

Resumen

El mejillón cebra (*Dreissena polymorpha*) es un molusco bivalvo procedente de la región pontocáslica que llegó a la cuenca del Ebro en el 2001. Desde entonces, han sido muchos los usuarios afectados por la plaga en sus instalaciones. Este artículo expone los distintos métodos de control físico, químico y biológico actualmente disponibles. La Confederación Hidrográfica del Ebro ha puesto en marcha diversas líneas de trabajo enfocadas a frenar la expansión de la plaga del mejillón cebra, además de desarrollar un sistema de asesoramiento para los usuarios afectados con el objeto de trabajar de manera conjunta y sensata en la eliminación de esta especie invasora, cuyo impacto ecológico y socioeconómico está alcanzando niveles importantes en nuestro país.

Palabras clave:

Dreissena polymorpha, impacto, control, asesoramiento, biobalas, especie invasora, Confederación Hidrográfica Ebro.

Abstract**Affectation and control of zebra mussel in the Ebro basin**

The zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) is a bivalve mollusc from the Ponto-Caspian area. It arrived to the Ebro basin in 2001. Since then, many users have been affected by the plague in their facilities. This article describes the different methods of physical, chemical and biological control currently available. Ebro Hydrographic Confederation has launched several lines of research aimed at curbing the spread of zebra mussel infestation, in addition to developing an advisory system for affected users in order to work together sensibly in eliminating this invasive species, whose ecological and socio-economic impact is reaching significant levels in our country.

Keywords:

Dreissena polymorpha, impact, control, advice, BioBullets, alien invasive species, Ebro Hydrographic Confederation.

Afección y control del mejillón cebra en la cuenca del Ebro

Por Concha Durán¹, Vincent Touya¹, Antonia Anadón², Munia Lanao²

¹Confederación Hidrográfica del Ebro

Área de Calidad de las Aguas
Paseo Sagasta, 24-28
50071 Zaragoza
Tel.: 976 71 10 00 ext. 22321/22584
Correo-e: cduran@chebro.es - vtouya@chebro.es

²Tragsatec

Grupo de trabajo del mejillón cebra
Residencial Paraíso, 4, 1º D
50008 Zaragoza
Tel.: 976 48.39.00 ext. 25612/25606
Correo-e: aanadon@tragsa.es - mlanao@tragsa.es

1. Introducción

El mejillón cebra (*Dreissena polymorpha*) es un molusco bivalvo de agua dulce que puede alcanzar hasta cuatro centímetros de longitud y con un aspecto similar a los mejillones marinos. Originario de los mares Negro y Caspio, esta especie es el paradigma de especie invasora, debido a la rapidez de su expansión y a los daños económicos que provoca.

Su ciclo vital es de tres años y presenta una fase larvaria, invisible al ojo humano y una fase adulta visible. Las hembras presentan en nuestras latitudes dos explosiones de larvas. Su concha tiene forma triangular y el borde externo romo, posee un dibujo irregular de bandas blancas y oscuras en zigzag, de ahí su nombre común 'mejillón cebra'. Se sujeta al sustrato mediante un biso, formando extensos y densos racimos. Tiene especial preferencia por aguas estancadas y con poca corriente. Es una especie no co-

mestible. Soporta cambios bruscos de temperatura y salinidad, y resiste entre siete y diez días fuera del agua.

La cuenca del Ebro ha sufrido la colonización de esta especie invasora. Los primeros ejemplares se detectaron en agosto de 2001 en un embarcadero de la población de Riba-roja d'Ebre (Tarragona). Se tiene constancia de que ha colonizado el eje del río Ebro, Zadorra, Jalón, Gállego, Segre y Guadalupe. Se han detectado ejemplares -adultos o en fase larvaria- en los embalses de Ullivarri, Cillaperlata, Sobrón, Lanuza, Bubal, Sabiñanigo, Tranquera, Calanda, Mequinenza, Ribarroja, Flix, Rialb, Talarn y San Lorenzo.

La colonización de un hábitat por parte del mejillón cebra tiene efectos perjudiciales ecológicos y socioeconómicos, que se desarrollan en el Apartado 2. La respuesta que ha ofrecido la Administración ante este fenómeno se ha centrado, entre otras, en las siguientes actuaciones:

- Mayor control sobre los vectores de transmisión, más en concreto sobre la navegación y la pesca.
- Seguimiento de la dinámica poblacional de larvas y adultos.
- Difusión del problema a través de jornadas de formación, carteles, folletos, material escolar, etc.
- Constitución de un grupo de trabajo de técnicos de las distintas administraciones implicadas para coordinar actuaciones y amortizar esfuerzos.

