

Mejillón cebra

El mejillón cebra en
la cuenca del Ebro



MINISTERIO
DE MEDIO AMBIENTE

CONFEDERACIÓN
HIDROGRÁFICA
DEL EBRO

Comisaría de Aguas

Mejillón cebra



El mejillón cebra en
la cuenca del Ebro



MINISTERIO
DE MEDIO AMBIENTE

CONFEDERACIÓN
HIDROGRÁFICA
DEL EBRO

Comisaría de Aguas

Título del Informe: EL MEJILLÓN CEBRA EN LA CUENCA DEL EBRO

Proyecto n.º: 44265134.050011

Fecha: 28 de febrero de 2007

Realizado por: URS España

Cliente: CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO

Dirigido por: Concha Durán Lalaguna

Editado por **Confederación Hidrográfica del Ebro**

Maquetación **Virtual diseño gráfico**

Depósito legal Z-2.475-2007

1. INTRODUCCIÓN	5
2. QUÉ ES EL MEJILLÓN CEBRA	7
2.1. CÓMO ES SU BIOLOGIA	10
2.1.1. Ciclo vital	10
2.1.2. Ecología	13
2.2. CUÁL ES SU DISTRIBUCIÓN EN EL MUNDO	16
3. CÓMO IDENTIFICAR AL MEJILLÓN CEBRA	17
3.1. IDENTIFICACIÓN DE ADULTOS	19
3.2. IDENTIFICACIÓN DE LARVAS	19
4. QUÉ PROBLEMAS SE ASOCIAN AL MEJILLÓN CEBRA	21
4.1. QUÉ CARACTERÍSTICAS HACEN DEL MEJILLÓN CEBRA UN PROBLEMA	23
4.2. QUÉ PROBLEMAS PRODUCE	23
5. CUÁLES SON LAS SOLUCIONES	27
5.1. MEDIDAS PROACTIVAS	29
5.2. MEDIDAS REACTIVAS	29
6. CUÁL ES LA SITUACIÓN EN LA CUENCA DEL EBRO	33
6.1. APARICIÓN Y DISTRIBUCIÓN ACTUAL EN LA CUENCA ..	35
6.2. VECTORES DE TRANSMISIÓN EN EL EBRO	36
6.3. ACTUACIONES DE LA CHE	36
PRINCIPALES FUENTES CONSULTADAS	39

I. INTRODUCCIÓN

A la multitud de especies que las diversas actividades humanas están diseminando a lo largo y ancho de nuestro planeta, se suma el mejillón cebra. Es éste un molusco de agua dulce que posee una asombrosa capacidad de dispersión y de colonización, y que ha venido ampliando su área de distribución desde el mar Caspio, a través de diferentes países del hemisferio norte, favorecido por prácticas como la navegación, la pesca, los trasvases de agua a pequeña y gran escala, y la creación de canales y embalses.

Además de las perturbaciones ecológicas que cualquier ecosistema autóctono padece cuando se ve colonizado por una especie exótica, la llegada del mejillón cebra conlleva en muchos casos importantes pérdidas económicas por los daños que esta especie produce en las infraestructuras hidráulicas. Forma colonias masivas sobre cualquier sustrato que se encuentre en contacto con el agua infestada obstruyendo conducciones y favoreciendo la corrosión de los metales, e incluso llega a afectar a los enclaves más remotos de un circuito hidráulico que alcanza fácilmente en forma de larva microscópica.

El primer registro de una población consolidada de esta especie en España se produjo en el tramo bajo del río Ebro en 2001. Ya desde esa fecha la Confederación Hidrográfica del Ebro desarrolló programas de control y vigilancia, y promovió investigaciones sobre medidas encaminadas a frenar su dispersión. Pero en 2006 el mejillón cebra ya se había expandido por otras subcuencas y alcanzado la cabecera de Ebro.

La presente publicación no tiene otro objetivo que acercar el conocimiento del mejillón cebra y su problemática a los ciudadanos, entendiendo que ésta es la estrategia más efectiva, si no la única, para frenar la dispersión de esta especie en la cuenca del Ebro y, por extensión, en la totalidad del ámbito peninsular. El lector podrá comprobar que, aparte de las medidas correctoras que se han venido desarrollando y aplicando, el peso de la solución recae en las medidas preventivas y, éstas, en la adopción de una actitud responsable por parte de la ciudadanía.

2. Qué es el mejillón cebra



El mejillón cebra es un molusco bivalvo que fue descubierto en el mar Caspio y bautizado como *Dreissena polymorpha* en 1771 por Peter Simon Pallas, un naturalista alemán célebre por sus trabajos en Europa oriental y Asia central.

Pertenece a la familia de los dreisenidos. Se trata de bivalvos con forma de mejillón cuya concha carece de nácar. En su ciclo vital, todas las especies de esta familia comienzan con una fase planctónica, es decir, libre en la masa de agua, por lo que son más frecuentes en ambientes de poca corriente o de aguas estancadas.



FICHA TAXONÓMICA:

Nombre común: Mejillón cebra

Género: *Dreissena*

Especie: *polymorpha* (Pallas, 1771)

Familia: Dreissenidae

Subclase: Lamellibranchia

Orden: Cardiida

Clase: Bivalvia

Phylum: Mollusca

Formación de la concha

Todos los moluscos bivalvos comparten una característica fundamental y muy visible que es la que les ha dado nombre: las partes blandas de su cuerpo están protegidas por una concha formada por dos valvas, una a cada lado del cuerpo.

La estructura responsable de la formación de la concha es el *manto*, una expansión laminar que envuelve el resto de órganos y recubre la superficie interna de la concha.

La concha está formada por dos capas: (Figura 1)

- **Capa prismática:** es la más interna. Se forma por las secreciones de carbonato cálcico realizadas por células glandulares situadas en el margen del manto. Esta sustancia cristaliza en el exterior del cuerpo en forma de prismas de carbonato cálcico que, densamente empaquetados, componen la primera capa protectora.
- **Periostraco:** es la capa externa de aspecto córneo. Está formada por una sustancia quitinosa llamada conquiolina segregada también por células del margen del manto. Esta capa es fundamental para evitar que la concha se disuelva en ambientes ácidos.

El manto también produce pigmentos que se generan en el periostraco y dan lugar a bandas claras y oscuras que caracterizan a esta especie, y por las que recibe el nombre vulgar de mejillón cebra. De todos modos la coloración es muy variable y algunos ejemplares carecen incluso de bandas.

El crecimiento de la concha se produce a partir del margen distal. Los mejillones crecen a lo largo de toda su vida pero no de manera continua, estas discontinuidades dan lugar a anillos de crecimiento en la concha. (Figura 2)

Los adultos se fijan a los sustratos mediante un bisco filamentososo (como los mejillones), formando extensos y densos racimos semejantes a las mejilloneras marinas o tapizando amplias superficies. El bisco consiste en un manojo de filamentos córneos que tienen su origen en unas glándulas situadas en la base del pie, las cuales segregan una sustancia fluida y pegajosa que en contacto con el agua se solidifica. (Figura 3)

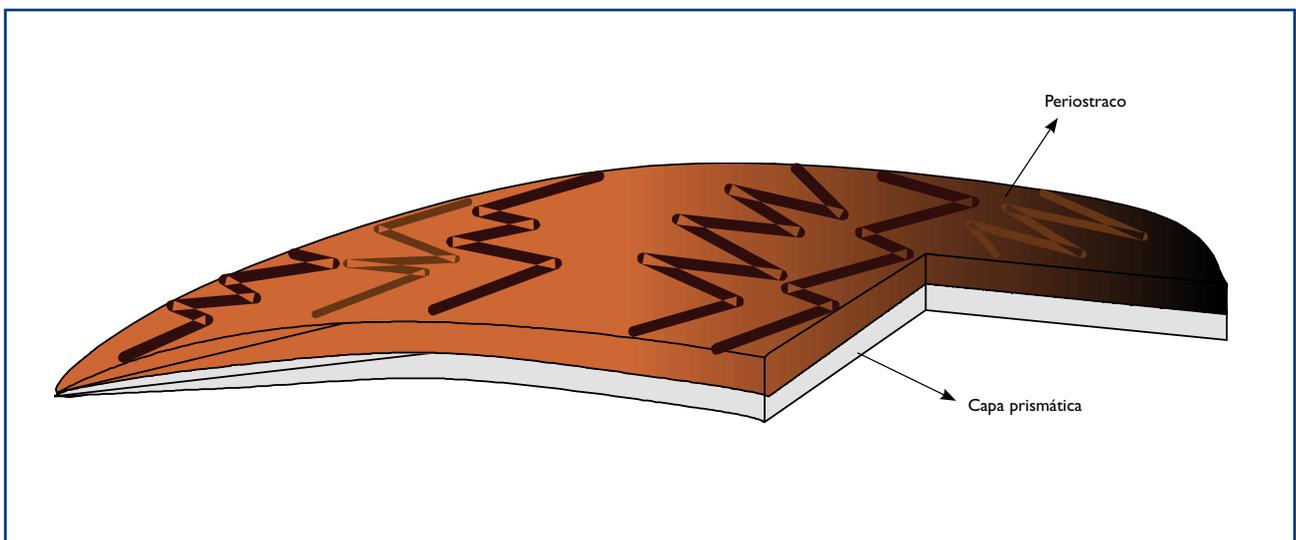


Figura 1. Estructura de la concha de los mejillones, formada por una capa interna de carbonato cálcico (capa prismática) y una externa de conquiolina (periostraco).

