

ALGA DIDYMO

UNA PEQUEÑA GRAN INVASORA

Se presenta la descripción del alga Didymo, los posibles efectos sobre el medioambiente y los métodos de prevención de la invasión de esta especie exótica en ríos y lagos de Patagonia.

Romina F. Betancurt, Gustavo Baffico y S. Guadalupe Beamud

Especies exóticas en Patagonia

La región patagónica presenta gran cantidad y diversidad de especies exóticas tanto terrestres como acuáticas, entre las que se encuentran el llantén (*Plantago lanceolata*), la rosa mosqueta (*Rosa rubiginosa*), la retama (*Cytisus scoparius*), el ciervo colorado (*Cervus elaphus*), la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) y la trucha marrón (*Salmo trutta*), entre otras. Sin embargo, no todas ellas son invasoras. Una especie exótica es aquella que ha sido introducida fuera de su área de distribución natural, es decir que arribó a un determinado sitio de forma accidental o intencional, por ejemplo, por medio de las actividades humanas. A su vez, algunas especies exóticas también pueden ser invasoras. Es decir que, luego de ser introducidas en un nuevo ambiente tuvieron la capacidad de dispersarse, ya que en general estas especies presentan altas tasas de reproducción y de dispersión, lo que produce el desplazamiento de las especies nativas, generan-

do desequilibrios en el ecosistema, además de daños económicos e incluso, en algunos casos, efectos perjudiciales para la salud humana.

Conociendo a las diatomeas

Recientemente se ha registrado en Patagonia una nueva introducción: el alga Didymo. Se trata de un alga microscópica perteneciente al grupo Bacillariophyta, popularmente conocidas como diatomeas. Son organismos acuáticos eucariotas (ver Glosario), unicelulares, fotosintéticos, con tamaños que oscilan entre los 0,01 y los 0,2 mm. Estas algas pueden encontrarse tanto de forma individual como grupal, formando cadenas, filamentos o colonias. También presentan un color particular pardo-dorado debido a la presencia de pigmentos en sus cloroplastos (ver Glosario). La característica principal de este grupo es la presencia de una cobertura de sílice (similar al vidrio) que rodea a la célula y está formada por dos piezas encastradas

Palabras clave: cuerpos de agua dulce, invasión, Patagonia.

Romina F. Betancurt R.¹

Lic. en Ciencias Biológicas
rominabetancurt@comahue-conicet.gob.ar

Gustavo D. Baffico¹

Dr. en Biología
bafficogd@comahue-conicet.gob.ar

S. Guadalupe Beamud¹

Dra. en Biología
beamudsg@comahue-conicet.gob.ar

¹Grupo de Estudio de Calidad de Aguas y Recursos Acuáticos, Centro Regional Universitario Bariloche INIBIOMA (CONICET - UNCo)

Recibido 29/08/2016. Aceptado 20/03/2017

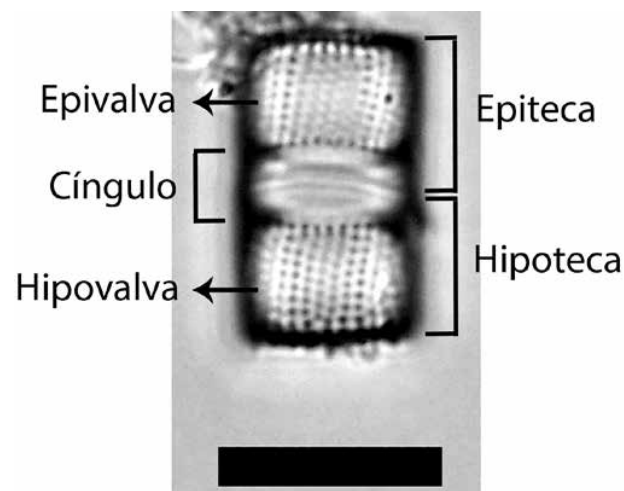


Figura 1. Partes del frústulo de una diatomea.