En el momento actual, se ha elaborado un plan de choque (CHE, 2007a) con objeto de sistematizar y afrontar con la máxima energía la lucha para evitar la colonización de los espacios no afectados hasta el día de hoy, y reducir los efectos ocasionados por la presencia del mejillón cebra en diferentes zonas de la cuenca del Ebro. Por su parte, el Ministerio de Medio Ambiente ha elaborado una estrategia nacional de lucha contra esta invasión (CHE, 2007b).

El plan de choque contra el mejillón cebra consta de una serie de actuaciones orientadas a la consecución de tres objetivos principales:

- Evitar la propagación del mejillón cebra a masas de agua no contaminadas.
- Ampliar los conocimientos que se tienen de la especie en dos vías principales: el comportamiento de la especie y las medidas existentes para el control de su población.
- Valorar los efectos nocivos de la colonización del mejillón cebra sobre las infraestructuras hidráulicas e identificar las medidas correctoras más adecuadas para estos efectos nocivos. Establecer medidas de protección para las infraestructuras no afectadas.

Para lograr el cumplimiento de estos tres objetivos, el plan de choque está estructurado en los siguientes bloques de actuaciones:

- Investigación científica y técnica: comprende a todas aquellas actuaciones orientadas a ampliar el conocimiento que se tiene acerca del mejillón cebra y su problemática.



Figura 1. Fijación de individuos adultos de *D. polymorpha* en la zona dorsal de una larva de libélula.

Estas actuaciones se pueden dividir en dos vías principales: las que van orientadas a ampliar el conocimiento de la especie en sí, de su comportamiento biológico, conductas reproductivas, etc. Y aquellas orientadas a ampliar el conocimiento de nuevas técnicas que permitan el tratamiento correctivo o preventivo de la plaga.

- Actuaciones en navegación: elaboración de una nueva normativa de navegación, tanto para adoptar medidas de vigilancia que aseguren su cumplimiento como para dotar a las masas de agua de instalaciones adecuadas que permitan cumplirlas.
- Seguimiento de la población de mejillón cebra: actuaciones de seguimiento del mejillón cebra tanto en estado larvario como adulto o de instalación de testigos que permitan ver la evolución de la población. Se trata de disponer de información sobre la evolución de la población de mejillón cebra en las masas de agua de la Confederación Hidrográfica del Ebro, CHE.
- Actuaciones sobre infraestructuras: esta serie de trabajos tienen el objetivo de actuar de un modo correctivo sobre las infraestructuras ya afectadas y de un modo preventivo sobre las que se hallan libres de mejillón. Se encuentran aquí actividades de limpieza, donde se

escogerán las técnicas más adecuadas y actuaciones orientadas a dotar a las instalaciones de un material que impida la colonización por parte del mejillón.

- Difusión y formación: el nexo común de todas las actividades de este bloque, es informar acerca de distintos aspectos dentro de la problemática del mejillón cebra. Por ello, se tiene desde actividades orientadas a realizar campañas de sensibilización de la población, como la elaboración de paneles y folletos, la elaboración de manuales que recojan toda la información disponible referente al mejillón o la elaboración de material didáctico para realizar campañas de sensibilización de escolares.

2. Tipos de impacto generados

El mejillón cebra, generalmente, no es la especie dominante en las comunidades euroasiáticas de las aguas salobres del Mar Caspio o Azov de las que es originario (Shorygin, 1948; Vorobiev, 1949). En cambio, en las comunidades de agua dulce en las que se instala, actúa como un verdadero invasor. Es el único bivalvo que se fija a sustratos duros llegando a alcanzar elevadas densidades, con biomásas diez veces superiores a las de su lugar de origen (Karatayev, 1995). En la



Figura 2. Uniónido afectado por individuos de *D. polymorpha*.

cuenca del Ebro se han registrado densidades de hasta 61.200 ejemplares/m². Estas elevadas densidades son la principal causa de los graves impactos ecológicos y socio-económicos que ocasiona la especie.

2.1. Impactos ecológicos

Desde el punto de vista ecológico, cuando *Dreissena polymorpha* se instala en un nuevo lugar, ocasiona un desequilibrio ambiental que produce serias alteraciones en el ecosistema. La intensidad y magnitud de estas alteraciones dependen del grado de invasión y de las características del ecosistema receptor. Teniendo en cuenta los antecedentes de otros lugares del mundo de daños producidos por el mejillón cebra podemos hablar de un grave riesgo ambiental.

