

**PRESENCIA DE *Didymosphenia geminata* EN RÍO ESPOLÓN Y RÍO FUTALEUFÚ,
REGIÓN DE LOS LAGOS.
PROPUESTA DE ÁREA DE PLAGA (D. S. MINECON N° 345/2005)**

INTRODUCCIÓN

El 18 de mayo de 2010 la IV Dirección Zonal de la Subsecretaría de Pesca informó sobre la presencia de la diatomea *Didymosphenia geminata* (Lyngb.) M. Schm. en la cuenca del Río Futaleufú. Esta microalga es una especie exótica invasiva de muy difícil erradicación (Whitton et al., 2009). Históricamente conocida como una especie cosmopolita, pero rara en regiones templadas del hemisferio norte (Kirkwood et al. 2007), en la actualidad presenta una ampliación de su distribución abarcado hasta el hemisferio sur (Whitton et al., 2009).

Los estudios en especies exóticas invasivas en medio acuático, se han centrado tradicionalmente en ambientes marinos. Sólo en las dos últimas décadas ha llamado la atención en ecosistema límnicos, después que esta diatomea de agua dulce comienza a formar proliferaciones masivas en ríos, en especial en Nueva Zelanda. Se reconoce su carácter invasivo a partir de 2005 (Kilroy et al. 2008). Una completa compilación de la distribución y efectos así como manejo de la especie se encuentra en Spaulding & Elwell (2007) y los diversos trabajos de Kilroy que se refieren a su presencia y manejo en Nueva Zelanda.

Se han documentado numerosos efectos negativos de esta especie, producto principalmente de la formación de polisacáridos intercelulares, lo que se traduce en abundantes masas mucilaginosas que recubren grandes extensiones de los ríos. Entre los efectos negativos para las actividades de pesca y acuicultura están la obstrucción de tuberías, artes y aparejos de pesca y cultivo, disminución en la disponibilidad de oxígeno en el medio y pérdida de hábitat para la reproducción y alimentación de peces. En el hemisferio norte también se ha informado que la presencia del alga obstaculiza la migración de especies de salmónidos. La especie no es tóxica para organismos acuáticos ni el hombre.

La región de Los Lagos es una zona donde las actividades de acuicultura, de pesca recreativa y de turismo son relevantes. Por lo anterior, y ante el potencial efecto nocivo que esta microalga pueda tener sobre estas actividades económicas, corresponde a esta Subsecretaría evaluar la pertinencia de declarar como áreas de plaga las zonas en donde existe presencia de *D. geminata*, y aplicar así las medidas necesarias para evitar su



propagación, de acuerdo al D.S.MINECON N° 345 de 2005 Reglamento sobre Plagas Hidrobiológicas.

Para la aplicación del D.S. MINECON N° 345/2005, se requiere del conocimiento fundamentado de la presencia y distribución de la especie considerada plaga y en especial de aquellos sectores donde su abundancia pueda generar los efectos negativos antes mencionados. Se conocen los esfuerzos realizados por el Centro de Investigación de los Ecosistemas de la Patagonia (CIEP); sin embargo, sus resultados son preliminares, desconociéndose además la presencia de la diatomea en otras regiones del país.

Este documento entrega la información necesaria para respaldar la generación, de parte del Estado, de medidas de control de *D. geminata*, mediante la declaración de área de plaga (Art. 4 DS 345/2005). El Servicio Nacional de Pesca, en consideración al carácter de exótico e invasivo de la diatomea y en conformidad a los artículos 9 y 13 del reglamento, ha dictado la resolución Ex N° 1342 del 06 de agosto de 2010, que declara emergencia de plaga. Esta resolución faculta al Servicio para establecer medidas de control de inmediato (previo a la declaración de plaga). Adicionalmente, permite la recopilación de información, para que en un plazo de 30 días, la Subsecretaría pueda efectuar la declaración de plaga.

En este informe se presenta una propuesta acerca de los parámetros a partir de los cuales se debe entender la presencia, persistencia y extinción de la plaga o las condiciones que determinan que el área ha pasado a ser área de riesgo o de plaga. Contiene además las medidas de resguardo adecuadas y necesarias que, por mandato reglamentario, deben establecerse para proteger las actividades pesqueras recreativas y de acuicultura, minimizando o evitando así los riesgos de dispersión

Este informe será distribuido para su consulta al Comité Consultivo del Reglamento de Plagas y a académicos especialistas en sistemas limnéticos y de microalgas de agua dulce.

ANTECEDENTES DE LA BIOLOGÍA Y ECOLOGÍA DE DIDYMOSPHENIA GEMINATA

Morfología

La diatomea *D. geminata* es alga microscópica, unicelular. La longitud celular varía de 60 a 140 micrones, dependiendo el tamaño de la población. Ancho celular varía entre 32 a 43 micrones. Superficie valvar con arreglo de poros que forman estrías. Densidad de estrías 9,5-10,2 en 10 micrones. Presenta perforaciones en el centro de valva ventral denominadas estigmas. La especie posee 2-5 estigmas. Este último es un carácter distintivo del género y permite diferenciarlo de *Cymbella* que no tiene estigmas y de *Gonphonema* que posee 1 estigma. La visualización de los estigmas se logra con microscopio fotónico y un aumento de 400X y sin necesidad de tratar la muestra para eliminar el material orgánico.



Aparentemente no hay diferencias en morfología comparando la forma béntica de aquella suspendida. Una amplia descripción se encuentra en Bhatt et al. (2008), Kelly (2009) y Whitton et al., (2009).

Suele formar densas colonias con aspecto mucilaginoso. De allí su denominación o nombre común de "moco de roca". Para la identificación de la especie se requiere definitivamente del uso de microscopio; sin embargo, se puede reconocer además por las características del mucílago.

