

Mejillón cebra

Manual de control para
instalaciones afectadas



MINISTERIO
DE MEDIO AMBIENTE

CONFEDERACIÓN
HIDROGRÁFICA
DEL EBRO

Comisaría de Aguas

Mejillón cebra



**Manual de control para
instalaciones afectadas**



MINISTERIO
DE MEDIO AMBIENTE

CONFEDERACIÓN
HIDROGRÁFICA
DEL EBRO

Comisaría de Aguas

Título del Informe: MEJILLÓN CEBRA: MANUAL DE CONTROL PARA INSTALACIONES AFECTADAS

Nº de informe: 07AT0301

Fecha: 27 de marzo de 2007

Realizado por: LABORATORIO DE ENSAYOS TÉCNICOS, S.A.

Cliente: CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO

Dirigido por: Concha Durán Lalaguna

Editado por **Confederación Hidrográfica del Ebro**

Maquetación **Virtual diseño gráfico**

Depósito legal Z-2.380-2007

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUCCIÓN | 5 |
| 2. MÉTODOS DE CONTROL | 7 |
| 2.1. MÉTODOS DE CONTROL FÍSICO | 9 |
| 2.2. MÉTODOS DE CONTROL QUÍMICO | 12 |
| 3. INSTALACIONES | 15 |
| 3.1. USOS URBANOS | 17 |
| 3.1.1. Sistema de abastecimiento de agua potable | 17 |
| 3.1.2. Sistema de tratamiento de agua residual | 20 |
| 3.2. USOS INDUSTRIALES | 23 |
| 3.3. CENTRALES HIDROELÉCTRICAS | 26 |
| 3.4. CENTRALES NUCLEARES Y TÉRMICAS | 29 |
| 3.5. SISTEMAS DE REGADÍO | 32 |
| 3.5.1. Riego por inundación | 33 |
| 3.5.2. Riego por aspersión | 34 |
| 3.5.3. Riego por goteo | 37 |
| 3.6. USOS GANADEROS | 39 |
| 3.7. ACUICULTURA | 41 |
| 4. EMPRESAS COLABORADORAS | 45 |
| 5. BIBLIOGRAFÍA | 49 |

I. INTRODUCCIÓN

El principal objetivo de esta publicación es orientar a los sectores que pueden verse afectados directa o indirectamente por la proliferación del mejillón cebra (*Dreissena polymorpha*) en sus instalaciones. El manual está compuesto de dos partes: en la primera de ellas se desarrolla la problemática concreta de cada tipo de instalación y los posibles métodos de control; en la segunda, se recopila información sobre empresas proveedoras de métodos de control.



El mejillón cebra es un molusco bivalvo de aguas dulces y salobres que fue descubierto en el Río Ural en 1769 y descrito como nueva especie con el nombre científico de *Dreissena polymorpha*. Su concha mide de 2 a 3 cm de longitud, tiene forma triangular alargada y su borde externo romo presenta un patente dibujo de bandas blancas y oscuras en zigzag. Se sujeta al sustrato mediante un biso, formando colonias en forma de extensos y densos racimos o tapetes semejantes a las mejilloneras marinas.