2.1.1. Impactos sobre el hábitat

Tras la instalación de la plaga se produce un incremento de la complejidad del hábitat, en muchos casos debido a la uniformidad de los fondos por biodeposición en sustratos duros (tanto sustratos artificiales como las propias valvas de *Dreissena* son usadas como sustrato para la fijación de individuos juveniles) (Karatayev, 1997). Cuando se instala la plaga en una masa de agua, se produce bioacumulación y deposición de materia

La intensidad y magnitud de estas alteraciones dependen del grado de invasión y de las características del ecosistema receptor

orgánica producto de heces y material de desecho (Mikheev, 1994). Debido a la alta tasa de filtración del mejillón cebra, desciende la proporción de oxígeno disuelto y disminuye la riqueza en fitoplancton y zooplancton (Effler, 1996).

2.1.2. Impactos sobre los productores primarios

El importante incremento en la cobertura y biomasa de los macrófitos de las aguas infectadas por el mejillón cebra es el resultado del incremento de la claridad de las aguas, resultante de la acción filtradora del mejillón cebra (Lyakhovich, 1988). La mejora en la transparencia de las aguas permite a la luz solar penetrar a mayor profundidad donde los macrófitos pueden establecerse y desa-

rollarse. Un ejemplo de esto es lo ocurrido en el Lukomskoe (Bielorrusia) donde la cobertura de macrófitos pasó de ocupar el 6% del área del lago al 30%. Efectos similares se han observado en el bajo Ebro, en masas de agua no muy profundas. Este incremento en la abundancia de macrófitos puede actuar como barrera, ocultando el flujo de nutrientes usados por el fitoplancton (Karatayev, 1997).

2.1.3. Impactos sobre macroinvertebrados

La instalación de *Dreissena polymorpha* en una masa de agua afecta a la estructura de las comunidades de invertebrados que desarrollan su ciclo larvario en el agua, como es el caso de las libélulas. Los principales daños registrados se dan por la fijación de *Dreissena* en la zona dorsal de las larvas (Figura 1), interrumpiendo la alimentación, eclosión e incluso, debido al peso añadido, impidiendo la movilidad de la larva (Fincke, 2009).

2.1.4. Impactos sobre las poblaciones de peces

La alta tasa de filtración de un ejemplar de mejillón cebra, unido a las altas densidades a las que los encontramos, ocasiona una reducción de fitoplancton y zooplancton de más de diez veces. Esta eliminación afecta a la alimentación de algunos peces, influyendo en su crecimiento. Estas altas poblaciones de mejillón cebra también desestabilizan el hábitat de los peces al ocupar sus zonas de fresa, ocasionando alteraciones en la reproducción.

2.1.5. Impactos sobre náyades

Los moluscos autóctonos aportan un sustrato adecuado para el asentamiento de *Dreissena polymorpha*. El grado de invasión (número de mejillones cebra por náyade) se vincula directamente tanto con la densidad de mejillones como con el tamaño de los uniónidos. En Norteamérica, los mejillones cebra han llegado a desplazar a las especies de moluscos autóctonos al instalarse en sus con-

chas e impedir que penetren en el sedimento, realicen sus movimientos y compitan por el alimento (**Figura 2**). (Strayer, 1999). Además, el mejillón cebra puede llegar a impedir la abertura de los moluscos, imposibilitando su alimentación y respiración y provocándoles la muerte.

Existen evidencias que demuestran la reducción de las poblaciones de moluscos autóctonos debido a la invasión del mejillón cebra en la cuenca donde habitan. En aguas del Ebro, la llegada del mejillón cebra pone en peligro la supervivencia de la mayor población mundial del bivalvo nativo *Margaritifera auricularia*, especie en peligro de extinción.

2.1.6. Impacto sobre la calidad de las aguas

El impacto de la presencia del mejillón cebra en la calidad de las

aguas se debe principalmente al incremento de la transparencia de las aguas. Un ejemplar de mejillón cebra filtra entre 10 y 100 mL/hora de agua (Claudie, 1994). Este dato multiplicado por la elevada densidad de individuos por metro cuadrado nos indica una alta tasa de filtración. Esta transparencia ocasiona una explosión de las poblaciones de macrófitos con la consiguiente reducción del oxígeno disuelto disponible. Tras la muerte de los mismos, el aumento de las concentraciones de fósforo soluble y de nitrógeno inorgánico se pone de manifiesto en la calidad de las aguas invadidas.

2.2. Impactos socio-económicos

Las repercusiones ocasionadas por la plaga en infraestructuras de todo tipo y los daños producidos en

zonas de uso recreativo hacen necesaria una gran inversión por parte de los usuarios que se ven afectados por esta plaga: regantes, ayuntamientos, hidroeléctricas, termoeléctricas convencionales y nucleares, industrias, zonas recreativas, particulares y un largo etcétera. A los costes asumidos por todos estos usuarios afectados se deben añadir los costes asumidos por las administraciones públicas en campañas orientadas a evitar la dispersión de la plaga y a facilitar información sobre cómo actuar cuando la plaga ha colonizado las instalaciones.

