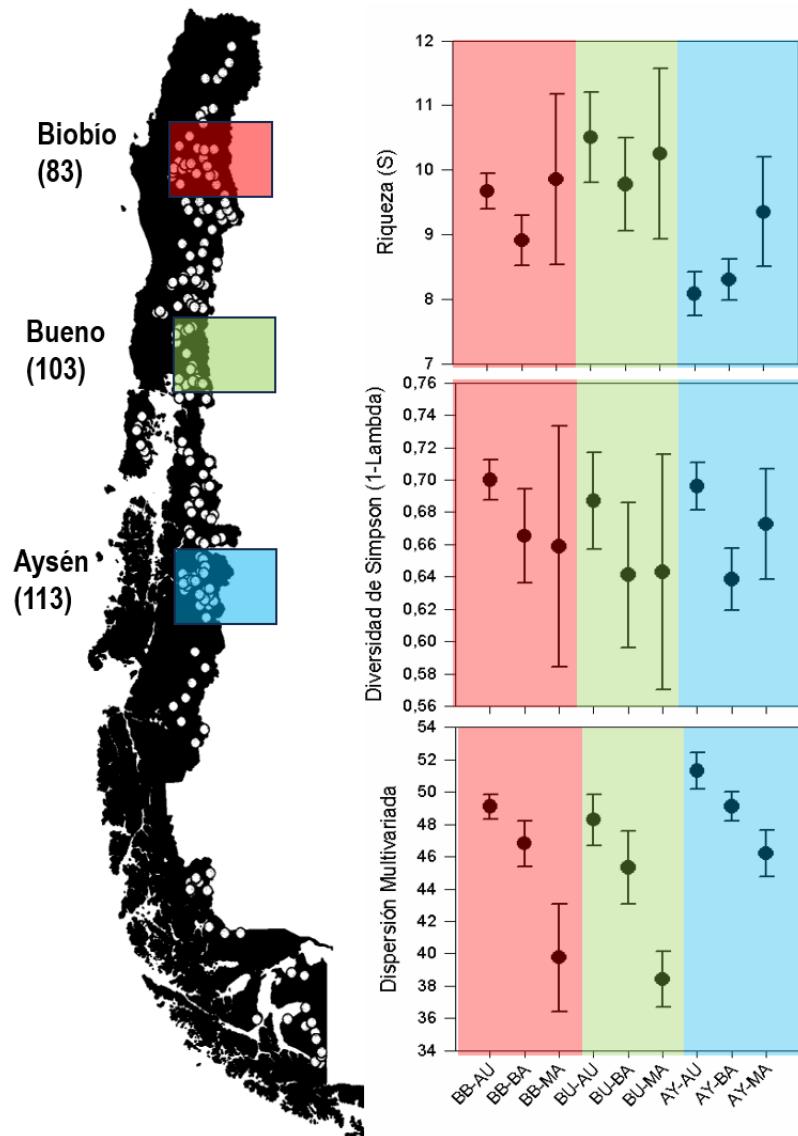


Figura 28. Variación de la diversidad comunitaria de macroinvertebrados bentónicos en tres cuencas hidrográficas a través de tres Categorías de densidad de *D. geminata*. En el eje "y" se muestran cuatro parámetros de diversidad comunitaria: Número de taxa (superior), Diversidad de Simpson (medio) y Dispersión Multivariada (inferior). Cada símbolo representa el valor promedio y los whiskers corresponden al error estándar de cada parámetro.



6.5 Objetivo específico 4:

*Estudiar los impactos de la invasión de *Didymosphenia geminata* sobre las actividades económicas desarrolladas en la cuenca del río Puelo.*

6.5.1 Características sociodemográficas.

Género

Al desglosar la información por género, se observa que el 58% de personas entrevistadas son de género masculino, el 35% femenino, y un 17% ha optado por no especificar su género o se identifica con otra categoría.

Edad

En cuanto a la edad de los encuestados, el análisis muestra un promedio de 45 años, con un rango que va desde los 20 hasta los 76 años. Es notorio que existe una correlación inversa entre la edad y el nivel educativo: a medida que el nivel educativo aumenta, la media de edad tiende a ser menor. Esto podría interpretarse como un indicativo del incremento en la educación formal en las nuevas generaciones.

Nivel educacional

Si se considera la enseñanza profesional/técnico y el postgrado como estudios superiores, se observa que el 39% de las personas encuestadas cuenta con algún tipo de educación superior. En contraste, un 8% de las personas no ha completado ningún nivel de estudios formales. Al analizar la edad promedio según el nivel educativo, se destaca que aquellos con enseñanza básica tienen una edad promedio más alta, de 52 años, en comparación con los que tienen estudios superiores, cuya edad promedio ronda los 41 años (**Tabla 31**).

Tabla 31
Nivel de educación de los participantes.

Nivel de Educación	Número de Personas	Participación Relativa	Edad Promedio
Enseñanza básica	34	24%	52
Enseñanza media	41	28%	47
Enseñanza profesional/técnico	52	36%	41
Postgrado	5	3%	41
Sin estudios	12	8%	-
TOTAL	144	100%	45

Ocupación

El turismo sobresale como el sector más representado en la muestra, con un 25% de las personas trabajando en este rubro. Le siguen el rubro del hogar y cuidados, y los sectores de la pesca y la construcción, cada uno con un 9% de representación. Estos cuatro rubros principales abarcan más de la mitad de las ocupaciones, específicamente el 56% del total (**Tabla 32**).



Tabla 32
Ocupación de los participantes.

Rubro	Número de Personas	Participación Relativa (%)
Agricultura	12	8.3
Ciencia/Salud	7	4.9
Comercio	7	4.9
Construcción	13	9.0
Educación	10	6.9
Hogar	19	13.2
Pesca	13	9.0
Públicos	5	3.5
Turismo	36	25.0
Otro	22	15.3

Nivel de ingresos de los participantes

De los datos se observa que la mayoría de los participantes, de acuerdo con lo que declararon no gana más de \$500.000/mes (**Figura 29**).

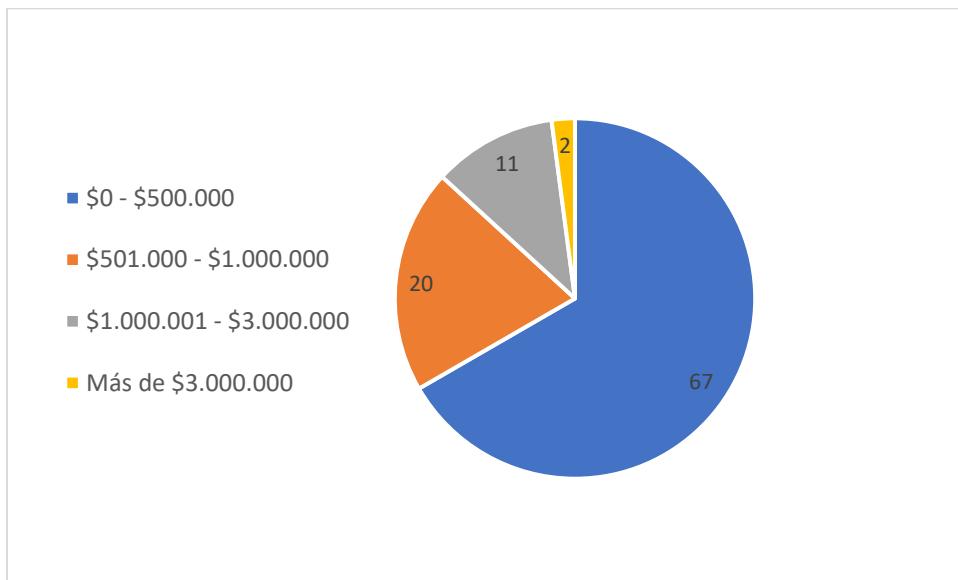


Figura 29. Porcentaje de rango de ingresos de los participantes.

6.5.2 Conocimiento y percepción de presencia de Didymo

Conocimiento del Didymo

133 personas declararon conocer el Didymo (92,4%) frente a 11 personas que declararon no conocerlo (7,6%). De las 11 personas que declararon no conocer el Didymo, 2 lo identificaron gracias a las imágenes. Por tanto, se consideraron 135 encuestadas para los análisis posteriores (i.e., 93,8% de los encuestados conocía Didymo, **Figura 30**).

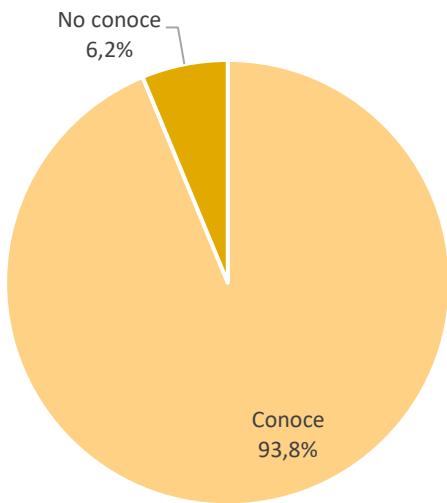


Figura 30. Porcentaje de encuestados que declararon conocer el Didymo considerando aquellos que lo identificaron gracias a las imágenes (135 personas).

Al preguntar a las personas qué conocen o saben sobre el Didymo, se obtuvieron las respuestas organizadas en la **Tabla 33**.

Tabla 33
Descripción de las categorías de la pregunta abierta ¿Qué conoce sobre el Didymo?

Categoría	Descripción	%
En un alga	Identifica a Didymo como un organismo algal, ya sea invasora, introducida o nociva para otras especies y las personas.	79,86
Genera contaminación	Identifica a Didymo como un organismo contaminante, sin mencionar que es un alga.	1,39
Es un hongo	Identifica a Didymo como un organismo del reino funga.	2,78
Es un organismo larval	Identifica a Didymo como un organismo larval.	0,69
Algo no identificado	El encuestado ha escuchado o visto al Didymo, o describe características sin mencionar que es un alga.	6,94
No sabe	El encuestado no sabe nada sobre Didymo.	8,33

Percepción sobre presencia del Didymo en el río Puelo y otros ríos

De las 135 personas que identificaron el Didymo, 125 declararon conocer la presencia de Didymo en el río Puelo (92,6%) mientras que 10 personas declararon no saber de su presencia en dicho río (7,4%). En cuanto a la presencia del Didymo en otros ríos, 85 personas (63%) declararon conocer su presencia en otros ríos y lagos y 50 (37%) personas declararon no conocer su presencia en estos (**Tabla 34**).

**Tabla 34**

Percepción sobre presencia de Didymo en el río Puelo y otros ríos.

Conocimiento de presencia de Didymo	N	%
Conocimiento presencia de Didymo en el río Puelo		
Sí	125	92,6
No	10	7,4
Conocimiento presencia de Didymo en otros ríos		
Sí	85	63,0
No	50	37,0

A los participantes también se les preguntó en qué sector del río Puelo hay presencia de Didymo. Las respuestas se presentan en la **Tabla 35**.

Tabla 35

Descripción de las subcategorías de la pregunta abierta ¿En qué sector del río Puelo hay presencia de Didymo?

Categoría	Descripción	%
Todo el río	Se distribuye a lo largo de todo el río	38,19
Río arriba	Hace referencia a algún sector desde Lago Inferior a Tagua-Tagua	29,17
Río abajo	Hace referencia a algún sector desde Tagua-Tagua a desembocadura	4,17
Lugar puntual	Hace referencia a un lugar puntual (Traidor, Tagua-Tagua, desembocadura, Embarcadero, Gualas, Portón, Primer Corral, Manso)	11,8
No sabe	El encuestado no sabe o no responde	16,67

Las respuestas respecto a la pregunta relativa al conocimiento de las personas sobre qué otros ríos experimentan la invasión se encuentran en la **Tabla 36**.

Tabla 36

Descripción de las subcategorías de la pregunta abierta ¿En qué otros ríos hay presencia de Didymo?

Categoría	Descripción	%
LOCAL	Hace referencia a ríos o lagos dentro de la comuna	27,08
REGIÓN	Hace referencia a zonas dentro de la región (Futaleufú, Llanquihue, Petrohué)	10,43
PATAGONIA	Hace referencia a algún sector de la Patagonia	6,25
BIOBIO	Hace referencia a algún sector de la región del Biobío	2,08
ARAUCANIA	Hace referencia a algún sector de la región de la Araucanía	0,69
RM	Hace referencia a un lugar de la región metropolitana	1,39
NORTE	Hace referencia a un sector del norte de Chile	0,69
TODO CHILE	Hace referencia a que se encuentra en todo Chile	1,39
ARGENTINA	Hace referencia a un sitio en Argentina (Rahue)	1,39
NO SABE	El encuestado no sabe o no responde	48,61



6.5.3 Valoración social

Percepción de importancia del río Puelo y servicios ecosistémicos

Tal como fue mencionado, previo a indagar en los efectos de la plaga, se incorporaron preguntas relativas a la importancia del río Puelo y de los servicios ecosistémicos que otorga. Los resultados se presentan a continuación. El río Puelo fue percibido como muy importante (87,4%) o importante (11,1%) (**Tabla 37**).

Tabla 37
Importancia percibida del río Puelo (n=135).

Grado de importancia	N	%
Algo importante	1	0,7%
Indiferente	1	0,7%
Importante	15	11,1%
Muy importante	118	87,4%

Valoración de servicios ecosistémicos del río Puelo

Previo a preguntar por los efectos de Didymo en diferentes servicios ecosistémicos, los participantes fueron consultados por diferentes servicios ecosistémicos que ofrece el río Puelo y su importancia. Los resultados se presentan en la **Tabla 38**.

Tabla 38
Valoración de servicios ecosistémicos proporcionados por el río Puelo. Servicios ordenados por puntaje de importancia en orden descendente. Los servicios corresponden a los de la **Tabla 1** de este informe.

Tipo servicio	Servicio ecosistémico	Promedio de importancia	Desviación estándar	% no sé
Cultural	Sentido de pertenencia y arraigo con el territorio que comprende la cuenca del río Puelo	4,78	0,72	7,41
Cultural	Belleza escénica que proporciona el río Puelo en toda su extensión	4,76	0,76	5,93
Cultural	Posibilidades de realizar diferentes actividades turísticas en la cuenca del río Puelo	4,71	0,78	6,67
Cultural	Posibilidades de realizar investigación en la cuenca del Río Puelo	4,68	0,86	10,37
Regulación	Mantención de hábitat de diferentes especies acuáticas presentes en el río	4,62	0,87	7,41
Regulación	Mantención de las propiedades fisicoquímicas del agua	4,58	0,90	14,07
Cultural	Posibilidades de realizar pesca deportiva	4,56	1,01	6,67
Provisión	Provisión de agua para consumo humano	4,20	1,38	9,63
Provisión	Provisión de salmones para alimentación	4,07	1,40	10,37
Provisión	Provisión de otros peces para alimentación y consumo humano	4,02	1,42	12,59
Provisión	Provisión de agua para ser utilizada como fuente de energía	3,57	1,63	14,81



Los resultados de la valoración de servicios ecosistémicos por parte de los encuestados muestran una alta valoración de servicios culturales y de regulación (**Tabla 38**), destacando en los primeros puestos el sentido de pertenencia, la belleza escénica, las oportunidades para realizar investigación y turismo y las posibilidades de realizar pesca deportiva. Estos servicios mostraron una alta valoración con poca variabilidad en las respuestas. El servicio menos valorado fue la provisión de agua como fuente de energía, con una mayor diversidad de respuestas y casi un 15% de omisiones.

Se encontraron diferencias significativas en la valoración de servicios según el nivel de estudios y el género de los encuestados (**Tablas 39 y 40**).

Tabla 39

Resumen de promedios de importancia de servicios en base al nivel de estudios, valores K del análisis de Kruskal-Wallis y valor p del mismo. En subrayado los valores que se diferencian del resto de los grupos.

Nivel de estudios	Posibilidades de realizar diferentes actividades turísticas en la cuenca del río Puelo	Sentido de pertenencia y arraigo con el territorio que comprende la cuenca del río Puelo	Posibilidades de realizar investigación en la cuenca del Río Puelo	Mantención de las propiedades fisiocoquímicas del agua	Posibilidades de realizar pesca deportiva	Provisión de agua para ser utilizada como fuente de energía	Belleza escénica que proporciona el río Puelo en toda su extensión
Básica	4,79	4,69	4,74	4,68	4,62	3,54	4,83
Media	<u>4,55</u>	4,77	4,63	4,50	4,67	3,45	4,68
Postgrado	4,80	5,00	4,60	<u>4,40</u>	<u>4,40</u>	3,40	4,80
Profesional							
I-técnico	4,78	4,82	4,67	4,57	<u>4,42</u>	3,61	4,78
Sin estudios	5,00	<u>4,50</u>	<u>5,00</u>	5,00	5,00	<u>5,00</u>	<u>5,00</u>
Valor K	14,20	11,75	16,94	9,80	13,52	11,68	15,89
Valor p	0,007	0,019	0,002	0,043	0,009	0,019	0,031

Tablas 40

Resumen de promedios de importancia de servicios en base al género, valores K del análisis de Kruskal-Wallis y valor p del mismo.

Género	Provisión de agua para consumo humano	Provisión de salmones para alimentación	Posibilidades de realizar diferentes actividades turísticas en la cuenca del río Puelo	Posibilidades de realizar pesca deportiva	Belleza escénica que proporciona el río Puelo en toda su extensión
Femenino	4,29	4,33	4,64	4,50	4,79
Masculino	4,12	3,95	4,74	4,57	4,74
nd	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Otra	5,00	2,00	5,00	5,00	5,00
Valor K	8,80	13,03	11,10	9,74	13,76
Valor p	0,0317	0,0045	0,011	0,020	0,003



Se encontraron diferencias significativas en la valoración de servicios según el nivel de estudios y el género de los encuestados (**Tablas 39 y 40**). Tal como se muestra en la **Tabla 39**, los encuestados sin estudios formales valoraron más bajo que el resto de grupos el servicio de “Sentido de pertenencia y arraigo con el territorio que comprende la cuenca del río Puelo” mientras que valoraron más alto que el resto los servicios de “Posibilidades de realizar investigación en la cuenca del Río Puelo”, “Provisión de agua para ser utilizada como fuente de energía”, “Posibilidades de realizar pesca deportiva” y “Belleza escénica que proporciona el río Puelo en toda su extensión”. Sin embargo, se debe destacar que este grupo contó con pocos representantes en la muestra. Para el caso de los encuestados con estudios de nivel medio, estos valoraron más bajo que el resto de los grupos el servicio de “Posibilidades de realizar diferentes actividades turísticas en la cuenca del río Puelo”. Los participantes con un nivel de estudio profesional o técnico valoraron más bajo que el resto el servicio de “Posibilidades de realizar pesca deportiva”. Los encuestados con un nivel de estudio de posgrado asignaron puntuaciones más bajas a los servicios de “Mantención de las propiedades fisicoquímicas del agua” y “Posibilidades de realizar pesca deportiva”.

En la **Tabla 40** se visualiza que el género de los encuestados también influyó en la valoración hacia los servicios ecosistémicos. La mayor parte de las diferencias entre géneros se deben a los pocos representantes del género “otro” y “sin respuesta”. Sin embargo, también existen diferencias en el género “masculino” y “femenino” para el servicio de “Provisión de salmones para alimentación”, siendo valorado más bajo por el género “masculino”.

En cuanto a la amenaza percibida por parte de los encuestados hacia los servicios se aprecia que los servicios culturales y de regulación poseen una valoración más alta que los servicios de abastecimiento (**Tabla 41**).

Tabla 41
Promedios de amenaza percibida hacia los servicios ecosistémicos.

Servicio ecosistémico	Amenaza (Likert 1,...,5)*	Desviación estándar
Belleza escénica	4,68	0,90
Actividades turísticas	4,56	0,95
Mantención de hábitat de diferentes especies acuáticas	4,49	0,97
Sentido de pertenencia y arraigo	4,61	0,95
Pesca deportiva	4,42	1,12
Investigación	4,43	1,20
Mantención de las propiedades fisicoquímicas del agua	4,41	1,11
Agua para consumo humano	4,07	1,42
Salmones para alimentación	4,07	1,43
Peces para alimentación y consumo humano	3,99	1,44
Agua como fuente de energía	3,48	1,68

*Escala Likert utilizada en la encuesta, donde 1: para nada amenazado y 5: absolutamente amenazado.

Analizando de manera conjunta la importancia y vulnerabilidad de servicios (Bidegain et al. 2019) (**Figura 31**), se observa que los servicios culturales (Belleza escénica, actividades turísticas, sentido

de arraigo y pertenencia), y el servicio de regulación mantención de hábitat para especies acuáticas, presentan altos niveles de importancia y amenaza percibidas, es decir, son considerados por los participantes como muy importantes y al mismo tiempo como amenazados. Los servicios considerados como menos amenazados e importantes fueron especialmente el agua para su uso como fuente de energía, el uso de salmones para alimentación y el resto de los servicios ecosistémicos de abastecimiento.

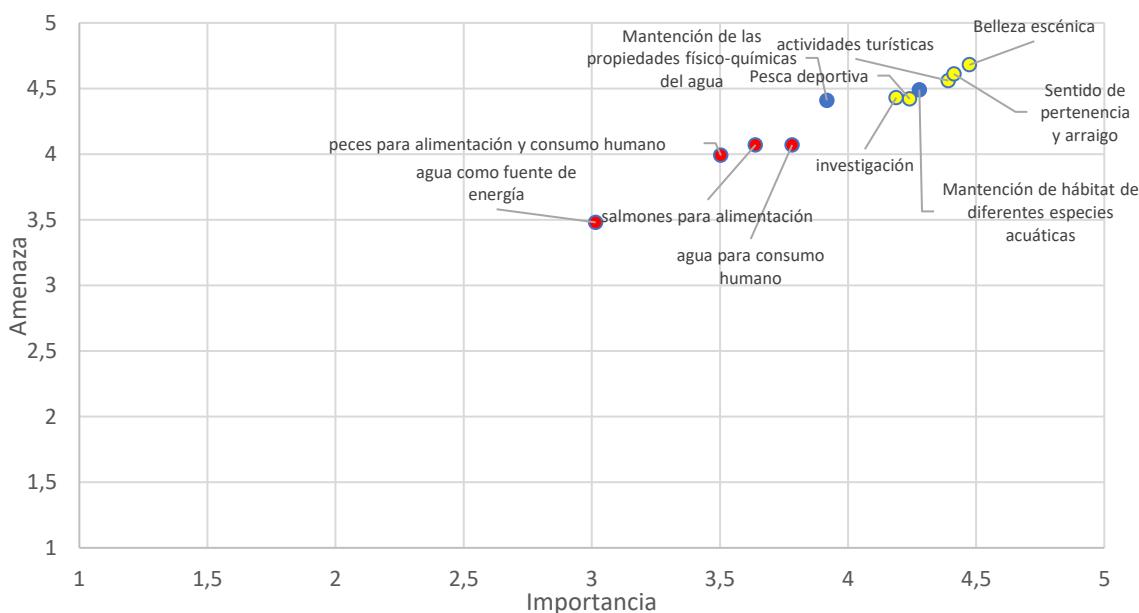


Figura 31. Relación entre promedios de importancia y amenaza percibida de los servicios analizados.