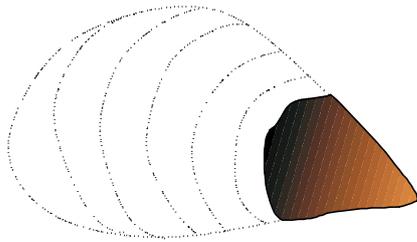


Figura 2. Esquema del crecimiento de la concha y fotografía de un mejillón en la que pueden observarse los anillos de crecimiento.



Figura 3. Agregados de mejillón cebra.

2.1. CÓMO ES SU BIOLOGÍA

2.1.1. CICLO VITAL

El ciclo biológico del mejillón cebra presenta dos fases: la primera planctónica, es decir, libre en la masa de agua y la segunda bentónica, fijada al sustrato. (Figura 4)

La temperatura es quizá el factor más importante en la regulación del ciclo biológico. Cuando ésta alcanza los 12-13 °C machos y hembras adultos comienzan a liberar espermatozoides y óvulos a la masa de agua, en el seno de la cual se produce la fecundación de forma externa. Las hembras llegan a producir anualmente entre 40.000

y un millón de óvulos fecundables. A lo largo del año se producen, en nuestras latitudes, generalmente dos periodos de máxima intensidad de reproducción, uno de mayo a julio y otro de finales de agosto a mediados de octubre. El primero es el más intenso, y es originado por los individuos fijados al sustrato el año anterior; el segundo es de menor intensidad, y estaría originado por las larvas nacidas en primavera que, a mediados de agosto, ya se encontraban fijadas a un sustrato.

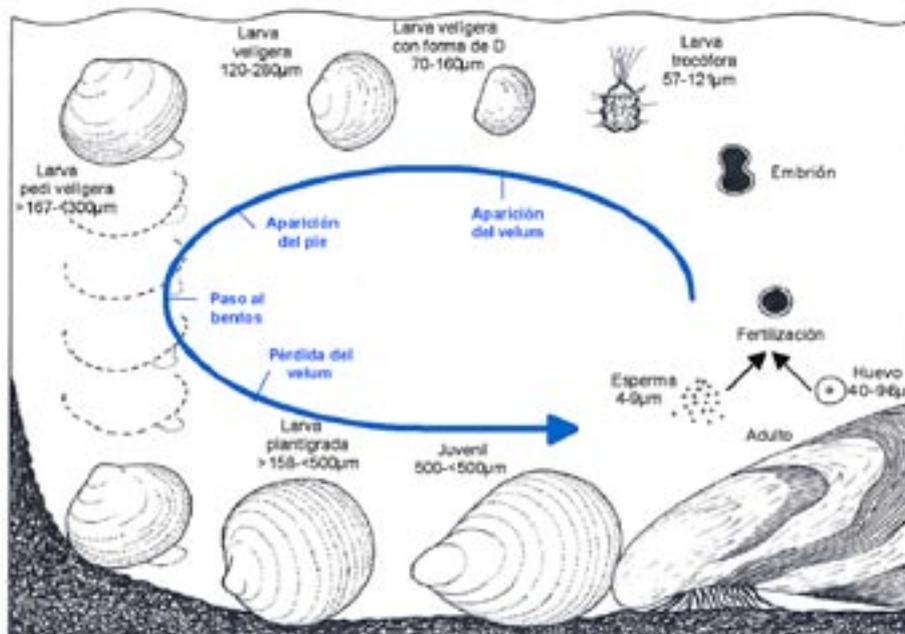
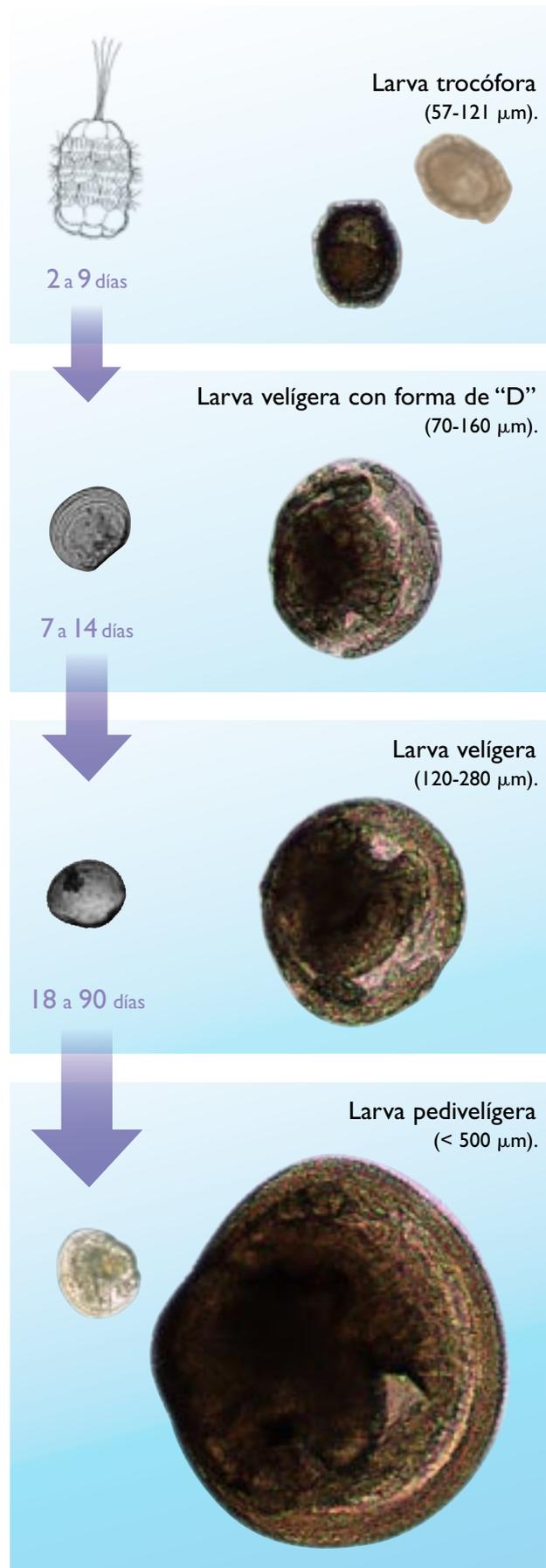


Figura 4. Ciclo biológico del mejillón cebra (Fuente: Modificación esquema CEAM, 2003).

Una vez producida la fecundación, y después de la fase embrionaria, se forma una larva que se desarrolla a lo largo de varios estadios:

- **Larva trocófora**, se trata de una forma nadadora ciliada con un tamaño entre 57 y 121 μm . Este estadio tiene una duración relativamente corta. Su desarrollo posterior da lugar a un estadio en el que comienza a visualizarse una estructura denominada velum, consistente en dos pliegues muy desarrollados y provistos de cilios que la larva utiliza para alimentarse y para su desplazamiento.
- **Larva velígera con forma de "D"**: a los 2-9 días la larva forma una concha cuyo lado del cuerpo correspondiente a la "bisagra" de las valvas es recto, mientras que el que se abre es redondeado (de ahí el nombre del estadio). Su tamaño se encuentra entre 70 y 160 μm . A pesar de esta concha rudimentaria, la larva es aún transparente.
- **Larva velígera**: a los 7-14 días se distingue una región umbonal en la concha, abombada y de contorno redondeado. Se trata del último estadio completamente planctónico. Su tamaño oscila entre 120 y 280 μm .
- **Larva pedivelígera**. Durante este estadio se acaban de desarrollar las valvas y va aumentando su peso hasta que ya no puede permanecer suspendida en la masa de agua. Esto generalmente ocurre a los 18-90 días. Comienza también la secreción del biso que le permitirá fijarse al sustrato. Una vez iniciada su fase bentónica, la larva pedivelígera puede arrastrarse en busca de un sustrato adecuado para fijarse. Se considera que éste es el momento más crítico para la supervivencia de la especie, ya que las larvas que caen sobre sustratos blandos como arenas, limos, etc. habitualmente acaban muriendo al quedar enterradas. Se calcula que sólo el 2% de las larvas consiguen fijarse.
- **Larva plantígrada** ya fijada al sustrato. En este estadio la alimentación se realiza mediante las branquias, a diferencia de lo que sucedía en los estadios anteriores, en los que esta función se llevaba a cabo con el velum. Su tamaño es inferior a 500 μm .