Imagen: G. Baffico

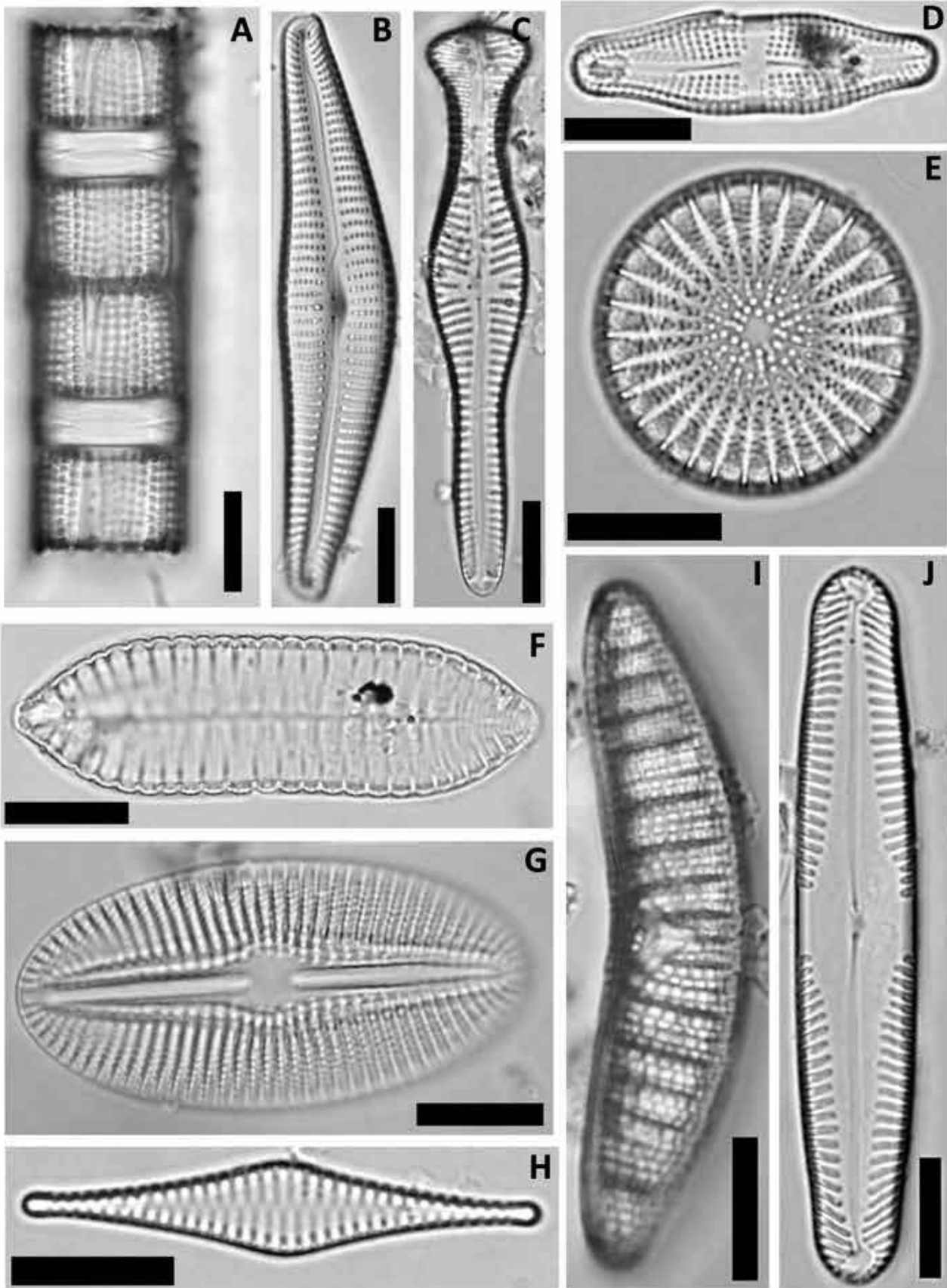


Figura 2. Diversidad de formas y ornamentaciones en los frústulos de distintas especies de diatomeas. A) *Aulacoseira granulata*. B) *Cymbella cymbiformis*. C) *Gomphonema truncatum*. D) *Navicula* sp. E) *Stephanodiscus* sp. F) *Surirella* sp. G) *Diploneis elliptica*. H) *Fragilaria* sp. I) *Epithemia adnata*. J) *Pinnularia biceps*. La escala en cada foto corresponde a 0,01 mm.