Otros beneficios del río Puelo

A los participantes, además de listado de servicios presentado en la **Tabla 38**, se les preguntó por otros beneficios del río Puelo, los resultados se presentan en la **Tabla 42**.

Tabla 42
Otros beneficios del río Puelo mencionados por los participantes.

Categoría	Descripción	%
AGUA	Hace referencia al uso del agua para animales o a su valor intrínseco del agua, independiente de su uso.	4,2
RECREACIÓN BIENESTAR	Y Hace referencia al beneficio a la salud y al bienestar que genera	4,2
ECONOMIA	Hace referencia al beneficio económico que genera	0,7
EDUCACIÓN AMBIENTAL	Hace referencia a la importancia que significa para la educación ambiental y nuevas generaciones	1,4
ESPIRITUAL	Hace referencia a la importancia a nivel espiritual	0,7
LIMPIA SOLO	Hace referencia a que se limpia solo	0,7



MINERIA Y ENERGIA	Hace referencia a la importancia para la minería y potencial geotérmico	0,7
RECOLECCION DE MADERA	Hace referencia a la importancia para recolectar madera	1,4
TRANSPORTE	Hace referencia a la importancia como medio de transporte	2,0
NO SABE	El encuestado no sabe	84

6.2.3 Valoración de efectos del Didymo en río Puelo

Percepción de efectos e intenciones de eliminación de la plaga

En cuanto a los efectos del Didymo, se consultó a los participantes en formato dicotómico si observaban o no efectos de la plaga en el río Puelo. Además, los siguientes efectos fueron incorporados en la encuesta para que los participantes, a través de una escala de Likert, asignaran un puntaje de acuerdo con su percepción de si el Didymo afecta o no (**Tabla 43**).

- Reproducción y crecimiento de peces.
- Pesca deportiva.
- Suciedad con un consecuente efecto visual.
- Calidad del agua.
- Dificultad de acceder a determinadas zonas por presencia de Didymo en las piedras.
- Efectos en el turismo (experiencia de los visitantes).
- Efectos en el turismo (trabajo de operadores turísticos).
- Sabor y olor del agua.

Tabla 43

Promedios y desviación estándar de las respuestas sobre los efectos de Didymo. Promedios considerando las escalas de Likert de la pregunta.

Efecto del Didymo	Promedio Likert (1,...,5)*	Desviación estándar
Suciedad con un consecuente efecto visual	4,841	0,550
Reproducción y crecimiento de peces	4,717	0,553
Experiencia de los turistas	4,682	0,729
Calidad del agua	4,652	0,744
Pesca deportiva	4,648	0,738
Trabajo de operadores turísticos	4,583	0,868
Acceso a determinadas zonas del río por presencia de Didymo en las piedras	4,553	0,870
Sabor y olor del agua	4,515	0,969

*1=ningún efecto; 5=absolutamente afectado.

No se detectaron diferencias significativas en la valoración de los efectos del Didymo entre los encuestados con distintos niveles de estudio, pero sí en el caso del género sobre la percepción de los efectos en el “trabajo de operadores turísticos” ($K = 7.85$, p - value = 0.049) siendo declarado como un efecto menos importante por las personas de género “otro” y los que prefirieron omitir la respuesta y más importante por el género “masculino” (**Tabla 44**). Se observó la misma tendencia para el efecto de “Experiencia de los turistas” ($K = 9.67$, p -value = 0.022).

**Tabla 44**

Promedios de los efectos del Didymo sobre el trabajo de los operadores y la experiencia turísticos en función del género.

Categorías	Promedio de efecto_exp_turistas	Promedio de efecto_operadores_turi
Femenino	4,56	4,47
Masculino	4,84	4,71
Otra	3,00	3,00
Prefiero no decirlo (en blanco)	3,50	3,75
Total general	4,68	4,58

En cuanto al deseo de eliminar o controlar la invasión del Dídimo, la opción preferida fue eliminar con una puntuación cercana al máximo (4,7) frente a la opción de controlar (3,4). En cuanto a la opinión de si es posible eliminar el Didymo, la puntuación fue de 2,3 mostrando que la opción preferida, es sin embargo considerada como poco factible.

6.2.3 Valoración económica de los efectos de Didymo

Afectación por rubro

De las 144 personas que participaron en el estudio, más de la mitad, específicamente el 51% (74 personas), manifestaron sentirse afectadas por la presencia de Didymo en la región.

Si el análisis se enfoca en los rubros de ocupación, el turismo surge como el más afectado, acumulando el 30% del total de personas que se sienten afectadas. Le sigue el sector de la pesca, que representa el 15% del total de afectados. Los rubros menos afectados son los empleados públicos, comercio y "otros", que representan entre el 0 y el 5% de las personas afectadas (**Figura 32**).

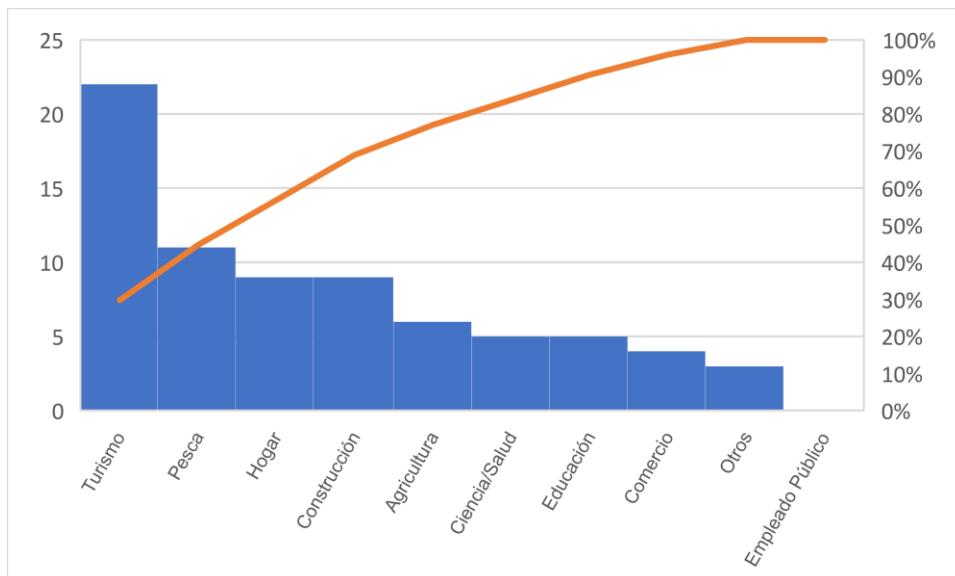


Figura 32. Afectación de Didymo por rubro.

Si se analiza el impacto desde una perspectiva relativa, el sector de la pesca muestra el mayor grado de afectación con un 85% de las personas en este rubro indicando que se sienten afectadas por el Didymo.

Le siguen los rubros de Ciencia/Salud y Construcción, con un 71% y un 69% respectivamente, de sus participantes afectados.

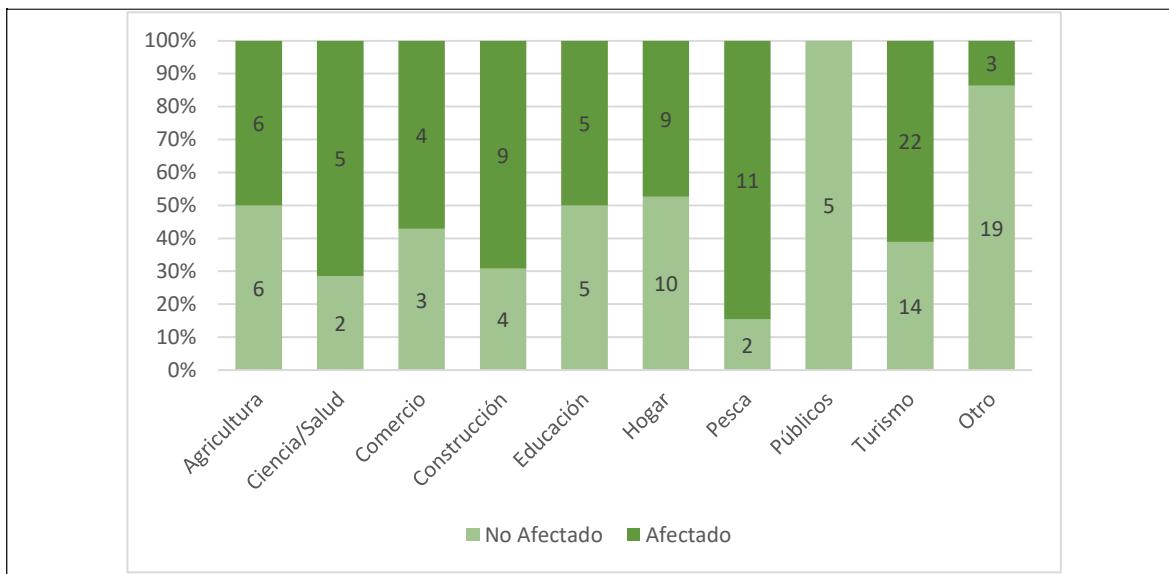


Figura 33. Efecto relativo de Didymo por rubro.

Es particularmente destacable que, a pesar de que todos los otros rubros -salvo “Otros”- muestran al menos un 50% de sus participantes afectados, los empleados públicos no reconocen ningún impacto causado por la presencia de Didymo (**Figura 33**).

6.5.5 Impacto Económico

Efectos económicos

De las 74 personas que manifestaron sentirse afectadas por la presencia de Didymo, 18 (que representan un 24% de los afectados) señalaron haber incurrido en gastos económicos como resultado directo. El monto promedio de estos gastos se eleva a aproximadamente \$758.000 por persona al año, considerando exclusivamente a quienes han gastado. Los gastos varían en un rango que va desde los \$15.000 hasta los \$3.500.000 y se destinan principalmente a insumos de desinfección, así como al mantenimiento y compra de equipos y partes.

En cuanto a las razones específicas para estos gastos, la mitad de las personas que incurrieron en ellos lo atribuyen a complicaciones en actividades de pesca. Esto incluye la necesidad de comprar nuevos señuelos, turbinas y cañas. Además, se menciona un incremento en el gasto de combustible, atribuido a las dificultades para desplazarse en aguas afectadas por Didymo.



Si se considera la población en general, sin distinguir entre quienes se sienten afectados y quienes no, el gasto promedio anual por persona se calcula en \$94.760.

Disposición a Pagar por control de Didymo

Con relación a la Disposición a Pagar como un componente económico real estimado a partir de una aproximación del método de valoración contingente, un total de 63 personas (43%) indicaron que estarían dispuestos a contribuir con 4.500 por mes para apoyar el control de Didymo. La DAP no sólo ocurre entre aquellos afectados, sino que se distribuye entre personas afectadas y no afectadas, estando dispuestas a pagar un 50% y 37% de ellas, respectivamente. Se reconoce de este modo que las personas que admiten afectación registran 1.4 veces más disposición a pagar por control que aquellas que no se ven impactadas.

Por otra parte, cuando se consultó sobre la Disposición a Entregar Tiempo para control, el número de personas dispuestas a ceder alguna cantidad de tiempo se alza hasta 103 (72%), correspondiendo estas al 56% de las no afectadas y el 86% de las afectadas, dando como resultado una relación de 1.6 veces más Disposición a entregar tiempo para aquellos impactados.

Respecto de las horas entregables, se obtuvo que las personas indicaron una media de tiempo mensual de 9.3 horas, equivalente aproximadamente a una jornada por mes. En términos absolutos, las personas afectadas abarcan casi el doble de las horas declaradas para destinar al apoyo en control respecto de aquellos no afectados, con un tiempo medio dispuesto a entregar de 4.7 horas/mes para las personas no afectadas y 8.5 horas/mes para aquellas que se sienten impactadas por Didymo. En detalle, las personas que declararon estar dispuestas a entregar algo de su tiempo para control, obtuvieron una media de 1 jornada mensual, con escasa diferencia entre grupos según su afectación, dando como resultado 8.4 horas/mes en promedio para el grupo no afectado, y 9.8 horas/mes para el grupo afectado.

Al valorizar el tiempo disponible en acuerdo al mínimo monto definido por el Ministerio de Desarrollo Social para 2023, se calcula que, del total de personas encuestadas, el valor asciende a \$15.986 por persona. Esto contrasta a la Disposición a Pagar económica declarada, la cual alcanza \$1.969 por persona.

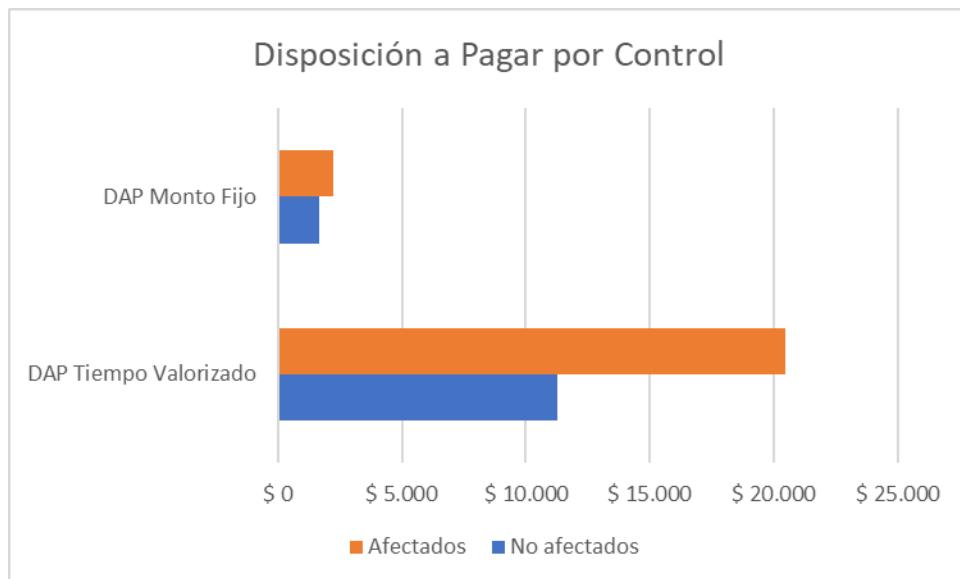


Figura 34. Disposición a pagar tiempo o dinero para el control de Didymo.



Disposición a pagar y variables sociodemográficas

La mayor disposición a entregar tiempo, a nivel de promedio de horas/persona/mes, ocurre en el grupo que cursó hasta enseñanza media. No obstante, es destacable analizar que, pese a no declararse afectados, los grupos con mayores estudios serían capaces de aumentar su disposición a entregar tiempo. Esto podría estar correlacionado al nivel de detalle sobre el conocimiento de Didymo, y a que no se evalúe sólo una relación costo/beneficio individual directa, sino que podrían estar considerándose implicancias ambientales indirectas o posibilidad de problemáticas futuras (**Figura 35**).

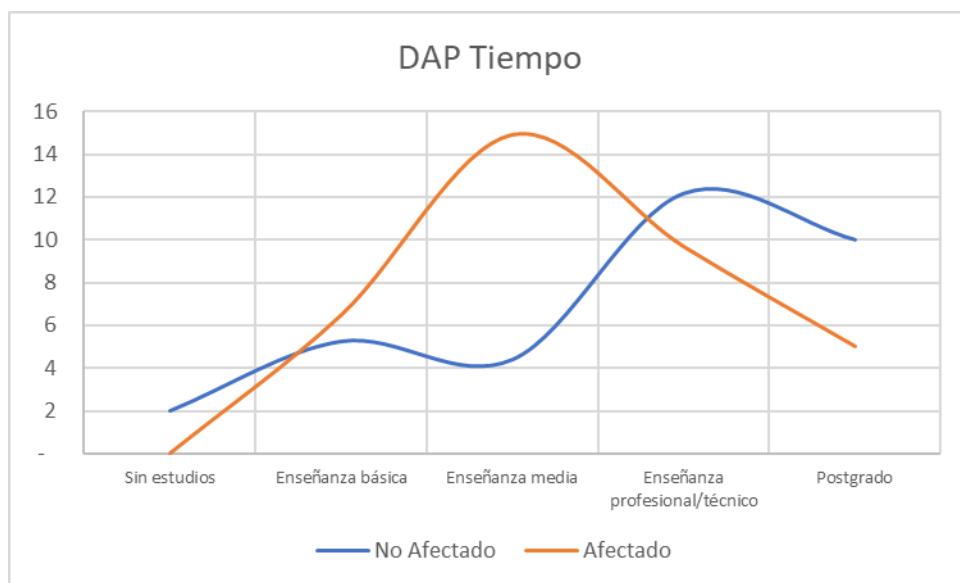


Figura 35. Disposición a pagar tiempo versus nivel educacional para afectados y no afectados por Didymo.

Además del análisis anterior, se utilizó un modelo de regresión generalizada de la familia Poisson con enlace logarítmico, seleccionado por su capacidad para manejar adecuadamente la sobre dispersión observada en los datos de la DAP, utilizando errores robustos.

La variable dependiente se consideró como la Disposición a Pagar Global, calculada como el máximo entre el tiempo valorizado en su costo de oportunidad por hora en acuerdo a la remuneración indicada en la misma encuesta, y la disposición a pagar directamente un monto fijo, ya fuera de \$4.500 (consultado directamente) u otro monto indicado libremente.

Inicialmente, el modelo incluyó una variedad de predictores potenciales, como la edad, el género, el nivel de ingresos y estudios, y las percepciones de afectación personal y de la prevalencia del alga en el entorno. Contrario a las expectativas iniciales, se obtuvo que ni la edad ($p = .80$), la percepción de la afectación personal ($p = .32$) o la idea de prevalencia del alga en la cuenca ($p = .13$) son significativas en el contexto del modelo, lo que sugiere que estos factores no influyen la DAP de la manera que



se había teorizado previamente, o bien, que existen otras variables no consideradas que podrían afectar en su significancia.

Las variables que sí se encontraron significativas en la influencia de la DAP fueron el género, el nivel de ingresos y estudios. Se observó que ser mujer está asociado con una menor disposición a pagar en comparación con los hombres. Asimismo, un incremento en los niveles de ingresos y estudios se correlaciona con un aumento en la DAP. Estos hallazgos apuntan a la capacidad económica y al nivel educativo como aspectos centrales en la valoración y la decisión de contribuir económicamente o en tiempo valorizado al control del Didymo.

Dada la relevancia de estas variables, se procedió a simplificar el modelo excluyendo los predictores no significativos. El modelo ajustado proporciona una visión más clara y enfocada de los determinantes de la DAP. Sin embargo, se advierte que la interpretación de los resultados debe hacerse con cautela, teniendo en cuenta la posibilidad de que otras variables no incluidas en el modelo puedan tener efectos indirectos o interacciones que no han sido capturadas en este análisis (**Tabla 45**).

Tabla 45
Modelo econométrico de Disposición a Pagar por control de Didymo.

Variable	Coeficiente	Error Estándar	Valor z	Valor p	Intervalo de Confianza 95%	Efecto (%)
Género	-0.9525	0.3176	-3.00	0.003	-1.57 - -0.33	-61.55%
Ingresos	0.4689	0.1701	2.76	0.006	0.14 - 0.80	+59.78%
Estudios	0.4734	0.1595	2.97	0.003	0.16 - 0.79	+60.56%

La gráfica adjunta, ilustra de manera visual el impacto porcentual que cada variable independiente tiene en la Disposición a Pagar (DAP) por el control del Didymo, según los resultados del modelo de regresión Cuasi-Poisson. Cada barra representa una de las variables consideradas en el modelo: Género, Estudios e Ingresos. Los valores sobre las barras indican los coeficientes estimados y los valores p correspondientes. Un valor p menor a 0.05, como es el caso de todas las variables presentadas, denota una significancia estadística robusta. Las variables sin significancia estadística no fueron integradas.

Análisis de impacto económico anual

En la evaluación del impacto anual del Didymo en la cuenca del río Puelo, se empleó una metodología que integra análisis de datos de encuestas y extrapolaciones poblacionales. Se partió de una encuesta que involucró a 144 individuos, donde el 51% reconoció impactos económicos debido al Didymo, aunque muchos no pudieron cuantificar su pérdida económica. Se asumió que el gasto económico mínimo reportado refleja el impacto mínimo.

Dado que la cuenca del río Puelo incluye las comunas de Huailahué, con aproximadamente 15 mil habitantes y el 44% de su superficie en la cuenca, y Cochamó, con cerca de 4 mil habitantes y el 77% de su superficie en la misma, se optó por seleccionar Cochamó para el análisis, basado en su mayor presencia territorial en la cuenca, permitiendo, dada su cifra poblacional, un enfoque más conservador. Este cálculo, centrado en la comuna con una menor población dentro de la cuenca, pero con una significativa presencia territorial, y sin considerar la población de Huailahué, se considera una estimación mínima del impacto anual del Didymo.



Para estimar el impacto económico en la población total, se calculó la media del valor gastado por toda la población encuestada (afectados y no afectados), considerándola representativa del impacto promedio. Esta cifra se multiplicó por la población estimada de Cochamó en 2023.

Tras aplicar esta metodología, se estimó que el impacto económico mínimo del Didymo en la cuenca del río Puelo asciende a 381 millones de pesos al año, aproximadamente 419 MUSD/año. Esta cifra se basa en una población estimada de 4,294 habitantes en Cochamó en 2023. La conversión a dólares se realizó usando una tasa de cambio de 910.28 CLP/USD, proporcionada por el Servicio de Impuestos Internos al 31 de octubre de 2023. Este cálculo refleja solo el impacto económico directo en gasto y no incluye posibles efectos indirectos o de largo plazo, que podrían aumentar significativamente el impacto total del Didymo en la región (**Tabla 46**).

Tabla 46
Impacto económico mínimo anual causado por Didymo.