Una vez pierden la forma de almeja que caracteriza los estadios larvarios y pasan a tener una forma más triangular, alcanzan la etapa juvenil.

Los mejillones se consideran adultos cuando alcanzan la madurez sexual. En condiciones óptimas pueden reproducirse cuando superan los 6 mm de longitud, lo que podría llegar a suceder en poco más de un mes, completando así su ciclo vital. Los adultos viven entre 3 y 5 años.

Antes de fijarse al sustrato, las larvas pueden recorrer grandes distancias a favor de la corriente, lo que constituye una gran ventaja para su dispersión.

La mayoría de bivalvos presentan sexos separados y fecundación externa como la descrita para el mejillón cebra, pero existen algunas especies con fecundación interna, tal es el caso de los uniónidos como *Margaritifera auricularia*, presente en el Ebro. Los machos de este grupo liberan los espermatozoides al agua mientras que las hembras retienen los óvulos en su interior. La fecundación se produce cuando los espermatozoides son introducidos en el cuerpo de la hembra mediante la corriente inhalante de agua. Los óvulos fecundados se incuban en la cámara formada por las cuatro láminas branquiales hasta que llegan al estadio de larva gloquidio, de aspecto parecido a un pequeño bivalvo pero dotada de fuertes espinas. Esta larva pasa al agua y busca un vertebrado acuático, generalmente un pez, al que se agarra a la piel o branquias con las espinas. El epitelio del hospedador acaba englobando al gloquidio que se desarrolla hasta un estadio juvenil parecido a un adulto, pero con un pie ciliado. En este momento el juvenil rompe el quiste y cae al fondo donde completa su desarrollo.

2.1.1.1. Alimentación

El mejillón cebra se alimenta por filtración, extrayendo el material suspendido en el agua (seston): algas unicelulares, zooplancton (rotíferos, ciliados), bacterias y detritus orgánicos diversos. Preferentemente retiene partículas de 15 a 40 μm , aunque este tamaño puede bajar hasta 0,7 μm .

El agua es captada a través del sifón inhalante y conducida hacia las branquias. Allí, células glandulares y palpos labiales segregan una sustancia mucosa que rodea las partículas que llegan con el agua. Las partículas que superan 40 μm no son aprovechables y salen al exterior, mientras que las partículas más pequeñas son conducidas hacia la boca del mejillón. El agua con las partículas no retenidas es expulsada a través del sifón exhalante. (Figura 5)

Un adulto puede filtrar entre 1 y 2,5 litros de agua al día. Si consideramos los individuos por separado, este valor no es muy elevado en comparación con otros moluscos bivalvos de agua dulce. Pero hay que tener en cuenta que esta especie forma densas poblaciones, de modo que el volumen de agua filtrado por el conjunto de los ejemplares llega a ser muy importante y puede incrementar localmente la transparencia del agua.

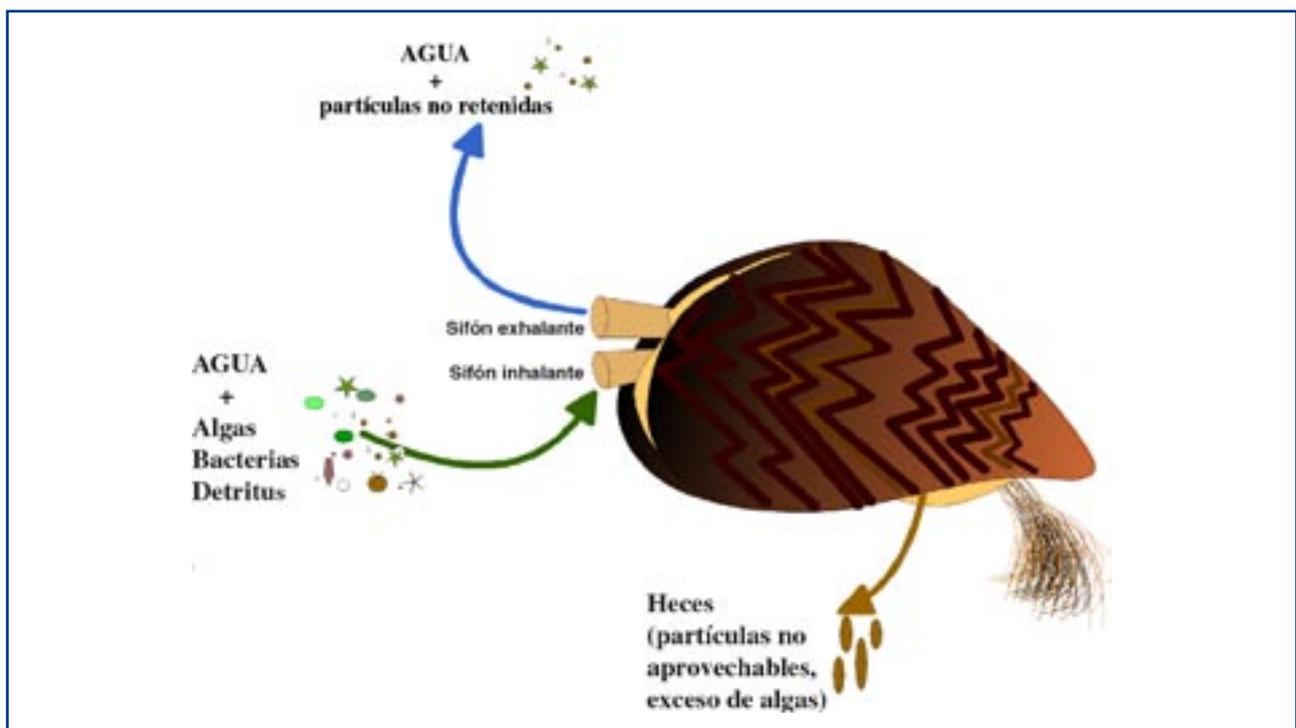


Figura 5. Esquema de la alimentación de los mejillones: el agua es captada a través del sifón inhalante, las partículas aprovechables son retenidas y el resto se expulsa a través del sifón exhalante o bien en forma de heces.

2.1.2. ECOLOGÍA

2.1.2.1. Requerimientos

Habita principalmente ríos, embalses, lagos y lagunas de agua dulce en regiones templadas.

Requiere aguas lentas, ya que si la corriente supera una velocidad de 1,5 m/s las larvas no son capaces de fijarse al sustrato. Por encima de 2 m/s algunos ejemplares adultos pueden incluso ser arrancados del sustrato.

Las poblaciones más densas se encuentran generalmente entre 2 y 7 m de profundidad, aunque es posible encontrarlos hasta 15 m y, como individuos aislados, hasta 45 m. La profundidad en sí misma no es un factor limitante, pero sí el conjunto de factores asociados a ella (temperatura, concentración de oxígeno, disponibilidad de alimento, tipo de sustrato, etc.); la combinación óptima de estos factores permite al mejillón cebra alcanzar sus máximas densidades. Los ejemplares adultos pueden sobrevivir entre 8 y 10 días fuera del agua, en función de la temperatura y de la humedad ambiental.

La necesidad de oxígeno disuelto varía en función de la temperatura del agua y de las condiciones fisiológicas del mejillón, pero para el desarrollo y la reproducción se requieren concentraciones superiores al 10%. Pueden también sobrevivir varios días en condiciones anaeróbicas, sobre todo si la temperatura del agua es baja.

Tolera un amplio rango de mineralización del agua (incluso aparece en estuarios), aunque la concentración de calcio parece ser uno de los factores más importantes para la especie. Por debajo de 10 mg/L se incrementa la mortalidad ya que no se cubre la necesidad de calcio para la formación de la concha. Las larvas son más sensibles a la concentración de calcio que los adultos.

El pH influye en la capacidad de producción de óvulos y espermatozoides, de forma que disminuye, o incluso se anula, con valores inferiores a 7,4. También afecta al desarrollo larvario y al crecimiento porque, cuando el pH aumenta, disminuye la disponibilidad del calcio. (Tabla 1)

2.1.2.2. Cómo son sus poblaciones

Es una especie gregaria. Se cree que los adultos favorecen la agregación y fijación de juveniles emitiendo una feromona; además prolifera a gran velocidad, lo que le permite formar densas poblaciones en poco tiempo.