entre sí a modo de una caja de Petri. En conjunto, esta estructura de paredes se denomina frústulo y cada mitad se denomina teca. Cada teca posee una valva y un grupo de bandas o cinturones denominado cingulo que se encarga de unir las mismas y dar cierre a esta estructura (ver Figura 1). Las valvas, además, presentan sobre su superficie diversas ornamentaciones como depresiones, poros, y conductos que permiten, a los especialistas, identificar especies, e incluso variedades dentro de un mismo grupo (ver Figura 2).

Este tipo de algas habita tanto en ambientes marinos como de agua dulce, formando parte de la comunidad adherida a materiales sumergidos (perifiton) y de las algas que flotan libremente en el agua (fitoplancton), funcionando como una de las bases de las cadenas alimenticias y contribuyendo a la fijación y producción de entre un 20 y un 25 por ciento del carbono y el oxígeno total de la Tierra.

¿Quién es y cómo es el alga *Didymo*?

Su nombre científico es *Didymosphenia geminata*, conocida vulgarmente como "Didymo", "moco de roca" o incluso "papel higiénico de roca" por el aspecto que presentan los sustratos donde se ubica (ver Figura 3). En comparación con otras diatomeas de agua dulce, *Didymo* es un alga de gran tamaño que mide entre 0,06 y 0,16 mm de largo y 0,03 a 0,04 mm de ancho. Su frústulo se caracteriza por presentar una forma triondulada, similar a una botella (ver Figura 4A). Los ríos y lagos en los que se encuentra esta especie se caracterizan por presentar baja temperatura y bajas concentraciones de nutrientes (llamados ambientes oligotróficos). *Didymo* crece tanto sobre plantas como sobre rocas sumergidas en los cuerpos de agua, adhiriéndose a las mismas por medio de pedúnculos de mucílago (ver Figura 4A). Estos pedúnculos son muy característicos de la especie y están compuestos por carbohidratos, proteínas y otros componentes que los hacen muy resistentes a la degradación. Los pedúnculos son exudados desde uno de los extremos del frústulo, a través de pequeños orificios en la valva (ver Figura 4B). La función de los pedúnculos es principalmente la de sujeción, pero además le brindan al alga la posibilidad de exponerse a una mayor renovación de los recursos necesarios para el crecimiento (luz, nutrientes, etc.), ya que al crecer se elevan sobre la superficie del sustrato.

¿Dónde vive?

Según el registro fósil y la recopilación histórica, esta especie se encuentra distribuida naturalmente en todos los continentes excepto África, Antártida y Oceanía. Sin embargo, actualmente se tienen registros de poblaciones de *Didymo* en Asia (China,

India, Japón, Mongolia, Rusia), Europa (Dinamarca, Finlandia, Francia, Alemania, Irlanda, Italia, Noruega, Polonia, Portugal, Reino Unido, Suecia) y América del Norte (Canadá y Estados Unidos). Recientemente se han realizado mapas de distribuciones globales potenciales basados en modelos de nichos ecológicos y se obtuvo que todos los continentes presentan hábitats propicios para el desarrollo de *Didymo*, a excepción de la Antártida. En este sentido, para el año 2004 en Nueva Zelanda, y en 2010 en Chile, se tuvo conocimiento de la presencia y rápida dispersión de esta alga, lo que indica un evidente y exitoso desplazamiento hacia y dentro del Hemisferio Sur.

¿Cuándo llegó a nuestra zona?

Los primeros registros de *Didymo* en Argentina datan de agosto de 2010 en el río Futaleufú, provincia de Chubut. Posteriormente, en noviembre de 2011 se identificó por primera vez en la provincia de Río Negro, en el río Manso Inferior, y en los ríos Chimehuin y Collon Cura de la provincia de Neuquén. En enero de 2013, se detectó en las costas del lago Nahuel Huapi (Bahía Serena, cerca de Bariloche), constituyendo el primer registro de esta alga en un lago de Patagonia.