2.2.1. Impacto sobre infraestructuras

El mejillón cebra es capaz de recubrir y bloquear todos aquellos elementos e infraestructuras que están en contacto con las aguas in-

Agua es vida

SOMOS agua

¡CUIDÉHOSLA!
¡CONSERVÉHOSLA!

Roth

DIVISIÓN AGUA

Global Plastic, S.A.
Pol. Ind. Montes de Cierzo, CN-232, Km 86
E-31500 Tudela (Navarra)
Tel. 948 844 406 - Fax 948 844 405
www.roth-spain.com
comercial@roth-spain.com





Figura 3. Afección de *Dreissena polymorpha* en diversas instalaciones.

fectadas por la plaga (Figura 3). Inicialmente, un solo individuo se instala en una superficie dura; después, otros colonizan el espacio a su alrededor e incluso crecen unos sobre otros. Su densidad aumenta obturando y cegando por completo tuberías, rejillas, orificios y en general, todas aquellas aberturas por donde hay paso de corriente de agua. En los casos en los que no hay un cegamiento completo, las tuberías pierden capacidad debido a la pérdida de sección y al incremento de la rugosidad. Además, se incrementa el riesgo de corrosión-abrasión de las conducciones y aumentan las cargas en las bombas.

Dreissena polymorpha forma incrustaciones tan densas que, instalaciones enteras han tenido que parar sus procesos para realizar limpiezas mecánicas, con las consiguientes pérdidas económicas.

Ante estas masivas colonizaciones se buscan tratamientos para evitar daños y obturaciones y en muchos casos, suponen un elevado coste económico. En el caso de los tratamientos de choque, en los que el objetivo es matar a los individuos adultos, existe igualmente el riesgo de obturación por las numerosas conchas vacías que pueden cegar filtros y rejillas o inutilizar sistemas de bombeo. Cuando se opta por trata-

mientos preventivos mediante filtrado, existe el riesgo de disminución de presión en la conducción (Claudie, 1994). También existen evidencias de que los filamentos del bicho de los mejillones cebra pueden acelerar la corrosión de uniones de las estructuras metálicas. Las bacterias que aparecen entre el sustrato y los filamentos, mediante la respiración aerobia producen un componente ácido que incrementa la corrosión en las superficies de hierro y acero.

En las plantas de tratamiento de aguas donde ésta es tomada directamente de la fuente infectada, *Dreissena polymorpha* puede impedir la función de potabilización al alterar la composición química del agua. De esta manera, puede alterar el sabor del agua potable. El material que expulsa el sifón del mejillón se mezcla con su mucosidad, creando una capa que consume gran cantidad de oxígeno. Esta falta de oxígeno incrementa la acidificación del agua, produciendo también un mal sabor.

2.2.2. Impactos en el uso recreativo

Las estructuras dedicadas a los usos recreativos son vulnerables a la colonización del mejillón cebra, lo que deriva en un coste de mantenimiento de los barcos recreacionales, embarcaderos, boyas, redes

de pesca, etc. y en general, de todos los elementos que estén en contacto con el agua. Asimismo, los mejillones pueden destruir los motores de las embarcaciones recreativas al introducirse en los circuitos de refrigeración.

El incremento de macrófitos como resultado indirecto de la invasión, puede producir impactos sobre las actividades de recreo al invadir playas, causar malos olores por acumulación y alterar la calidad de las aguas.

El recubrimiento de las orillas de ríos y embalses por poblaciones de mejillón cebra y su mortalidad posterior, produce malos olores debido a la descomposición de los mismos. Las afiladas valvas del mejillón son como una cuchilla para los bañistas, lo que unido a lo anterior puede llevar a aconsejar la prohibición de los usos recreativos en las zonas invadidas.

3. Métodos de control

Existen diferentes métodos de control del mejillón cebra en función de varios criterios como las condiciones fisicoquímicas del agua, la facilidad de aplicación, la relación coste/eficiencia, el impacto ambiental de los métodos, etc. Se clasifican en tres grandes grupos: métodos de control físico, químico y biológico.

Las actuaciones destinadas al control del mejillón cebra van dirigidas en dos vertientes: impedir por un lado que las larvas del mejillón cebra se adhieran a los sistemas (tratamientos preventivos) y por otro, eliminar los mejillones que ya se han adherido a los sistemas (tratamientos reactivos).

3.1. Métodos de control físico

Utilizan técnicas basadas en procesos físicos. Entre los más importantes destacan:

3.1.1. Sistemas de infiltración

Se aplican previamente a pequeñas tomas de agua. Se pueden utilizar sustratos estratificados naturalmente (suelos) o de forma artificial

(gradiente de porosidades) sobre los que se infiltran las aguas de captación. No tiene un importante impacto ambiental pero requiere un mantenimiento por la obturación de los filtros granulares.