En sustratos recién colonizados y, por lo tanto, con ejemplares de pequeño tamaño se han medido densidades de hasta 750.00 indiv/m² que forman capas de hasta 30 cm de espesor. A medida que los individuos van creciendo, las densidades disminuyen, alcanzándose como máximo unos 250.000 indiv/m² organizados en capas de un grosor aproximado de 10 a 15 cm. (Figura 6)

A lo largo de los tres primeros años que siguen a la colonización el crecimiento de la población es exponencial, alcanzándose las máximas densidades a los 5 años de la introducción. Posteriormente, las densidades se estabilizan de acuerdo con la capacidad de carga del hábitat.

2.1.2.3. Relación con otras especies

El mejillón cebra compite por el espacio en sustratos duros, tanto con individuos de su propia especie (competencia intraespecífica) como con otras especies (competencia interespecífica), especialmente con formas incrustantes o que recubren superficies como esponjas de agua dulce, briozoos y algas.

Existen numerosas especies que se alimentan o son parásitas del mejillón. En su fase larvaria planctónica es consumido por otros organismos planctónicos como copépodos y cladóceros grandes, y otros bivalvos (incluso de su misma especie), mientras que posteriormente sirve de alimento a sanguijuelas, cangrejos de río, peces y aves. En Europa el parásito más común es *Bucephalus polymorphus* (Baer, 1827) (platelminto, trematodo) que puede infectar en torno al 10-20% de los individuos de una población de mejillones.

Factor ambiental	Requerimientos	
Velocidad del agua	< 1,5 m/s	
Temperatura	Supervivencia	0-32 °C
	Alimentación	5-30 °C
	Crecimiento	10-25 °C
	Reproducción	>10 °C
Profundidad	2-14 m	
Concentración de oxígeno disuelto	>10 %	
Concentración de calcio en el agua	>10 mg/L	
pH	7,4-8,5	
Supervivencia en seco	8-10 días	

Tabla 1. Requerimientos del mejillón cebra relacionados con diferentes factores ambientales.

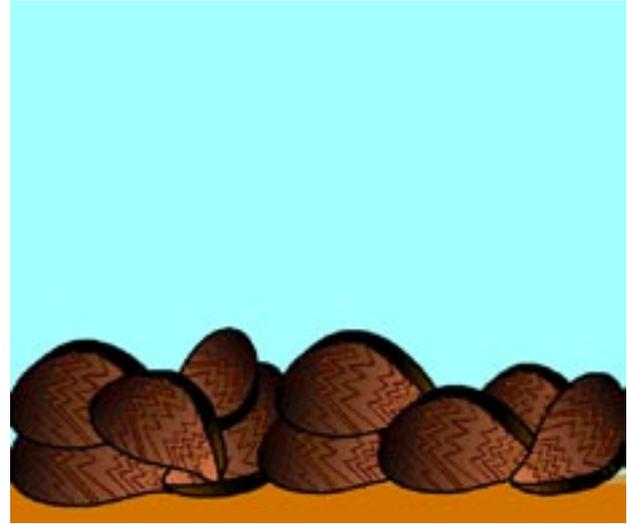
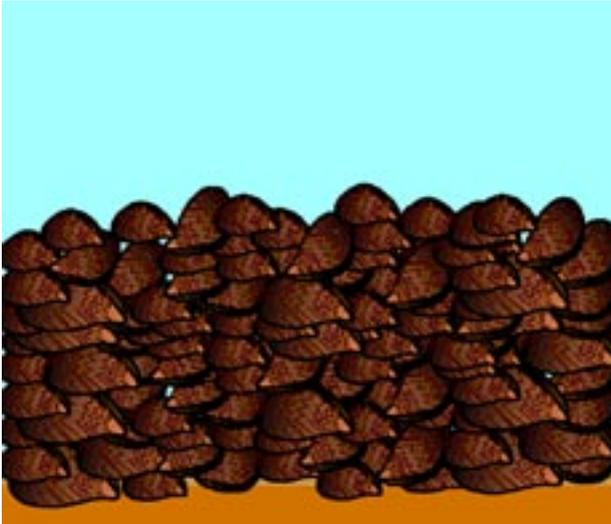


Figura 6. Colonias de mejillón cebra en una característica disposición en capas.

2.1.2.4. Vectores de dispersión

Los vectores de dispersión, así como la velocidad y la distancia a la que éstos son capaces de trasladar al mejillón cebra dependen de su estado de desarrollo (estadios larvarios, juveniles y adultos no siempre presentan los mismos vectores de dispersión) y de la masa de agua considerada (lagos, embalses, ríos etc.).

Al tratar la dispersión de la especie se puede distinguir entre mecanismos naturales y otros relacionados con el hombre.

Mecanismos naturales de dispersión:

- Mediante la corriente de agua: la dispersión ocurre principalmente durante la fase larvaria planctónica (suspendida en el agua), de duración relativamente larga, durante la cual los individuos pueden ser arrastrados por la corriente a bastante distancia del punto de origen. El arrastre también afecta a juveniles y adultos de pequeño tamaño que pueden desprenderse del sustrato donde se encontraban fijados. La dispersión a través de aguas corrientes puede ser muy rápida.
- Mediante aves y otros animales: las larvas o juveniles pueden adherirse a patas, plumaje, o piel de animales y ser transportadas.

- En lagos y embalses: el efecto del viento, el oleaje, las corrientes y la fijación a plásticos, troncos, y otros materiales flotantes, son mecanismos importantes que pueden favorecer una cierta dispersión a lo largo y ancho de la masa de agua.

Mecanismos de dispersión relacionados con el hombre:

La dispersión a contracorriente en ríos y entre diferentes cuencas hidrográficas es muy difícil que se produzca de forma natural, por lo que se atribuye principalmente a la acción humana.

En este caso la principal forma de dispersión es también en estadio larvario, sobre todo mediante el traslado de material que ha estado en contacto con aguas infestadas, o el traslado del propio agua en tanques con peces, cubas, aguas de lastre o incluso de aguas destinadas a la extinción de incendios. Sin embargo, las embarcaciones serían uno de los vectores con mayor potencial para dispersar al mejillón cebra.

La tabla siguiente muestra los principales vectores de dispersión de las diversas fases del ciclo vital (larvas, juveniles y adultos) junto con una valoración de las probabilidades de transporte.

	Vector	Mecanismo de dispersión	Fase del ciclo vital	Probabilidades de transporte
Naturales	Vegetación acuática	La vegetación acuática constituye un sustrato adecuado para la fijación de los mejillones. Si se traslada a masas de agua no infestadas (arrancada y arrastrada con la corriente, enganchada a embarcaciones, artes de pesca, etc.) los mejillones también serán transportados.	Adultos Juveniles	++
	Corrientes de agua y turbulencias	La presencia de una fase larvaria planctónica (libre en la masa de agua) de duración relativamente larga, le permite dispersarse con la corriente de agua.	Larvas Juveniles	+++ +
	Aves y otros animales	Los animales que hayan estado en contacto con aguas infestadas pueden transportar larvas adheridas a su piel o plumas, o bien adultos que se encuentran sobre sustratos flotantes que también pueden ser transportados por los mencionados animales.	Larvas Juveniles	-
Relacionados con el hombre	Canales y trasvases	Los canales que conectan diferentes masas de agua sirven de vehículo para el mejillón.	Larvas Juveniles	+++ +
	Contenedores de agua	Transporte de aguas infestadas. Además los mejillones pueden adherirse a las superficies de los contenedores infestando cada nueva agua que se transporte si no se realizan los tratamientos de desinfección pertinentes.	Larvas	+++
	EMBARCACIONES:			
	- Aguas de lastre	Las embarcaciones se cargan con agua para aumentar su peso una vez han descargado sus mercancías, mantienen de este modo su centro de gravedad por debajo de la línea de flotación para evitar que escoren. Después navegan y recogen nuevas mercancías soltando el agua de lastre. Si el lastre se compensa con aguas infestadas existe un gran riesgo de infestar nuevas zonas al soltar las aguas para recoger nuevas mercancías.	Larvas	++++
	- Superficie de embarcaciones	Mejillones adheridos tras haber permanecido en aguas infestadas. Cuando la embarcación sea trasladada a una masa de agua no infestada los mejillones invadirán ese nuevo hábitat.	Adultos Juveniles	-
	- Anclas		Adultos Juveniles	+
	- Circuito de refrigeración de los motores	En estos circuitos las larvas pueden introducirse y ser transportadas a otras aguas. Con el motor en marcha el agua circula y la temperatura del agua se eleva lo suficiente como para matar las larvas. El peligro está en dejar el motor parado en aguas infestadas ya que las larvas pueden introducirse en el circuito.	Larvas	++++
	Cebo vivo	Traslado de larvas en contenedores con agua y peces para cebo vivo.	Larvas	++
	Artes de pesca	Larvas adheridas a redes, boyas y otros materiales. Si éstos se trasladan a otra masa de agua sin que se hayan desinfectado de la manera adecuada pueden actuar como vectores de dispersión.	Larvas	+++
	Operaciones de extinción de incendios	Carga de aguas con hidroaviones u otros sistemas tras haber cargado anteriormente en aguas infestadas.	Larvas Juveniles Adultos	+
	Actividades piscifactorías	Traslado de peces o materiales que hayan estado en contacto con aguas infestadas.	Larvas	+
Materiales sumergidos (Boyas, material de construcción, embarcaderos, bateas, rejillas, etc.)	Todos aquellos materiales que han estado en contacto con aguas infestadas y pueden haber sido colonizados.	Larvas Juveniles Adultos	+++	

Tabla 2. Vectores de dispersión del mejillón cebra en las diferentes fases del ciclo vital y probabilidades de transporte (“-” muy poco probable; “+” ocasional; “+++” probable; “++++” muy probable).