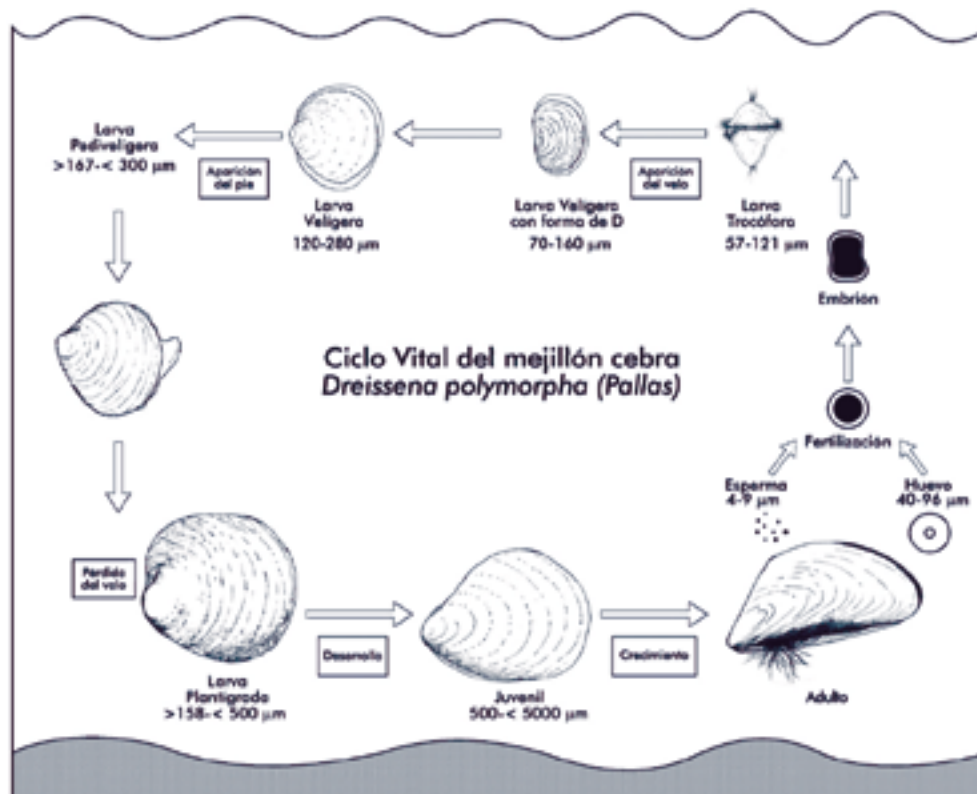
El rango de temperatura adecuado para la supervivencia del mejillón cebra es de 0-30 °C con óptimos entre los 11-20 °C. Tolera la exposición del aire durante 5-6 días antes de morir, dependiendo del grado de insolación, temperatura exterior y humedad.

La reproducción suele tener lugar en primavera y verano. Cerca de 40.000 huevos pueden ponerse de una vez, y hasta 1.000.000 en una temporada. El ciclo de vida del mejillón cebra incluye una fase larvaria plantónica, es decir, que vive libre en las aguas y se deja arrastrar por la corriente, y una fase adulta fija a un sustrato. La capacidad de adaptación de la fase larvaria es uno de los factores de éxito de la especie.

La invasión del mejillón cebra supone un grave riesgo ambiental y socioeconómico. Los mejillones crecen como “biofouling” en cualquier tipo de estructura hidráulica de origen antropogénico, como tuberías, paredes, fondos, rejillas, depósitos, conducciones, etc., comportando con ello un mal funcionamiento de estas estructuras. Esto provoca una disminución de su eficiencia, cortes en el suministro de agua, calentamiento de estructuras, etc.

Una vez en el sistema, si las condiciones del medio son adecuadas, las larvas de mejillón cebra se adhieren al sustrato, mediante la creación de un biso, formando agrupaciones que bloquean los sistemas. Estos filamentos pueden acelerar la corrosión de las juntas de las tuberías, debido a que aparecen bacterias que producen un componente ácido que incrementa la corrosión en las superficies metálicas.

Las actuaciones destinadas al control del mejillón cebra deben ir dirigidas en dos líneas de acción paralelas, las cuales deben en la medida de lo posible complementarse. La primera de ellas son los tratamientos preventivos para impedir que las larvas de mejillón cebra se



CEAM, 2004

adhieran a los sistemas. Y la segunda son los tratamientos reactivos, que van destinados a eliminar los mejillones que han logrado adherirse a los sistemas.

Tanto si el tratamiento es preventivo como si es reactivo pueden emplearse dos tipos de métodos de control:

- Métodos físicos: utilizan técnicas basadas en procesos físicos, como el shock térmico, la desecación, filtración, radiación ultravioleta...
- Métodos químicos: utilizan productos químicos de carácter oxidante o no oxidante.

Para la elección de la estrategia de control a seguir deben tenerse en cuenta los siguientes criterios:

- Conocimiento de la población de mejillón cebra y capacidad de eliminar todas las fases de la especie.
- Condiciones físico-químicas del agua.
- Facilidad de aplicación, coste-eficiencia e incidencia ambiental de los métodos de control.

Puede ser necesaria la combinación de varios métodos de control, tanto preventivos como reactivos, para evitar los impactos del mejillón cebra.

Tras poner en práctica un tratamiento, preventivo o reactivo, es importante realizar un seguimiento sobre la eficiencia y efectividad del mismo cuando este haya terminado. Hay que tener presente que esta especie presenta una enorme resistencia en condiciones extremas y una gran capacidad de adaptación a variaciones en los parámetros ambientales.