3.1.2. Filtración

Para obtener una retención de larvas de casi el 100%, se requieren sistemas muy costosos ya que se requieren retener partículas de 30-40 µm, resultando poco rentable en la mayoría de los casos. Son recomendados para el tratamiento de caudales pequeños (Palau, 2006).

3.1.3. Chorro de agua a alta presión

Este método se utiliza para desprender y eliminar el material adherido a la superficie a tratar. Los equipos utilizados en la limpieza

del mejillón cebrá trabajan a presiones muy elevadas, de 27.600kPa a 68.900kPa. La configuración de las boquillas, la presión empleada y la distancia desde la que se proyecta el chorro de agua, son parámetros a tener en cuenta. Hay que asegurarse de que no se queden los filamentos del biso del mejillón adheridos a la superficie limpiada porque disminuye la velocidad del agua y se crea una superficie rugosa adecuada para una nueva colonización.

3.1.4. Proyección de granulos de dióxido de carbono

Los granulos debilitan la concha del mejillón, los tejidos internos y el biso, haciendo más fácil su eliminación ya que los granulos sólidos, se gasifican y penetran por los huecos de la materia orgánica, despen-

diéndola. Esta técnica de limpieza es aconsejable a la hora de aplicar pinturas antiadherentes, ya que deja las superficies extremadamente limpias.

3.1.5. Limpieza mecánica

Esta limpieza emplea cepillos de alambre, rascadores u otros medios físicos similares. Son soluciones a corto plazo y necesitan mucha mano de obra. Mientras dura el proceso de limpieza, las tuberías están inhabilitadas. Sin embargo, debido a su bajo coste y fácil actuación, es uno de los métodos de control más utilizado por los usuarios afectados de la cuenca del Ebro.

3.1.6. Deseccación/ congelación

En zonas donde es viable bajar el nivel del agua o vaciar por com-

CONFERENCIA

Nuevas actuaciones en desalación, depuración y reutilización

Patrocina:



GRUPO
AGUAS DE VALENCIA

Gestión del Agua en la Comunidad Valenciana y la Región de Murcia

DESCUENTO ESPECIAL

de un 30% para los suscriptores de la Revista llamando al

902 99 62 00



Alicante, 19 de mayo de 2009
Hotel Meliá Alicante



Unidad Editorial
Conferencias
Formación

Asociaciones Colaboradoras:



Publicaciones Colaboradoras:



Portales Colaboradores:



Nueva forma de inscripción a través de **conferencias**
y **formación.com**

Atención al cliente y ayuda a la navegación **902 99 62 00**

pleto el sistema, se pueden exponer al aire las poblaciones de mejillón cebra. Bien la desecación en verano con las altas temperaturas o bien la congelación en invierno por las bajas temperaturas, pueden matar a las poblaciones del mejillón cebra. Existen experiencias realizadas en el lago Zumbro y en el lago Edimboro (América) con resultados positivos (Gracio, 2002). Hay que tener en cuenta la disposición de los individuos, ya que los mejillones aislados son más sensibles a la exposición al aire que los agregados. Este método está siendo usado por varios afectados de la cuenca, sobre todo enfocado a balsas de depósito.

3.1.7. Tratamiento térmico

Este tratamiento se puede aplicar de manera puntual o continua. En el primer caso, el sistema de agua es calentado periódicamente hasta la temperatura letal de mortalidad del mejillón cebra con una duración suficiente para provocar una mortalidad significativa y a continuación, volver a la temperatura normal (McMahon, 1995). El tratamiento continuo supone una exposición constante a la temperatura letal. Esta temperatura está condicionada por el tiempo de tratamiento y por la aclimatación del bivalvo a los incrementos de temperatura. Para mortalidades del 100% son suficientes exposiciones de 48 horas a 32°C ó una hora a 40°C (Claudi, 1994).

3.1.8. Aumentar la velocidad o invertir el flujo del agua

Las larvas y juveniles de mejillón cebra se asientan en cualquier tubería o zona donde la velocidad del flujo de agua sea menor a 1,5 m/s, por lo que una opción es conseguir variaciones periódicas de la velocidad de flujo en conducciones y tuberías.

3.1.9. Privación de oxígeno

Este método es viable cuando se puede dejar de utilizar alguna de las tomas de agua en la instalación y crear un medio anóxico. Esta caren-

Las larvas y juveniles de mejillón cebra se asientan en cualquier tubería o zona donde la velocidad del flujo de agua sea menor a 1,5m/s

cia de oxígeno se puede conseguir taponando la tubería y dejando que se consuma todo el oxígeno o usando aditivos químicos consumidores de oxígeno. El mejillón cebra muere por lo general tras seis días, aunque es capaz de tolerar la falta de oxígeno hasta dos semanas en ambientes suficientemente fríos.