2.2. CUÁL ES SU DISTRIBUCIÓN EN EL MUNDO

Es originario del Mar Negro y Caspio. Hace unos 200 años tuvo lugar la primera expansión hacia Rusia mediante las embarcaciones que comenzaron a circular por canales de navegación fluvial que se iban construyendo, lo que ayudó a esta especie a ir penetrando en cuencas inicialmente no conectadas por al red fluvial. En 1850 había invadido la mayor parte de Europa (Inglaterra, Holanda, Alemania y Dinamarca). (Figura 7)

Alrededor de 1985 ya se introdujo en los Grandes lagos de Norteamérica desde donde, en una década, se expandió por toda la mitad oriental de este subcontinente. (Figura 8)

En 1999 se produjo la invasión en Irlanda y una segunda invasión en Inglaterra.

En 2001 se detectaron por primera vez poblaciones asentadas en España en el embalse de Flix.



Figura 7. Ruta de expansión de *Dreissena polymorpha* por Europa (Orlova et al., 1998).



Figura 8. Cronología de la expansión de *Dreissena polymorpha* por el mundo.

3. Cómo identificar al mejillón cebra



4. Qué problemas se asocian al mejillón cebra



4.1. QUÉ CARACTERÍSTICAS HACEN DEL MEJILLÓN CEBRA UN PROBLEMA

La alarma generada por la llegada de esta especie se atribuye principalmente a su modo de vida y a su elevada capacidad de dispersión.

A continuación se enumeran las principales características que hacen del mejillón cebra un problema:

- **Modo de vida:**
 - El mejillón cebra se fija a sustratos duros, ocupando fondos naturales pero también infraestructuras construidas por el hombre.
 - Gregario: esta especie forma grandes poblaciones sobre los sustratos donde se fija.
- **Dispersión:**
 - En forma de larva planctónica es muy difícil de controlar, ya que por su pequeño tamaño se puede introducir en cualquier lugar.
 - Gran capacidad de dispersión, lo que hace que el problema se vaya extendiendo.

4.2. QUÉ PROBLEMAS PRODUCE

Los problemas generados una vez introducido en un nuevo ecosistema son de tipo económico y ecológico.

Económicos

Los daños económicos son debidos a la interferencia directa o indirecta con actividades relacionadas con nuestra economía (Figura 12, página 25):

- Obturan infraestructuras que permanecen sumergidas y que tienen que ver con la conducción o el paso del agua (rejas de protección en tomas hidráulicas, tuberías, canales de irrigación y conducciones). Los mejillones se adhieren a los materiales y se amontonan unos encima de otros provocando que, en poco tiempo, las tuberías y rejillas se obstruyan o disminuya su capacidad para el paso del agua. (Figura 13)
- Aceleran la corrosión del acero en contacto con el agua. Este deterioro es debido, no directamente a la acción del mejillón, sino a las bacterias (ferrobacterias y bacterias sulfatoreductoras) que invaden el espacio entre el biso del mejillón y las paredes de la tubería, donde se crea un microambiente anóxico y reductor. Procesos electroquímicos relacionados con la actividad de estas bacterias llegan a destruir el metal.
- Se adhieren a los cascos de embarcaciones generando mayores gastos de mantenimiento.
- Compiten con los peces por el recurso planctónico de forma que disminuye la pesca de aquellas especies que, bien directamente en su fase juvenil consumen plancton, o bien que se alimentan de especies planctófagas.



Figura 13. Detalle de una balsa de riego localizada en la cuenca del Ebro, colonizada por mejillón cebra.

Aspectos ecológicos

La llegada del mejillón cebra a un determinado ecosistema acuático comporta siempre cambios que no son fáciles de predecir ya que dependen de variables como estado trófico, tasa de renovación, velocidad de la corriente, temperatura, etc., cuya combinación plantea situaciones muy complejas. En algunos casos, estos cambios pueden afectar a la biodiversidad desplazando especies dotadas de interés ecológico, o favoreciendo la proliferación de otras especies oportunistas cuyos efectos pueden sumarse además a los del propio mejillón.

Existen algunos efectos ligados a la presencia y actividad de esta especie que pueden plantearse de forma relativamente sencilla. Destacan por ejemplo (Figura 14):

- Cambios en el plancton debidos a la actividad filtradora:
 - Disminución de la densidad de plancton (fitoplancton y zooplancton) en el agua.
 - Cambios en la comunidad de fitoplancton debidos a la eliminación selectiva de determinados tamaños.
 - Cambios en las comunidades de zooplancton debidos a:
 - La competencia por el fitoplancton.
 - La eliminación selectiva de ciertos tamaños del fitoplancton.

Estos cambios suponen a su vez:

- Reducción del alimento para todas aquellas especies de peces e invertebrados que se alimentan de zooplancton y del fitoplancton.
- Incremento de la transparencia del agua, lo que permite un mayor crecimiento de algas bentónicas y macrófitos.
- El gran volumen de agua filtrado por esta especie y el procesamiento de las partículas que retiene, suponen cambios en la forma y en la velocidad con que la materia orgánica suspendida (seston) es compactada y retirada por sedimentación de la masa de agua. Esto modifica los ciclos biogeoquímicos en el ecosistema.

- Disminución de la concentración de oxígeno en el agua debido a la respiración y a la disminución del fitoplancton (al reducirse la concentración de fitoplancton disminuye la actividad fotosintética y, consecuentemente, la producción de oxígeno).
- Ocupación masiva de los fondos lacustres, tapizando los sustratos duros existentes como: cantos rodados, rocas, conchas de bivalvos autóctonos, etc.
- Desplazamiento de especies bentónicas nativas de zoobentos debido a la competencia por el espacio y por el alimento. Afectan a moluscos y cangrejos autóctonos

debido a que se fijan en sus caparazones. En concreto ya se han citado efectos en *Margaritifera auricularia*, una especie de molusco bivalvo presente en la cuenca del Ebro, estrictamente protegida en España y en la Unión Europea.

También, por la ocupación de los lechos de grava se reduce su capacidad como zonas de desove para los peces.

- La acumulación de grandes cantidades de valvas de ejemplares muertos también modifica el sustrato del cauce fluvial y las playas de las riberas de los lagos, embalses y ríos.

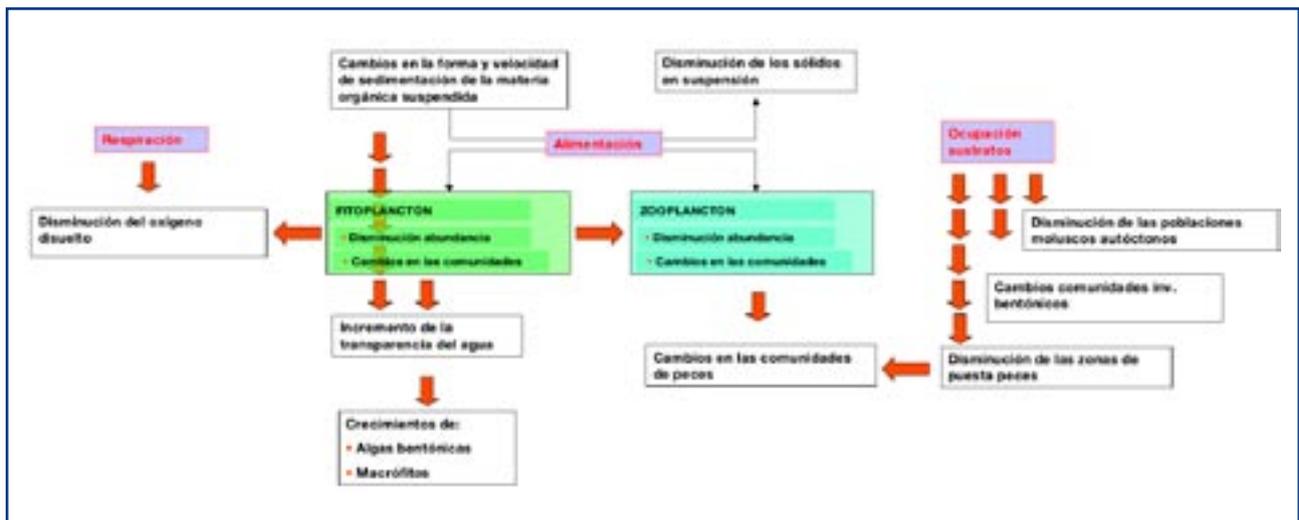


Figura 14. Cambios ecológicos que puede causar el mejillón cebra en los ecosistemas.