Las colonias jóvenes dan un aspecto granuloso a la superficie de la roca y sólo cuando las condiciones son óptimas se desarrollan las proyecciones mucilaginosas en cuyos extremos se mantiene la microalga viva. El mucílago es no fotosintético y corresponde a mucopolisacárido cuyo color fluctúa entre café amarillo a blanco. No tiene olor distintivo. Tiene aspecto resbaloso, pero no lo es. Al tacto da la sensación de ser material esponjoso de lana- algodón mojado y arenoso debido al frústulo de sílice (Biosecurity NZ, 2005).

Esta condición impide el crecimiento de otras algas y microalgas que utilizan el sustrato como medio de fijación. Esto repercute en las tramas tróficas de los ecosistemas invadidos generando una merma en las poblaciones de macro-invertebrados y consecuentemente reduce la oferta de alimento a los niveles tróficos superiores.

Una completa descripción de la especie se encuentra en diversas direcciones de INTERNET, sugiriéndose revisar la página: <http://www.issg.org/database/species/ecology.asp?si=775>.

FOTO PENDIENTE EN ESPERA DE AUTORIZACIÓN DE USO.

Tomado de: Kelly 2009

Reproducción

D. geminata, como todas las diatomeas, se reproduce por división vegetativa de las células. Cada extremo del pedicelo representa una división celular. También realizan reproducción sexual que tiene por objetivo recuperar el tamaño de las células (Kilroy, 2004).



Ecología

La diatomea *D. geminata*, es componente del perifiton, específicamente se considera bentónica, epilítica o epifítica por cuanto crece adherida a sustrato inerte; sin embargo, se puede detectar en forma libre (planctónica) en el cuerpo de agua.

Se conoce como perifiton la mezcla compleja de algas, cianobacterias, microorganismos heterótrofos y detritus que se encuentra recubriendo las superficies sumergidas en la mayoría de los ecosistemas acuáticos. Se considera una fuente importante de alimento para los invertebrados, los renacuajos, y algunos peces. También puede absorber los contaminantes, eliminándolos de la columna de agua y restringir su dispersión en el ambiente.

La especie es capaz de generar grandes cantidades de biomasa en ríos con bajo contenido de nutrientes. Estudios recientes indican que la cantidad de mucilago está relacionada a la concentración de fósforo en el agua, implicando que el mucilago actúa como trampa para que la célula tome el fósforo (Kumar et al., 2009).

El estudio de Flöder & Kilroy (2009) señala que *D. geminata* es una especie que en proceso de sucesión, en la colonización, se considera tardía y que por lo tanto necesita de una estructura preexistente para adherirse al sustrato. Por lo tanto, el cuidado y conservación de comunidades perifíticas de última etapa en la sucesión, parece, por ahora, un mejor mecanismo adecuado para mantener la diatomea bajo control. Este es un aspecto que debería ser motivo de estudios en los cuerpos de agua de Chile.

Descripción de su Habitat:

Especie de agua dulce. Es epifítica y epilítica. Crece en lagos, ríos y arroyos, aunque prefiere los cuerpos con régimen lótico. Se encuentra particularmente en aguas oligotróficas, montañosas (Kilroy 2004). Prolifera en aguas claras, someras, pobres de nutrientes, de pH neutro o levemente alcalino y en periodo de alta luminosidad.

Por lo anterior esta microalga se ha utilizado como indicadora de condiciones oligotróficas (Hara & Sahin, 2000). Su abundancia está influenciada, anualmente por el clima y patrón de precipitación del área.

Para la adherencia inicial al sustrato se requiere de condiciones de flujo y sustrato estable. Sin embargo, cuando se establece una colonia, el aumento de la corriente favorecería su crecimiento (Kilroy, 2004). Un importante requerimiento es el nivel de luminosidad, prefiriendo aguas someras y sectores con mayor exposición al sol (Kawecka & Sanecki, 2003; in Kilroy, 2004). Aunque la especie prefiere ambientes lóticos, se pueden producir proliferaciones masiva en los márgenes de lagos. Lagos alimentados por ríos son de alto riesgo (Kilroy et al., 2005, Biosecurity New Zealand, 2006); sin embargo, su proliferación dependerá de los factores indicados anteriormente que favorecen su crecimiento. Cabe mencionar que, sin embargo, la sola presencia no necesariamente significa que se generará una proliferación de ella (Kilroy, 2004).

En la última década, se han ampliado los ambientes aptos para su establecimiento; estos consideran un amplio rango de temperatura que van de frías a cálidas, de disponibilidad de luz e incluso de velocidad de flujo. Además están registrándose en aguas con mayor concentración de nutrientes y en latitudes más bajas en el hemisferio Norte, y más recientemente también se ha extendido al hemisferio Sur. Su presencia se está asociando con reservorios o embalses más estables y de flujo controlado (Kawecka & Sanecki 2003; Kirkwood et al., 2009).

Las variables indicadas deberán tomarse en cuenta en un programa de seguimiento.

Distribución mundial de *D. geminata*

D. geminata es nativa del hemisferio Norte (América del Norte, Asia y Europa), se presenta en aguas frías-templadas. Se asume que es nativa de Noruega, Escocia, Irlanda, Suecia, Finlandia, Francia, España y Columbia Británica (BC, Canadá). Desde mediados de la década del 80, *D. geminata* parece haber expandido su rango de distribución geográfica en Norte América y Europa. Además se va reportando en mayor abundancia en áreas donde previamente se había detectado en bajos niveles de abundancia (Whitton and Crisp, 1984; Heuff and Horkan, 1984; Skulberg and Lillehammer, 1984; in Kilroy, 2004).

Actualmente su distribución alcanza el Oeste de USA, Inglaterra, Turquía, Ucrania, Polonia, Rumania, Hungría, Islandia, Rusia, Federación de Kirguistán, Kazajstán, China, Mongolia y Paquistán. En 2004 se reportó por primera vez en hemisferio Sur, en río Waiau, Nueva Zelanda (Kilroy 2004; Kilroy et al. 2006, 2008). En 2008 *D. geminata* abarcaba 26 localidades de pesca en N. Zelanda.