Categoría	Unidad	Valor	Fuente
Habitantes en 2017	hab	4.023	INE 2017 en BCN 2023.
Habitantes posibles en 2023	hab	4.294	Calculado
Población total 2017	hab	18.368.577	Banco Mundial
Población total 2023	hab	19.603.733	Banco Mundial
Relación	constante	1,067	Calculado
Cambio Divisa	CLP/USD	910,28	SII. 31-10-2023
Valor Impacto anual	CLP	381.207.188	Calculado
Valor Impacto anual	USD	418.780	Calculado



6.6 Objetivo específico 5:

Evaluar las diferentes vías de dispersión de esta especie exótica y la presión de propagación asociada a las actividades económicas locales.

Según el Decreto Supremo N°345/2005, que aprueba el Reglamento de Plagas, un vector se define como "cualquier agente biológico que facilita la propagación de organismos hidrobiológicos que constituyen o pueden constituir plagas", mientras que fómites se refiere a "cualquier medio inanimado que pueda facilitar la propagación de organismos hidrobiológicos que constituyan plagas".

Aunque en la literatura científica es común referirse solo a los vectores y no a ambos términos por separado, es evidente que los vectores son los mecanismos de transferencia responsables de la introducción y propagación de especies invasoras. Esto abarca una amplia gama de medios físicos o agentes, desde el agua de lastre hasta actividades como el acuarismo, el control biológico, la acuicultura y las actividades recreativas (Ruiz & Carlton., 2003). En el caso de *D. geminata*, si bien esto puede permitir conocer el proceso de dispersión-colonización en esta diatomea (Montecino et al., 2014, Jaramillo et al., 2015, Beamud et al., 2016), la información relacionada a plantas vasculares acuáticas invasoras es aún escasa y dispersa.

La recopilación de información necesaria para abordar este objetivo se llevó a cabo durante la caracterización del hábitat fluvial, ejecutada simultáneamente con el muestreo biológico y de calidad del agua. Todos los usos del tramo de río estudiado se registraron mediante observación directa de instalaciones, infraestructuras u otra evidencia específica de las actividades enumeradas en la **Tabla 47**.

En términos generales, se observó que, dentro del turismo, la pesca recreativa fue la actividad más frecuente, seguida del camping, picnic. Otras categorías incluyeron ganadería, silvicultura a gran escala, pequeñas plantaciones de propietarios individuales, aserraderos y agricultura. Actividades como la generación hidroeléctrica, extracción de áridos, cultivos de peces, industrias e investigación y consultoría directamente en los ecosistemas dulceacuícolas se registraron en menor cantidad.

Basándonos en la información recopilada en esta Etapa VII, se elaboró un listado de actividades y condiciones detectadas en las estaciones de monitoreo, identificando los vectores y fómites asociados a cada una de ellas. Entre las actividades mencionadas, aquellas que presentan un mayor número de vectores y fómites para *D. geminata* son las deportivas y recreativas que tienen lugar en el ecosistema acuático (por ejemplo, pesca, kayak, rafting), y que se realizan sin la aplicación adecuada de medidas de bioseguridad, como la desinfección de elementos en contacto con el agua.

Descripción de factores, vectores y fómites de *D. geminata*

Dada la importancia de lo expuesto, se realizó una categorización en términos de los vectores y fómites relacionados a la plaga de las actividades identificadas en terreno, considerando, además el nivel de alcance geográfico que podría tener su dispersión.



Las actividades ejecutadas en los cursos de agua que tienen mayor preponderancia, de acuerdo con la bibliografía, corresponden a la pesca recreativa y deportes acuáticos, coincidentemente la actividad más frecuente vista en terreno, corresponde a camping-picnic, seguido por pesca recreativa. El desglose de las actividades, vectores, fómites se encuentran reflejadas en la **Tabla 48**. En el caso de los vectores, el más común y frecuente es el ser humano, debido a las actividades que realiza, entre las cuales se encuentran:

Turismo

a) Senderismo Contemplativo

El senderismo puede ser un vector en la propagación del alga plaga *D. geminata* debido a varios factores asociados con esta actividad recreativa. Dentro de estas podemos mencionar:

Transporte en Calzado y Ropa por medio de Cruce de Cuerpos de Agua: Durante una caminata, los senderistas pueden atravesar áreas afectadas por *D. geminata*, cruzan arroyos y ríos durante sus excursiones. Las células de *D. geminata* pueden adherirse a las suelas de los zapatos y la ropa de los senderistas. A medida que los senderistas se desplazan hacia otras áreas, llevan consigo estas células, contribuyendo a la propagación de *D. geminata*.

Bioseguridad: Muchos senderistas pueden no estar al tanto de las prácticas de bioseguridad necesarias para prevenir la propagación de especies invasoras como *D. geminata*. La falta de conciencia sobre la importancia de limpiar y desinfectar el calzado y la ropa después de caminar en áreas afectadas puede aumentar el riesgo de dispersión de *D. geminata* Res. Ex. N°1070 del año 2014.

Equipamiento Compartido: En algunos casos, los senderistas pueden compartir equipo, como bastones de trekking o mochilas. Si este equipo ha estado en contacto con aguas afectadas por *D. geminata*, puede actuar como fómite, transportando células de *D. geminata* a nuevas ubicaciones cuando se comparte o se utiliza en diferentes lugares.

Para mitigar el riesgo de dispersión de *D. geminata* durante el senderismo, es crucial que los senderistas adopten prácticas de bioseguridad. Esto incluye la limpieza y desinfección del calzado y la ropa antes de ingresar y después de salir de áreas afectadas, así como la concientización sobre las medidas preventivas para evitar la propagación de especies invasoras acuáticas. Esto también incluye las medidas necesarias para la difusión de las medidas de bioseguridad en los parques nacionales y las áreas donde se realizan actividades al aire libre, las cuales deben ser cubiertas adecuadamente por la autoridad (**Tabla 48**).

b) Deportes acuáticos

Los deportes acuáticos como el kayak, el rafting, el paddle surf o las motos acuáticas pueden afectar la dispersión del *D. geminata*. El cual se adhiere al fondo de los cuerpos de agua mediante filamentos resistentes que pueden desprenderse y ser transportados por las corrientes o por el contacto con objetos o personas. Así, los deportes acuáticos pueden facilitar la propagación del *D. geminata* al introducir o retirar material biológico de los lugares afectados por esta plaga (**Tabla 48**).



c) Camping y picnic.

Es uno de los factores más relevantes para la dispersión de la especie plaga, lo cual ha sido reconocido a nivel global. La razón principal de esto radicaría en la magnitud de los desplazamientos de las personas que realizan alguna actividad relacionada con los sistemas de agua dulce, la cantidad de ríos visitados en cada temporada de pesca, la calidad del agua donde se desarrolla este tipo de actividades y la escasa o nula aplicación de las medidas de bioseguridad indicadas en la Res. Ex. N°1070 del año 2014.

Los vectores y fómites asociados al factor Turismo pueden ser muy importante en cuencas, subcuencas o sub-subcuencas que tengan un desarrollo intensivo de este tipo de actividades. Sin embargo, los vectores y fómites relacionados con otras invasiones biológicas, por ejemplo, pueden adquirir mucha más relevancia en sitios que registren un mayor número de especies invasoras (e.g. salmónidos, castor y visón), incluso en áreas donde existe un desarrollo del turismo importante (**Tabla 48**).

Investigación y consultoría

Los profesionales del área biológica y ecológica, limnología, hidrología, agrícola, forestal, y cualquier otro tipo de profesional que requiera estar en contacto con el agua para el desarrollo de investigaciones, programas de monitoreo, estudios de líneas de base, constituyen vectores que tienen asociados fómites que podrían estar contribuyendo a la dispersión de esta alga en diversas escalas espaciales.

En el caso de que los grupos de trabajo que se movilicen a través de distintos tramos de río, distintas sub-subcuencas y subcuencas y cuencas, trabajando sin protocolos de bioseguridad, fácilmente pueden formar parte de los vectores de mayor peligro para los ecosistemas libres de *D. geminata*. en la que cada vez que se visita un punto o estación para levantar datos y muestras, ingresan a lo menos, tres personas lo que constituye un equipo básico para estos fines.

Del informe de la Etapa VI podemos revisitar la información sobre la cantidad de estudios limnológicos asociados a la cuenca del río Bueno, por lo cual entregaron la cantidad de 86 resoluciones distribuidas en un horizonte temporal desde el año 2012 al 2019, donde se realizó una revisión para determinar cuántas de estas se incluyeron protocolos de desinfección, informes asociados y su extensión territorial.

Los resultados indicaron que de un total de 69 resoluciones (80%), fueron solicitadas y emitidas sin informar la extensión real de los estudios, sin especificar donde serían ejecutadas las actividades, o en su defecto, incluyendo cuatro regiones o más, todo esto sin adjuntar informes (sólo 10). Sin embargo, en 78 resoluciones (91%) fueron incluidas explícitamente en un apartado, las medidas que se deben contemplar, de carácter obligatorio, para desinfectar todos los materiales y equipos como redes, botas, zapatos, flujómetro, vehículos y motores (SSPA., 2011) que hayan tenido contacto directo con el agua para aplicar la desinfección correspondiente. Además, se menciona que los investigadores deban avisar si en los análisis de microalgas se registraron células de *D. geminata*.



Esto concluye que, en ámbito de la investigación y consultoría, los permisos asociados a esta actividad presentan resoluciones de desinfección para evitar la dispersión de *D. geminata*, sin embargo, los permisos de pesca solicitados incluyen extensos territorios, lo cual, no se logra corroborar con la extensión geográfica real del estudio, que incluye partes de los informes al estudio realizado. Es importante señalar que para desarrollar correctamente la actividad de investigación limnológica en cursos y cuerpos de agua es necesario contar con al menos tres investigadores por sitio o estación de muestreo, lo cual la suma de este factor asciende a 258 investigadores en cada punto de muestreo y, que eventualmente se movilizaron a otros puntos donde realizan investigación (**Tabla 48**).

Trabajo para obras de construcción

Se deben considerar diversos aspectos relacionados con los riesgos derivados de las actividades humanas en relación con el uso del suelo y los servicios ecosistémicos. La utilización de aguas provenientes de cursos de agua en cuencas con presencia de *D. geminata* para actividades forestales, uso industrial y doméstico, así como los movimientos de material en la construcción vial y la extracción de material sedimentario para la construcción, plantean incertidumbres. (Pizarro., 2018) *D. geminata* tiene la capacidad de adherirse tanto a la superficie de máquinas forestales y agrícolas como a sus componentes mecánicos, lo que permite su transporte por largas distancias hacia áreas donde no está presente. La temporada de incendios forestales introduce un factor adicional de riesgo, ya que para abordar y controlar las emergencias se requiere utilizar las aguas disponibles, sin discriminar entre cursos de agua, lo que, a través de la escorrentía, podría llevar la plaga a otros cuerpos de agua. En tales casos, la elección del "mal menor" durante la acción inmediata puede dejar la gestión de los nuevos focos de presencia de la plaga para acciones posteriores (**Tabla 48**).

Fómites como material flotante

De manera análoga a lo explicado anteriormente, elementos como troncos y ramas a la deriva, así como objetos inorgánicos, actúan como potenciales fómites que poseen la capacidad de transportar pasivamente a la microalga *D. geminata* en dirección aguas abajo. Estos fómites pueden fungir como vehículos de dispersión para la propagación de la plaga a lo largo de cuerpos de agua, constituyendo una vía adicional mediante la cual *D. geminata* puede ser introducida en áreas previamente no afectadas. La movilización de estos elementos por corrientes fluviales amplía la preocupación sobre la propagación del alga, ya que su capacidad de adherencia a superficies permite que se fije a los fómites durante su transporte, facilitando así su transporte a distancias significativas (**Tabla 48**).

Animales de ganadería y agricultura

Los animales de ganado, al desplazarse a través de vastas extensiones de estancias, realizan travesías guiados por personas que se desplazan a caballo, acompañadas comúnmente por perros. Estos recorridos a menudo incluyen travesías de ríos. Durante este proceso, los animales actúan como vectores potenciales al transportar diatomeas en su pelaje y en los aparejos de arreo desde ríos que contienen *D. geminata* hacia áreas libres de esta plaga.

Este fenómeno tiene el potencial de contribuir significativamente a la dispersión de *D. geminata* entre diferentes tramos, subsubcuencas y subcuencas. La observación de esta actividad ha sido documentada en ríos donde se ha identificado la presencia de *D. geminata*. Similar a lo observado en



otras especies de vertebrados, la movilización de ganado puede estar ampliando la distribución local de esta plaga, aumentando así la presencia de *D. geminata* en nuevas áreas (**Tabla 48**).

Acuicultura.

La acuicultura puede ser un potencial contribuidor a la dispersión de *D. geminata* mediante tres posibles vías:

1) Mediante la internación y transporte de ovas u otros estadios del ciclo de vida de las especies de peces provenientes de sistemas acuáticos contaminados con esta plaga y/o en ausencia de un sistema de desinfección de las aguas de transporte tanto en el sistema fuente como en el sistema receptor. Es importante mencionar que en el periodo comprendido entre los años 2011-2018 Chile importó 350.911.000 millones de ovas pertenecientes a las especies *O. mykiss* y *S. salar* (**Tabla 48**).

Aunque la cantidad de ovas importadas han decrecido a lo largo del tiempo, la producción nacional de ovas ha incrementado, alcanzando un total de 1.847.969.000 millones de ovas en los últimos tres años. Evidentemente, la abundancia de ovas producidas en el país supone transporte y un riesgo potencial para la bioseguridad de los sistemas acuáticos que sustentan esta actividad.

2) Mediante el transporte de células de *D. geminata* adheridas a la superficie corporal de estadios inmaduros y superficie de ovas, las cuales podrían llegar hasta los cuerpos de agua no contaminados si no se implementan adecuadamente las medidas de bioseguridad pertinentes.

3) Escape de salmones de centros de cultivo producto de eventos climáticos o por fallas humanas. Es conocido que luego de los escapes, los individuos de ciertas especies tienen la capacidad para explorar varios ríos durante su ciclo de vida o más aún durante un evento reproductivo. En este lapso los peces pueden desplazarse a través de ríos contaminados y no contaminados con *D. geminata* y, de este modo, constituirían vectores potenciales de gran impacto para la dispersión de esta plaga.

Si bien es cierto actualmente la acuicultura cuenta con distintos medios y protocolos de bioseguridad para la realización de sus faenas, tales como la utilización de recirculación de agua a diferencia del sistema tradicional de sistema abierto, el cual tiene varios beneficios como menores costos y mayor bioseguridad sumado a los distintos tratamientos utilizando rayos UV se puede realizar una esterilización eficaz de sus equipos y transportes (Hinostroza., 2009; Wistuba & Mercado., 2017), caso similar para los exponentes de las distintas actividades turísticas y fuertemente frecuentadas como es el caso de la pesca, la cual cuenta con muchas medidas de bioseguridad y aun así es el factor con más potencialidad de los vectores conocidos.

Sin embargo, la factibilidad de que estos vectores potenciales actúen y cumplan un rol en la dispersión de *D. geminata* está supeditada al funcionamiento de los protocolos creados en el contexto del Res. Ex. N°1070 del año 2014, enfocados a las ovas, aguas de afluentes y efluentes, entre otros componentes de la producción (**Tabla 48**).



Especies exóticas

La movilización a través de mamíferos y aves emerge es también factor por considerar. Bus (2013) en relación con propagación de *D. geminata* por visones (*Neovison vison*) concluye que la dispersión del alga invasora *D. geminata* por medio de un vector biológico, en este caso, *Neovison vison* es posible. En su estudio de los 23 visones capturados, 12 fueron portadores de células de *Didymosphenia geminata*, lo cual representa un 52,1 % del total de los mustélidos considerados. Estimando que un visón se puede mover entre 1 y 3 kilómetros en la región de Aysén y entre 5 y 9 kilómetros en sectores argentinos (Fasola et al., 2011), este mamífero se señala como un probable dispersor de esta alga a distintos sectores de un mismo tramo de río, o a otros ríos cercanos.

De acuerdo con Leone et al (2014) especies invasoras como el visón (*Neovison vison*) y el castor (*Castor canadiensis*), tienen la capacidad para transportar células vivas de *D. geminata* por lo cual tienen un gran potencial dispersor de esta plaga, ya sea dentro del rango de distribución actual de estas especies de mamíferos o en las cuencas donde logre colonizar en el futuro.

Esta mencionado en literatura que a los menos las especies nativas de peces y en lo particular las especies introducidas como *O. mykiss* pueden albergar propágulos de *D. geminata* en sus escamas y ser transportadores de propágulos (**Tabla 48**).

Flora y fauna Silvestre

La avifauna emerge como potencial actor en la dispersión de esta plaga, extendiendo su alcance incluso a cuencas geográficamente separadas, e.g las especies del grupo de gansos australes (*Chloephaga spp.*) que incluye cinco especies, todas de distribución exclusivamente sudamericana (Blanco., 2006), lo cual puede extenderse a otras especies que frecuentan las riberas de lagos y ríos como los patos quetos voladores (*Tachyeres patagonicus*). Este fenómeno cobra particular importancia en el contexto de las aves migratorias estacionales a nivel regional, dado que estas especies recorren distancias significativas en dirección norte al concluir la época estival, solo para retornar a sus latitudes de origen al inicio de la primavera. El papel de las aves migratorias como posibles vectores de *D. geminata* subraya la complejidad y la extensión potencial de la dispersión de la plaga a lo largo de vastas áreas geográficas. El entendimiento de estos patrones de migración y su conexión con la propagación de la plaga, esta poco documentado, y puede resultar en una nueva variable diseñar estrategias de gestión efectivas y abordar la propagación de *D. geminata* en diferentes escalas espaciales (**Tabla 48**).

Facilitadores de la prevalencia de floraciones

Otro punto importante dentro de esto es la velocidad de las corrientes de los cursos de agua. Considerando la disminución en la velocidad del flujo de agua (Reid & Torres., 2014) y el atrapamiento de materia orgánica e inorgánica (Kilroy and Bothwell., 2014; Kilroy et al., 2009; Kirkwood et al., 2007), es posible deducir que puede existir un efecto en la dispersión para especies asociadas a los mismos. Son necesarios más estudios al respecto (**Tabla 48**).

**Tabla 47**Resumen de posibles agentes de dispersión de *Didymosphenia geminata*. (modificado de Bus., 2013)

Animales Vectores	Forma de Dispersión	Distancia aproximada de transporte	Limitaciones
Avutarda o Ganso de Magallanes (<i>Chloephaga picta</i>)	A través de cuencas	Mayor a 1000 km	Caza deportiva; Destrucción de hábitat
Quetro Volador (<i>Tachyeres patagonicus</i>)	A través de cuencas	Mayor a 1000 km	Caza deportiva; Destrucción de hábitat
Salmon Chinook (<i>Oncorhynchus tshawytscha</i>)	Aguas arriba (desde el mar al lugar de su nacimiento)	Entre 1 a 100 km	Corto tiempo de remontada al río, por muerte en el final de su ciclo de vida.
Trucha arcoíris o Fario (<i>Oncorhynchus mykiss</i> y <i>Salmo trutta</i>)	En todos los sectores de un río o lago	Entre 1 a 100 km	Exceso de pesca sin devolución disminuiría su abundancia.
Vison (<i>Neovison vison</i>)	Recorriendo riveras de ríos en busca de alimento y hábitat para la reproducción.	Máximo 10 kilómetros	Exceso de vegetación y una temperatura alta podría impedir que se propaguen células de microalgas a lugares más alejados
Castor (<i>Castor canadensis</i>)	Riveras de ríos en busca de alimento, Fómites derivados de construcción de madrigueras y modificación de hábitat.	Máximo 10 kilómetros	Exceso de vegetación y una temperatura alta podría impedir que se propaguen células de microalgas a lugares más alejados
Vaca (<i>Bos Taurus</i>)	Recorre sectores cercanos a ríos y arroyos	Máximo 1 kilómetro	Corresponde a una forma de dispersión real, para ríos y arroyos cercanos entre sí. La limitación sería que es en un espacio reducido, no más allá de 1 kilómetro

Estaciones de desinfección

Un aspecto crucial para considerar es la ubicación estratégica de las estaciones de desinfección establecidas por el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SERNAPESCA). Estas estaciones desempeñan un papel esencial al proporcionar un control específico y efectivo en áreas donde se lleva a cabo la desinfección. Funcionan como barreras sanitarias, impidiendo la introducción o, en su defecto, la propagación hacia otras corrientes de agua, siempre que se sigan rigurosamente los protocolos establecidos. Los procedimientos de desinfección se rigen por la resolución exenta 332/2011, que detalla de manera exhaustiva cómo llevar a cabo la desinfección adecuada de todo lo que ha estado en contacto con el agua. Es de mucha importancia la mantención y recambio de los químicos de los puntos de desinfección, los cuales deben ser mantenidos en condiciones para que presten la utilidad para lo cual fueron colocados. Esto genera a su vez una mejor imagen y presencia hacia los visitantes.

Revisitando lo informado en la Etapa VI se puede observar la elaboración de un mapa que incluye las de pesca designadas por SERNAPESCA (2022a), las estaciones de desinfección (SERNAPESCA.,

2022b), así como las ubicaciones donde se ha registrado actividad de pesca recreativa. Para enriquecer la información, se ha añadido una capa que señala las áreas declaradas como riesgo de plaga y presencia de la plaga, según lo establecido en la Resolución Exenta 1854/2022 de la Secretaría del Ministerio del Medio Ambiente (SSPA). Este mapeo integral proporciona una representación visual clara de las zonas clave y contribuye a una gestión más efectiva de la prevención y control de *D. geminata*.