¿Cómo prospera?

El desarrollo exitoso de esta especie en ambientes pobres en nutrientes, como los que se encuentran en Patagonia y en otras partes del mundo, estaría directamente relacionado a sus características genéticas. *Didymo* presenta gran diversidad genética, lo que le permite ser más "plástica" ante variaciones en el ambiente, o como en este caso, al introducirse en nuevos ambientes. Esto se traduciría en un incremento de la capacidad de invasión de la especie debido a una mayor habilidad para adaptarse a condiciones cambiantes. Otra expresión de sus capacidades genéticas es el pedúnculo o pie de mucílago, que representa una de las claves de su éxito. Otras especies de diatomeas tienen la capacidad de desarrollar estas estructuras, pero debido al gran tamaño de la célula de *Didymo* y a la complejidad de sus pedúnculos, logra sujetarse al sustrato con mayor efectividad que las demás. Los pedúnculos permiten que las células crezcan elevadas del sustrato lo que las ubica por encima de las demás algas, brindándoles mayor acceso a la luz, a los nutrientes y al intercambio de gases. Además, en el interior de estos pedúnculos se encuentra una enzima conocida como fosfatasa alcalina que le permite utilizar el fósforo orgánico disuelto en el agua, una fuente de nutrientes que otras algas no son capaces de emplear.

Los desarrollos masivos o floraciones de *Didymo* se producen principalmente a fines de primavera y comienzos del verano, debido a que en esa época del

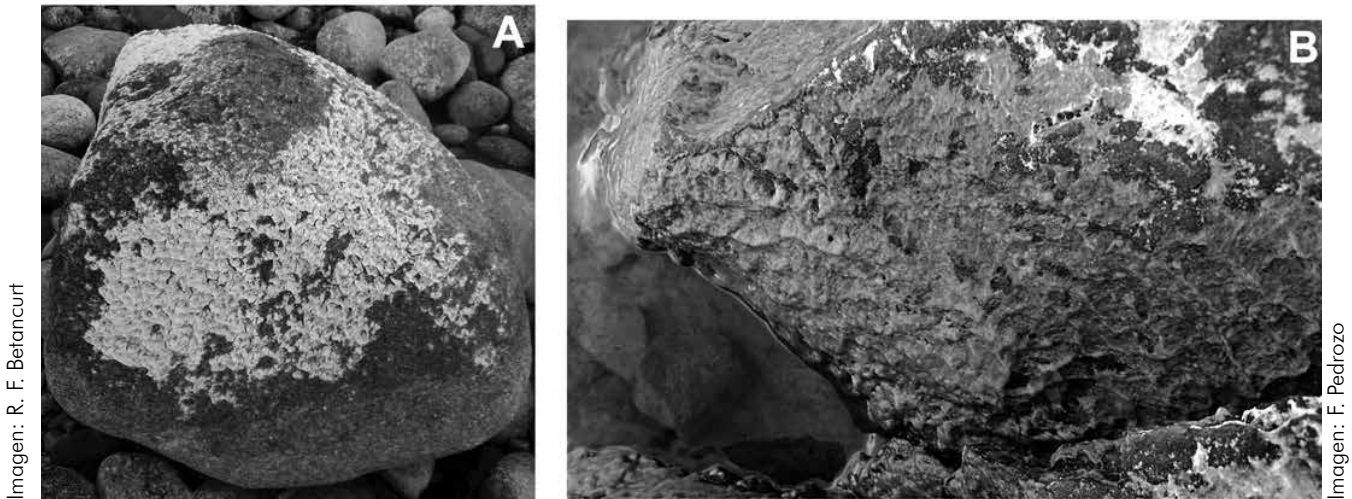


Figura 3. Aspecto de las matas de Didymo sobre rocas en la costa del lago Nahuel Huapi. A) Vista de una mata seca. B) Vista de una mata viva.

año se presentan las condiciones óptimas para su crecimiento, tales como el incremento en los niveles de agua por los deshielos, la disminución en la cobertura de nubes, que aporta mayor radiación solar para la fotosíntesis, y una reducción en las concentraciones de fósforo. Este último punto es clave, ya que está demostrado que el nutriente determinante para esta alga es el fósforo. Las épocas en las que se presentan los máximos de concentración de fósforo estimulan las divisiones celulares de Didymo, mientras que los valores mínimos desencadenan la producción de pedúnculo por parte del alga. Los ambientes patagónicos presentan naturalmente bajas concentraciones de este nutriente las que, además, varían a lo largo del año.