En resumen, siendo descrita inicialmente como una especie alpina y boreal, que habita aguas frías oligotróficas (Krammer & Lange-Bertalot 1997), recientes publicaciones señalan que se presenta en un amplio rango de ambientes (e.g. Bhatt et al. 2008; Beltrami et al. 2008). Esta amplitud de hábitats y variedad de actividades humanas identificadas como mecanismos de dispersión permite suponer que su dispersión puede aumentar dramáticamente.

Mecanismo de introducción y propagación

Ríos con sustrato rocoso y estable; alta exposición a la luz, aguas claras con bajo contenido de nutrientes, de fácil acceso y sometidos a intensa actividad recreacional parecen ser los de mayor riesgo para la introducción de la diatomea.

Los principales mecanismos de dispersión son:

- a) Las actividades antrópicas como: "kayacking" y "rafting", pesca deportiva (Kilroy et al. 2008) e incluso la introducción de peces (Bhatt et al. 2008). Kilroy (2004) señala que el mecanismo más probable para el arribo de la especie a Nueva Zelanda en el 2004 fue la acción humana, a través de equipos de pesca, botas,



etc. Se suma a lo anterior que *D. geminata* puede sobrevivir hasta 30 días en el fieltro de las botas húmedas;

- b) Los animales: células de *D. geminata* pueden pasar por el tracto digestivo de aves u otros animales o el moco (junto con las células) adherirse a patas, plumas y/o pelo (Atkinson, 1980, Kociolek & Spaulding, 2000; en Kilroy, 2004);
- c) El viento: puede dispersar a distancias cortas material mucilaginoso (Kilroy, 2004).

Kirkwood et al. (2007) sugieren que la dispersión e invasión de *D. geminata* se asemeja más a una enfermedad global que a un clásico caso de invasión. Esto se debe a su tamaño microscópico, el importante rol del vector humano y la posibilidad de alteración genética. Por lo tanto, el estudio del modelo de dispersión debería integrar aspectos de ecología de dinámica de invasión y modelos de pandemia.

Por otra parte, el éxito de invasión de *D. geminata* dependerá de la concentración de propágulos suspendidos en el agua (Flöder & Kilroy, 2009).

Efecto

Hay poca información acerca de los diversos efectos que la proliferación masiva de *D. geminata* pueda ocasionar.

Los estudios realizados en Nueva Zelanda llevados a cabo por “National Institute of Water and Atmospheric Research” (NIWA) hacen a este país una autoridad en el tema. A continuación se resume información obtenida y publicada por dicha institución.

Efecto Ecológico

A pesar de los numerosos reportes de la presencia de floraciones de la diatomea en algunos países europeos (Francia, Irlanda, Noruega, etc.), existe poca o nula información acerca del efecto en los ecosistemas locales.

Se señala que el crecimiento masivo altera la composición de las comunidades de macro invertebrados (Kilroy et al. 2009), alteraría la biodiversidad, lo que podría afectar el tamaño de las poblaciones de peces (Begey et al 2009). Campbell (2008) señala además que se ha observado mayor densidad de organismos, pero reducción de su tamaño.

Sin embargo, existe la opinión de que no tiene un impacto significativo sobre las poblaciones nativas de peces ni en la mantención de poblaciones de salmón del Atlántico.

A modo de ejemplo, cabe señalar que los resultados de un estudio de pesca eléctrica realizado en 2006 por el Ministère des Ressources Naturelles et de la Faune de Québec en diversos sectores del río Matapedia, donde ocurren floraciones importantes de la diatomea, no lograron demostrar que su presencia tenga un impacto medible sobre los salmones juveniles (<http://www.gnb.ca/0254/faqdidymo-e.asp>). No obstante hay que tener en consideración que el impacto puede ser negativo y de mayor magnitud en aquellas zonas donde *D. geminata* no es



nativa y donde exista además una composición única de especies que tengan alto valor de conservación.

Efecto en el hábitat

La presencia de grandes cantidades de mucílago bajaría el flujo de la corriente y afectaría el hábitat de algunos insectos que constituyen alimento para peces. En BC - Canadá se ha demostrado que las masas de mucosidad disminuyen las áreas de alimentación y crecimiento de los salmonídeos. Por otro lado puede ocasionar disminución del oxígeno disuelto que también puede impactar negativamente a los peces y otros invertebrados.

En aquellos sectores donde existen estructuras para la toma de agua, suele ocasionar obstrucciones de las cañerías.

Cabe mencionar el estudio de Kirkwood et al (2009) donde establecen comparaciones entre sectores con represas y prístinos, señalando que habría una mayor propensión a un aumento de la densidad y la frecuencia de las floraciones en sitios inmediatos a las represas.

Efecto estético y recreacional

Unos de los efectos más notables de la proliferación y formación de mucosidad, es el estético, haciendo parecer los cuerpos de agua como si estuviesen contaminados. Crea además incomodidades para la natación, "kayaking" y otras actividades recreacionales.

La mucosidad desprendida y que flota puede bloquear los sistemas de toma de agua. También genera mal olor. Debido al desplazamiento de peces, suele afectar la pesca recreativa, alterando o disminuyendo los lugares adecuados para esta actividad.

En ríos de Colorado, Utah y South Dakota, se reportó en el 2004 que *D. geminata* cubría hasta el 90% de los sustratos (rocas, troncos) disponibles formando densas masas que se extendían por 2-3 kilómetros (Kilroy 2004).

Efecto en salud humana

No se considera un riesgo para la salud humana. No se ha informado sobre efectos importantes en la calidad del agua a excepción de un posible cambio en el sabor y olor. El único efecto en la salud humana informado se refiere a picazón y enrojecimiento de ojos en los bañistas en Columbia Británica, Canadá (http://www.env.gov.bc.ca/wat/wq/didy_bcstrms.html).