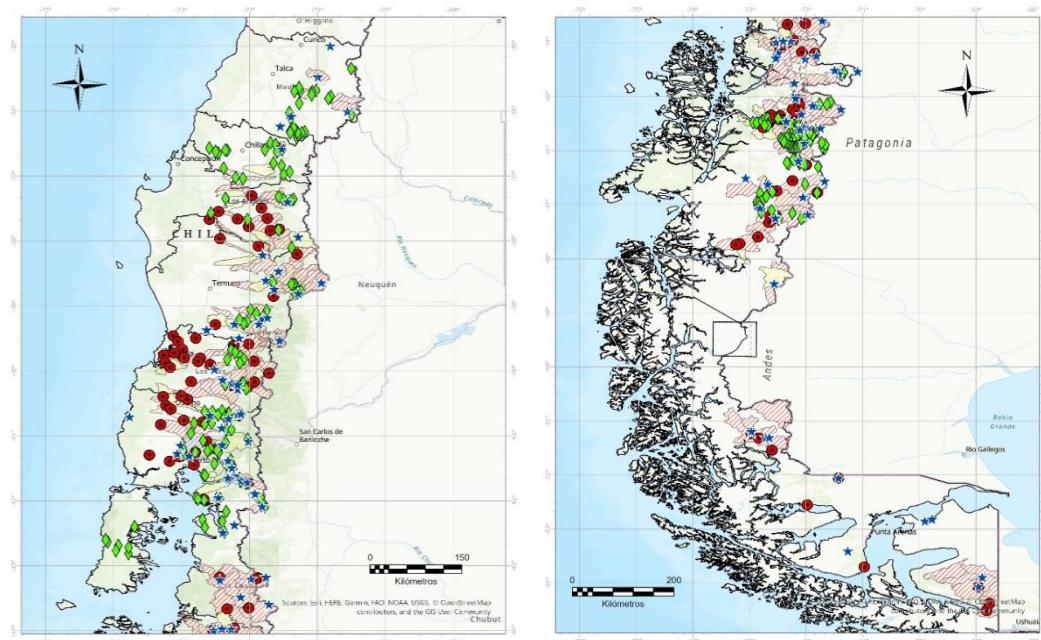


Figura 36. Distribución geográfica de las estaciones de desinfección para el control de la plaga *D. geminata* (estrellas azules) y áreas de pesca desde Maule a Aysén determinadas por SERNAPESCA (rombos verdes), pesca recreativa en círculos rojos con punto negro en el centro y áreas declaradas plaga (achurado rojo) y áreas declaradas en riesgo de plaga (achurado amarillo).

Se puede observar que gran parte de las áreas de pesca identificadas y las estaciones de desinfección se concentran hacia la zona este de las cuencas/regiones, así como también están distribuidas las áreas declaradas. Las estaciones de monitoreo donde se registró actividad asociada a la pesca recreativa se distribuyeron de similar manera, solo rompiéndose este patrón en las cuencas de los ríos Valdivia y Bueno. De esta manera se logra observar que hay una relación entre las tres estudios y la presencia de áreas de plaga donde se encuentran los puntos o que colindan con estas áreas.

**Tabla 48**

Actividades, vectores, fómites y alcances geográficos identificados para la facilitación de la dispersión de *D. geminata* en Chile.

Asociados a	Factores	Vectores	Fómites asociados	Alcance geográfico	Bibliografía
Turismo	Pesca Deportiva / Recreativa	Personas	Aperos de pesca, cañas, botes a motor, Vadeadores	Tramo Intercuenca / interregional e internacional	Beamud et al. 2019 Bothwell et al., 2009; Bothwell & Kilroy, 2011; Bus 2013 Leone, 2013; Díaz et al., 2016; Gillis et al., 2018; Kilroy & Bothwell, 2014; Kilroy & Unwin, 2011; Larson & Carreiro, 2008; Spaulding & Elwell, 2007
	Deportes acuáticos	Personas	Kayak, Botes a remo, Botes a motor, motos de agua, indumentaria		Beamud et al., 2019; Bus 2013 Leone, 2013; Díaz et al., 2016; Kilroy & Unwin, 2011; Larson & Carreiro, 2008
	Camping y Picnic	Personas	Indumentaria		Bus 2013, Leone., 2013; Díaz et al., 2016
	Contemplación	Personas	Indumentaria		Bus., 2013; Leone., 2013; Díaz et al., 2016
Investigación y consultoría	Actividad asociada a la toma de muestras	Personas	Implementos, movilización	Tramo Inter cuenca, regional, internacional	Kaštovský et al., 2010
					Kilroy & Unwin., 2011
Agricultura	Animales de ganadería y de crianza	Vacunos, caballos, cerdos, ovejas, perros	No posee	Tramo subcuenca	Kilroy & Unwin., 2011
Acuicultura	Animales exóticos	Salmónidos, animales de acuario.	Estanques, utilización de aguas contaminadas	Tramo subcuenca/ Intercuenca/ interregional, internacional	Bus., 2013 Leone., 2013; Copp et al., 2007; C Kilroy & Unwin., 2011
					Bus., 2013, Leone., 2013; Copp et al., 2007; C Kilroy & Unwin., 2011)
	Traslado de ovas u otros estadios dentro del país	Peces	Estanques, utilización de aguas contaminadas		Bus., 2013; Leone., 2013; Copp et al., 2007; C Kilroy & Unwin., 2011)
	Especies exóticas	Visón, castor, salmónidos	Animales		Bus., 2013; Leone., 2013 Copp et al., 2007 C Kilroy & Unwin., 2011 Leone et al., 2014 Cathy Kilroy et al., 2021
Flora y fauna	Aves y Mamíferos	Animales	No posee	Tramo / Intercuencia	Kilroy et al., 2021
					Leone et al., 2014
Facilitadores de la prevalencia de floraciones	Pulsos de inundación	----	Movimiento de grandes masas de agua	Tramo / Subcuenca	C Kilroy & Unwin., 2011
	Generación Hidroeléctrica	----	Movimientos de grandes masas de agua	Tramo / Subcuenca/ Cuenca	Kilroy et al., 2021



Presión de propágulos

La dispersión de propágulos (estructuras reproductivas que permiten la propagación de la especie) en *D. geminata* es un aspecto clave de su ciclo de vida directamente relacionada con su capacidad para colonizar nuevos entornos. Se debe considerar todos los aspectos de la biología básica de esta especie y como estos interactúan con el medio para facilitar el “éxito” de la propagación hacia lugares no colonizados: todos los aspectos mencionados anteriormente tienen impacto sobre la presión de propágulos. Esta última la definimos como “esfuerzo de introducción”, la cual es una estimación del número de individuos exóticos liberados en una región y la cantidad de eventos de liberación, es semejante a la tasa de introducción en un determinado ecosistema (Pacheco., 2012).

Ejemplo de esto es lo identificado como falta de información existente sobre la cantidad de personas que realizan la actividad de pesca recreativa, la duración de la actividad en cierto sitio y los movimientos entre los sitios. Por otro lado, también es ejemplo lo descrito anteriormente como parte de las actividades de investigación se identifica como brecha la estandarización de la actividad para evidenciar el cumplimiento de la normativa vigente de bioseguridad.

Sin embargo, también existe factores propios del ecosistema para “aceptar”, dando condiciones de nicho para la adecuación de la especie, facilitando o no que esta se transforme en una especie invasora. Lo que definimos como *Invasibilidad* implica que no todos los ecosistemas o ambientes presentan el mismo riesgo de sufrir una invasión. Hay tanto factores bióticos como factores abióticos que hacen que el ecosistema o ambiente receptor sea más o menos susceptibles de ser invadido (por ejemplo, factores climáticos o la presencia de competidores que hagan frente a la especie exótica). Por otro lado, la *Invasividad* corresponde a las características biológicas de las especies exóticas. La capacidad invasiva de una especie exótica depende de rasgos de sobrevivencia, reproducción, crecimiento, adaptación y dispersión, los cuales les permite ser competidoras muy eficientes y efectivas.

D. geminata es capaz de sobrevivir entre 40 a 50 días fuera del agua (Kilroy., 2004) hace que sea fácilmente transportada a muchísima distancia de donde se encontró originalmente. Experiencias de pruebas para determinar para capacidad de facilitación de transporte-dispersión de propágulos por los vectores y fómites anteriormente descritos es escaso. Sin embargo, se puede revisitar los resultados de la experiencia documentada en la Etapa VI, en donde se presentan los resultados de las pruebas de presión de propágulos y desinfección realizadas en cuatro ríos en la cuenca del Bueno en época de invierno (2021) y verano (2022), poniendo a prueba las diferencias en la utilización de dos trajes de distintos materiales asociados a las actividades de pesca e investigación (**Figura 37**).

En esta experiencia, que incluyó efectos al tiempo de exposición a vadeadores usados durante las actividades de muestreo, entregó resultados diversos. En cuanto al número de células encontradas en los vadeadores, resalta la cantidad de células en el río Calcurrupe para el vadeador de neopreno con suela de fieltro, el cual presentó la mayor cantidad de células adheridas al vadeador a los 5 minutos, mientras que el vadeador de PVC presentó una menor abundancia de células, alcanzando la mayor cantidad de células adheridas también en a los 5 minutos. Además, la mayor cantidad de células encontradas en los vadeadores para el río Calcurrupe, corresponde a una exposición de tan sólo de



5 minutos al lecho del río. Por otra parte, en el río Pillanleufú, solo el vadeador de neopreno alojó células de *D. geminata*, pero esta vez, en los 50 y 60 min de exposición en el lecho del río. Es relevante señalar que en el río Florín, donde se detectaron células solo en el fitoplancton, no se observaron células en ninguno de los dos vadeadores.

El análisis de datos Para el factor combinado Río + Vadeador se obtuvo un valor $R= 0.596$ ($p=0.1\%$) mostrando que existen diferencias si se consideran el factor Río y el factor Vadeador. En el caso del ANOSIM de dos vías donde se consideró el factor Tiempo y el factor Río mostró un valor $R = 0.321$ ($p=0.1\%$) para la evaluación en base del factor Río a través de todos los grupos de Tiempo, mientras que para la prueba que observa las diferencias del factor Tiempo a través de los grupos Ríos se obtuvo un $R= -0.122$ ($p= 90.7\%$).

Para el caso de los ríos Calcurrupe y Pillanleufú, la densidad obtenida a partir del muestreo del bento alcanzó densidades de 72 cel/mm² y 504 cel/mm², respectivamente y mostró baja diferencia entre la cantidad de células adheridas en los vadeadores de acuerdo al análisis de Kruskal Wallis, el análisis arrojo un valor $p=0.224$ y $p=0.406$, respectivamente, mostrando que no existieron diferencias significativas entre los vadeadores.

Por otra parte, el río Gol Gol presentó densidad de 1668 cel/mm² en el bentos y obtuvo un valor $p= 0.002$ para Kruskal Wallis, mostrando que existieron diferencias significativas entre ambos vadeadores. Este mismo efecto se observó para el río Curriñe, donde se obtuvo una densidad de 81.666 cel/mm² y valor $p=0.002$ para Kruskal Wallis, mostrando así que existen diferencias significativas entre ambos vadeadores.

En análisis posteriores se determinó que existen diferencias significativas entre cuando se considera el Río y el vadeador en conjunto. A su vez, se observa que existen diferencias significativas entre la presión de propágulos entre los diferentes Ríos y que no existen diferencias significativas entre el tiempo exposición para la captación de propágulos de *D. geminata*.

Pruebas de desinfección

El empleo de desinfectantes como agentes para controlar la contaminación microbiológica en entornos acuáticos está ampliamente extendido y es regulado por organismos competentes, tanto en Europa como en Estados Unidos. Existen diversos productos químicos en el mercado que pueden mejorar la efectividad en la eliminación de propágulos adheridos a fómites y vectores asociados. La discusión sobre experiencias de desinfección es crucial, ya que depende tanto de la concentración de la suspensión como del tiempo de exposición.

Sin embargo, no se dispone de información sobre experiencias con productos químicos que puedan tener un rendimiento superior. Aunque se cuentan con experiencias en la Etapa VI con los químicos actualmente utilizados que pueden ser revisadas. En la prueba de desinfección realizada en el invierno de 2021, cuando las densidades de *D. geminata* en el bentos son sumamente bajas, se encontró que, para los tratamientos de menor concentración (Lavalozas 2,5%, Cloro 1%, Cloro 1%-Lavalozas 2,5%), se hallaron células viables de *D. geminata* solo en el vadeador de neopreno, alcanzando una



efectividad de desinfección (proporción de células muertas) del 71% para Lavalozas 2,5%, 75% para Cloro 1%, y 86% para la mezcla Cloro 1%-Lavalozas 2,5%.

En el caso de las concentraciones medias utilizadas en protocolos de desinfección (Sal 5%, Lavalozas 5%, Cloro 2%, y Cloro 2%-Lavalozas 5%), se observó que en ambos vadeadores desinfectados con sal al 5%, se mantienen células viables, alcanzando un 50% de efectividad de desinfección para el vadeador de neopreno y 0% para el vadeador de PVC. En la desinfección con Lavalozas no se lograron identificar células viables, pero es importante destacar que para este tratamiento solo se encontraron 2 células en el vadeador de neopreno. Por otro lado, el Cloro 2% presentó una célula viable en el vadeador de neopreno, pero una efectividad de desinfección del 89%, mientras que la efectividad de desinfección del vadeador de PVC llegó al 100%. Para la mezcla de Cloro 2%-Lavalozas 5%, solo se detectaron 2 células no viables en el vadeador de neopreno, mientras que en el vadeador de PVC no se hallaron células.

En cuanto a las concentraciones más altas de los tratamientos (Sal 10%, Lavalozas 10%, Cloro 4%, y Cloro 4%-Lavalozas 10%), se observó una eficiencia de desinfección del 100%. Para la prueba de desinfección realizada en verano, donde la densidad de *D. geminata* aún se mantiene alta en los ríos afectados por la plaga, se mostró que, para la desinfección en el vadeador de PVC, la solución salina es la menos eficiente, alcanzando un 47% de eficiencia de desinfección y presentando un error estándar de 23.1, mientras que el cloro alcanza un 58% con un error estándar de 5.8. En este sentido, las soluciones más eficientes para ríos con densidad sumamente alta y vadeadores de PVC son la solución de detergente Lavalozas y la mezcla entre el detergente y el cloro, ya que presentan el 66.4% y 66.9% de eficiencia, respectivamente, con errores estándar de 1.8 y 2.5.

Respecto a los resultados obtenidos midiendo la eficiencia de desinfección en el vadeador de neopreno, se observó que la solución salina es la más eficiente, alcanzando un 29.2% con un error estándar de 6.4, mientras que la desinfección realizada por el detergente Lavalozas alcanzó una eficiencia de desinfección del 28% con un error estándar de 4.3. Para la desinfección con cloro y la mezcla de desinfectantes, se observó una eficiencia del 13.9% y 14.4%, respectivamente.

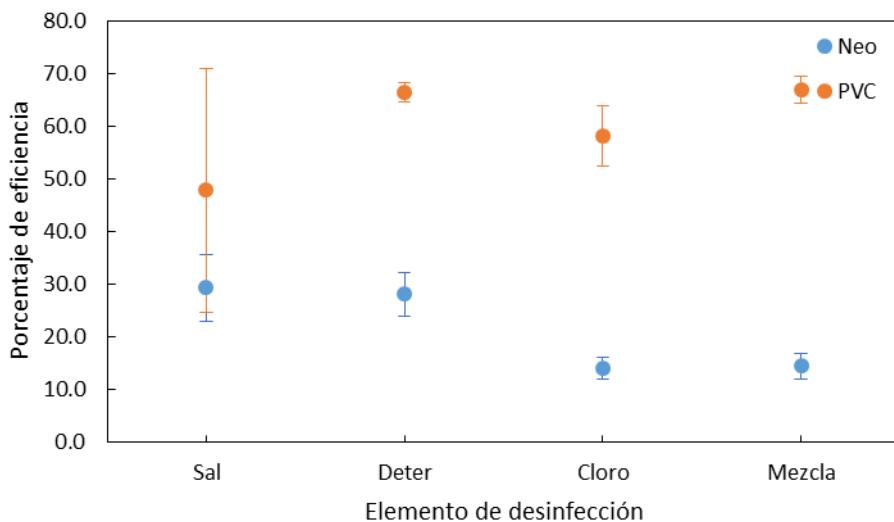


Figura 37. Variación en la eficiencia de desinfección utilizando sal, detergente lavalaza, cloro y mezcla de cloro y detergente sobre vadeadores de PVC y neopreno con suela de fieltro en río invadido por la especie plaga *D. geminata*.

Cambio Climático

Según el informe de la IUCN sobre el estado de todos los sitios del Patrimonio Mundial (Osipova et al., 2020), las invasiones biológicas, el cambio climático y el turismo, suponen las principales amenazas para la conservación de espacios representativos. La amenaza asociada a estos tres grandes factores en combinación es importante, y aumentará en el futuro, comprometiendo la conservación a largo plazo de los valores naturales del espacio protegido.

El cambio climático puede promover la expansión de las invasiones biológicas de múltiples maneras: 1) favoreciendo su dispersión a través de grandes distancias mediante una mayor frecuencia de eventos extremos como inundaciones o tormentas; 2) permitiendo la expansión de en zonas hasta ahora inaccesibles por su temperatura, como la alta montaña o elevadas latitudes; 3) promocionando su tasa de crecimiento, lo que supone un mayor impacto (de depredación, pastoreo o competencia) sobre las comunidades nativas; 4) disminuyendo la eficacia de algunos métodos de control ante altas (Gordon et al., 2022).

Las respuestas específicas de cada especie, nativa o invasora, al cambio climático son complejas y diversas, dependiendo de su ciclo vital y de la estrategia de colonización. Las especies invasoras son a menudo abundantes, toleran un amplio rango de condiciones ambientales, y poseen rasgos funcionales muy competitivos (por ej., alimentación generalista, cosmopolitas, multi-voltinas, con elevada plasticidad fenotípica), características que les dotan de una gran capacidad de adaptación a cambios medioambientales. Los efectos del cambio climático afectarán a todas las etapas (introducción, establecimiento, dispersión e impacto) que conforman el proceso de invasión, así como a la eficacia de los métodos de gestión. Resulta por tanto necesario profundizar en el conocimiento de las vías de entrada y vectores de expansión, y cómo evolucionarán en un contexto de cambio climático,



con el fin de generar medidas de adaptación en las políticas de planificación y gestión de los espacios protegidos (Carantoña & Hernández., 2017).

Las proyecciones contenidas en el quinto informe del cambio climático publicado por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC 2017) indican incrementos en la temperatura de 1.1 - 2.9°C para el escenario más “optimista” y de 2.4 - 6.4°C para el escenario más “pesimista” para el fin de este siglo. Como fue expuesto, este cambio tendrá efectos en la dinámica poblacional de muchas especies, como contracciones, expansiones y migraciones en sus distribuciones (Jenouvrier et al., 2017).

En la entrega de mayo del 2017 del Centro de Predicciones Climáticas NCEP/NWS se indica que los valores semanales del índice de El Niño aumentaron 0.5°C en las regiones muestreadas, lo cual indica cambios ligeramente positivos en el contenido de calor de la capa alta del océano y fortalecimiento por encima del promedio en las temperaturas de profundidad, disminuyendo la probabilidad de un próximo evento. Este fenómeno no es periódico y se presenta, a intervalos de 3 y 11 años (Reyes., 2001). Estos efectos de contracción y expansión a consecuencia del cambio en el clima ya han sido reportados en función de su adaptación evolutiva tanto en especies de mosquitos *Aedes acgyptii* (Hoffmann & Sgrò., 2011) y *Bactrosera dorsalis* (Sridhar et al., 2014), como en ensambles de lagartijas (Sinervo et al., 2010) y en aves (Green., 2010). Jenouvrier (2017) reporta modelos clima-dependiente donde el tamaño de las colonias disminuye más de un 50% a partir de su tamaño actual hacia el 2100 en *Aptenodytes forsteri*.

Por otra parte, se debe considerar que la forma clásica en la interpretación de estos efectos en la distribución de especies marinas se basa en dos premisas mencionadas por Camus (2001): (a) que hay algún tipo de correlación entre condiciones hidrológicas y distribución, y (b) que la distribución obedecería primariamente a procesos de dispersión pasiva ligados a la circulación, donde los valores de las variables físicas imponen el término de la distribución de las especies (hipótesis del “Species Border”, Vuilleumier., 1994) en función de sus límites de tolerancia.

En Chile las condiciones son particularmente favorables para aplicar modelos de distribución en sentido de la latitud (Ekman., 1953), basado en la dirección (sur-norte y norte-sur) y gradiente ambiental latitudinal que, según Brattström & Johanssen (1983), implica una alta probabilidad para las especies de encontrar hábitats propicios durante su dispersión (Livezey & Humphrey., 1986). De acuerdo con lo anterior, la evaluación del efecto de las variables climáticas en los patrones de ocurrencia de las especies es importante para estimar el grado en que la especie puede cambiar su rango geográfico, y como estas pueden ocupar áreas donde las condiciones climáticas son más favorables (Harris et al., 2014, Plasencia., 2014).

En este sentido hay una buena oportunidad de integración de información, tales como los fenómenos de gran escala como El Niño o ENSO (El niño Southern Oscillation, por sus siglas en inglés) en las Eco-Regiones, ya que el problema del cambio climático global está produciendo cambios en la distribución y abundancia de las especies (Green., 2010) así como también un efecto de migraciones de personas a causa de este (Felipe., 2018).



6.7 Objetivo específico 6:

Implementar un plan de difusión y educación ambiental con foco en el conocimiento ecológico de la plaga, los distintos efectos detectados y la prevención de la dispersión.

De acuerdo a lo programado para este objetivo, investigadores del programa participaron en varios eventos, talleres y charlas asociados a esta especie plaga, empleando un módulo didáctico de reconocimiento celular y floraciones de *Didymosphenia geminata* se explicó e ilustró con información actualizada sobre esta especie plaga a los grupos focales, entregando sus rangos de distribución, así como las medidas de mitigación y de bioseguridad que se debe tener al momento de tener contacto con dicha especie. Dichas actividades fueron divididas en 4, las cuales se mencionan a continuación:

6.7.1 Actividad 1: Incorporación de un trabajo sistemático con comunidades escolares vinculando las actividades de la Etapa VII del monitoreo con al menos una municipalidad que cuente con un programa de educación ambiental integrado en Planes y Programas.

La Coordinación de Educación Ambiental del Departamento de Educación de la Municipalidad de Puerto Montt ha sido un colaborador clave en este objetivo porque permitió acoplar instancias de difusión del programa de monitoreo al calendario oficial de efemérides ambientales del Ministerio de Medio Ambiente. Se realizaron reuniones para conocer el plan de trabajo anual y se evaluó la pertinencia de incorporar en los Planes y Programas, el tópico de Bioinvasiones como un factor que afecta la biodiversidad local y, a la vez, un recurso pedagógico. Estas temáticas son abordables a partir de los indicadores 1.2.3-Integración de contenidos de pertenencia cultural y socioambiental local, 3.2.1-Difusión ambiental y promoción de la Sustentabilidad y 3.2.2 Promoción y difusión de la sustentabilidad, que son parte de la matriz del Sistema Nacional de Certificación Ambiental de Establecimientos Educacionales (SNCAE).