¿Cómo se dispersa?

La ampliación del rango de distribución y la dispersión del alga Didymo a nuevos ambientes estaría vinculada a las múltiples posibles formas de transporte entre sitios, las cuales incluyen tanto actividades humanas como así también a los animales de vida silvestre. Las actividades humanas abarcan el *rafting*, el *kayaking*, la pesca, entre otras actividades recreativas, en las que la utilización de los mismos equipos en distintos cuerpos de agua (sin la limpieza adecuada) podría permitir el traspaso de células vivas desde sitios afectados hacia otros ambientes en los que la especie estaba ausente. Por otro lado, ya fue comprobada en Patagonia la presencia de organismos con potencial para dispersar células del alga, incluyendo aves migratorias, como por ejemplo los cauquenes (*Chloephaga* spp.) y otras aves acuáticas, animales domésticos, peces (entre los que se encuentran los salmónidos introducidos) y el visón (*Neovison vison*).

Si bien las diatomeas son poco resistentes a la desecación, y en particular las algas de agua dulce pre-

sentan ciertas limitaciones en los agentes de dispersión que las pueden transportar, la presencia de grandes cantidades de pedúnculo le permitiría a Didymo conservar humedad y, por lo tanto, favorecer la supervivencia de las células durante más tiempo y a lo largo de mayores distancias.

El rango de expansión y la frecuencia de las floraciones de Didymo en Patagonia han sido comparables con las observadas en Nueva Zelanda, Estados Unidos y Europa, pero la invasión en esta región representa un desafío diferente, ya que los ambientes afectados han sido menos estudiados. En tal sentido, se posee un importante conocimiento sobre las variables que posibilitarían el desarrollo de la especie, pero aún sigue faltando un mayor entendimiento de los mecanismos y la magnitud de su impacto en los ecosistemas. Esto último resulta esencial para caracterizar los efectos de una especie invasora en varios servicios de los ecosistemas, lo cual determinará el enfoque y el alcance que deberán tener las posibles pautas de control o manejo.

¿Qué impactos produce?

Los impactos más significativos sobre el ecosistema se reflejan tanto en la alteración de los procesos físicos como biogeoquímicos que normalmente ocurren en el ambiente. En el primer caso, como consecuencia del aumento de la biomasa algal (ver Glosario), se modifica el aspecto visual de los sitios y éstos tienden a considerarse "contaminados". Pero el mayor impacto físico para el ambiente ocurre por la marcada retención de sedimentos que producen las algas y la alteración de la hidrodinámica de los cursos de agua. En el caso de los procesos biogeoquímicos, un efecto del desarrollo masivo del alga es que producen cambios en el pH (ver Glosario) lo que modifica las condiciones químicas del sitio influyendo en la disponibilidad de nutrien-