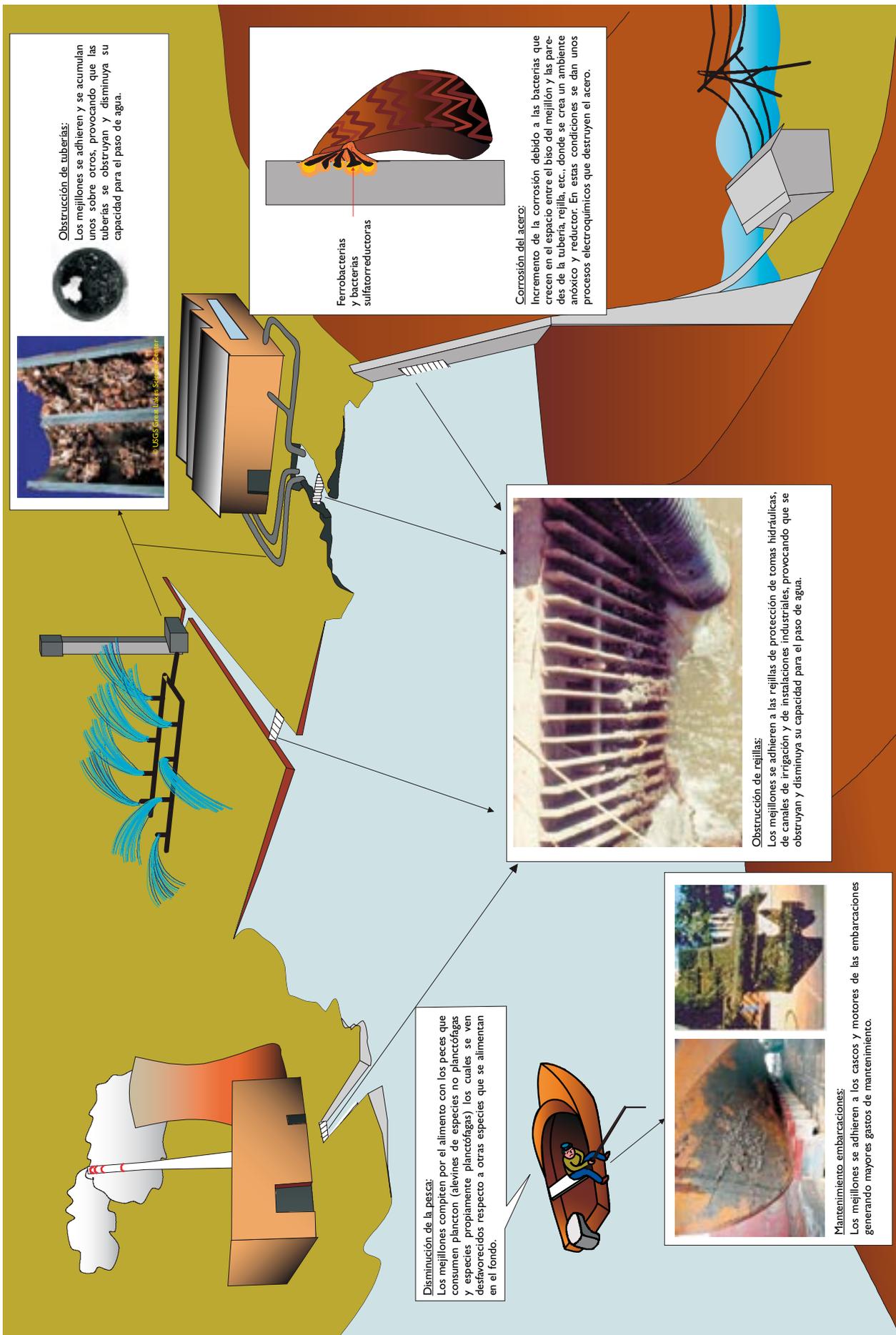


Figura 12. Cómo afecta el mejillón cebra a nuestra economía.

5. Cuáles son las soluciones



La búsqueda de soluciones a la rápida dispersión y proliferación del mejillón cebra precisa un detallado conocimiento de la biología de la especie y de su comportamiento.

Los pasos a seguir para frenar en lo posible la propagación del mejillón son los siguientes:

1. Avanzar en el conocimiento de la especie. El objetivo sería tener la mayor información posible sobre sus puntos débiles y capacidades de colonización en una zona determinada.
2. Llevar a cabo un seguimiento de la situación y un control de las poblaciones de larvas en las zonas potencialmente afectadas.
3. Identificar las zonas de riesgo. Determinar qué masas de agua son más vulnerables a ser infestadas según una serie de parámetros como:
 - a. Características fisicoquímicas.
 - b. Proximidad a zonas infestadas.
 - c. Conectividad con otras masas de agua.
 - d. Presencia de actividades náuticas.
 - e. Actividades de pesca en la zona.
 - f. Accesibilidad.

A partir de este conocimiento de la especie y de la situación en la zona:

4. Diseñar y aplicar medidas proactivas, las cuales implican el desarrollo de estrategias de control preventivo destinadas a evitar o frenar la propagación en áreas no infestadas.
5. Diseñar y aplicar medidas reactivas para controlar las poblaciones una vez establecidas y así disminuir los daños en las zonas infestadas.

5.1. MEDIDAS PROACTIVAS

Algunas de estas medidas pueden también usarse como medidas reactivas, o como medidas complementarias al control reactivo, para conseguir unos resultados más eficientes. Un ejemplo sería el uso de tratamientos químicos o térmicos como medidas reactivas y posteriormente, de modo proactivo, garantizar que no se establezcan nuevamente poblaciones de mejillón.

Para evitar el establecimiento y crecimiento de poblaciones de mejillones en las superficies de las estructuras algunos de los tratamientos que se han mostrado más eficientes son:

- Utilización de materiales antiadherentes: que evitan la fijación de los mejillones. Los más utilizados son cobre y zinc. El mercurio y la plata, a pesar de presentar también propiedades antiadherentes, no se utilizan debido a la gran toxicidad del mercurio y al elevado coste de la plata.
- Recubrimientos antiincrustantes (“antifouling”): tratamientos de superficie que, al crear una fina capa de metal disuelto de una cierta toxicidad justo en

su superficie, evitan la adhesión de mejillones. Estos recubrimientos son efectivos entre 2 y 5 años tras los cuales debe realizarse una nueva aplicación. Pueden ser efectivos también en instalaciones externas pero antes de su utilización deben estudiarse sus posibles impactos en el medio y considerar otras alternativas. Existen recubrimientos a base de nuevos materiales (el más habitual consiste en pinturas a base de silicona) que crean superficies extraordinariamente lisas que también impiden la adhesión. Son menos perjudiciales para el medio ambiente ya que no liberan toxinas pero tienen un mayor coste y su duración es inferior.

- Filtración del agua de captación: se consiguen aguas libres de mejillón mediante su paso por sustratos estratificados (naturales o artificiales) cuyas diferentes porosidades retienen adultos y larvas. Es una estrategia efectiva en casos de captación de pequeños caudales de agua. No conlleva daños ambientales más allá de los que se puedan producir durante su construcción pero requieren mantenimiento, ya que los filtros se van obturando con el tiempo.
- Flujos de alta velocidad: velocidades de flujo superiores a los 1,5 m/s no permiten a los juveniles fijarse.
- Filtración mecánica: la instalación de filtros y pantallas son útiles para prevenir la entrada de juveniles y adultos. La retención de los diferentes estadios larvarios es complicada con este sistema ya que sería necesario retener partículas de hasta 30-40 μm .
- Exposición a luz ultravioleta: se aplica para esterilizar el agua. Esta técnica se ha mostrado más efectiva para prevenir el establecimiento de larvas que no el de juveniles.
- Shock eléctrico: se ha observado que las larvas velígeras, post-velígeras y los juveniles mueren al pasar por un campo electrostático fuerte. Para conseguir este efecto pueden realizarse tratamientos con gran intensidad eléctrica durante un corto periodo de tiempo o bien una mayor exposición usando una menor intensidad.
- Electromagnetismo de baja frecuencia: incrementa la solubilidad del carbonato cálcico, lo que reduce la disponibilidad del calcio que requiere el mejillón para el desarrollo de la concha. Las larvas y los juveniles son los estadios más afectados.