3.1.10. Materiales repelentes y recubrimientos antiincrustantes

Actualmente es imprescindible a la hora de construir nuevas instalaciones tener en cuenta los materiales utilizados con el fin de prevenir la fijación del mejillón cebra. Los recubrimientos antiincrustantes basan su efectividad en la liberación de compuestos tóxicos en bajas concentraciones, repeliendo la adhesión del mejillón cebra. Hay que tener en cuenta la liberación de producto tóxico al agua y sus consecuencias sobre el ecosistema. Otros materiales de menor toxicidad pero de mayor coste actúan formando superficies extremadamente lisas, impidiendo la adhesión del mejillón cebra. Destacan las pinturas antiadherentes y los metales como el acero galvanizado (Palau, 2006).

3.1.11. Luz ultravioleta

La luz ultravioleta, UV, se utiliza en la actualidad como sistema de esterilización del aire y del agua. El principal problema asociado a esta técnica es la turbidez del agua, ya que las aguas muy turbias impiden la penetración de la luz UV.

Chalker-Schott (1993) señala que las larvas velíferas son sensibles a longitudes de onda entre 280-320nm (rango UV-B).

3.2. Métodos de control químico

Se basan en la utilización de productos químicos habitualmente aplicados en tratamientos de potabilización de agua y como biocidas antiincrustantes. Existe una mayor problemática asociada a estos métodos ya que deben ser respetuosos con el ecosistema acuático, ser compatibles con los usos posteriores del agua, no se pueden aplicar en sistemas abiertos como lagos y ríos y hay que tener en cuenta la relación coste/eficacia, entre otros factores.

3.2.1. Tratamiento con cloro y derivados

La cloración, en forma de hipoclorito sódico, es el sistema más utilizado para el control químico del mejillón cebra desde su aparición en Norteamérica y en Europa. Sin embargo, presenta un efecto corrosivo importante en metales y genera componentes tóxicos cuando oxida la materia orgánica, existiendo valores límites en los vertidos. Además, los mejillones son capaces de detectar los productos químicos, cerrando las valvas de la concha durante al menos dos semanas, reduciéndose la eficacia del tratamiento en los adultos.

El cloro se puede aplicar de forma continua o intermitente. La aplicación intermitente de hipoclorito sódico a diferentes concentraciones es una técnica utilizada comúnmente entre los afectados por la plaga de mejillón cebra. Esta técnica consiste en alternar periodos de administración de producto con periodos de descanso repetidamente hasta alcanzar el 100% de la mortalidad de los individuos adheridos a las instalaciones.

Un nueva estrategia de cloración, denominada Pulse-Chlorination (cloración por pulsos), está siendo aplicada ya en algunas empresas europeas. Consiste tam-

bién en un régimen intermitente de cloración, pero optimizando los periodos en los que el mejillón está abierto (determinado por unos sensores de movimiento adheridos a sus valvas), por lo que se minimiza su tiempo de recuperación. Esto permite cesar el aporte de cloro cuando las valvas están cerradas, y por tanto, un importante ahorro de producto y una reducción del impacto ambiental que supone la descarga de grandes dosis de cloro al medio ambiente (Jenner, 2004).

3.2.2. Tratamiento con ozono

El ozono es un gas utilizado en la desinfección de las aguas. Tiene el doble de capacidad de oxidación que el cloro y requiere tiempos de contacto inferiores a la cloración, además de no tener efecto residual en los vertidos ya que se disipa rápidamente en el agua. El mayor inconveniente es su elevado coste (Claudi, 1994).

3.2.3. Tratamiento con biobalas

Este novedoso método consiste en la encapsulación de ingredientes activos como el cloruro potásico (KCl) o compuestos amino-cuaternarios (QACs). El uso de partículas microencapsuladas reduce la respuesta de cierre de valvas ya que el mejillón no se ve agredido por ninguna sustancia extraña. Este producto combina una muerte rápida del mejillón cebra con el mínimo daño ambiental por aprovecharse de la filtración de partículas y la capacidad de concentración por parte del mejillón. Las biobalas, a los niveles usados (1g/L), no han provocado la muerte de otras náyades como *Anodonta anatina*, por lo que se cree que la probabilidad de que impacten sobre la biota no diana es muy baja (Aldridge, 2006). Es un tratamiento que se está estudiando usar en sistemas abiertos.