2. Métodos de control



2.1. MÉTODOS DE CONTROL FÍSICO

Son los que utilizan técnicas basadas en procesos físicos y su aplicación de los métodos físicos puede ser como:

- **Tratamiento preventivo:** antes de que se produzca el asentamiento de las larvas de mejillón cebra y recubrimiento de las superficies.
- **Tratamiento reactivo:** una vez que se ha asentado el mejillón cebra en el sistema.

Sistemas de Infiltración

Se puede utilizar como tratamiento previo en pequeñas tomas de agua. Están formados por sustratos estratificados naturalmente (suelos) o de forma artificial (vasos con distintas porosidades) sobre los que se infiltran las aguas de captación.

Existen varios tipos de sustratos filtrantes; según la eficacia requerida en la retención pueden emplearse combinaciones de los mismos.

Filtración

Mediante filtración puede evitarse la entrada a cualquier tipo de sistema de mejillones adultos y larvas. Como métodos de filtración se emplean pantallas, filtros en línea, tamices y mecanismos de ultrafiltración. Una eficacia del 100% de retención en todos los estadios de desarrollo del mejillón cebra es complicada y costosa, dado que requiere retener partículas de 30-40 μm .

A parte de la medida de poro requerida, la diferencia de presión entre los dos lados del sistema filtrante y la turbulencia son características a considerar para la efectividad de los filtros. Son sistemas operativos preferentemente para el tratamiento de caudales pequeños (Palau y Cía, 2006).

Chorro de agua a alta presión

El chorro de agua a elevada presión se utiliza para desprender, eliminar y limpiar el material adherido a la superficie a tratar.

Los equipos utilizados en la limpieza del mejillón cebra trabajan con presiones de 27.600 KPa a 68.900 KPa. La mayoría de los equipos son portátiles, de gasolina o eléctricos. La configuración de las boquillas y la presión empleada, así como la distancia desde la que se proyecta el chorro de agua son parámetros esenciales a la hora de aplicar el tratamiento. A mayor distancia de aplicación del chorro de agua, menor es el efecto cortante del agua. También se puede aplicar este método bajo el agua. Utilizando bombas de succión para retirar del medio los restos eliminados.

Con los equipos de baja presión se logran eliminar los adultos de mejillón cebra pero no los filamentos del biso, que quedan adheridos a la superficie. Como consecuencia, disminuye la velocidad del agua y se crea una superficie rugosa adecuada para una nueva colonización.



Filtración.



Limpieza con chorro de agua a alta presión.

Se debe comprobar el correcto funcionamiento y utilización del equipo por precaución, así como para evitar el daño a la superficie tratada.

Proyección de gránulos de dióxido de carbono

La aplicación del chorro a presión con un agente abrasivo, como son los gránulos de CO_2 , es igual que el de arena. La diferencia radica en que el CO_2 elimina más materia orgánica y es menos dañino para la superficie tratada. El método se ha utilizado para eliminar la materia orgánica adherida a la superficie de los aviones, sin provocar daños superficiales.

En zonas cerradas, donde la retirada de la arena tras el tratamiento puede ser un problema, en el caso del CO_2 se evita, debido a que los gránulos de CO_2 se evaporan rápidamente. El rendimiento de eliminación es aproximadamente de 0,25 a 0,5 m^2/min .

El dióxido de carbono líquido se mantiene dentro de un tanque aislado presurizado. Cuando es bombeado hacia el granulador, se forman gránulos de hielo seco, los cuales son impulsados hacia una corriente de aire seco y posteriormente hacia la boquilla. La temperatura de -84°C

y la fuerza de la corriente de aire a presión hacen que los gránulos debiliten la concha del mejillón, los tejidos internos y el biso haciendo más fácil su eliminación.

El método se basa en el enfriamiento de la materia orgánica, haciéndola quebradiza y más fácil de eliminar. Los gránulos de CO₂ sólido, se gasifican y penetran por los huecos de la materia orgánica y la desprenden, dejando la superficie limpia.

Esta técnica de limpieza debe tenerse en cuenta a la hora de aplicar pinturas antiadherentes, ya que deja las superficies extremadamente limpias.

Limpieza mecánica

La limpieza mecánica para la eliminación de mejillón cebrá emplea cepillos de alambre, rascadores u otros medios físicos similares.

El empleo de estos sistemas suele realizarse de manera manual, por su menor coste, al tenerse que repetir de manera periódica. Debe tenerse en cuenta que debido a su periodicidad es menos rentable que otros métodos.