Medidas de Control de *D. geminata*

La estrategia para control de la especie, entregada por "Biosecurity" en Nueva Zelandia el 2005, establece que "la dispersión de *D. geminata* es probablemente inevitable de manera que es más apropiado hacer esfuerzos para evitar la dispersión que minimizar la dispersión. El programa de control debe contar con un rango de opciones que van de reducir la dispersión, minimizar impactos y proteger áreas de alto valor ambiental.



En general, se considera que la erradicación de todo organismo microscópico es muy difícil. *D. geminata* no es la excepción; sin embargo, hasta ahora se ha tenido relativo éxito a nivel experimental e *in vitro* (Whitton et al., 2009).

También se han realizado en N. Zelandia estudios en el uso de biocidas que maten la diatomea, determinándose que aquellos compuestos en base a cobre pueden ser exitosos. El problema radica sin embargo, en que el uso de biocidas al no ser especie-específico afectaría a otros organismos vegetales e incluso animales y generaría un impacto mayor al causado por *D. geminata*.

Cabe mencionarse que en ciertas áreas de la isla Vancouver afectada por la presencia de *D. geminata*, la situación ha mejorado notablemente en forma natural. Se infiere que esto sería por condiciones del río que establecería mecanismos naturales de control, aún no identificados. También se ha observado lo mismo en ríos de Quebec previamente afectados (MDDEP-MRNF *Scientific Advisory Committee on Didymosphenia geminata*, 2007).

Impacto económico

La única evaluación del impacto económico reportado, corresponde al estudio realizado por el *Institute of Economic Research* de Nueva Zelandia, el 2006 (<http://www.biosecurity.govt.nz/pests-diseases/plants/didymo/economic-impact.htm>, Branson 2006). Esta evaluación modela el impacto para un periodo de 8 años (2005-2012), en ausencia de intervención gubernamental para controlar su dispersión y bajo 3 escenarios (bajo, medio y alto impacto). El impacto total está dominado por la reducción del valor recreacional, pérdidas de valores existentes asociados a extinción de especies nativas y reducción de turismo, seguido de aumento de costos por uso de agua (industrial, agrícola y uso doméstico).

El potencial impacto estimado bajo los tres escenarios probables tendría un rango entre NZD 57,80 millones y NZD 285,13 millones.

Ponderando los tres escenarios según sus probabilidades relativas, el Instituto predijo que el valor actual (al año del estudio: 2004) de los efectos totales sería NZD 157,60 millones (USD 111.941.000, tasa de cambio de 20/08/2010, www.oanda.com).

Para el caso de Chile, la estimación del impacto económico deberá considerar, además de lo anterior, el efecto sobre las actividades de acuicultura.



***Didymosphenia geminata* EN CHILE**

La presencia de moco de roca en Chile es de corta data. A fines del verano del presente año la empresa de rafting "Expediciones Chile", recolectó muestras en los ríos Futaleufú y Espolón, ubicados en la Provincia de Palena, Región de los Lagos, las cuales fueron enviadas a la ecóloga PhD Sarah Spaulding de United States Geological Survey (USGS), el 21 de abril, para su identificación. En informe respuesta, emitido con fecha 29 de abril, la Dra. Spaulding confirmó la presencia de *Didymosphenia geminata* en las muestras (<http://www.usgs.gov/newsroom/article.asp?ID=2491>).

En mayo del 2010, el Centro de Investigación de los Ecosistemas de la Patagonia (CIEP) emitió un informe señalando la presencia de *Didymosphenia geminata*, en las muestras procedentes de Futaleufú. CIEP señala, sin embargo, que la especie presenta tres morfotipos: *geminata*, *capitata* y *subcapitata* (Metzeltin and Lange-Bertalot, 1995). Se concluyó en ese informe inicial que era necesario realizar exámenes de microscopía electrónica para identificar el morfotipo a que pertenece la especie observada en las muestras analizadas.

El 18 de mayo de 2010 la IV Dirección Zonal de la Subsecretaría de Pesca informó sobre la presencia de la diatomea en la cuenca del Río Futaleufú. Esta Subsecretaría gestionó el envío de muestras al especialista Dr. Patricio Rivera R. de la Universidad de Concepción quien confirmó la identidad de *Didymosphenia geminata* (Lyngb.) M. Schm.

A partir de ese momento se gestionó la obtención de fondos para realizar muestreos prospectivos en la zona sur austral del país y la confección de material de difusión. Se espera iniciar las prospecciones en septiembre del presente año.

Datos recientes (agosto de 2010) aportados por científicos del CIEP confirmaron la existencia del alga en río Espolón aproximadamente a 1 Km aguas abajo del lago Espolón (43° 12' 50.21" S – 71° 56' 48.21" O) y en el río Futaleufú, aguas abajo de la confluencia con el Espolón (43° 12' 10.33" S – 71° 51' 29.58" O) (Reid et al., 2010). Además los investigadores del CIEP encontraron la especie en el río Coyhaique, un kilómetro bajo el puente Tejas Verdes y en muestras tomadas en el Río Aisén (Fabien Bourlón. Revista Aqua 13 de agosto de 2010). Cabe señalar que muestreos realizados en mayo por científicos Argentinos en el sector vecino al río Futaleufú en Argentina no detectó la presencia de la especie (Sastre, 2010).

Las campañas de prospección que se encuentra llevando a cabo el CIEP han permitido detectar la presencia de la especie además en el río Coyhaique con una cobertura baja del moco pero visible a simple vista (Manuel Martínez, Comunicación epistolar 20 agosto de 2010).

Empresas consultoras a cargo de estudios de impacto ambiental en cuerpos de agua dulce, han informado además del avistamientos de mucosidad o del moco de roca en el Estero Maitenlahue (UTM Norte 6.236.000 y 6.256.000 y UTM Este 239.000 y 265.000), aunque su identidad no ha sido confirmada (Cristián Andrade, Com. Pers., Julio, 2010). El mismo consultor informa que se ha avistado el moco en los ríos Aconcagua y Choapa, cuya



confirmación está en curso. Se ha comunicado además, su presencia en los ríos Aisén y Baker (Manuel Contreras, Com. Pers., Agosto, 2010).