3.3. Métodos de control biológico

Estos métodos se basan en el control de poblaciones de mejillón ce-

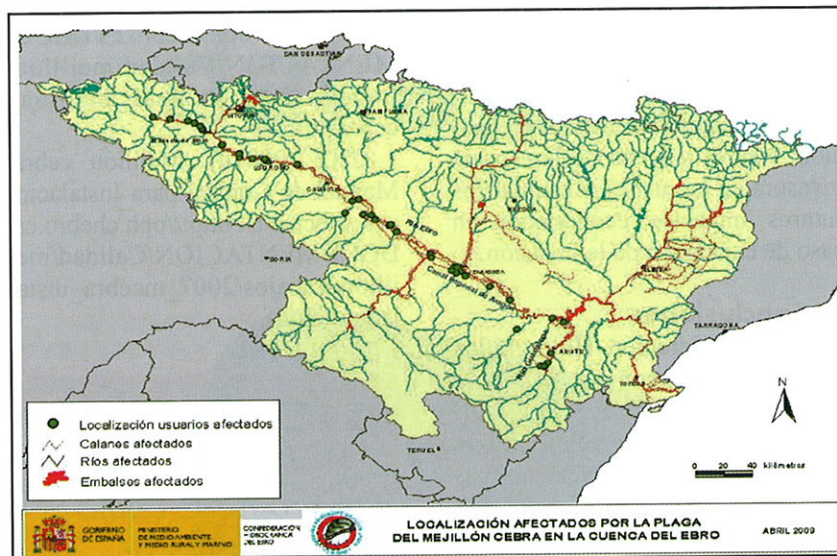


Figura 4. Usuarios afectados a lo largo de la Cuenca del Ebro en la actualidad.

bra mediante el uso de otras especies como bacterias o parásitos. Entre ellas destacan *Bucephalus polymorphus*, *Aspidogaster sp.*, *esporocistos de Phyllostomum* o *Scuticociliatida sp.* Actualmente está en estudio la aplicación de toxinas microbianas producidas por la bacteria *Pseudomonas fluorescens*. Al ser una bacteria presente en la mayor parte de los ecosistemas fluviales, no se plantean problemas con otras especies, por lo que está enfocado también a sistemas abiertos (Molloy, 2002).

4. Sistema de asesoramiento para la erradicación del mejillón cebra

Este organismo de cuenca se ha mostrado siempre preocupado por los problemas que puedan sufrir las instalaciones de los usuarios que captan agua de zonas afectadas. En el año 2007 se editaron dos manuales que pretenden presentar información general sobre el mejillón cebra y métodos de control y erradicación en instalaciones afectadas (CHE, 2007c) (CHE, 2007c).

El número de consultas relacionadas con métodos de tratamiento en instalaciones siguió aumentando de tal forma que la CHE decidió, en el año 2008, proporcionar un servicio de asesoramiento para usuarios afectados por la plaga de mejillón cebra.

Se trata de un servicio gratuito y no vinculante cuyo objetivo es intentar presentar a los usuarios los distintos métodos de lucha que hay en el mercado contra el molusco, aplicables en sus instalaciones. Los técnicos del organismo de cuenca dan una charla informativa a los usuarios sobre los métodos de erradicación del mejillón cebra en recintos cerrados, toman muestras para determinar las características físicoquímicas y la concentración de larvas de mejillón cebra del agua de captación y para estimar el riesgo de afección de las infraestructuras visitadas, inspeccionan las instalaciones para detectar la presencia de ejemplares adultos y elaboran un informe que recoge toda la información recopilada para aconsejar sobre los métodos de lucha más idóneos, de acuerdo con las características de estas instalaciones. El modelo de solicitud de asesoramiento se puede descargar en la web de la CHE (www.chebro.es).

Hasta la fecha, un total de 51 usuarios (en su mayoría comunidades de regantes, municipios y empresas hidroeléctricas) han contactado con la CHE para pedir ayuda y consejos sobre las afecciones que les ha provocado el mejillón cebra (Figura 4). Existe un número cada vez más creciente de usuarios preocupados por el impacto económico que supone la presencia de esta

especie invasora en la cuenca. Este Organismo de Cuenca está realizando un estudio que pretende valorar los costes ligados a la prevención, control y lucha de la especie invasora en la cuenca y estimar los futuros impactos económicos en caso de expansión de la invasión.

5. Conclusiones

La Confederación Hidrográfica del Ebro tiene como objetivo la prevención, el control y la erradicación del mejillón cebra. En la cuenca del Ebro cada vez son más los usuarios afectados por la plaga en sus instalaciones. A pesar de que existen a disposición de los usuarios diversos métodos de erradicación en sistemas cerrados, el peso de la solución se basa en las medidas preventivas y en el desarrollo de una actitud responsable por parte de los ciudadanos que eviten la dispersión de la plaga a nuevas masas de agua.

6. Bibliografía

Aldridge, D.C.; Elliott, P.; Mogridge, G.D. (2006). Microencapsulated BioBullets for the Control of Biofouling Zebra Mussels. *Environ. Sci. Technol.*, 40, 975-979.