La forma más eficiente de prevenir la colonización por parte de este molusco es evitando su dispersión. Puesto que el principal vector de dispersión son los materiales que han estado en contacto con aguas infestadas o que pudieran estarlo, con el objetivo de evitar un posible traslado de larvas o adultos se ha elaborado una serie de normas y sistemas de tratamiento para diferentes escenarios (Figura 15, página 31).

5.2. MEDIDAS REACTIVAS

Existen diversas medidas de control en los sistemas cerrados (sistemas de refrigeración, tuberías, etc.) ya consistan éstos en estructuras externas (en contacto directo con el ambiente exterior; no es posible su aislamiento) o en estructuras internas.

La eliminación periódica de las poblaciones de mejillón cebra se puede llevar a cabo aplicando aquellos tratamientos proactivos que suponían la eliminación de las larvas y de los adultos.

Existen además otros métodos:

- Eliminación mecánica: mediante cepillos, raspadores, aspiradores, agua a elevada presión, etc., pueden arrancarse los mejillones. Esta limpieza debe realizarse a intervalos regulares, lo que normalmente supone mayor coste que la aplicación de métodos proactivos.
- Tratamientos térmicos: debe tenerse en cuenta que el mejillón es capaz de aclimatarse a un amplio rango de temperaturas, por lo que la temperatura letal para la especie puede variar con el tiempo.

Existen dos tipos de tratamientos según sean los sistemas a los que se apliquen:

- Agudos: se debe calentar periódicamente el circuito de agua hasta alcanzar durante el tiempo suficiente la temperatura letal.
 - Crónico: en aquellos circuitos en los que sea posible, se mantiene permanentemente la temperatura letal para los mejillones. Debe tenerse en cuenta la capacidad de aclimatación que presenta esta especie, por lo que deberá corregirse la temperatura letal tantas veces como sea necesario.
 - Desecación: vaciar de agua los sistemas colonizados exponiendo los mejillones al aire supone su muerte, ya que no pueden sobrevivir más de 8-10 días en un ambiente seco.
 - Congelación: esta especie presenta mayor sensibilidad al frío que al calor por lo que una fuerte bajada de la temperatura puede ser un método de erradicación efectivo.
- La combinación de un descenso del nivel del agua con la exposición de los mejillones al aire frío es un sistema viable también en ambientes abiertos (embalses, ríos, etc.).
- Tratamientos químicos oxidantes: provocan la muerte mediante la aplicación de productos como cloro y sus derivados, bromo, dióxido de cloro, cloraminas, ozono, permanganato potásico, entre otros.

- Métodos de cloración:

- Cloro: su eficacia varía en función de diversos factores como la temperatura, el pH o la presencia de compuestos orgánicos e inorgánicos. Antes de su aplicación, deben considerarse los posibles efectos que puedan producir los derivados de la cloración que se han catalogado como cancerígenos (cloraminas y trihalometanos entre otros).
 - Hipoclorito sódico: se considera el método de cloración más seguro y muestra una notable eficiencia biocida.
 - Clorito sódico, cloraminas y dióxido de cloro son otros métodos de cloración que se han mostrado menos eficaces.
 - Bromo: se ha mostrado más efectivo que la cloración con pH superior a 8,0, pero presenta una mayor toxicidad que el cloro para peces, algas, fitoplancton, etc.
 - Ozono: es un tratamiento eficaz pero de elevado coste.
 - Permanganato potásico y peróxido de hidrógeno: se requieren altas y continuas dosis del producto.
 - Tratamientos químicos no-oxidantes: son menos eficaces que los anteriores y algunos pueden ser tóxicos, por lo que es necesario un proceso de detoxificación de las aguas tratadas. Los principales tratamientos de esta clase se realizan con potasio, sulfatos de aluminio, nitrato amónico, metasulfito de sodio y sulfato de cobre.
 - Tratamientos biológicos: sirven para anular o limitar el crecimiento de una especie mediante el uso de otra especie. Habitualmente se exponen a densidades muy elevadas de parásitos selectivos de la especie problema. En el caso del mejillón: *Bucephalus polymorphus*, *Aspidogaster* sp., esporocistos de *Phyllodistomum* o *Scuticocilia* sp. entre otros.
- Para la eliminación de los mejillones en embalses, lagos, lagunas, etc. las únicas medidas correctoras que pueden aplicarse son:
- Bajar el nivel del agua de modo que los adultos quedan expuestos al aire.
 - Eliminación manual y mecánica de los mejillones. Esta solución requiere una gran inversión de tiempo y de personal por lo que sólo es aplicable en áreas muy reducidas.

6. Cuál es la situación en la cuenca del Ebro



6.1. APARICIÓN Y DISTRIBUCIÓN ACTUAL EN LA CUENCA

Las primeras poblaciones de mejillón cebra en España se detectaron en el año 2001 en el embalse de Flix. Anteriormente, se habían encontrado en 1982 algunos ejemplares en el río Llobregat, pero fueron eliminados gracias a las riadas de otoño de ese mismo año.

Los primeros estudios confirmaron su presencia en los embalses de Flix y en Ribarroja. Su introducción se relaciona probablemente con la llegada a este embalse de una embarcación infestada.

Hasta el año 2005 no se detectaron poblaciones en el embalse de Mequinenza, aguas arriba del embalse de Flix.

En 2006 se detectaron adultos en los embalses de Sobrón y en Puentelarrá, casi en la cabecera del Ebro (Figura 16). En octubre de 2006 se detectó la presencia de larvas en 7 subcuencas. (Figura 17)

La literatura científica consultada establece un periodo de 6 años desde la llegada del mejillón a una nueva cuenca hasta la completa colonización de ésta.

Desde la aparición del mejillón cebra en 2001, se han hecho seguimientos tanto de larvas como de ejemplares adultos. (Figura 18)



Figura 16. Mapa de la cuenca del Ebro en el que se indican los lugares y fechas de detección del mejillón cebra.



Figura 17. Mapa de afección potencial del mejillón cebra en la cuenca del Ebro.



Figura 18. Ejemplares adheridos a rocas del embalse de Mequinenza en 2005.

6.2. VECTORES DE TRANSMISIÓN EN EL EBRO

Los vectores de transmisión son diferentes para cada clase de masa de agua. Es necesario conocerlos porque sobre ellos debe actuarse para controlar la dispersión de la especie.

En el caso del Ebro, por orden de importancia:

- 1º pesca deportiva desde embarcación
- 2º trasiego de embarcaciones, sobre todo con fines de pesca
- 3º introducción provocada de especies exóticas
- 4º usos deportivos del agua que suponen trasiego de material
- 5º trabajos de investigación en ríos y en embalses
- 6º trabajos de conservación de ríos que suponen traslados de material y de personas que están en contacto con el agua.

6.3. ACTUACIONES DE LA CHE

Los principios de actuación de la Confederación Hidrográfica del Ebro se centran en la prevención, el control y la erradicación del mejillón cebra. En esta línea, desde su aparición en la cuenca del Ebro, se ha llevado a cabo:

1. Búsqueda de soluciones frente al principal vector: la pesca deportiva desde embarcación.
2. Difusión y divulgación.
3. Unificación esfuerzos con las Administraciones y usuarios afectados.
4. Un intento de frenar la expansión.
5. Búsqueda de alternativas para convivir con el problema.

Siguiendo estas líneas, las actuaciones de la CHE en colaboración con las Comunidades Autónomas desde 2002 han sido las siguientes:

Cambio en las normas de navegación

Se ha definido una *área afectada* y un *área de riesgo*.

En ambas zonas se ha *limitado el acceso* al agua únicamente por los puntos de embarque y se ha establecido la obligación de *desinfectar las embarcaciones* que entran y salen de ellas.

Se ha establecido un permiso especial de navegación para las áreas afectadas y de riesgo, así como una matrícula diferente.

Estaciones de desinfección

Financiación de estaciones de lavado en las áreas afectadas.

Inventario y cierre de embarcaderos

Se realizó un recuento de los embarcaderos particulares, de entidades públicas, de empresas turísticas y de zonas incontroladas existentes en los embalses de Mequinenza, Ribarroja, Flix, tramo medio del Ebro y del canal navegable.