Cabe mencionar que el primer registro de la diatomea, en Chile, lo entregan Asprey *et al.* (1964) quienes la detectaron en río Cisnes (XI Región) y lago Sarmiento (XII Región) con una abundancia calificada de "muy rara". La especie fue mencionada como *Gomphonema geminatum* Lyngb., sinonimia de *D. geminata*. A excepción de esta información que se remonta casi a 4 décadas, no existen otros reportes, desconociéndose si ello se debe a los escasos estudios de microalgas dulceacuícolas o a que realmente la especie estaba ausente.

En resumen y de acuerdo a la información recopilada, la ocurrencia de moco de roca se ha detectado en ríos de la X y XI Regiones; pero la distribución de la especie podría ser más extensa.

¿Por qué considerarla plaga?

Resumiendo los antecedentes entregados, *D. geminata* es:

- a) una especie exótica invasiva;
- b) imposible de erradicar (hasta ahora) y que se ha registrado en numerosos cuerpos de agua dulce del mundo, presentando una dramática expansión en pocos años;
- c) que su efecto negativo es variable y va desde modificar el ecosistema (cambia el nivel de oxígeno y nutrientes, impidiendo el desarrollo de otras plantas y la huida de peces a sectores no afectados), genera pérdida de hábitat para la reproducción y alimentación de peces, causando daño a las poblaciones naturales de organismos acuáticos y a las actividades económicas realizadas en estos ecosistemas, genera la obstrucción de tuberías, artes y aparejos de pesca y cultivo;
- d) que el mecanismo más probable de dispersión es el transporte no intencional generado por actividades humanas asociadas a actividades recreativas en los ríos: pesca, navegación; y
- e) que en Chile está presente formando proliferación masiva, al menos en los ríos Espolón y Futaleufú aún cuando su distribución podría ser mayor. El Río Futaleufú es el principal soporte de la actividad económica de la Comuna de Futaleufú por cuanto en él se realizan actividades de "rafting" y de pesca recreativa.

Por todo lo anterior, se considera pertinente declarar como áreas de plaga la zona donde se ha reportado presencia de *D. geminata* en forma masiva, cubriendo y considerando además aquellos cuerpos colindantes (tributarios o afluentes).



PROPUESTA DE ÁREA DE PLAGA DE *Didymosphenia geminata*. CONTENIDOS DE LA RESOLUCIÓN

Propuesta de área de plaga

Los siguientes sectores limitados por las coordenadas señaladas (datum WGS-84) deben ser considerados área plaga:

Río Espolón, desde su nacimiento ubicado en los 43° 12' 50.21"S – 71° 56' 48.21"O hasta su confluencia con Río Futaleufú 43° 12' 10.33"S – 71° 51' 29.58"O. Largo 13,08 Km.

Río Futaleufú, desde su inicio en el límite territorial Hito VII-6, 43° 10' 35,68" S - 71° 45' 16,25" O hasta sus desembocadura ubicada en Lago Yelcho 43° 24' 41.22"S – 71° 12' 40.86"O (brazo desembocadura oeste) y 43° 24' 12.72"S – 72ª 11' 51.56"O (brazo desembocadura noreste). Largo 58,5 Km.

Se desconoce la presencia de *D. geminata* en los otros cuerpos de agua que confluyen (tributarios o afluentes) a estos ríos así como en sus los efluentes. Por lo anterior, y con fines preventivos, se sugiere que estos cuerpos, considerados por ahora "no declarados" se les aplique las medidas que el Servicio considere pertinente del programa de control así como del programa de prospección a fin de determinar si serán parte definitiva del área plaga a fin de ser incorporado en el programa de vigilancia y control. Igual consideración debe hacerse para el Lago Yelcho, alimentado por el río Futaleufu, y el río Yelcho, desaguadero del lago, los que eventualmente recibirían células de la diatomea. La incorporación de todos estos podrá resolverse después de un muestreo prospectivo. La falta de información es una de las mayores incógnitas y que dificulta el carácter preventivo.

Condiciones que determinan que el área ha pasado a ser área de riesgo o de plaga

La Resolución de declaración de área de plaga debe contener una propuesta acerca de los parámetros a partir de los cuales se debe entender la presencia, persistencia y extinción de la plaga o las condiciones que determinan que el área ha pasado a ser área de riesgo o de plaga.

Como la ocurrencia de *D. geminata* es un evento novel en nuestras aguas, el conocimiento de proliferaciones previas así como de las características de los cuerpos de agua que favorecen su asentamiento son desconocidas. Como se señaló anteriormente, la sola presencia no significa que necesariamente se desencadenará una proliferación masiva. Deben darse otras condiciones que en sinergia contribuirán al asentamiento y proliferación de la especie. Por lo anterior, se considera área plaga aquella donde se detecta la formación de moco de roca en forma significativa.

Definir el criterio de significancia es imposible por la falta de información y estudios locales. Se espera que en este sentido que el aporte de profesionales ayude a definir un criterio de corte.



Respecto a los criterios para definir a que abundancia o densidad o cobertura se considera que el área plaga puede ser considerada de riesgo o libre de plaga. Por lo tanto y siendo precautorio debería considerarse riesgo a la sola presencia de la diatomea aunque no se manifieste en forma masiva. Se entiende por área de riesgo (Art. 3, letra b, el D. S. N°345/2005) aquella donde se presentó previamente la plaga y donde existen antecedentes fundados que hacen prever que se manifestará nuevamente.

De acuerdo a este criterio todos aquellos sectores donde se detecte la diatomea, sin formar moco de roca, no constituirían "área de riesgo", pero podrían ser consideradas en el programa de vigilancia.