Por otro lado, las actividades de divulgación del programa contribuyen a que el Departamento de Educación de la Municipalidad de Puerto Montt trabaje en línea con el mandato del Ministerio de Educación de dar cumplimiento a las metas e indicadores de, al menos, los siguientes objetivos de desarrollo sostenible: ODS 4- Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos, ODS 15- Gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras, detener la pérdida de biodiversidad y ODS 17- Revitalizar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible.

Dos importantes actividades de difusión escolar que se describen a continuación, incluyeron un “Módulo didáctico de reconocimiento celular y floraciones de *Didymosphenia geminata*” que incorporó los siguientes elementos:

- I. Observaciones de células a través de un microscopio
- II. Exhibición de fotografías y videografías de células de Didymo, floraciones masivas, hábitats invadidos y métodos de trabajo en terreno
- III. Visualización de Área de Distribución de la especie plaga en Maps a través de un código QR

- IV. Relato dirigido estudiantes, docentes y público en general para entregar información sobre los aspectos más relevantes sobre Didymo (qué es, sus efectos, vías de dispersión, por qué es importante evitar su dispersión).
- V. Material gráfico de macro y micro formato con información ecológica de *Didymosphenia geminata*.
- VI. Entrevistas y registro de actividades.

Las actividades de difusión escolar se describen a continuación:

- I. Feria de sensibilización por la Conmemoración del día mundial del medio ambiente organizado por el Liceo de Niñas Isidora Zegers de Puerto Montt y la Coordinación de Educación Ambiental (CEA) del Departamento de Administración de Educación (DAEM) Municipal de la Municipalidad de Puerto Montt (15 de junio del 2023). El grupo de trabajo participó en la instancia utilizando el “Módulo didáctico de reconocimiento celular y floraciones de *Didymosphenia geminata*” que permitió explicar el quehacer del programa de monitoreo a grupos de estudiantes de distintos ciclos. El evento contó con la asistencia de 450 personas. Hubo participación tanto de alumnos como profesores en nuestro modulo didáctico, donde se mostró a través de un microscopio cómo es *Didymosphenia geminata*, además de brindar información sobre la propagación y las áreas que abarca esta especie plaga, así como las medidas de mitigación y bioseguridad que se debe tener al momento de encontrarse con esta especie o al momento de tener contacto con algún río que este contaminado con dicha especie (**Figura 38**).



Figura 38. Registro de actividad de difusión en Liceo Isidora Zegers de Puerto Montt donde se aprecia el “Módulo didáctico de reconocimiento celular y floraciones de *Didymosphenia geminata*” (A), donde se utilizó un microscopio para mostrar *in situ* el aspecto de las células de Didymo y su tallo (B), además de material audiovisual de su apariencia en vida libre en los ríos y lagos (C).

- II. Seminario sobre “cambio climático como recurso didáctico en la sala de clases”, organizado por la Coordinación de Educación Ambiental del Departamento de Administración de Educación Municipal de Puerto Montt y realizado en el Colegio Técnico Profesional de Piedra Azul, Puerto Montt (21 de agosto del 2023). El objetivo de esta iniciativa fue incentivar el uso de distintas herramientas pedagógicas y didácticas para la enseñanza enfocadas en cambio climático, haciendo uso tanto de la infraestructura del colegio como las zonas aledañas a este (bosque, huerta y patio). El grupo de trabajo participó en la instancia utilizando el “Módulo didáctico de reconocimiento celular y floraciones de *Didymosphenia geminata*” que permitió explicar el quehacer del programa de monitoreo a 106 docentes provenientes de 30 escuelas y liceos de la comuna de Puerto Montt (**Figura 39**).



Figura 39. Registro de las distintas actividades de difusión realizadas en el Colegio Técnico Profesional de Piedra Azul, con asistencia de docentes del área de ciencias (A), que utilizaron el módulo didáctico de reconocimiento celular y floraciones de *Didymosphenia geminata* (B y C).

- III. Feria de Intercambio de Semillas, Río Puelo, comuna de Cochamó (25 de agosto del 2023). El objetivo principal de este encuentro fue abastecer de semillas y plantas a la comuna de Cochamó. El grupo de trabajo participó realizando difusión de las principales actividades realizadas en río Puelo y Llanada Grande, dos localidades que están incluidas en la red de estaciones de monitoreo de Didymo. Este evento tuvo una asistencia aproximada de 350 personas (**Figura 40**).



Figura 40. Registro de la actividad de intercambio de semillas llevada a cabo en río Puelo, en esta oportunidad se realizaron distintas actividades de intercambio y compra de semillas y plantas de la zona, así como distintas preparaciones gastronómicas típicas de la zona (A; B), además se realizó una hermosa ceremonia representando las distintas comunas invitadas (C), en dicho evento se realizaron labores de difusión en relación a las actividades que se realizan en la localidad.

6.7.2 Actividad 2: Creación de una cápsula informativa con foco en las medidas que podemos tomar para evitar la dispersión de Didymo. Este material será trabajado con agrupaciones comunales con orientación al cuidado del medio ambiente en el ámbito escolar, deportivo, turístico.

- I. Creación de perfil en la plataforma Instagram: El objetivo de esta acción es actualizar con todas las noticias, actividades y novedades que se tengan y se vayan obteniendo con respecto a esta especie plaga *Didymosphenia geminata*. El link para entrar al perfil de Didymo es el siguiente (<https://www.instagram.com/monitoreodidymo.ifop/>). En esta página se encuentran almacenadas una serie de cápsulas informativas que fueron creadas por la estudiante en práctica Amanda Valenzuela, estudiante de la carrera de Biología Marina de la Universidad Austral de Chile. El programa de práctica tuvo una duración de dos meses y contempló un periodo de revisión bibliográfica, creación de contenido y cápsulas relativas a la presencia de Didymo, sus efectos ecológicos y protocolos dirigidos al control de la dispersión de la especie plaga (Figura 41).



Figura 41. Perfil del programa de monitoreo en la plataforma Instagram. Se muestra ejemplo de nuestro perfil de Instagram, además de su respectivo código QR asociado a nuestro perfil.

6.7.3 Actividad 3: Implementación de una plataforma de visualización y consulta en línea de las estaciones de monitoreo, estaciones con presencia de Didymo, y las subsubcuencas declaradas como Áreas de Plaga y Riesgo de Plaga de acuerdo a las resoluciones exentas emitidas por la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.

El WebMap se encuentra alojado en Google Maps y es de acceso público a través del enlace y QR que se encuentra en proceso de difusión. El enlace para acceder al WebMap es: <http://surl.li/nlevg>, además se creó y asocio un código QR a este mapa para facilitar el acceso a él (**Figura 5**). La ventaja sobre otro sistema de visualización es que Google Maps funciona con el GPS del equipo utilizado y los usuarios pueden observar su posición respecto a las estaciones de muestreo y las áreas declaradas plaga y riesgo de plaga, según la resolución más reciente que en este periodo corresponde a la Res. Ex. 1854/2022 (SUBPESCA).

La información que puede ser consultada a través de este sistema corresponde a las estaciones de monitoreo y prospección por etapa (siete etapas en total) y las áreas declaradas en la resolución mencionada previamente, de esta forma se visualiza de mejor manera las cuencas y subcuencas declaradas áreas de plaga o de riesgo de plaga. Como se menciona anteriormente, cada estación tiene 2 categorías posibles, las cuales son: Riesgo de plaga y Plaga, dichas categorías están

representadas en colores en el mapa, donde el color amarillo representa una zona de Riesgo de plaga y el color Rojo representa Plaga (**Figura 42**).

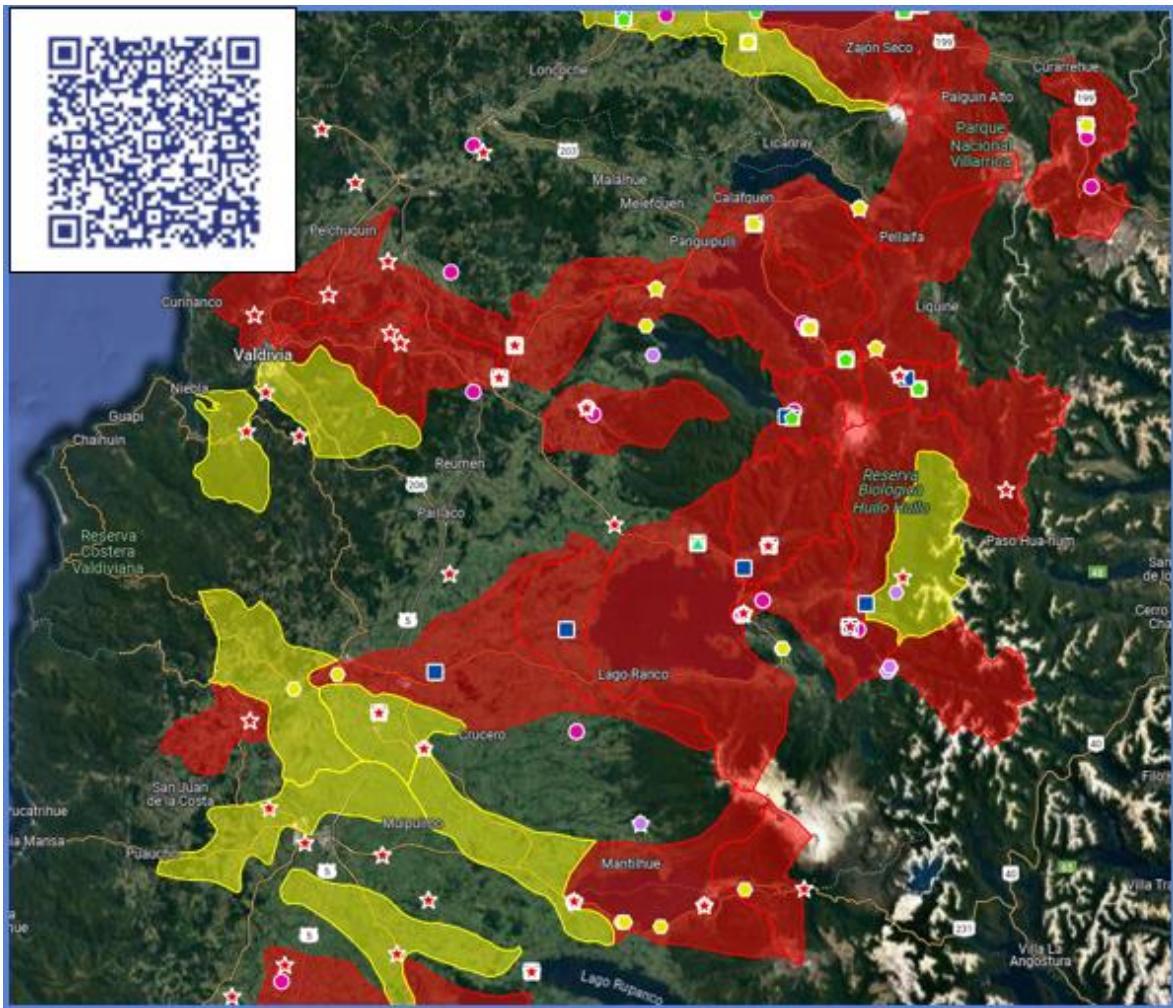


Figura 42. Sistema de visualización de las estaciones de Monitoreo (figuras) y Áreas de Plaga (rojo) y Riesgo de Plaga (amarillo) en Google Maps. Se muestra un ejemplo correspondiente a la cuenca del río Valdivia y Bueno, lo cual muestra solo una parte representativa del mapa realizado con los puntos de muestreo trabajados en el monitoreo, donde además se señalizo las 2 categorías posibles a través de colores, el color Amarillo representa riesgo de plaga y el color Rojo representa zona de plaga.



6.7.4 Actividad 4: Participación en reuniones, talleres, ciclos de charlas y/o mesas de trabajo: Los investigadores del proyecto participarán de estas actividades en la medida de lo posible, con información actualizada y su opinión experta.

- I. Charla con guardaparques en Parque Nacional Torres del Paine (enero 2023): Se realizó una charla didáctica donde se tocaron destinos tópicos sobre esta especie plaga, dando énfasis en las distintas medidas de bioseguridad existentes para así, idealmente se coloquen en práctica y divulgación.
- II. Taller Operacionalización de la herramienta de reporte de datos (DaRT) para Chile, Colombia, Costa Rica, México y Perú (noviembre 2022): Se Participó en taller, donde se nos capacitó a través de charlas didácticas explicando el uso y funcionamiento del instrumento DaRT, el cual se focaliza en aprovechar las sinergias en el ámbito de la gestión del conocimiento y la información para la elaboración de informes nacionales requeridos por el Convenio de Biodiversidad ratificado por Chile.
- III. Plan de desarrollo comunal de educación (PLADECO) convocado por la ilustre municipalidad de Puerto Montt (marzo 2023): Investigadora participó en uno de los múltiples talleres realizados en el contexto del PLADECO de educación donde se trabajó en la participación ciudadana y la discusión continua de distintos temas prioritarios para los ciudadanos, dejando registro de la importancia de incorporar tópicos científicos, gestión ambiental e invasiones biológicas, y ecosistemas locales en la formación de los estudiantes.
- IV. Feria Ambiental Río Maullín (mayo 2023): Investigadora participó de la 3° versión del Festival Cultural y Ambiental Río Maullín, donde se realizaron distintos tipos de actividades de interés ciudadano, abordando el significado del problema ambiental de la presencia de Didymo para los ecosistemas dulceacuícolas, y las amenazas para la diversidad del río Maullín.
- V. Dirección de pasantía de estudiante de Biología Marina de la universidad Austral de Chile (junio 2023 a julio 2023): Trabajo de estudiante estuvo focalizado en la divulgación científica del proyecto y aplicación de encuestas para la obtención de resultados contenidos en el objetivo 4.
- VI. Congreso Iberoamericano de Limnología y el X Congreso Argentino de Limnología (IV CIL – CAL X) 31 de julio al 4 de agosto de 2023 (Buenos Aires). Parte de la investigación realizada por el grupo de trabajo fue presentada por investigadora:



"Pérdida de diversidad a gran escala en comunidades de macroinvertebrados: efectos de la diatomea invasora *Didymosphenia geminata* en ríos chilenos"

- VII. Taller On-line sobre "Programas de monitoreo en sistemas de agua dulce" (octubre 2023): Se participó en reunión de trabajo junto a la Dirección General de Aguas (DGA), Seremi de Salud región de La Araucanía y la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SubPesca), donde se expusieron distintos trabajos realizados por cada entidad y algunos avances o resultados obtenidos a modo de actualización.



7. DISCUSIÓN

Distribución de *Didymosphenia geminata*

Los resultados de la Etapa VII del Monitoreo permitieron comprobar que la invasión de la especie *Didymosphenia geminata* es una amenaza para la biodiversidad dulceacuícola, los servicios ecosistémicos y los sectores productivos que se desarrollan en base a los ecosistemas acuáticos de Chile. La distribución geográfica de Didymo se extiende a través de un rango latitudinal de cerca de 2500 km, abarcando los principales sistemas hidrográficos chilenos distribuidos entre la Región del Maule y la Región de Magallanes y la Antártica Chilena. En relación a los resultados obtenidos en las etapas previas de este Monitoreo y otras iniciativas ejecutadas por POCH, Amakaik y CEQUA, en la presente Etapa se evidenciaron nuevas subsubcuencas con presencia de Didymo a través de registros positivos en estaciones de prospección, mayoritariamente. La información generada confirmó la presencia de la especie plaga en nuevas subsubcuencas pertenecientes a los ríos Maule (73), Itata (81), Bueno (103), Puelo (105), Palena y Costeras Límite Décima Región (110), Aysén (113), Costeras e Islas entre R Aysén y Canal Gral. Martínez (114) y Baker (115).

En relación a los aspectos distribucionales de *D. geminata*, la literatura señala que el límite norte de la distribución de la especie en Chile corresponde a la localidad de Mejillones en la Región de Antofagasta, cuyo registro data de 1964 bajo el nombre de *Gomphonema geminatum*, mientras que el límite sur sería el Lago Sarmiento, Región de Magallanes (Blanco & Ector, 2009; Rivera et al., 2013). No obstante, con posterioridad a la fecha de publicación de estos trabajos, no se han reportado nuevos registros para estas dos localidades, por lo tanto, la presencia de *D. geminata* no ha sido confirmada fuera del rango geográfico comprendido entre la cuenca del Maule y Tierra del Fuego y en sistemas con características oligotróficas o con baja carga de nutrientes (Bray, 2016). En el caso del Lago Sarmiento, este sistema destaca dentro de nuestra red de monitoreo por ser un ecosistema alcalino sub-salino que permite el desarrollo de trombolitos (Osman et al 2020) que, de acuerdo a nuestros resultados presenta predominio de *Epithemia*, *Fragilaria*, *Cocconeis*, *Gomphonema* y *Ulnaria*, principalmente.

Según los resultados informados para la Etapa VII, el río Claro (cuenca del río Maule) corresponde al registro actual más septentrional de Didymo en Chile. La zona norte del Lago General, en la cuenca del río Baker, localidad de Puerto Ibáñez, no tenía registros de Didymo hasta que los hallazgos de la Etapa VII confirmaron la presencia de *D. geminata* en esta zona donde existe un importante puerto con llegada de transbordadores desde Chile Chico, que es parte de una de las áreas con mayor presencia de Didymo en la región de Aysén.

Considerando la escala espacial de cuenca hidrográfica, se observó una distribución heterogénea de los sitios afectados por la plaga. En ríos de la Zona Central, *D. geminata* tiende a distribuirse hacia las zonas altas de las cuencas afectando principalmente ríos cordilleranos y precordilleranos de bajo orden, similarmente a la distribución descrita en etapas previas este Monitoreo. En cuencas de la Zona Sur y Austral, se observó una tendencia distinta, donde *D. geminata* mostró una distribución más homogénea, con registros positivos tanto en la zona alta, como en la zona media y baja de las cuencas.



Los estudios de descripción y modelación de hábitat, señalan que *D. geminata* se desarrolla principalmente en ríos y lagos con aguas pobres en nutrientes y con hábitat considerados prístinos o con bajos niveles de intervención antrópica (Spaulding & Elwell, 2007). En Chile, estas condiciones tienden a mantenerse en los sistemas hidrográficos patagónicos, fueguinos y en las zonas altas de las cuencas entre la Región del Maule y Los Lagos, los cuales coinciden con la distribución descrita para *D. geminata* en Chile desde al año 2010 a la fecha.

Didymo fue registrado tanto en los ensambles bentónicos como planctónicos de microalgas, aunque en algunas estaciones, Didymo ha sido detectado solamente en la columna de agua. En toda el área de estudio la presencia de *D. geminata* ocurre simultáneamente en la comunidad de microalgas bentónicas, en el ensamble de diatomeas bentónicas, proliferando en distintas categorías de densidad a través de las zonas geográficas y las cuencas, pudiendo alcanzar densidades tan elevadas como 1.397 cél/mm² durante la Etapa VI, 1.159 cél/mm² durante la Etapa VII, ambos en un estero afluente del Lago La Paloma, y 5.258 cél/mm² como registro máximo histórico obtenido en el río Claro de la cuenca del Aysén, en la Etapa II del programa de monitoreo. Consecuentemente, prácticamente, en todas las estaciones donde *D. geminata* formó parte de la comunidad bentónica también estuvo presente en la columna de agua, por este hecho, es imprescindible realizar actividades de prospección a través del análisis de muestras fitoplanctónicas. Sigue con frecuencia que las floraciones de Didymo no son detectadas, principalmente, debido a problemas metodológicos relacionados con la falta de conocimiento de las técnicas de muestreo en agua dulce (i.e. esfuerzo de muestreo insuficiente, selección inadecuada de sitios de muestreo), y de las condiciones ambientales adversas específicas de los sitios a prospectar (i.e. elevada turbidez, incremento de caudal, baja visibilidad), lo cual es subsanado a través de la obtención de una muestra de fitoplancton empleando las técnicas de muestreo descritas inicialmente en este documento en base a las recomendaciones de Díaz *et al.*, (2017).

Los ríos de la Patagonia y Tierra del Fuego, y los ríos cordilleranos de la Zona Central constituyen un área extremadamente vulnerable a los efectos de las proliferaciones masivas de esta plaga debido a que representa la porción más extensa del hábitat potencial de *D. geminata* en Sudamérica y por la fuerte presión derivada de la pesca deportiva y turismo (Reid & Torres, 2014; Reid *et al.*, 2012; Segura, 2011). Coincidientemente con lo planteado en la literatura, durante la Etapa VII se observó que el mayor número de estaciones afectadas y las mayores abundancias relativas de Didymo se concentraron en la Zona Sur, correspondiente a las cuencas ubicadas entre río Puelo (105) y río Baker (115), y en la Zona Austral representada por Tierra del Fuego (128). Es importante mencionar que los primeros registros de proliferaciones de *D. geminata* fueron reportados en los ríos Futaleufú y Espolón en el año 2010 y desde esa fecha se ha observado un incremento en el número de sitios con registro positivo de Didymo que da cuenta un proceso de expansión progresivo de esta especie, tal como ha sido reportado en Argentina (Lamaro *et al.* 2019).

Relación entre *Didymosphenia geminata* y variables ambientales

La relación de *D. geminata* con las variables ambientales es un aspecto que está en constante estudio y que requiere diversas estrategias metodológicas, incluyendo estudios genómicos, fisiológicos, poblacionales, comunitarios en distintas escalas espaciales, con énfasis en escalas espaciales de hábitats, y a lo largo de gradientes ambientales que reflejen la diversidad de los ecosistemas invadidos



por la plaga, en riesgo de ser amenazados o que se encuentren libres de ser invadidos. Los estudios ecológicos de una especie de alta invasividad constituyen un desafío relevante dada la amplia variabilidad de contextos ambientales de las cuencas que existen a lo largo del territorio. Las tendencias generales de nuestros resultados muestran que existen diferencias espaciales importantes en cuanto a la disponibilidad de nutrientes y a la variabilidad de los parámetros físicos y químicos cuantificados.

Los resultados del objetivo específico 2 concuerdan con gran parte de la literatura publicada sobre la relación de Didymo y el ambiente. Sin embargo, para lograr una apreciación correcta de estas relaciones es necesario considerar el conocimiento acumulado sobre la dinámica de las proliferaciones de Didymo y los eventos previos a su formación (Cullin et al., 2012; Bothwell et al., 2014). En primer lugar, se debe entender que el principal problema con Didymo son sus proliferaciones en sistemas oligotróficos, lo que a la vez lo hace una especie única entre las diatomeas (Sundeareswar et al., 2011).