Chalker-Scott, L.; Scott J.D.; Carnevale R.; Smith K. (1993). Comparison of acute and chronic mid-range ultraviolet radiation (280-320 nm) effects on adult zebra mussels. *Proceedings from the Third International Zebra Mussel Conference*, Toronto, Ontario. Electric Power Research Institute.

CHE (2007a). Plan de Choque para Controlar la Invasión del Mejillón Cebra. http://oph.chebro.es/DOCUMENTACION/Calidad/mejillon/docgeneral/Plan_choque_mejillon_cebra_v4.pdf.

CHE (2007b). Estrategia Nacional para el Control del Mejillón Cebra. Conferencia Sectorial de Medio Ambiente. http://oph.chebro.es/DOCUMENTACION/Calidad/mejillon/docgeneral/Estrategia_nacional_mejillon_cebra.pdf

CHE (2007c). Mejillón cebra. El mejillón cebra en la Cuenca del

Ebro. http://oph.chebro.es/DOCUMENTACION/Calidad/mejillon/trabajos/2007_manual_mejillon_cebra.pdf.

CHE (2007d). Mejillón cebra. Manual de Control para Instalaciones Afectadas. http://oph.chebro.es/DOCUMENTACION/Calidad/mejillon/trabajos/2007_mcebra_instalaciones.pdf.

La Confederación Hidrográfica del Ebro tiene como objetivo la prevención, el control y la erradicación del mejillón cebra

Claudi, R.; Mackie, G.L. (1994). Practical manual for zebra mussel monitoring and control. Lewis Publishers, Boca Raton, FL.

Effler, S. W.; Brooks C.M.; Whitehead K.A.; Wagner B.A.; Doerr S.M.; Perkins M.G.; Siegfried C.A.; Walrath L.; Canale R.P. (1996). Impact of zebra mussel invasion on river water quality. *Wat. Environ. Res.*, 68, 205.

Fincke, O.M; Santiago, D.; Hickner, S.; Bienek, R. (2009). Susceptibility of larval dragonflies to zebra mussel colonization and its effect on larval movement and survivorship. *Hydrobiologia*, 624, 71-79.

Gracio, J.L.; Montz G. (2002). Winther lake drawdown as a strategy for zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) control: Result of pilot studies in Minesota and Pennsylvania.

Jenner, H.A.; Polman, H.J.G.; Van Wijck R. (2004). Four years experience with a new chlorine dosing regime against macrofouling. *VGB PowerTech*, 84 (9), 28-30.

Karatayev, A. Y.; Burlakova L.E. (1995). Present and further patterns

in *Dreissena* population development in the Narochanskaya lakes system. *Vestsi Akad. Navuk Belarusi. Ser. Biyol. Navuk* 3, 95-98.

Karatayev, A. I.; Burlakova L.E.; Padilla I.D.K. (1997). The effects of *Dreissena polymorpha* invasion on aquatic communities in Eastern Europe. *J. Shellfish Res.* 16, 187-203.

Lyakhnovich, V.P.; Karatayev A.Y.; Mitrakhovich P.A.; Guryanova L.V.; Vezhonovets G.G. (1988). Productivity and prospects for utilizing the ecosystem of Lake Lukoml, thermoelectric station cooling reservoir. *Sov. J. Ecol.* 18, 255-259.

McMahon, R.F.; Ussery, T.A. (1995). Thermal tolerance of zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) relative to rate of temperature increase and acclimation temperature. Contract Report EL-95-10, U.S. Army Engineers Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.

Mikheev, V. P. (1994). Composition and quantity of *Dreissena* food in natural conditions. Starobogatov, J. I., editor. *Freshwater zebra mussel Dreissena polymorpha* (Pall.) (*Bivalvia*, *Dreissenidae*). Systematics, ecology, practical meaning. Moscow Nauka. 129-132.

Molloy, D.P. (2002). Biological control of zebra mussels. *Proceedings of the Third California Conference on Biological Control*. University of California, Davis.

Palau, A.; Cía, I. (2006). Métodos de control y erradicación del mejillón cebra (*Dreissena polymorpha*). ENDESA.

Shorygin, A.A.; Karpevich A.F. (1948). The New Invaders of Caspian Sea and their Significance in the Biology of the Waterbodi. Krimizdat Press, Simpheropol.

Strayer, D. L.; Caraco N.F.; Cole J.J.; Findlay, S; Pace M.L. (1999). Transformation of freshwater ecosystems by bivalves: a case study of zebra mussels in the Hudson River. *BioScience*, 49, 19-27.

Vorobiev, V.P. (1949). The Benthos of the Azov Sea. Krimizdat Press, Simpheropol.