Medidas del artículo 11 que deberán ser adoptadas por el programa de control

Como se mencionó antes, el programa de control debe contar con un rango de opciones que van de reducir la dispersión, minimizar impactos y proteger áreas de alto valor ambiental. Por lo tanto se considera pertinente aplicar medidas de control para evitar la dispersión en aquellos cuerpos donde se ha demostrado la presencia de moco de roca e incluir la aplicación de medidas preventivas, para evitar o minimizar la introducción de la diatomea, en aquellos cuerpos que reciben agua del Futaleufú.

El Servicio deberá elaborar el programa de control considerando las siguientes medidas (Art. 11 del D.S. 345/2005):

- Restricciones al traslado de ejemplares hidrobiológicos (letra b).

En caso se requiera trasladar deberá hacerse en un sistema cerrado que evite todo contacto con el medio. Posteriormente en destino no podrá reingresarse al medio natural el ejemplar, el agua utilizada, ni poner en contacto con el medio, el equipamiento utilizado para su traslado. Deberá aplicarse medida de desinfección en este último.

- Restricciones al traslado de artefactos o estructuras de cultivo y de artes o aparejos de pesca (letra c).

Se deberá restringir todo traslado hasta cuando se asegura desinfección total;

- Seguimiento y vigilancia (letra e).

El Servicio será responsable de realizar o contratar un programa de muestreo en cuerpo de agua del área plaga y podrá extenderlo a aquellos sectores que puedan ser de riesgo dada su cercanía o uso riesgoso.

- Recolección, captura, eliminación y/o destrucción de ejemplares que constituyen plaga (letra g).

Podrá programar y diseñar un protocolo para la extracción de moco de roca en aquellas áreas donde se encuentra en forma invasiva. Esta actividad deberá ser controlada y contar con un sistema que asegure la posterior destrucción del materia extraído.

Dado a las actividades turismo y deporte recreativo asociada a la dispersión de esta plaga, las medidas deberán coordinarse con otros organismos del estado (turismo, aduana, carabineros, etc.) y del ámbito privado (operadores de pesca y lodge de pesca) a fin hacerlos partícipes en el cumplimiento de las medidas.

Deberá incorporarse además, un plan de difusión y educación a fin de prevenir la introducción y limitar su dispersión a otros cuerpos de agua. La información al público debe incluir a diversos organismos del estado y actividades que operan en el medio acuático, tales como deporte, navegación, pesca recreativa, piscicultura, ganadería, riego etc. Solo el esfuerzo coordinado podrá generar efecto positivo como medida de control.

PROGRAMA DE VIGILANCIA Y SEGUIMIENTO

La metodología señalada en este capítulo fue recogida y adaptada principalmente desde experiencias internacionales. A saber se consultaron los trabajos de (Kilroy & Dale 2006; Whitton et al., 2009; Reid et al., 2010 & Duncan et al., 2007).

1. Selección de estaciones

Para la selección de estaciones deberá considerarse sectores de vigilancia para dar alerta temprana (vigilancia) y también aquellos ya identificados para hacer seguimiento temporal de la diatomea (seguimiento). Deberá tener en cuenta además que sean sectores de alto tránsito y sometidos a actividades de recreación (principales vías de propagación de la especie, Kilroy & Dale 2006).

El número de estaciones deberá ser estadísticamente representativo de acuerdo a la extensión del cuerpo de agua.

Con la información preliminar desarrollada por el Centro de Investigación en Ecosistemas de la Patagonia (CIEP), se sugiere:

Estaciones permanente o de seguimiento:

X Región: río Espolón, en la zona de Caleta Arturo, y siguiendo hasta la confluencia con el río Futaleufú, en el río Noroeste hasta confluencia río Espolón, río Futaleufú hasta confluencia con río Azul.

XI Región, en los ríos Coyhaique y Baker.

Las áreas antes señaladas, estarán sometidas a muestreo sin perjuicio de que posteriormente, y con los resultados del proyecto de prospección se reúnan nuevos antecedentes para incorporar otras nuevas zonas.



Estaciones de vigilancia:

X Región: en los ríos Azul, Tigre y Palena.

XIV Región: Aun cuando no existes muestreos prospección o datos sobre la presencia de la especie en esta región se sugiere montar estaciones de vigilancia en sitios donde se desarrollan actividades de pesca recreativa, alto tránsito y de actividades recreativas. Se sugiere: río Valdivia hasta de llegar al mercado fluvial (aguas abajo no se considera de menor peligro, debido al aumento en la salinidad por la influencia marina), río San Pedro, Humedal Carlos Adwater, río Futa confluencia con Valdivia, y río Cruces, sin perjuicio de incorporar o disminuir estaciones, se señala de gran importancia realizar vigilancia en esta zona, debido a que gran parte de zonas de la región de los ríos presenta hábitats con características propicias para la proliferación de la especie, tales como aguas de buena calidad, riveras con sustrato apropiado, radiación solar intensa, entre otras (Whitton et al. 2009).

XI Región: se establecerán como zonas de vigilancia el río Emperador Guillermo y Ñirehuao, ya que el CIEP se detectó la presencia de la especie, pero en muy bajas concentraciones (Reid et al. 2010).

Para mantener resguardo sobre los sistemas límnicos, se podrán incorporar como estaciones de vigilancia los tributarios y desaguaderos de los lagos Espolón y Yelcho en la X región, aun cuando los muestreos preliminares realizados por CIEP no se registrasen presencia de la especie.

Todas las áreas señaladas en este punto, están sujetas a modificarse, ya siendo re distribuidas o aumentadas en cantidad de estaciones o áreas.

2. Diseño de muestreo

Frecuencia

La frecuencia de muestreo varía en relación al tipo de estación, es decir entre las estaciones permanentes y las de vigilancia. Las estaciones permanentes serán muestreadas sólo al comienzo y al término de la temporada más intensa de actividad humana, tomando como punto de referencia el inicio de la época de pesca recreativa en la zona. Esto con motivo de disminuir las probabilidades de propagación (Duncan et al. 2007).