Los estudios observacionales que intentan relacionar a Didymo con su ambiente deben reconocer que para que una proliferación ocurra, se deben completar varios eventos que están modulados de distintas formas por el ambiente. En primer lugar, para que una proliferación ocurra en un sitio donde previamente no ocurrían deben ingresar células de Didymo al sistema. Este ingreso puede estar mediado por diversos factores, desde el transporte desde aguas arriba, hasta el ingreso por el transporte de fauna o actividades humanas. Sin embargo, el ingreso de células no garantiza la ocurrencia de proliferaciones. Para esto primero las células deben asentarse en un sustrato y colonizar, y existe evidencia que ciertos sustratos son más idóneos para el asentamiento de la microalga (Bergety et al., 2010) y ciertas condiciones ambientales para el establecimiento, que incluso pueden ser contrastantes con las necesarias para la proliferación (Killroy & Botyhwell, 2014; Hix & Murdoch, 2019). En particular, los trabajos mencionados coinciden en que las proliferaciones ocurren por un sobreflujo fotosintético en condiciones apropiadas de luz, pero con escasos nutrientes, especialmente fósforo. El mecanismo de sobreflujo fotosintético en Didymo consiste en canalizar el carbono fijado por la alta actividad fotosintética hacia los tallos y no hacia la división celular, limitada por nutrientes, produciendo de esta forma las grandes proliferaciones asociadas a la especie, y que por lo general no se relacionan directamente con la densidad celular (Bothwell et al., 2014).

Los resultados presentados en el objetivo específico 2 de este informe tienen relación con la presencia o ausencia de Didymo, por lo tanto, no deben confundirse con los resultados de otros estudios diseñados para identificar causas ambientales de las proliferaciones (e.g., Zamorano et al., 2019). Los resultados obtenidos del análisis de componentes principales concuerdan con otros trabajos realizados en la zona (Montecino et al., 2016; Beamud et al., 2019) en que existe una gran superposición de las condiciones ambientales de sitios sin y con presencia de Didymo. Esto se puede deber a varias causas, desde muestreos inadecuados para detectar la presencia de la microalga, hasta la falta del ingreso de células a un lugar adecuado para el establecimiento de la especie. De igual forma, un factor pocas veces considerado en los estudios observacionales es la dinámica de los ríos, con crecidas de caudal que anualmente perturban a los ensambles del perifiton (e.g., muestreos tras perturbación probablemente no encuentren presencias). Este es un tema que se evaluará incorporar en futuras etapas de este monitoreo, especialmente ante la evidencia de que el cambio



climático está alterando los ciclos anuales de caudal (Sudlow et al., 2023), en magnitud y ritmo, y que en general estos cambios favorecerían la formación de proliferaciones de Didymo (e.g., Brahney et al., 2021).

Los resultados del modelo aditivo generalizado concuerdan con la literatura en identificar al fósforo y específicamente bajas concentraciones para mayores probabilidades de presencia. Con floraciones o sin ellas, Didymo es una especie asociada a sistemas oligotróficos, con adaptaciones únicas para hacer frente y persistir en estos tipos de ambientes. No obstante, estudios han sumado evidencia de que otras variables ambientales son igual o más relevantes (e.g., West et al., 2020), al igual que lo encontrado en nuestros resultados. Por lo tanto, este es un tema en desarrollo dentro del programa de monitoreo y en futuras etapas se evaluará que actividades permitirían mejorar nuestro entendimiento sobre la interacción de Didymo y su ambiente.

Características de las comunidades bentónicas invadidas por *Didymosphaeria geminata*

En relación a los efectos sobre las comunidades de microalgas bentónicas los resultados obtenidos indicaron que existe una evidente estructuración debida a la sola presencia de *D. geminata* y también una estructuración que se debe a las distintas categorías de la densidad de esta especie. La magnitud del efecto es diferencial dependiendo de la Zona geográfica analizada, no obstante, existe un patrón generalizado para toda el área geográfica invadida. De la literatura se desprende que *D. geminata* afecta la composición taxonómica, los procesos de transferencia de energía entre los distintos niveles tróficos, y por tanto, los impactos asociados a las proliferaciones de *D. geminata* son transferidos a través de toda la red trófica fluvial (Gillis & Chalifour, 2010). En esta Etapa no fue posible identificar los mecanismos específicos que subyacen a los efectos detectados, pero sí fue posible observar que existe una marcada y significativa tendencia a la homogenización de la diversidad de microalgas, y macroinvertebrados bentónicos. Las implicancias de la invasión por Didymo deben ser estudiadas detalladamente en otros grupos tróficos y otros ecosistemas de alto valor para la conservación, especialmente, debido a que se evidencia un proceso de pérdida de diversidad acuática a escala de ecorregión.

Las proliferaciones masivas de *D. geminata* tienen capacidad de desplazar a las especies bentónicas nativas, contribuyendo al dominio de pequeñas diatomeas como respuesta a la competencia por recursos y afectando a las comunidades de macroinvertebrados (Ladrera et al., 2018), pudiendo alterar a los niveles superiores de las tramas tróficas (Reid & Torres 2014). Esta alteración ecológica puede causar un impacto sobre los servicios ecosistémicos y componentes económicos, a través de los potenciales efectos sobre la calidad el agua, el hábitat trófico, de reproducción, refugio y reclutamiento de especies ícticas nativas y de interés comercial. El efecto de *D. geminata* sobre diversas actividades económicas asociadas a los ecosistemas dulceacuícolas se encuentran bien documentado para aquellas relacionadas con fines recreacionales (Beville et al., 2012). En ríos de Columbia Británica, Polonia, Canadá, principalmente, las floraciones de *D. geminata* obstruyen ductos de captación y devolución de agua, generando costos económicos adicionales y permanentes a la industria acuícola e hidroeléctrica (Kawecka & Sanecki 2003, Campbell 2005).



Los estudios realizados en Chile respecto al impacto de esta especie han estado concentrados en el impacto ecológico sobre las comunidades bentónicas (Salvo & Oyanedel, 2019) y afecta a las líneas celulares de los salmones (Olivares *et al.*, 2015). Al mismo tiempo, existe un vacío de conocimiento importante en el estudio de los impactos económicos en el país, sobre todo en el sector turístico que basa su desarrollo en la gran diversidad de ecosistemas acuáticos naturales de la zona centro, sur y austral, que constituyen destinos turísticos de orden global, permitiendo atraer ingresos económicos asociados a alrededor de 8 a 10 mil visitantes por año que ingresan a Chile para desarrollar actividades deportivas acuáticas (ProChile 2003). A pesar del elevado conocimiento respecto a la distribución de la plaga en nuestro país, parece existir poca investigación enfocada a conocer y entender los impactos de esta especie sobre la economía y el turismo (Kilroy & Bothwell 2014).

Dispersión de *Didymosphenia geminata*

La secuencia de etapas que preceden a una invasión fue descrita por Lockwood *et al.*, (2005) para el caso de la invasión de *D. geminata*. Antes de que esta plaga lograra generar impactos significativos, inicialmente, las células viables son transferidas a través de uno o más vectores hacia un tramo de río o hacia un lago. Dado que las condiciones ambientales del sistema afectado son favorables, la plaga logra establecerse, generar poblaciones autosustentables y luego incrementar su tamaño poblacional y posteriormente expandir su rango geográfico. Sin embargo, esta secuencia puede ser acelerada si la presión de propágulo aumenta en frecuencia y/o en intensidad, ya que de este modo se logra maximizar la probabilidad de éxito en el establecimiento de las poblaciones y el incremento en el rango geográfico de éstas. En otras palabras, el número de diatomeas que ingresan a un ecosistema es determinante en la viabilidad de las poblaciones y el éxito del establecimiento de la plaga. Sin embargo, Lockwood *et al.*, (2005) no consideran la importancia de la escala espacial en la que operan los vectores en el establecimiento de una plaga como *D. geminata* en una cuenca hidrográfica.

De acuerdo a lo anterior, existe una estrecha relación entre las propiedades de los vectores y fómites que actúan en cada cuenca, y la presión de propágulo. Carlton & Ruiz (2005) describieron el efecto, en distintos escenarios, la frecuencia de un vector (unidades/área) y la intensidad medida como área geográfica afectada por un vector, sobre la presión de propágulo o número de células de *D. geminata* que potencialmente ingresan a un sistema. Esta última es reconocida como uno de los factores más importantes que intervienen en el éxito de una invasión (Puth & Post 2005; Drake & Lodge 2006), y es definida como una medida del número de individuos que son liberados en un área donde la especie no es nativa (Carlton 1996). La causa de su relevancia se debe a que su incremento conduce a un incremento en la probabilidad de dispersión de individuos, establecimiento de nuevas poblaciones y consecuentemente el éxito de la invasión (Leung *et al.*, 2004).

Didymosphenia geminata es una especie con gran capacidad de invasión puesto a que posee alta capacidad de proliferación en conjunto con una alta dispersión, número de propágulos y rápida tasa de reproducción vegetativa (Montecino *et al.* 2016). La alta capacidad de dispersión se atribuye a vectores antropogénicos como equipos de pesca, entre otros (Bothwell *et al.*, 2009). Aunque todas las formas de uso recreativo de los ríos son vectores potenciales para el transporte de didymo, los sitios fluviales de la mayoría de las infestaciones tempranas descritas para la Isla Sur en Nueva Zelanda son muy accesibles para los pescadores de truchas (Kilroy 2008, Bothwell *et al.*, 2009). Es en este contexto que toma relevancia los vectores de dispersión (humano) el cual transporta y utiliza fómites



para realizar actividades de pesca recreativa, por otro lado, la capacidad de *D. geminata* para sobrevivir fuera de su entorno en donde puede sobrevivir y permanecer con éxito su viabilidad en condiciones frescas y húmedas por al menos 40 días (Kilroy 2005).

Es ampliamente conocido que los pescadores e investigadores de ecosistemas límnicos, utilizan vadeadores para ingresar a los ríos los cuales pueden alojar células dentro de los poros sobre todo en las botas de fieltro. A pesar de la bajísima carga de células de Didymo encontradas en las muestras de fitobentos y fitoplancton, las botas de neopreno con suela de fieltro evidenciaron una mayor cantidad de células respecto al de material PVC para ambas pruebas realizadas y, pese a realizar desinfección a distintas concentraciones de desinfectantes comerciales, las concentraciones más altas de los tratamientos (Sal 10%, Lavalozas 10%, Cloro 4% y Cloro 4%-Lavalozas 10%) se observó un 100% de eficiencia de desinfección, al contrario de los tratamientos a concentraciones medias, donde se observó una célula viable para el caso del tratamiento Cloro 2% en bota de Neopreno. De forma preliminar, los resultados de la presión de propágulos y desinfección se condicen con Kilroy et al. (2007) y Kilroy (2008) quienes indican como vector para el transporte de Didymo, los fieltros los cuales pueden ser la pieza de arte de pesca más problemática en uso generalizado. Sin embargo, es importante tener presente que los vectores de dispersión no residen en el humano solamente, sino que también puede ser propagado por insectos, peces, aves y mamíferos (Kristiansen 1996) lo cual dificulta más aun el determinar la presión de propágulos en las cuencas que se distribuye *D. geminata*, siendo las microcuencas, subcuencas y cuencas aledañas y que no se ha registrado la especie, aquellas que poseen un riesgo inminente de presencia en el corto plazo.

Valoración económica de los efectos de *Didymosphenia geminata*

Considerando la falta de estudios respecto a los impactos económicos de las invasiones biológicas en el país, y por la evolución que ha tenido esta plaga en Europa y Norteamérica, existe una alta probabilidad que *D. geminata* pueda llegar a causar efectos negativos de alta magnitud en los cuerpos de agua continentales de Chile. Al verse afectado el ecosistema, también se afectan aquellas actividades que se benefician por el buen estado de este, generando por consiguiente potenciales efectos a nivel económico. Esto debido a la degradación estética, la cual afecta el turismo, y las distintas actividades acuáticas de entretenimiento, además de pérdidas económicas por los bloqueos de los motores de lanchas, botes, sumado a los efectos negativos que causa la presencia que *D. geminata* sobre los pescadores deportivos. En la Etapa IV se propusieron las bases para desarrollar futuros estudios del impacto económico utilizando como aproximación el Valor Económico Total (VET) de los ecosistemas afectados por la plaga, considerando los valores actuales y futuros en las estrategias de gobierno en la gestión de plagas y recursos naturales de los ecosistemas dulceacuícolas (Dushin & Yurak, 2019; Zappi, 2011; PNUD, 2017).

En este informe, correspondiente a la Etapa VII, se presentó una sistematización metodológica y resultados de una valoración social preliminar de los efectos de la Didymo en el río Puelo. Se han generado insumos que permiten complementar la información con la que cuenta el IFOP para la gestión de esta invasión. A nuestro conocimiento, este es el primer estudio que se aproxima a realizar un análisis social y económico de los efectos de Didymo, utilizando el enfoque de servicios ecosistémicos como eje de aproximación. El estudio consideró la percepción y valoración de 144



actores locales respecto a la invasión, lo cual permite tener más luces sobre la aceptabilidad social de esta plaga, los problemas que genera y los rubros económicos que estarían siendo más afectados. Esta información es relevante por cuanto permite dimensionar focos relevantes que podría tener una futura gestión del Didymo.

Dado el escenario de tiempo y recursos disponibles para llevar a cabo los análisis aquí presentados, las estimaciones económicas de daño obtenidas deben ser utilizadas con cautela porque se basan mayoritariamente en los costos directos revelados por los participantes, y no se incorporan estimaciones más complejas de pérdida económica que requieren un análisis ecológico del comportamiento de la plaga. Aun así, se lograron estimar pisos mínimos de daño que pueden ser significativos para diferentes actores y pueden contribuir un esfuerzo inicial que puede ir robusteciéndose en el futuro.

Cabe destacar que la mayoría de las personas entrevistadas conocen el Didymo, lo cual facilitaría esfuerzos futuros de información sobre los problemas que genera. En este contexto, casi un 80% de las personas que declaran conocer la invasión aseguran que es un problema y nociva para otras especies y para las personas. De esta forma, la percepción mayoritaria, es negativa. Por otra parte, la cuenca del río Puelo es un escenario muy importante para la mayor parte de los participantes esencialmente por los servicios ecosistémicos culturales y de regulación. Esto indicaría que los beneficios culturales pueden ser estratégicos para comunicar el problema de esta plaga a las distintas comunidades humanas que se pueden ver afectadas. Destacan en este contexto los efectos percibidos relativos a la belleza escénica que se ve afectada, así como también el turismo.

Respecto a los vínculos existentes entre los servicios que brinda el río Puelo con las características sociodemográficas de las personas, las relaciones son complejas de observar en términos de tendencias porque probablemente el tamaño muestral no es lo suficientemente grande. Sin embargo, algunas luces emergen, por ejemplo, personas con mayor educación tienden a dar menos puntaje a servicios asociados a pesca recreativa, probablemente resguardando la prístinidad del área.

Una amplia mayoría de los encuestados declaró percibir los efectos del Didymo sobre el río Puelo. Los participantes destacan los efectos visuales negativos, potenciales efectos negativos en la reproducción y crecimiento de peces, efectos negativos sobre la experiencia turística, entre otros. Al mismo tiempo, las personas prefieren eliminar la plaga antes que controlarla, aunque observan que eliminar puede ser complejo y poco factible. Parece ser que cuando los entrevistados fueron del género masculino, tienden a percibir un menor efecto del Didymo sobre el turismo y experiencia de los turistas.

En el ámbito económico, el rubro más afectado es el turismo seguido por el sector pesca. Esto probablemente porque actores que trabajan en estos rubros deben enfrentar gastos directos por molestias o problemas causados por esta invasión. La mayoría de los participantes estaría dispuesta a pagar o a invertir tiempo para apoyar el control de la plaga. Esto constituye un resultado positivo porque existiría voluntad o aceptabilidad sociales a la eliminación. A partir de este resultado, se tiene más conocimiento de que puede ser relevante fortalecer campañas de educación y de involucramiento



colectivo para el manejo de la invasión. Parece importante trabajar directamente con operadores turísticos y con personas que trabajan en el ámbito de la pesca porque parecen ser clave para una gestión exitosa del problema.

La disposición a pagar resulta ser mayor cuando se pregunta por tiempo en vez de dinero, lo cual indica cautela en el uso de los resultados. Los resultados indican los beneficios económicos por persona que se ganarían si operara el control. El nivel de ingresos y estudio se relacionan positivamente con una disposición a pagar por control, por lo cual la condición socioeconómica de las personas influiría en su involucramiento en campañas de control y eventuales apoyos monetarios para el mismo.

El impacto mínimo estimado por año, solo por concepto de gastos a causa de la plaga alcanzaría a 381 millones de pesos/año, cuando se considera a toda la población encuestada como representativa del impacto promedio. Este corresponde a un impacto económico directo y no incluye posibles efectos indirectos o de largo plazo que podrían significativamente incrementar el impacto de la plaga en la región.



8. CONCLUSIONES

De acuerdo a la información generada durante la Etapa VII en relación a los análisis de las comunidades de macroinvertebrados y microalgas bentónicas, variables físicas y químicas del agua, y de las relaciones entre diferentes variables monitoreadas durante las campañas de primavera-verano y otoño-invierno, se concluye que:

- Existen 13 nuevas subsubcuencas no declaradas en la Res. Ex. 1854/2022 con presencia de Didymo, tres de ellas con presencia de Didymo en bentos y otras 10 con presencia de Didymo solo en plancton. Además, existen dos subsubcuencas declaradas en Riesgo de Plaga que presentaron Didymo en bentos.
- Dado lo anterior, en una próxima actualización de la Res. Ex. 1854/2022 habrían 10 nuevas subsubcuencas declaradas en Riesgo de Plaga, tres nuevas como Plaga y dos subsubcuencas que pasarían de la categoría Riesgo de Plaga a Plaga, todas ellas en las regiones del Maule, Ñuble, Los Ríos, Los Lagos y Aysén.
- El rango de distribución de *Didymosphenia geminata*, se mantiene entre el río Claro (35,41°S), cuenca del río Maule, hasta el río Pagels (54,58°S) en Tierra del Fuego. Este rango latitudinal de 2500 km., incluye cuencas y subsubcuencas que se encuentran libres de Didymo.
- *Didymosphenia geminata* se encuentra en una gran variedad de ecosistemas dulceacuícolas (lagos, desagües de lagos, ríos andinos, ríos con descarga glacial, ríos costeros, ríos de pampa) y su presencia estuvo relacionada a macroescala con variables de calidad de agua (fósforo, sílice, conductividad), mientras que a nivel de grupos de cuencas, también fueron relevantes otras variables como conductividad, fósforo, nitrato, sílice y calcio, junto a ciertas características físicas del hábitat, tales como el estrés hidráulico, el tamaño del sustrato de fondo y la turbidez, donde también intervienen de manera relevante los gradientes latitudinales, longitudinales y altitudinales.
- Respecto al objetivo específico 2, se concluye que Didymo se ha encontrado en el perifiton en gran cantidad de condiciones ambientales, y que a priori la mayoría de las zonas libres de la plaga son vulnerables. Además, las condiciones ambientales donde su presencia se supone más probable coinciden con los resultados de estudios desarrollados en distintas partes del mundo, permitiendo utilizar la evidencia acumulada para proyectar escenarios futuros asociados al cambio climático.
- Los ecosistemas fluviales invadidos muestran una clara tendencia a la homogenización de la diversidad de macroinvertebrados, efecto que estaría ocurriendo a una escala regional, afectando a una gran variedad de ecosistemas a lo largo del país. Además, a partir de nuestros resultados, se vislumbró que el uso de índices univariados de diversidad no es adecuado para medir el efecto de esta especie plaga, dado que muestran un incremento de la riqueza cuando la abundancia de Didymo es baja, probablemente, contribuyendo a subestimar el efecto de esta especie exótica.



- La magnitud de la presión de propágulo en *D. geminata* para las actividades acuáticas recreativas y/o de investigación está asociada importantemente al tipo de indumentaria utilizada. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre dos materiales con los que son fabricados frecuentemente los vadeadores, waders o botas de pescador. Fue posible constatar que el wader fabricado con PVC tiene una menor capacidad de transportar células de Didymo que el wader de Neopreno y un efecto coadyuvante de las soluciones de desinfección. La presión de propágulo fue un 97% más alta que aquella cuantificada para el PVC.
- El impacto mínimo estimado por año, sólo por concepto de gastos a causa de la plaga, alcanzaría a 381 millones de pesos/año, cuando se considera a toda la población encuestada como representativa del impacto promedio. Este corresponde a un impacto económico directo y no incluye posibles efectos indirectos o de largo plazo que podrían significativamente incrementar el impacto de la plaga en la región.