Imagen: A) G. Baffico, B) Tomado de www.westerndiatoms.colorado.edu

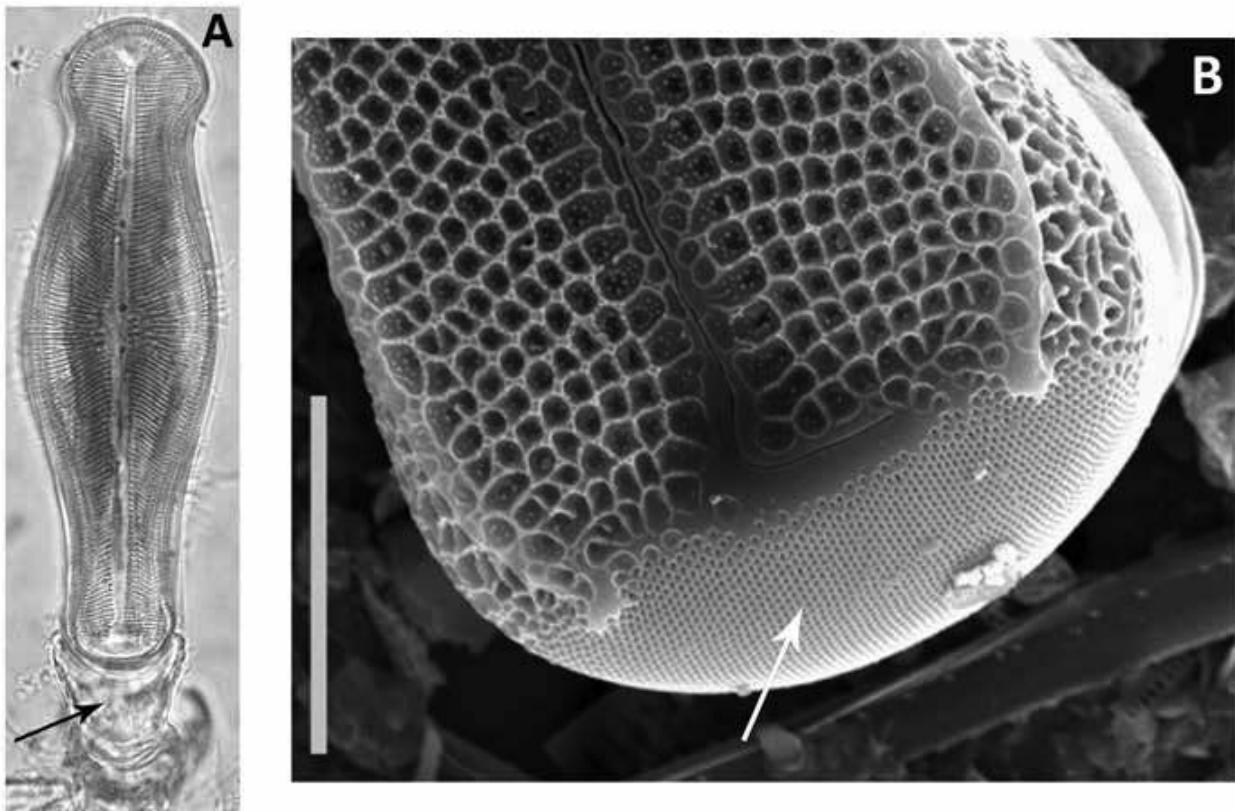


Figura 4. A) Fotografía al microscopio óptico de una célula de *Didymo* en cuyo extremo basal se observa un pequeño pedúnculo adherido al sustrato (flecha). B) Fotografía al microscopio electrónico de barrido de la base de un frústulo de *Didymo* donde se observa el campo de poros apical (flecha). La escala en la segunda foto corresponde a 0,02 mm.

tes para otras algas. Además, desde el punto de vista biológico se pueden producir cambios mayores en el ecosistema como consecuencia del desplazamiento de las comunidades algales nativas. A nivel de las cadenas tróficas (ver Glosario), existen trabajos que indican alteraciones en los grupos de macroinvertebrados (como insectos, crustáceos, o anélidos) en relación a variaciones en los porcentajes de representación de los mismos. En cuanto a los niveles tróficos superiores, como los peces, investigaciones recientes en Nueva Zelanda indican que la presencia de *Didymo* no afecta la diversidad de los mismos pero sí la biomasa, en algunos casos reduciéndola hasta en un 90 por ciento.