En relación a las estaciones de vigilancia, estas tendrán una frecuencia de muestreo mensual durante la temporada de pesca, y una frecuencia trimestral durante el resto del año.



Prospección visual

Se llevará a cabo tomando un número representativo de transecta dependiendo del largo del río o sector que se desea monitorear.

Cada transecta será de 50m

Se realizará una detallada observación directa, registrando a lo largo de la transecta presencia o ausencia de masas mucilaginosas, además de características como color, olor, % de cobertura aproximado de las masas, etc. Deberá apreciar textura ya según lo descrito en este informe es importante para su identificación.

Colecta de muestra biológica

Para el muestreo cuantitativo se realizarán muestreos de sustrato bentónicos y con red flotante.

Muestreo bentónico, se utilizaran las mismas transectas utilizadas en la prospección visual. De acuerdo al largo del río deberá determinarse un número representativo de estaciones.

- Se muestrea a profundidad que varía en 0,3 – 1m;
- Se eligen al azar 5 bolones de 0,2-0,4m de diámetro para el raspado de perifito;
- Se raspa una superficie de 14,5cm² de perifito por cada piedra. Esto se hace usando tanto elementos de disección como brochas que ayuden a coleccionar el "raspado"
- Se fija el raspado de cada roca con solución lugol;

Muestreo con red, esta se debe disponer en un sector con adecuada corriente para que esta se mantenga sostenida. Junto con la red de muestreo (se sugiere 60 micrones de abertura de malla), se deberá adecuar una red de mayor abertura de poro a fin de evitar que elementos gran tamaño ingresen, contaminando la muestra.

- Disponer la red en cuerpo de agua por 10 minutos.
- Registrar el caudal (permitirá determinar volumen de agua filtrado);
- Se puede fijar con formalina al 2% o solución lugol.

Variables ambientales

Para el seguimiento, en cada estación permanente y de vigilancia. Se harán, in situ, las siguientes mediciones: temperatura (C°), salinidad (psu), pH, profundidad del sitio de muestreo (m), caudal (m³/s), radiación, transparencia y turbidez;

Se tomará muestras de agua para análisis de nutrientes (nitrato, nitrito, fósforo orgánico e inorgánico, calcio).



3. Análisis de muestras y expresión de resultados

Identificación de la especie

Para la prospección visual en busca de moco de roca se debe considerar la descripción que se da en este informe. La prospección visual por sí sola, no es correcta indicadora de la especie. La identificación debe ser siempre a través de microscopía.

La identificación de la especie podrá realizarse a través de microscopía de contraste de fase. El carácter distintivo de la especie corresponde a 2 a 5 estigmas localizados en la zona central y ventral de la célula.

Cuantificación

Para cada estación deberá presentarse una tabla de resultados que indique la ubicación en coordenadas geográficas de cada estación, la localidad, muestreadores, y el/los tipos de muestreo realizado (prospección visual, bentónico y de red).

La prospección visual, deberá señalar: tipos de hábitats identificados, presencia/ausencia de didymo, % cobertura aproximado, características de las masas (en caso de presencia), observaciones.

El muestreo bentónico, debe registrarse el número de sustratos raspados, y expresarse en función de cobertura en cada transecta.

Además se registrará la composición específica y su abundancia (número de células/cm²).

El muestreo de red, se deberán registrar la composición específica del plancton y su abundancia. Expresar los resultados en función de la abundancia (n° cel/m³).

Para ambos tipos de muestras, para el conteo, deben considerarse solamente las células viables (con citoplasma intacto) usando un aumento de 200X. Cuando el analista adquiere seguridad en el reconocimiento de la especie, no requiere que el material deba oxidarse.

Los resultados de las variables medioambientales deberán presentarse para cada estación muestreada y con los valores en las unidades correspondientes.

ALGUNAS RECOMENDACIONES

1. El programa de control que se implemente para la X Región u otras del país, deberá considerar la implementación de medidas para la limpieza de equipamiento, control fronterizo y desarrollo de un programa educativo agresivo; vale decir, que provoque un cambio de comportamiento.
2. Considerando que existe poca o nula información acerca de los ecosistemas locales, se requiere completar estudios ecológicos que permitan determinar las áreas lóxicas adecuadas para el establecimiento de *D. geminata*. Esto pasa por conocer la calidad de las aguas en cuerpos con moco de roca (Futaleufú) así como de otros sometidos a similar actividad antrópica. Otros estudios que debería ser considerados e indicados en recomendaciones internacionales, incluyen, por ejemplo: verificar impacto sobre microfauna y peces; estudiar función del mucílago y realizar estudios de resistencia de los pedicelos frente a la degradación bacteriana o de hongos; fortalecer elementos predictores.
3. Realizar estudio genómicos de las poblaciones es una recomendación universal por cuanto podría ayudar a explicar el cambio de comportamiento que ha tenido esta especie en su ambiente de origen. Se especula que una mutación puede haber generado una cepa más agresiva.

REFERENCIAS

- Asprey J. F., K. Benson-Evans & J. E. Furet, 1964. A contribution to the study of South American freshwater phytoplankton. *Gayana Botánica* 10: 118.
- Bhatt, J.P., Bhaskar, A. & Pandit, M.K. 2008. Biology, distribution and ecology of *Didymosphenia geminata* (Lyngbye) Schmidt an abundant diatom from the Indian Himalayan rivers. *Aquat Ecol* (2008) 42:347–353. DOI:10.1007/s10452-007-9106-2
- Beltrami, M. E., Cappelletti, C. & Ciutti, F. 2008. *Didymosphenia geminata* (Lyngbye) M. Schmidt (Bacillariophyta) in the Danube basin: New data from the Drava river (northern Italy)', *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 142: 1, 126-129. DOI: 10.1080/11263500701872788.
- Bergey, E. A., Cooper, J. T. & Tackett, C.R. 2009. Occurrence of the invasive diatom *Didymosphenia geminata* in southeast Oklahoma. *Publications of the Oklahoma Biological Survey 2nd Series Volume 9*:13-15.
- Campbell, M. L. 2008. Organism impact assessment: risk analysis for post-inursion management. – *ICES Journal of Marine Science*, 65: 795–804.