9. REFERENCIAS

- Añón Suárez, D. A., & Albariño, R. J. (2020). Efecto del establecimiento del alga invasora *Didymosphenia geminata* sobre la abundancia de macrocrustáceos en el Río Limay superior, Patagonia, Argentina.
- Beamud, S., Baffico, G., Reid, B., Torres, R., Gonzalez-Polo, M., Pedrozo, F., Diaz, M. (2016). Photosynthetic performance associated with phosphorus availability in mats of *Didymosphenia geminata* (Bacillariophyceae) from Patagonia (Argentina and Chile). *Phycologia* 55: 118-125.
- Beamud, S., Laffitte, L., Saavedra, J., Baffico, G., Laurenzano, B., Diaz, M., & Pedrozo, F. (2019). Controlling factors affecting the presence and distribution of *Didymosphenia geminata* in lakes and rivers of the Neuquén province, Argentina. *Ecohydrology*, 12. <https://doi.org/10.1002/eco.2148>
- Bergey, E. A., Cooper, J. T., & Phillips, B. C. (2010). Substrate characteristics affect colonization by the bloom-forming diatom *Didymosphenia geminata*. *Aquatic Ecology*, 44, 33-40.
- Beville, S. T., Kerr, G. N., & Hughey, K. F. (2012). Valuing impacts of the invasive alga *Didymosphenia geminata* on recreational angling. *Ecological Economics*, 82, 1-10.
- Biggs, B. J. F., C. Kilroy & C. C. Vieglais, (2006). A New Zealand science response to help manage *Didymosphenia geminata*—an unwanted diatom invader of freshwaters. In Spaulding, S., R. Wiltshire & L. Elwell (conference organizers) Current Knowledge of *Didymosphenia geminata*: Developing a Research and Management Response. Federation of Fly Fishers and EPA Region 8, held in association with Western Division American Fisheries Society Annual Meeting, May 15–16, 2006, Montana State University, Montana, USA: 29 pp, p. 7.
- Blanco-D., (2009). El Cauquén colorado (*Chloephaga rubidiceps*) en peligro de extinción: Estatus poblacional y acciones de conservación en Argentina y Chile. Informe inedito. Fundación para la Conservación y el Uso Sustentable de los Humedales Buenos Aires, Argentina.
- Borcard, D., Gillet, F., & Legendre, P. (2018). Numerical Ecology with R. Use R!
- Bothwell, Max. L., Lynch, D. R., Wright, H., & Deniseger, J. (2009). On the Boots of Fishermen: The History of Didymo Blooms on Vancouver Island, British Columbia. *Fisheries*, 34(8), 382–388. <https://doi.org/10.1577/1548-8446-34.8.382>
- Bothwell, Max L., & Kilroy, C. (2011). Phosphorus limitation of the freshwater benthic diatom *Didymosphenia geminata* determined by the frequency of dividing cells. *Freshwater Biology*, 56, 565–578. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2010.02524.x>
- Bothwell, M. L., Taylor, B. W., & Kilroy, C. (2014). The Didymo story: the role of low dissolved phosphorus in the formation of *Didymosphenia geminata* blooms. *Diatom research*, 29(3), 229-236.
- Bothwell, M. L., & Taylor, B. W. (2017). Blooms of benthic diatoms in phosphorus-poor streams. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 15(2), 110-111.
- Brahney, J., Bothwell, M. L., Capito, L., Gray, C. A., Null, S. E., Menounos, B., & Curtis, P. J. (2021). Glacier recession alters stream water quality characteristics facilitating bloom formation in



- the benthic diatom *Didymosphenia geminata*. *Science of The Total Environment*, 764, 142856.
- Brattström, H., & A. Johanssen. (1983). Ecological and regional zoogeography of the marine benthic fauna of Chile. *Sarsia* 68: 289-339.
- Bus, PH. (2013). Visón (*Neovison vison*) como posible vector de transmisión del alga invasora *Didymosphenia geminata*. Tesis de grado presentada para optar al título de Biólogo Marino. Universidad Austral de Chile.
- Camus, P. (2001). Biogeografía marina de Chile continental. *Revista Chilena de Historia Natural* 74: 587-617
- Carantonja, T; Hernández, D. Indicador de vulnerabilidad de especie ante el cambio climático en áreas naturales protegidas, venezuela terra nueva etapa, vol. Xxxiii, núm. 53, enero-junio, (2017), pp. 75-103 Universidad Central de Venezuela Caracas, Venezuela.
- Clarke K. R. & Gorley R. N. (2015) PRIMER v7: User Manual/Tutorial. PRIMER-E, Plymouth, UK.
- Copp, G. H., Templeton, M., & Gozlan, R. E. (2007). Propagule pressure and the invasion risks of non-native freshwater fishes: a case study in England. *Journal of Fish Biology*, 71, 148–159.
- Cullis, J. D., Gillis, C. A., Bothwell, M. L., Kilroy, C., Packman, A., & Hassan, M. (2012). A conceptual model for the blooming behavior and persistence of the benthic mat-forming diatom *Didymosphenia geminata* in oligotrophic streams. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 117(G2).
- Díaz, C., Molina, X., & Montecino, V. (2016). Manual para el monitoreo e identificación de la microalga bentónica *Didymosphenia geminata*. Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.
- Ekman, S. (1953). Zoogeography of the sea. Sidgwick & Jackson, London, United Kingdom. 417 pp
- Estrada, A., Morales-Castilla, I., Caplat, P. & Early, R. (2016) Usefulness of species traits in predicting range shifts. *Trends in Ecology & Evolution*, 31, 190-203.
- Fasola L., Muzio J., Chehébar C., Cassini. M. & Macdonald, D. (2011). Range expansion and preyuse of American mink in Argentinean Patagonia: dilemmas for conservation. *Eur J Wildl Res* 57:283–294 DOI 10.1007/s10344-010-0425-6
- Felipe P B. (2018). Migraciones climáticas: una aproximación al panorama actual. Fundacion Ecodes.
- Gillis, C. A., & Chalifour, M. (2010). Changes in the macrobenthic community structure following the introduction of the invasive algae *Didymosphenia geminata* in the Matapedia River (Québec, Canada). *Hydrobiologia*, 647, 63-70.
- Gillis, C., Dugdale, S., & Bergeron, N. (2018). Effect of discharge and habitat type on the occurrence and severity of *Didymosphenia geminata* mats in the Restigouche River, eastern Canada. *Ecohydrology*, 11, 1&NA;
- Green, R. (2010). An overview of the effects of climate change on birds. BOU Proceedings Climate Change and Birds. <<http://www.bou.org.uk/bouproc-net/ccb/green.pdf>> (consultado 15 de enero de 2016).
- Green, M. W., Blum, P. W., Sellers, S. C., Gangloff, M. M., Jacobus, L. M., & Tuberty, S. R. (2019). Mesohabitat current velocity effects on *Didymosphenia geminata* and macroinvertebrates in a SE USA hypolimnetic tailwater. *Aquatic Ecology*, 53, 607-628.
- Gordon, J E , Tormey , D , Wignall , R , Brazier , V & Crofts , R .(2022). Climate change will challenge the management of geoheritage in protected and conserved areas. *Parks Stewardship Forum* , vol. 38 , no. 1 . <https://doi.org/10.5070/P538156119>



- Hinostroza Catalán, G. S. (2009). Piscicultura de Recirculación en la Duodécima Región.
- Hix, L. A., & Murdock, J. N. (2019). *Didymosphenia geminata* habitat requirements are unique and variable for cell establishment and mat accumulation. *Hydrobiologia*, 828(1), 147–164.
- Larson, A., & Carreiro, J. (2008). Relationships between nuisance blooms of *Didymosphenia geminata* and measures of aquatic community composition in Rapid Creek, South Dakota.
- Leone, P., Cerdá, J., Sala, S., & Reid, B. (2014). Mink (*Neovison vison*) as a natural vector in the dispersal of the diatom *Didymosphenia geminata*. *Diatom Research*, 29. <https://doi.org/10.1080/0269249X.2014.890957>.
- Lindstrøm, E. A., & Skulberg, O. (2008). *Didymosphenia geminata*—a native diatom species of Norwegian rivers coexisting with the Atlantic salmon. In *Proceedings of the 2007 International Workshop on Didymosphenia geminata*. Edited by ML Bothwell and SA Spaulding. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences (Vol. 2795, pp. 35–40).
- Livezey, B. C. and P. Humphrey. (1986). Flightlessness in steamer-ducks (Anatidae: Tachyeres): its morphological bases and probable evolution. *Evolution*, 40: 540–558.
- Harris, S., Raya Rey A., Zavalaga C. & F. Quintana. (2014). Strong temporal consistency in the individual Foraging behaviour of Imperial Shags *Phalacrocorax atriceps*. *Ibis* 156: 523–533.
- Hoffmann, A., & Carla Sgrò. (2011). Climate change and evolutionary adaptation. *Nature* 470: 479–485
- James, D. A., & Chipps, S. R. (2016). Influence of *Didymosphenia geminata* blooms on prey composition and associated diet and growth of Brown Trout. *Transactions of the American Fisheries Society*, 145(1), 195–205.
- Jaramillo, A., Osman, D., Caputo, L., Cardenas, L. (2015). Molecular evidence of a *Didymosphenia geminata* (Bacillariophyceae) invasion in Chilean freshwater systems. *Harmful Algae* 49: 117–123.
- Jenouvrier, S., Garnier, J., Patouta, F., & L. Desvillettes. (2017). Influence of dispersal processes on the global dynamics of Emperor penguin, a species threatened by climate change. *Biological Conservation* 212: 63–73
- Kašťovský, J., Hauer, T., Mareš, J., Krautová, M., Bešta, T., Komárek, J., Desortová, B., Heteša, J., Hindáková, A., Houk, V., Janeček, E., Kopp, R., Marvan, P., Pumann, P., Skácelová, O., & Zapomělová, E. (2010). A review of the alien and expansive species of freshwater cyanobacteria and algae in the Czech Republic. *Biological Invasions*, 12(10), 3599–3625.
- Kilroy, C. (2004). A new alien diatom, *Didymosphenia geminata* (Lyngbye) Schmidt: its biology, distribution, effects, and potential risks for New Zealand Fresh Waters. *New Zealand National Institute of Water and Atmospheric (NIWA) Research*, 40.
- Kilroy C. (2005). Test to determine the effectiveness of methods for decontaminating materials that have been in contact with *Didymosphenia geminata*: National Institute of Water and Atmospheric Research, New Zealand, Client Report, CHC2005-005, NIWA Project MAF05501.
- Kilroy, C., Larned, S., & Biggs, B. (2009). The non-indigenous diatom *Didymosphenia geminata* alters benthic communities in New Zealand rivers. *Freshwater Biology*, 54, 1990–2002. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2009.02247.x>



- Kilroy, Cathy, Whitehead, A., Wood, S., Vandergoes, M., Lambert, P., & Novis, P. (2021). Predicting the potential distribution of the invasive freshwater diatom *Lindavia intermedia* in New Zealand lakes. *Aquatic Invasions*, 16, 415–442. <https://doi.org/10.3391/ai.2021.16.3.03>
- Kilroy, C, & Unwin, M. (2011). The arrival and spread of the bloom-forming freshwater diatom, *Didymosphenia geminata*, in New Zealand. *Aquatic Invasions*, 6, 349–362.
- Kilroy, C, & Bothwell, M. (2014). Attachment and short-term stalk development of *Didymosphenia geminata*: effects of light, temperature, and nutrients. *Diatom Research*, 29, 237–248.
- Kirkwood, A., Shea, T., Jackson, L., & SscCauley, E. (2007). *Didymosphenia geminata* in two Alberta headwater rivers: An emerging invasive species that challenges conventional views on algal bloom development. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 64, 1703–1709. <https://doi.org/10.1139/f07-152>
- Kunza, L. A., Gillis, C. A., Haueter, J. Z., Murdock, J. N., & O'Brien, J. M. (2018). Declining phosphorus as a potential driver for the onset of *Didymosphenia geminata* mats in North American rivers. *River Research and Applications*, 34(8), 1105-1110.
- Lindstrøm, E. A., & Skulberg, O. (2008). *Didymosphenia geminata*—a native diatom species of Norwegian rivers coexisting with the Atlantic salmon. In *Proceedings of the 2007 International Workshop on Didymosphenia geminata*. Edited by ML Bothwell and SA Spaulding. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences (Vol. 2795, pp. 35-40).
- Montecino, V., Molina, X., Kumar, S., Castillo, M., Bustamante, R. (2014). Niche dynamics and potential geographic distribution of *Didymosphenia geminata* (Lyngbye) M. Schmidt, an invasive freshwater diatom in Southern Chile. *Aquatic Invasions* 9: 507-519.<http://www.sernapesca.cl/informacion-utilidad/estadisticas-de-venta-de-licencias-de-pesca-recreativa>
- Montecino, V., Molina, X., Bothwell, M., Muñoz, P., Carrevedo, M. L., Salinas, F., ... & Bustamante, R. O. (2016). Spatio temporal population dynamics of the invasive diatom *Didymosphenia geminata* in central-southern Chilean rivers. *Science of the Total Environment*, 568, 1135-1145.
- Morin, A., & Cattaneo, A. (1992). Factors affecting sampling variability of freshwater periphyton and the power of periphyton studies. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 49(8), 1695-1703.
- Núñez-Parrado D. & M. Niklitschek-Huaquín. (2010). Caracterización de la pesca recreativa en la Patagonia chilena. Una encuesta a turistas de larga distancia en la región de Aysén. *Estudios y perspectivas de turismo*. V.19 N.1. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Argentina. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-17322010000100005
- Olivares, P., Orellana, P., Guerra, G., Peredo-Parada, M., Chavez, V., Ramirez, A., & Parodi, J. (2015). Water contaminated with *Didymosphenia geminata* generates changes in *Salmo salar* spermatozoa activation times. *Aquatic Toxicology*, 163, 102-108.
- Osipova, E., M. Emslie-Smith, M. Osti, M. Murai, U. Åberg, and P. Shadie. (2020). IUCN World Heritage Outlook 3: A Conservation Assessment of All Natural World Heritage Sites, November 2020. Gland, Switzerland: IUCN. <https://portals.iucn.org/library/node/49134>



- Oyanedel, A., Ordóñez, P & Rojas, R. (2021). Informe Final: Monitoreo de la especie plaga *Didymosphenia geminata* en cuerpos de agua de la zona centro, sur y austral, Etapa V. Departamento de Medio Ambiente. Instituto de Fomento Pesquero.
- Oyanedel, A., Ordóñez, P & Rojas, R. (2022). Informe Final: Monitoreo de la especie plaga *Didymosphenia geminata* en cuerpos de agua de la zona centro, sur y austral, Etapa V. Departamento de Medio Ambiente. Instituto de Fomento Pesquero.
- Oyanedel, A., Ordóñez, P & Rojas, R. (2023). Informe Final: Monitoreo de la especie plaga *Didymosphenia geminata* en cuerpos de agua de la zona centro, sur y austral, Etapa V. Departamento de Medio Ambiente. Instituto de Fomento Pesquero.
- Pacheco E V .(2012). Relación entre capacidad de invasión y tasa de diversificación en la familia Cyprinidae: Importancia del rango de distribución en un contexto filogenético. Seminario de Título presentado a la Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas Para optar al título de Biólogo. Universidad de Concepción, Chile.
- Pizarro, AF. (2018). Servicio móvil de inertización de aguas de lastre.
- Plasencia-Vázquez, A. H., Escalona-Segura, G. & L.G Esparza-Olguín. (2014). Modelación de la distribución geográfica potencial de dos especies de 47 psitácidos neotropicales utilizando variables climáticas y topográficas. *Acta Zoológica Mexicana* 30: 471-490.
- Reid, B., & Torres, R. (2014). *Didymosphenia geminata* invasion in South America: ecosystem impacts and potential biogeochemical state change in Patagonian rivers. *Acta Oecologica*, 54, 101-109.
- Reyes, S. & R. Troncoso-Gaytán. (2001). "El Niño Oscilación del Sur" y los fenómenos hidrometeorológicos en Baja California: el evento de 1997-1998. INP. SAGARPA. México. Ciencia Pesquera No. 15.
- Richardson, D. C., Oleksy, I. A., Hoellein, T. J., Arscott, D. B., Gibson, C. A., & Root, S. M. (2014). Habitat characteristics, temporal variability, and macroinvertebrate communities associated with a mat-forming nuisance diatom (*Didymosphenia geminata*) in Catskill mountain streams, New York. *Aquatic Sciences*, 76, 553-564.
- Rost, A. L., Fritsen, C. H., & Davis, C. J. (2011). Distribution of freshwater diatom *Didymosphenia geminata* in streams in the Sierra Nevada, USA, in relation to water chemistry and bedrock geology. *Hydrobiologia*, 665, 157-167.
- Ruiz, G. & Carlton, J. (2003). Invasion vectors: a conceptual framework for management. Invasive species: vectors and management strategies (ed. by G. Ruiz and J. Carlton), pp. 459–504, Island Press, Washington.
- Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SERNAPESCA). 2022a. Áreas de pesca recreativa de Chile. <http://www.sernapesca.cl/informacion-utilidad/zonas-de-pesca-recreativa> Consultado en agosto de 2022.
- Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SERNAPESCA). 2022b. Estadísticas de ventas de licencias de pesca recreativa en Chile 2014-2020. <http://www.sernapesca.cl/informacion-utilidad/estadisticas-de-venta-de-licencias-de-pesca-recreativa>.
- Sinervo, B., Mendez-de-la-Cruz, F., Miles, D.B., Heulin, B., Bastiaans, E., Cruz, M.V.S. et al. (2010). Erosion of lizard diversity by climate change and altered thermal niches. *Science*, 328, 894–899.



- Spaulding, S., & Elwell, L. (2007). Increase in nuisance blooms and geographic expansion of the freshwater diatom *Didymosphenia geminata*: recommendations for response. White Paper USEPA Region 8, 33.
- Sridhar, V., Vinesh, L., Jayashankar, M., Kamala, P., & A. Verghese. CLIMEX simulated predictions of Oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera: Tephritidae) geographical distribution under climate change situations in India. Current Science 106:1702-1710.
- Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SSPA). (2011). Resolución Exenta 322: Establece protocolo de limpieza y desinfección de fómites de la microalga *Didymosphenia geminata*. 6p. Disponible en <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?i=1023194&f=2011-02-18>
- Sudlow, K., Tremblay, S. S., & Vinebrooke, R. D. (2023). Glacial stream ecosystems and epilithic algal communities under a warming climate. Environmental Reviews.
- Sundareshwar, P. V., Upadhayay, S., Abessa, M., Honomichl, S., Berdanier, B., Spaulding, S. A., ... & Trennepohl, A. (2011). *Didymosphenia geminata*: Algal blooms in oligotrophic streams and rivers. Geophysical Research Letters, 38(10).
- Vuilleumier, F. (1994). Nidificación y status de *Phrygilus fruticeti* (Aves, Emberizidae) en la Patagonia chilena: ¿un ejemplo del fenómeno de "límite de la especie"? Revista Chilena de Historia Natural 67: 299 -307
- West, D. C., Balik, J. A., Owens, M., & Taylor, B. W. (2020). *Didymosphenia geminata* blooms are not exclusively driven by low phosphorus under experimental conditions. Hydrobiologia, 847, 1057-1069.
- Whitton, B. A., Ellwood, N. T. W., & Kawecka, B. (2009). Biology of the freshwater diatom *Didymosphenia*: a review. *Hydrobiologia*, 630, 1-37.
- Wistuba, M. B., & Mercado, C. R. (2017). Reconversion de industrias ligadas a recursos naturales: la promesa incumplida de la industria salmonera en Chile. Revista Venezolana de Gerencia, 22(77), 121-136.
- Wood, S. N. (2017). Generalized additive models: an introduction with R. CRC press.
- Zamorano, D., Peredo-Parada, M., Lillo, D. J., Parodi, J., & Díaz, C. A. (2019). Mat thickness associated with *Didymosphenia geminata* and *Cymbella* spp. in the southern rivers of Chile. PeerJ, 7, e6481.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN DE INVESTIGACIÓN EN ACUICULTURA

10. ANEXOS

ANEXO 1. TABLAS



Tabla A1

Presencia/ausencia de *Didymosphenia geminata* en la comunidad del fitoplancton y bentos (fitobentos + diatomeas) en cada una de las estaciones de monitoreo. Se especifica la fecha de muestreo, Región (R), la cuenca (C), subcuenca (SC) y sub-subcuenca (SSC), categoría de la SSC de cada estación según Resolución Exenta N° 1854-2022 y si la SSC a la que pertenece cada estación no se encuentra declarada en resolución (ND). La codificación para cuenca, subcuenca y sub-subcuenca es la indicada en el Inventario Público de Cuencas de la Dirección General de Aguas. sm: sin muestra, 0 ausencia de *D. geminata*, 1 presencia de *D. geminata*.