Para controlar las entradas y salidas de embarcaciones se llevó a cabo el cierre de los accesos incontrolados

Prospecciones con buceadores

Se han realizado diversas pruebas con la ayuda de los buzos del Regimiento de Pontoneros del Ejército:

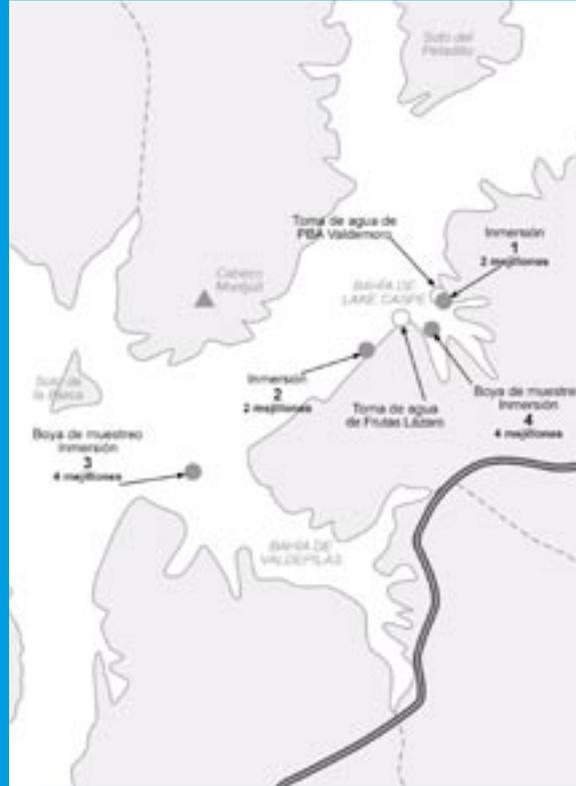
- Limpieza manual en diferentes sustratos.
- Uso de succionadora.

(Figura 19)

Control de las poblaciones de larvas

Desde junio de 2004 se han muestreado 10 estaciones desde el embalse de Mequinenza hasta Amposta. En 2006 se añade Zaragoza y 25 estaciones más repartidas estratégicamente por toda la cuenca.

Se han llevado a cabo muestreos semanales en verano, quincenales en otoño y primavera, y mensuales en invierno y se han realizado ejercicios de intercalibración con otros laboratorios.



Perfil bajo el embarcadero

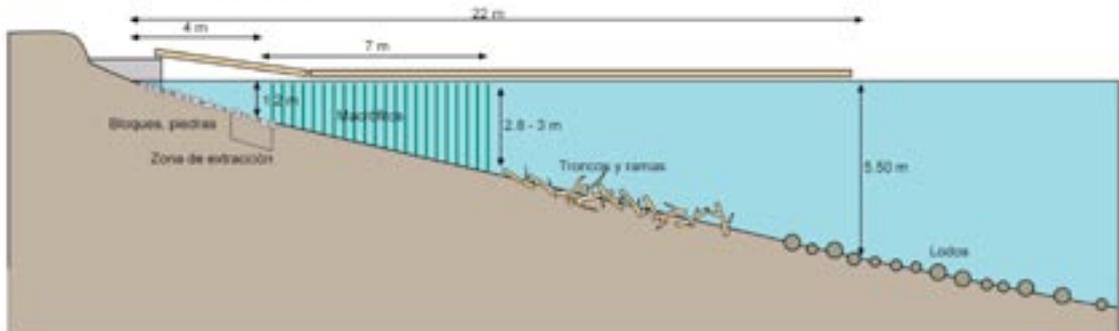


Figura 19. Prospecciones con buceadores en el embalse de Mequinenza, septiembre 2004.

Control de las poblaciones de adultos

Lo llevan a cabo las Comunidades Autónomas.

Se cuenta con 17 estaciones de muestreo.

Se han llevado a cabo muestreos mensuales, y en dos puntos trimestrales, aplicando la metodología diseñada por la DGA y la Universidad de Barcelona.

Bajada de cota del embalse de Ribarroja

Dado que una de las medidas correctoras para erradicar las poblaciones de mejillones adultos en sistemas abiertos es la bajada de la cota, se realizaron dos estudios:

- Valoración de las incidencias ambientales de 4 posibles escenarios: bajar 6 o 10 m y hacerlo en junio o septiembre;
- Determinación del proceso hidrológico de la bajada de cota.

La aparición de poblaciones adultas de mejillón cebra en el embalse de Mequinenza, aguas arriba de Ribarroja, hizo desestimar el estudio.

Supervivencia frente a la sequía

Aprovechando la bajada de cota en el embalse de Mequinenza debido a la sequía de 2005, se estudió la supervivencia del mejillón cebra frente a la sequía en nuestras latitudes.

Los objetivos del trabajo fueron:

- Evaluar el estado de las poblaciones expuestas a la desecación como consecuencia del descenso de cota.
- Estudiar la resistencia a la desecación en condiciones naturales.

Valoración económica de los daños producidos

Se llevó a cabo un estudio para evaluar cuanto estaba costando en términos económicos, la invasión del mejillón cebra. Los análisis del estudio revelaron unos gastos de 2,7 millones de € en el periodo 2001-2005 y una previsión de 40 millones de € en los próximos 20 años.

Actualmente los trabajos que se están llevando a cabo desde la Confederación del Ebro son:

1. Seguimiento de larvas en ríos y embalses.
2. Control y restricción en la navegación en ríos y embalses.
3. Divulgación e información.
4. Prospección de adultos desde cabecera en colaboración con las Comunidades Autónomas.
5. Intercambio de experiencia internacional.

Todos los trabajos llevado a cabo por la Confederación pueden consultarse en la página web del organismo:

www.chebro.es

Principales fuentes consultadas





Bernat, Y., Durán, C. y Viamonte A. "The Zebra Mussel in Spain. Management strategies to prevent its spread". Documento inédito, en prensa.

Boelman, S.F., Dardeau, D.A., Cross, T. y Neilson, F.M. (1997) "Zebra Mussel (*Dreissena polymorpha*) Control Handbook for Facility Operators, First Edition" US Army Corps of Engineers Waterways Experiment Station Miscellaneous Paper EL-97-1

Bruce, D., Lutz, R.A. y Hu, Y Kennedy, V. (1994) "Guide to the identification of larval and postlarval stages of zebra mussels *Dreissena* spp. and the dark false mussel *Mytilopsis leucophaeata*". Proceedings of The Fourth International Zebra Mussel Conference, Madison, Wisconsin.

Confederación hidrográfica del Ebro (2006) "Características de la biología y el comportamiento del mejillón cebra". Ministerio de Medio Ambiente.

Confederación hidrográfica del Ebro (2006) "Propuestas de actuación del grupo de trabajo del mejillón cebra a la comisión nacional de protección de la naturaleza". Documento interno.

Gobierno de Aragón. Departamento de Medio Ambiente. (2002) "Campaña informativa y de educación ambiental sobre la invasión del mejillón cebra en Aragón".

Gobierno de Aragón. Departamento de Medio Ambiente. (2004) "Acciones de control y prevención contra la invasión del mejillón cebra. Manual de buenas prácticas".

Minchin, D., Maguire, C. & Rosell, R. (2003) "The zebra mussel (*Dreissena polymorpha* Pallas) invades Ireland: human mediated vectors end the potential for rapid international dispersal" *Biology and Environment: Proceedings of the Royal Irish Academy*, Vol. 103B, N°. 1, 23-30.

Ministerio de Medio Ambiente (2001) "Localización y evaluación de una nueva invasión biológica: el mejillón cebra (*Dreissena polymorpha*) en el Ebro". 85 pp.

Palau, A., Cia, I., Fargas, D., Bardina, M. Y Massuti, S. (2003) "Resultados preliminares sobre ecología básica y distribución del mejillón cebra en el embalse de Ribarroja (río Ebro)". Ed. UPH Ebro-Pirineos (ENDESA Generación) y Dirección de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (ENDESA Servicios). 43 pp.

Palau, A. y Cia, I. (2006) "Métodos de control y erradicación del mejillón cebra (*Dreissena polymorpha*)". Ed. UPH Ebro-Pirineos (ENDESA Generación) y Dirección de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (ENDESA Servicios). 71 pp.

US Army Engineer Waterways Experiment Station (1992) "Zebra Mussel Research Technical Notes ZMR-I-01" Zebra Mussel Research Program, US Army Engineer Waterways Experiment Station, 39180-6199

<http://oph.chebro.es/DOCUMENTACION/Calidad/mejillon/inicio.htm>

<http://el.erdc.usace.army.mil/zebra/zmis/> "Zebra mussel information system"

<http://www.chebro.es>