Duncan, M. 2006. A New Zealand-wide survey in August 2006 for the presence of non-indigenous freshwater diatom *Didymosphenia geminata* in 108 high risk sites NIWA Client Report: CHC2006-127.

Duncan, M., Kilroy, C., Vieglaiss, C. & Velvin, F. 2007. Protocol for the collection of samples for delimiting surveys for *Didymosphenia geminata* for microscopic analysis. NIWA Client Report: CHC2007-110 September 2007

Flöder, S. & Kilroy, C., 2009. *Didymosphenia geminata* (protista, Bacillariophyceae) invasión, resistance of native priphyton communities, and implicatios for dispersal and management. Biodivers Conserv 18:3809-3824.

Hara, H., and Sahin, B., 2000, Epipellic and epilithic algae of Degirmendere River (Trabzon—Turkey): Turkish Journal of Botany, v. 25, p. 177—186.

Kawecka, B. & Sanecki, J. 2003 *Didymosphenia geminata* in running waters of southern Poland – symptoms of change in water quality? Hydrobiologia, 495, 193-201.

Kelly, S. R., 2009. The origin, genetic diversity and taxonomy of the invasive diatom *Didymosphenia geminate* (Bacillariophyceae) n New Zealand. (tesis de magister, Universidad Waikato, NZ).

Kilroy, C. 2004. A new alien diatom, *Didymosphenia geminata* (Lyngbye) Schmidt: its biology, distribution, effects and potential risks for New Zealand fresh waters. National Institute of Water and Atmospheric Research, Client Report CHC2004-128, 34p.

Kilroy, C., Snelder, T. & Sykes, J. 2005. Likely environments in which the non-indigenous freshwater diatom, *Didymosphenia geminata*, can survive in New Zealand. National Institute of Water and Atmospheric Research, Client Report CHC2005-043, (pdf) .December 2006 <http://www.biosecurity.govt.nz/files/pests-diseases/plants/didymo/didymo-survive-environments.pdf>.

Kilroy, C. & Dale, M. 2006. A comparison of sampling methods for detection of the invasive alga *Didymosphenia geminata* in New Zealand rivers. NIWA Client Report: CHC2006-078. September 2006

Kilroy, C., Lerner, S. & Biggs B., 2009. The non-indigenous diatom *Didymosphenia geminata* alters benthic communities in New Zealand rivers. Freshwater Biology. DOI:10.1111/j.1365-2427.2009.02247.x

Kirkwood, A.E., Jackson, L.J. & McCauley, E., 2009. Are dams hotspots for *Didymosphenia geminata* blooms?. Doi:10.1111/j.1365-2427.2009.02231.x

Sastre, V. Informe sobre la presencia de *Didymosphenia geminata* en ambientes cordilleranos. Ministerio de Ambiente y Control del Desarrollo Sustentable de la provincia de Chubut. Junio 2010. 11p.

Kumar, S., S.A. Spaulding, T.J. Stohlgren, K. Hermann, T. Schmidt, and L. Bahls. 2009. Potential habitat distribution for the freshwater diatom *Didymosphenia geminata* in the continental US. *Frontiers in Ecology and Environment* 7(8): 415-420

Reid, B., Montero, P. & Martínez, M. 2009, Evaluación preliminar sobre la diatomea invasora exótica *Didymosphenia geminata* en cuencas de Futaleufú y Palena, Provincia de Palena, Región de Los Lagos, Chile. Documento impreso. CIEP Chile. Agosto de 2010. 14p.



Sastre, V. Informe sobre la presencia de *Didymosphenia geminata* en ambientes cordilleranos. Informe impreso, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Argentina. Junio de 2010, 11p.

Spaulding, S.A., and Elwell, L., 2007, Increase in nuisance blooms and geographic expansion of the freshwater diatom *Didymosphenia geminata*: U.S. Geological Survey Open-File Report 2007-1425, 38 p.

Whitton B.A., Ellwood N.T.W & B. Kawecka. 2009. Biology of the freshwater diatom *Didymosphenia*: a review. *Hidrobiologia* 630:1-37 p.

BRITISH COLUMBIA MINISTRY OF ENVIRONMENT, 2006. "Water Quality, *Didymosphenia geminata* in British Columbia Streams", B.C. Ministry of Environment, website [Online]. (accessed Dec. 4, 2006). http://www.env.gov.bc.ca/wat/wq/didy_bcstrms.html

Didymo. FAQs adapted from Government of New Zealand and Province of Québec sources. <http://www.gnb.ca/0254/faqqdidymo-e.asp>.

SOURCE: BIOSECURITY NEW ZEALAND, 2006. "*Didymosphenia geminata*", on the Biosecurity New Zealand web site, [Online]. (accessed Dec. 4, 2006). <http://www.biosecurity.govt.nz/Didymo>.

MDDEP-MRNF Scientific Advisory Committee on *Didymosphenia geminata*, 2007. What Is Didymo and How Can We Prevent It From Spreading In Our Rivers?, Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs et ministère des Ressources naturelles et de la Faune, ISBN: 978-2-550-49391-4 (PDF), 10 p

New Zealand Institute of Economic Research, 2006. *Didymosphenia geminata* economic impact assessment. Final report to Biosecurity New Zealand, (accessed December 2006). <http://www.biosecurity.govt.nz/pests-diseases/plants/didymo/economic-impact>.

<http://www.issg.org/database/species/ecology.asp?si=775>. Issg Database: Ecology of *Didymosphenia geminata*

JOSÉ MIGUEL BURGOS GONZÁLEZ
Jefe Departamento de Acuicultura

GLV/DGV/MGA/glv-dg
24/08/2010