Estación	Fecha	Cod Región	Cod Cuenca	Cod	Cat	Tipo	Dg_	Dg_	Dg_	Dg_Bentos	Dg_	PRESENCIA
Codegua	31-3-2023	6	57	5713	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Coya	31-3-2023	6	60	6003	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Pangal O	31-3-2023	6	60	6006	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Claro O	31-3-2023	6	60	6009	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Cachapoal 3	30-3-2023	6	60	6012	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Claro 13	30-3-2023	6	60	6013	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Tinguiricua 2	30-3-2023	6	60	6025	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Clarotíngui	30-3-2023	6	60	6025	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Teno 2	28-3-2023	7	71	7102	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Quilpoco	29-3-2023	7	71	7105	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Lontué	28-3-2023	7	71	7117	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Mataquito	29-3-2023	7	71	7121	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Hualañé	29-3-2023	7	71	7123	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Mataquito 2	29-3-2023	7	71	7123	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Maule	26-3-2023	7	73	7307	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Armerillo	26-3-2023	7	73	7321	Plaga	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Maule 1	27-3-2023	7	73	7322	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Achibueno	27-3-2023	7	73	7354	ND	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Ancoa 2	27-3-2023	7	73	7355	ND	P	s/m	0	0	0	1	Planctónico
Achibueno 6	26-3-2023	7	73	7356	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	1	Planctónico
Radal 01	28-3-2023	7	73	7370	Plaga	M	1	0	s/m	1	0	Bentónico
Claro 21	28-3-2023	7	73	7371	ND	P	s/m	0	0	0	1	Planctónico
Claro 24	28-3-2023	7	73	7372	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Lircay B	26-3-2023	7	73	7374	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Lircay A	26-3-2023	7	73	7376	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	1	Planctónico
Ñuble 6	25-3-2023	16	81	8105	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	1	Planctónico
Ñuble 1B	25-3-2023	16	81	8106	Riesgo	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Ñuble 3	25-3-2023	16	81	8110	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Ñuble 2A	25-3-2023	16	81	8115	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Chillán 3	24-3-2023	16	81	8116	ND	P	s/m	0	0	0	0	Ausente
Diguilín 2	24-3-2023	16	81	8130	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Diguilín A	24-3-2023	16	81	8131	Riesgo	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Itata	24-3-2023	16	81	8133	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Nirreco A	15-3-2023	9	83	8300	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Biobío 30	15-3-2023	9	83	8301	Plaga	M	1	0	s/m	1	0	Bentónico
Lonquimay 20	16-3-2023	9	83	8304	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Biobío D	15-3-2023	9	83	8306	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Biobío 10	18-3-2023	8	83	8312	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Callaqui	18-3-2023	8	83	8313	Plaga	M	1	0	s/m	1	1	Bentónico
Callaqui	6-5-2023	8	83	8313	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Nirremetún	18-3-2023	8	83	8314	ND	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Queuco A	18-3-2023	8	83	8315	ND	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Queuco A	6-5-2023	8	83	8315	ND	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Huequecura	19-3-2023	8	83	8316	Plaga	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Huequecura	6-5-2023	8	83	8316	Plaga	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Caficura A	23-3-2023	8	83	8321	ND	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Caficura A	6-5-2023	8	83	8321	ND	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Pichibureo	17-3-2023	8	83	8331	Riesgo	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Pichibureo	7-5-2023	8	83	8331	Riesgo	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Bureo	17-3-2023	8	83	8332	ND	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Bureo	7-5-2023	8	83	8332	ND	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Renaco 3	17-3-2023	8	83	8344	Plaga	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Renaco 3	7-5-2023	8	83	8344	Plaga	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Bajo Malleco	16-3-2023	9	83	8351	Riesgo	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Bajo Malleco	7-5-2023	9	83	8351	Riesgo	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Biobío 67	22-3-2023	8	83	8367	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	1	Planctónico
Polcura	23-3-2023	8	83	8375	Plaga	M	1	0	s/m	1	0	Bentónico
Polcura	5-5-2023	8	83	8375	Plaga	M	1	1	s/m	1	0	Bentónico



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN DE INVESTIGACIÓN EN ACUICULTURA

Estación	Fecha	Cod Región	Cod Cuenca	Cod	Cat	Tipo	Dg_	Dg_	Dg_	Dg_Bentos	Dg_	PRESENCIA
Rucué B	23-3-2023	8	83	8376	Plaga	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Rucué B	5-5-2023	8	83	8376	Plaga	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Laja	23-3-2023	8	83	8380	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Laja	5-5-2023	8	83	8380	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Caliboro	22-3-2023	8	83	8382	Riesgo	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Perales	22-3-2023	8	83	8383	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
San Rosendo	22-3-2023	8	83	8386	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Quillén	16-3-2023	9	91	9110	ND	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Cautín 1	16-3-2023	9	91	9122	Plaga	M	1	0	s/m	1	0	Bentónico
Quepe B	14-3-2023	9	91	9130	Riesgo	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Truful Truful	14-3-2023	9	94	9400	Plaga	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Allipén A	14-3-2023	9	94	9401	ND	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Curaco	13-3-2023	9	94	9405	Plaga	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Trancura	11-3-2023	9	94	9412	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Tinquilco	24-3-2023	9	94	9416	ND	P	s/m	0	0	0	s/m	Ausente
Pucón	12-3-2023	9	94	9418	Plaga	M	s/m	s/m	s/m	s/m	0	Ausente
Donguil A	11-3-2023	9	94	9431	Riesgo	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Neltume	10-3-2023	14	101	10100	Plaga	M	0	s/m	s/m	0	0	Ausente
Chan Chan	10-3-2023	14	101	10103	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Llanquihue	10-3-2023	14	101	10104	Plaga	M	1	1	s/m	1	0	Bentónico
Llancahue	11-3-2023	14	101	10105	Plaga	M	0	1	s/m	1	0	Bentónico
Huenehue	11-3-2023	14	101	10107	Plaga	M	1	0	s/m	1	0	Bentónico
Reca	10-3-2023	14	101	10108	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Pangueco	9-3-2023	14	101	10111	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
San Pedro	9-3-2023	14	101	10113	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Quinchilca	9-3-2023	14	101	10116	Plaga	M	1	0	s/m	1	0	Bentónico
Quinchilca B	9-3-2023	14	101	10122	Plaga	M	1	0	s/m	1	0	Bentónico
Curriñe 01	7-3-2023	14	103	10300	Riesgo	P	s/m	0	s/m	s/m	1	Planctónico
Pillanleufú	7-3-2023	14	103	10301	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Pillanleufú	8-5-2023	14	103	10301	Plaga	M	1	0	s/m	1	1	Bentónico
Hueinahue	7-3-2023	14	103	10302	Plaga	P	s/m	0	s/m	s/m	1	Planctónico
Caicayén	7-3-2023	14	103	10303	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	1	Planctónico
Calcurupe	8-3-2023	14	103	10304	Plaga	M	0	1	s/m	1	0	Bentónico
Calcurupe	8-5-2023	14	103	10304	Plaga	M	1	0	s/m	1	1	Bentónico
Pilmaiquén B	9-5-2023	14	103	10304	Plaga	M	0	0	s/m	0	1	Planctónico
Florín	8-3-2023	14	103	10305	Plaga	M	1	0	s/m	1	1	Bentónico
Florín	8-5-2023	14	103	10305	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Puyehue	5-3-2023	10	103	10323	Plaga	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Puyehue	9-5-2023	10	103	10323	Plaga	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Trafún	6-3-2023	10	103	10324	Riesgo	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Chirre	6-3-2023	14	103	10325	ND	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Pilmaiquén B	6-3-2023	10	103	10328	Riesgo	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Rahue	5-3-2023	10	103	10340	ND	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Bonito	5-3-2023	10	103	10340	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	1	Planctónico
Rahue	9-5-2023	10	103	10340	ND	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Rollizo A	4-3-2023	10	104	10443	Riesgo	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Petrohué	4-3-2023	10	104	10455	ND	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Del Este A	4-3-2023	10	104	10460	ND	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Manso 2	2-3-2023	10	105	10503	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Puelo	2-3-2023	10	105	10510	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Puelo C	2-3-2023	10	105	10512	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Puelo 10	2-3-2023	10	105	10514	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Puelo A	3-3-2023	10	105	10520	Plaga	M	1	1	s/m	1	0	Bentónico
Puelo Chico	3-3-2023	10	105	10523	Plaga	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Rayas B	1-2-2023	10	106	10681	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Mollfun	1-2-2023	10	106	10683	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Espolón E	7-1-2023	10	107	10700	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Blanco Futra	7-1-2023	10	107	10700	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Cenizas	7-1-2023	10	107	10701	Plaga	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Tigre Futra	7-1-2023	10	107	10701	Plaga	P	s/m	0	s/m	s/m	1	Planctónico
Espolón B	7-1-2023	10	107	10701	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Bellavista	8-1-2023	10	107	10701	Plaga	P	s/m	0	s/m	s/m	1	Planctónico
Noroeste	8-1-2023	10	107	10701	Plaga	P	s/m	0	1	1	1	Bentónico
Chico Futra	8-1-2023	10	107	10702	Plaga	P	s/m	0	1	1	1	Bentónico
Espolón A	8-1-2023	10	107	10702	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Futaleufú C	9-1-2023	10	107	10703	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Malito	9-1-2023	10	107	10704	Plaga	M	1	1	s/m	1	0	Bentónico
Yelcho B	6-1-2023	10	107	10710	Plaga	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Michinmahuida	6-1-2023	10	107	10711	Plaga	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Amarillo	6-1-2023	10	107	10712	ND	M	s/m	s/m	s/m	s/m	0	Ausente



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN DE INVESTIGACIÓN EN ACUICULTURA

Estación	Fecha	Cod Región	Cod Cuenca	Cod	Cat	Tipo	Dg_	Dg_	Dg_	Dg_Bentos	Dg_	PRESENCIA
Caduco	5-1-2023	10	109	10901	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
El Tigre	9-1-2023	10	110	11020	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Palena B	10-1-2023	10	110	11021	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Oeste	10-1-2023	10	110	11023	Plaga	M	s/m	s/m	s/m	s/m	1	Planctónico
Pampita	10-1-2023	11	110	11024	Riesgo	M	1	0	s/m	1	1	Bentónico
Seco A	11-1-2023	11	110	11033	Plaga	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Lago Roselot	11-1-2023	11	110	11034	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Quinto B	11-1-2023	11	110	11035	Plaga	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Palena D	11-1-2023	11	110	11040	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Risopatrón	12-1-2023	11	110	11041	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Dorotea	11-1-2023	11	110	11042	Plaga	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Queuleat B	12-1-2023	11	111	11130	Plaga	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Las Torres A	12-1-2023	11	111	11144	Plaga	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Cobarde	21-4-2023	11	111	11145	ND	P	s/m	0	0	0	0	Ausente
Cisnes 03	12-1-2023	11	111	11147	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Cuervo	30-1-2023	11	111	11170	ND	P	0	0	s/m	0	0	Ausente
Tepa	30-1-2023	11	111	11170	ND	P	0	0	s/m	0	0	Ausente
Yulton 1	8-3-2023	11	111	11170	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Yulton 2	8-3-2023	11	111	11170	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Yulton 3	9-3-2023	11	111	11170	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Yulton 4	9-3-2023	11	111	11170	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Nirehuao	13-1-2023	11	113	11302	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Nirehuao	21-4-2023	11	113	11302	Plaga	M	1	1	s/m	1	0	Bentónico
Picaflor	13-1-2023	11	113	11303	Plaga	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Picaflor	21-4-2023	11	113	11303	Plaga	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Mañihuales B	13-1-2023	11	113	11304	Plaga	M	1	1	s/m	1	0	Bentónico
Mañihuales B	21-4-2023	11	113	11304	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Emperador Guillermo A	13-1-2023	11	113	11307	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Emperador Guillermo A	23-4-2023	11	113	11307	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Viviana	14-1-2023	11	113	11308	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Viviana	23-4-2023	11	113	11308	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Balmaceda	19-1-2023	11	113	11310	ND	P	s/m	0	1	1	1	Bentónico
Blanco BM	18-1-2023	11	113	11312	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Blanco BM	26-4-2023	11	113	11312	Plaga	M	1	0	s/m	1	0	Bentónico
Simpson B	18-1-2023	11	113	11313	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Simpson B	26-4-2023	11	113	11313	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Pollux	18-1-2023	11	113	11314	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Pollux	26-4-2023	11	113	11314	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Claro S	17-1-2023	11	113	11315	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Claro S	25-4-2023	11	113	11315	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Coyhaique B	17-1-2023	11	113	11316	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Coyhaique B	25-4-2023	11	113	11316	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Simpson A	17-1-2023	11	113	11318	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Simpson A	23-4-2023	11	113	11318	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Simpson-Marihuales	14-1-2023	11	113	11320	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Simpson-Marihuales	23-4-2023	11	113	11320	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
La Paloma	18-1-2023	11	113	11330	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
La Paloma	26-4-2023	11	113	11330	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
Blanco AY	22-4-2023	11	113	11335	Riesgo	P	s/m	0	1	1	1	Bentónico
Cóndor	15-1-2023	11	113	11336	Riesgo	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Riesco 01	16-1-2023	11	113	11336	Riesgo	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Riesco 01	20-4-2023	11	113	11336	Riesgo	P	s/m	0	0	0	0	Ausente
Cóndor	22-4-2023	11	113	11336	Riesgo	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Riesco	15-1-2023	11	113	11337	Plaga	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Riesco	22-4-2023	11	113	11337	Plaga	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Pangal A	14-1-2023	11	113	11340	Plaga	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Pangal A	20-4-2023	11	113	11340	Plaga	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Tabo	16-1-2023	11	113	11341	Riesgo	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Tabo	24-4-2023	11	113	11341	Riesgo	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Tabo 01	24-4-2023	11	113	11341	Riesgo	P	s/m	0	0	0	1	Planctónico
Oro Verde	24-4-2023	11	113	11341	Riesgo	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente
Aysén	15-1-2023	11	113	11342	Plaga	M	1	1	s/m	1	0	Bentónico
Aysén	22-4-2023	11	113	11342	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico
El Salto	20-4-2023	11	114	11400	Riesgo	P	s/m	0	0	0	0	Ausente
Norte	27-1-2023	11	114	11420	ND	P	s/m	0	1	1	1	Bentónico
Cajón	28-1-2023	11	115	11500	ND	M	0	0	s/m	0	0	Ausente
Luna	28-1-2023	11	115	11502	ND	P	s/m	0	1	1	1	Bentónico
Ibáñez 3	27-4-2023	11	115	11505	ND	P	s/m	0	0	0	0	Ausente
Ibáñez 2	27-4-2023	11	115	11511	ND	P	s/m	0	0	0	1	Planctónico
Murta	20-1-2023	11	115	11513	ND	M	0	0	s/m	0	0	Ausente



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN DE INVESTIGACIÓN EN ACUICULTURA

Estación	Fecha	Cod Región	Cod Cuenca	Cod	Cat	Tipo	Dg_	Dg_	Dg_	Dg_Bentos	Dg_	PRESENCIA	
Sánchez	20-1-2023	11	115	11513	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	1	Plancónico	
Tranquilo	21-1-2023	11	115	11515	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico	
Leones	21-1-2023	11	115	11516	Plaga	P	1	0	s/m	1	1	Bentónico	
Cañal	21-1-2023	11	115	11517	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente	
Maitén	27-1-2023	11	115	11522	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico	
Guadal	27-1-2023	11	115	11523	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	1	Plancónico	
Chacabuco A	21-1-2023	11	115	11534	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico	
Cochrane	23-1-2023	11	115	11536	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico	
Del Salto A	22-1-2023	11	115	11538	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico	
Baker 01	23-1-2023	11	115	11539	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico	
Los Ñadis A	22-1-2023	11	115	11544	Plaga	M	0	0	s/m	0	1	Plancónico	
Vargas	22-1-2023	11	115	11548	Plaga	M	0	0	s/m	0	0	Ausente	
Pérez	25-1-2023	11	117	11700	Plaga	P	s/m	0	1	1	1	Bentónico	
Desagué Lago Cisnes	25-1-2023	11	117	11701	Riesgo	M	0	0	s/m	0	0	Ausente	
O'higgins	24-1-2023	11	117	11702	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico	
Pascua	26-1-2023	11	117	11712	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	1	Plancónico	
Quetro	26-1-2023	11	117	11712	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	1	Plancónico	
Laguna Azul	14-1-2023	12	122	12280	ND	P	s/m	0	0	0	0	Ausente	
Paine 2	16-1-2023	12	122	12280	ND	M	0	s/m	s/m	0	0	Ausente	
Lago Sarmiento	14-1-2023	12	122	12281	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente	
Nordenskjold 1	15-1-2023	12	122	12282	Plaga	P	s/m	0	0	0	0	Ausente	
Paine 3	15-1-2023	12	122	12282	Plaga	P	s/m	0	0	0	0	Ausente	
Nordenskjold	15-1-2023	12	122	12282	Plaga	P	s/m	0	0	0	0	Ausente	
Ascencio	15-1-2023	12	122	12282	Plaga	M	0	0	s/m	0	0	Ausente	
Pudeto	15-1-2023	12	122	12282	Plaga	P	s/m	0	0	0	s/m	Ausente	
Zamora	14-1-2023	12	122	12283	Plaga	P	s/m	0	0	0	0	1	Plancónico
Baguales	16-1-2023	12	122	12283	Plaga	M	0	0	0	0	0	Ausente	
Las Chinas	14-1-2023	12	122	12283	Plaga	P	s/m	0	0	0	0	Ausente	
Máscaras	16-1-2023	12	122	12284	ND	M	0	0	0	0	0	Ausente	
Lago Toro	13-1-2023	12	122	12286	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico	
Rincón	17-1-2023	12	122	12286	Plaga	M	0	0	0	0	0	Ausente	
Grey	13-1-2023	12	122	12287	Plaga	M	1	0	s/m	1	1	Bentónico	
Serrano	12-1-2023	12	122	12289	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico	
Río Grande Otway	24-1-2023	12	125	12561	ND	P	s/m	0	0	0	0	Ausente	
Canelo	24-1-2023	12	125	12562	ND	M	0	0	0	0	0	Ausente	
San Pedro M	18-1-2023	12	125	12581	ND	M	0	0	0	0	0	Ausente	
Santa María	18-1-2023	12	125	12581	ND	P	s/m	0	0	0	0	Ausente	
San Juan	18-1-2023	12	125	12582	ND	P	s/m	0	0	0	0	Ausente	
Rubens	17-1-2023	12	126	12600	ND	M	0	0	0	0	0	Ausente	
Rubens 2	17-1-2023	12	126	12600	ND	P	s/m	0	0	0	0	Ausente	
Penitente	17-1-2023	12	126	12622	ND	M	0	0	0	0	0	Ausente	
Marazzi	20-1-2023	12	128	12815	ND	P	s/m	0	s/m	s/m	0	Ausente	
Bueno M	20-1-2023	12	128	12819	ND	P	s/m	0	0	0	0	Ausente	
Caleta	20-1-2023	12	128	12820	ND	P	s/m	0	0	0	0	Ausente	
Fontaine	22-1-2023	12	128	12825	Plaga	M	0	0	0	0	0	Ausente	
Intimani	22-1-2023	12	128	12825	Plaga	P	s/m	0	0	0	s/m	Ausente	
Pagels	22-1-2023	12	128	12825	Plaga	M	0	0	0	0	0	Ausente	
Betbeder	22-1-2023	12	128	12825	Plaga	P	s/m	0	s/m	s/m	1	Plancónico	
Cañadón	22-1-2023	12	128	12825	Plaga	P	s/m	0	1	1	s/m	Bentónico	
Japón	21-1-2023	12	128	12873	Plaga	M	1	1	s/m	1	0	Bentónico	
Lago Blanco	21-1-2023	12	128	12875	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico	
Grande	21-1-2023	12	128	12876	Plaga	M	1	1	s/m	1	1	Bentónico	
Catalina	21-1-2023	12	128	12876	Plaga	P	s/m	0	1	1	1	Bentónico	
Lago Despreciado	22-1-2023	12	128	12879	Plaga	M	0	0	0	0	0	Ausente	



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN DE INVESTIGACIÓN EN ACUICULTURA

ANEXO 2. FOTOGRAFÍAS DE TERRENO



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN DE INVESTIGACIÓN EN ACUICULTURA



Figura A1. Muestreo de fitoplancton en Lago Sarmiento (superior) y río Santa María (inferior), Región de Magallanes.



Figura A2. Obtención de muestras de macroinvertebrados en río Penitente (superior) y Lago Despreciado (inferior), Magallanes.



Figura A3. Registro de parámetros fisicoquímicos en río Grey (superior) y río Paine (inferior), P.N. Torres del Paine.



Figura A4. Aplicación de protocolo de desinfección de waders en Lago Nordenskjold, Parque Nacional Torres del Paine.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN DE INVESTIGACIÓN EN ACUICULTURA



Figura A5. Proliferaciones de *Didymosphenia geminata* en río Serrano (superior) y río Japón (inferior), Región de Magallanes.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN DE INVESTIGACIÓN EN ACUICULTURA



Figura A6. Proliferaciones de *Didymosphenia geminata* en río Grande (superior) y río Grey (inferior), Región de Magallanes.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN DE INVESTIGACIÓN EN ACUICULTURA



Figura A7. Proliferaciones de *Didymosphenia geminata* en una cascada correspondiente a un afluente del Lago Fagnano, Tierra del Fuego, Magallanes.

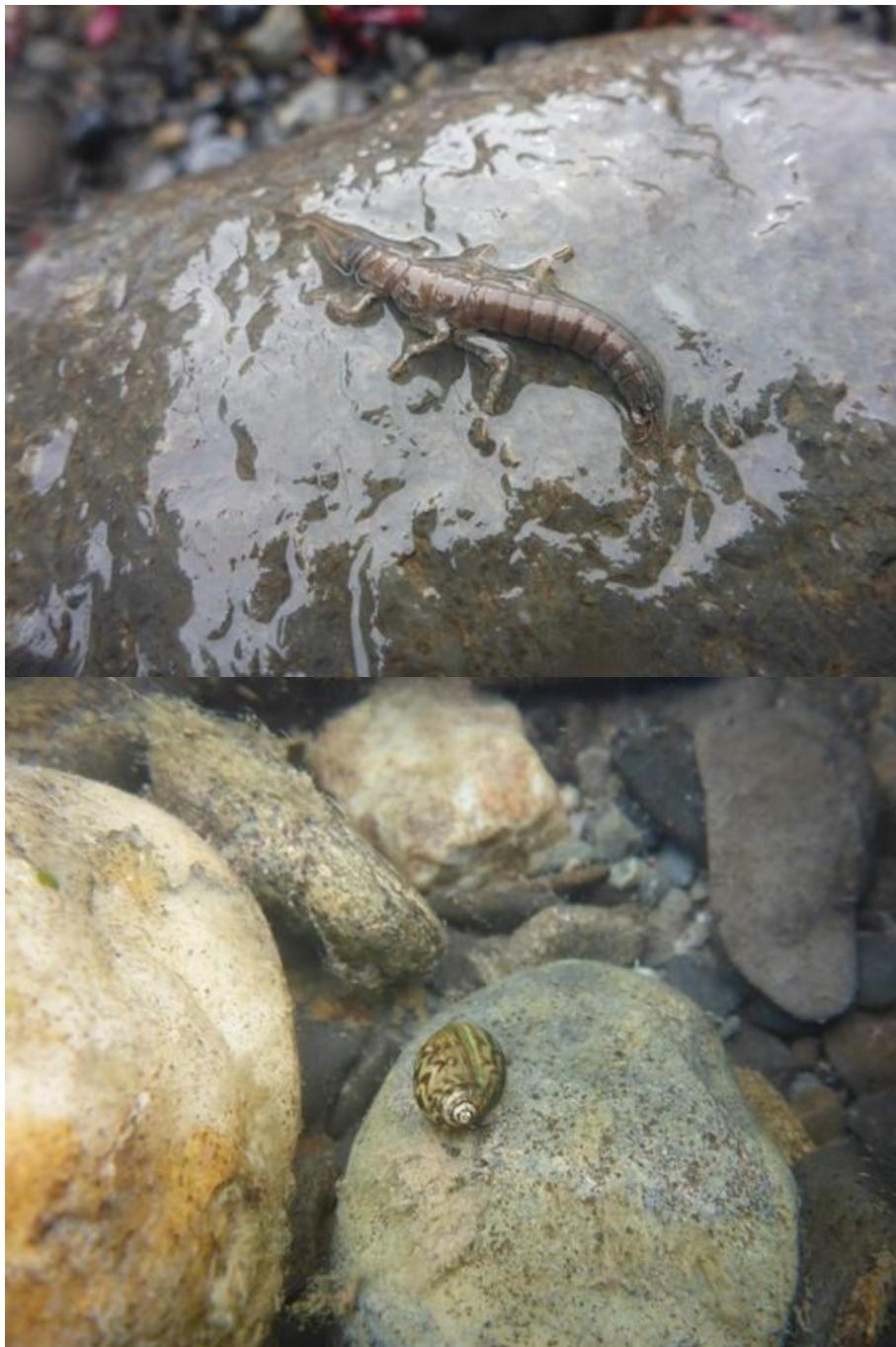


Figura A8. Macroinvertebrados presentes en ríos invadidos por *Didymosphenia geminata*. Estadio inmaduro del insecto austropérido *Klapopteryx kuscheli*, especie que es identificada y devuelta *in situ*, en río Grey (superior), y caracol *Chilina* en río Grande (inferior), ambos registros en la Región de Magallanes.