Los ambientes afectados por *Didymo* en Patagonia tienen la particularidad de ser muy importantes en la economía regional debido a las actividades turísticas y recreativas que en ellos se desarrollan. A esto se suma que algunos de los cuerpos de agua se emplean para la generación hidroeléctrica, la producción de salmónidos y el suministro de agua para riego y consumo. Por lo tanto, podría pensarse que las economías de la zona se verían comprometidas como consecuencia de la invasión de ésta especie exótica. En este sentido,

se tiene conocimiento, por ejemplo, que durante los períodos de máximo caudal de los ríos y arroyos, pueden ocurrir desprendimientos de matas de *Didymo* con tamaños considerables, las cuales pueden producir la obstrucción de los filtros de las tomas de agua, lo que se traduce en elevados costos en trabajos de limpieza y en la reducción de la eficiencia de conducción de los canales de riego o de las hidroeléctricas.

Como muestra de la importancia que representa controlar el avance de esta especie la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable creó la Resolución Nacional N° 991/2012, por medio de la cual declara a *Didymosphenia geminata* como especie exótica invasora de relevancia para Argentina. A esto se suma el aporte de las legislaciones de las provincias patagónicas afectadas, tales como Chubut, Ley XI N° 58 de octubre de 2012; Neuquén, con la disposición de Emergencia Provincial (Decreto Provincial N° 0137/2012) y Río Negro, con la Ley 480, de octubre de 2012. La existencia de una resolución nacional y legislaciones provinciales vinculadas a este tema da cuenta del carácter prioritario de la atención que debe prestarse, debido al efecto que produce la introducción de una

especie exótica invasora en los ríos y lagos patagónicos, no sólo sobre la biodiversidad y el ambiente acuático sino también sobre los servicios ambientales, y en consecuencia sobre el bienestar humano.

Es por esto que la realización de monitoreos, controles y campañas de prevención representa una vía fundamental para contribuir a la conservación de la biodiversidad local y el mantenimiento del funcionamiento de los procesos ecológicos, que son la base de los bienes y servicios requeridos para nuestra vida diaria.

Nuestras investigaciones

Desde hace varios años, el Grupo de Estudios de Calidad de Aguas y Recursos Acuáticos (GECARA) que desarrolla sus actividades en el Centro Regional Universitario Bariloche y dependiente del INIBIOMA (CONICET – Universidad del Comahue), viene realizando estudios en cuerpos de agua patagónicos en los que se encuentra *Didymo*. Entre los resultados obtenidos podemos destacar el descubrimiento del alga en el año 2013 en el Lago Nahuel Huapi, conformando el primer registro de *Didymo* en un lago de Sudamérica. Asimismo, el grupo trabaja en conjunto con la Dirección General de Biología Acuática y la Dirección General de Fiscalización Hídrica, ambas instituciones de la provincia de Neuquén, en el marco del Programa de Vigilancia, Seguimiento y Control de *Didymosphenia geminata* en la Provincia del Neuquén. Como resultado de este trabajo hemos ido registrando la expansión de *Didymo* en los ríos y lagos neuquinos desde su aparición. También trabajamos en colaboración con investigadores del sur de Chile (Coyhaique) intentan-

do determinar las similitudes y diferencias de los ambientes de ambos países invadidos por *Didymo*, con respecto a lo reportado en otras partes del mundo. En este caso, los resultados mostraron que los ríos y lagos analizados de Argentina y Chile poseían valores de pH y conductividad similares a los de otros cuerpos de agua en los que también hay desarrollo de *Didymo*. Sin embargo, en contraposición al patrón global, en algunos de nuestros ambientes (por ejemplo lago Nahuel Huapi en Argentina o lago Frío y río Claro en Chile) las concentraciones de fósforo fueron mayores que las asociadas a floraciones en aquellos ambientes. Además, a diferencia de lo observado en otras latitudes, las relaciones que encontramos entre parámetros fotosintéticos y cantidad de luz no resultaron como se esperaba. Todos estos resultados muestran la plasticidad que presenta *Didymo* para adaptarse a nuevos ambientes y nos impulsan a intentar conocer más en profundidad los ambientes de nuestra región. De esta forma, podremos identificar sitios potencialmente colonizables por *Didymo* y definir posibles estrategias de control para preservarlos de la invasión.

¿Qué podemos hacer para evitar su dispersión hacia otros ambientes acuáticos?

Para evitar el traspaso de células de un sitio invadido a uno no invadido es importante tener en cuenta y cumplir con tres etapas de desinfección: remover, lavar y secar (ver Figura 5).

Remover: antes de retirarnos del lugar debemos revisar todo aquello que estuvo en contacto con el



Figura 5. Abajo a la derecha se puede observar la desinfección de las botas con suela de fieltro utilizadas en campo. La misma se realiza sumergiendo todo aquello que haya entrado en contacto con el alga (botas, wader y otros elementos de muestreo) en una solución de agua y detergente, dejándose actuar por al menos 1 minuto.

agua, ya sea ropa, vehículos, o embarcaciones, a fin de detectar y eliminar manualmente todos los restos del alga. En caso de que sea necesario, desechar los residuos en cestos de basura, nunca por desagües domiciliarios.

Lavar: en esta etapa debe diferenciarse entre elementos absorbentes y no absorbentes. Los primeros, especialmente los waders y las botas de vadeo con suela de fieltro, deben ser colocados en alguna solución desinfectante (ver Recuadro) hasta que se hayan embebido completamente. Los elementos no absorbentes sólo se limpian con solución desinfectante en superficie.

Secar: todos los elementos desinfectados deben estar completamente secos al tacto, tanto por fuera como por dentro, para posteriormente dejar transcurrir 48 horas más antes de su uso. En caso de no poder utilizarse ninguna de las soluciones de desinfección, se debe secar totalmente el elemento a utilizado, debido a que las células de *Didymo* pueden sobrevivir meses en condiciones de humedad.

Si bien no se conocen aún métodos de erradicación de esta alga, si cada uno de nosotros contribuye con estas tres pautas sugeridas para evitar el traspaso, se puede lograr detener su dispersión hacia otros sitios no contaminados. Depende de nuestra acción detener esta invasión en nuestros cuerpos de agua.

Glosario

Biomasa: peso del total de individuos vivos que se encuentran por unidad de área o de volumen.

Cadena trófica: relación alimenticia entre organismos en un ecosistema. El primer eslabón lo componen los productores y los eslabones siguientes lo componen los organismos que se alimentan del eslabón que lo precede (consumidores).

Cloroplasto: estructura presente dentro de las células vegetales y en donde se lleva a cabo la fotosíntesis.

Eucariota: organismo conformado por una o varias células que presentan núcleo, es decir que el material genético (ADN) está rodeado por una membrana.

pH: es la medida de la acidez o alcalinidad de una solución y se define como el logaritmo negativo de la actividad de los iones hidrógeno. La escala de pH va desde 0 a 14 en soluciones acuosas, siendo 7 el valor que se llama neutro, los valores menores se llaman ácidos mientras que los mayores en denominan básicos o alcalinos.

Soluciones desinfectantes:

Existen diferentes tipos de soluciones desinfectantes fáciles de preparar y según la disponibilidad que tengamos de cada una. Por ejemplo, solución de cloro al 2% (20 ml de cloro de uso doméstico por cada litro de agua), solución salina al 5% (50 gr de sal doméstica por cada litro de agua) o solución de detergente al 5% (50 ml de detergente por cada litro de agua). Todas ellas deben dejarse actuar por lo menos un minuto. Otra posibilidad es desinfectar con agua caliente. Si la temperatura del agua está entre 45° y 60°, deberá dejarse actuar por 20 minutos, mientras que si el agua está a una temperatura superior a 60° será suficiente un minuto.

Lecturas sugeridas

Beamud, S.G., 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 (2), pp. 118-125.

Buría, L.M. (2007). *Didymosphenia geminata*: Especie altamente invasora recientemente descubierta en Patagonia. Reporte Técnico. Delegación Regional Patagonia, Administración de Parques Nacionales, 14 pp. En URL: es.scribd.com/doc/315731057/Reporte-Tecnico-D-Geminata

Díaz, C.A., Molina, X. & Montecino, V. (2011). Manual para el Monitoreo e Identificación de la Microalga Bentónica *Didymosphenia geminata*. Chile: Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, 74 pp. En URL: www.subpesca.cl/publicaciones/606/w3-article-80177.html