Otros sistemas de limpieza utilizan émbolos que raspan las paredes de las conducciones, empujando en el sentido de avance del instrumento a los mejillones adheridos a dichas paredes. Es el método más adecuado para pequeños diámetros (<60cm), aunque no previene la invasión y colonización de las instalaciones.

Inconvenientes del método:

- Se requieren modificaciones en el sistema de tuberías, para permitir la entrada y salida de los émbolos.
- Las tuberías están inhabilitadas durante el proceso de limpieza.
- La cantidad de residuos producidos y depositados por la propia limpieza pueden convertirse en un problema.
- Se requiere cierta aptitud de la tubería para resistir la presión generada en las paredes.

Desecación/Congelación

La desecación con las elevadas temperaturas del verano, o la congelación por las bajas temperaturas del invierno, pueden matar a una parte o la totalidad de la población del mejillón cebrá.

En zonas donde se pueda bajar el nivel de las aguas o vaciar por completo el sistema, se pueden exponer al aire las poblaciones de mejillón cebrá.

Estas estrategias de control son útiles en sistemas de agua bruta y tomas de agua que están diseñados para que periódicamente sean desecados por las operaciones de mantenimiento. Hay que tener en cuenta la disposición de los mejillones cebrá, ya que los individuos aislados son más sensibles a la exposición al aire que los agregados.

Tiempos de tratamiento, en condiciones experimentales, para una mortalidad del 100% de los individuos (Mc Mahon et al. 1995):

- Exposición al aire a 35 °C durante 40 horas y elevada humedad relativa ambiental.
- Exposición al aire a 25 °C durante 150 horas, da igual la humedad relativa ambiental.

- Exposición al aire a 10 °C más de 10 días a elevada humedad relativa ambiental.
- Exposición al aire a -3 °C durante 10 horas.
- Exposición al aire a -10 °C durante 2 horas.

Durante los años 2005 y 2006, aprovechando el descenso de cota de explotación del embalse de Mequinenza por el estiaje, se llevó a cabo un estudio sobre la recolonización de los taludes y la resistencia a la desecación de las poblaciones de mejillón cebrá (Anhidra, 2006).

Se definieron una serie de parámetros:

- *Temperatura acumulada (°C)*: es el sumatorio de las temperaturas de cada una de las horas a las que las poblaciones han sido sometidas con objeto de provocar la muerte de los individuos por deshidratación.
- *Tiempo de espera (horas)*: hace referencia al número de horas transcurridas desde el momento en el que las poblaciones de mejillón cebrá son expuestas a la desecación hasta que dichas poblaciones muestran una mortalidad del 100%.

En la siguiente tabla se indican los resultados obtenidos para una mortalidad del 100%:

| | | Año 2005 | Año 2006 |
|------------------------------|------------------|----------|----------|
| Camping Lake Caspe | T espera (horas) | 214 | 94 |
| | T acumulada (°C) | 3277 | 1977 |
| Km 295. N-211 "Sur" | T espera (horas) | 215 | 89 |
| | T acumulada (°C) | 3277 | 1842 |
| Presa de Mequinenza | T espera (horas) | 168 | 46 |
| | T acumulada (°C) | 2507 | 977,71 |
| Bombeo Lake Caspe | T espera (horas) | 214 | ND |
| | T acumulada (°C) | 3376 | ND |
| Mala Maison | T espera (horas) | 164 | 95 |
| | T acumulada (°C) | 2572 | 2001 |
| Km 295. N-211 "Norte" | T espera (horas) | 160 | 94 |
| | T acumulada (°C) | 2502 | 1989 |

ND: no disponible

Los resultados también ponen de manifiesto la importancia de la orientación del lugar en el que se encuentran establecidas las poblaciones de mejillón cebrá, frente a la resistencia de los individuos a la desecación.

Tratamiento térmico

Se trata de un sistema efectivo de lucha contra el mejillón cebrá en sistemas cerrados, considerado más seguro y menos perjudicial que los tratamientos químicos. En cualquier caso, las restricciones en la temperatura de descarga del agua deben tenerse en cuenta. Afecta a juveniles y adultos de mejillón cebrá. Hay que tener en cuenta que la eficacia de los tratamientos va en función de la temperatura de aclimatación del mejillón cebrá: a



menor temperatura de aclimatación, menor tiempo de exposición para la misma temperatura crítica. A mayor temperatura de aclimatación, mayor tiempo de exposición para la misma temperatura crítica (Mc Mahon et al. 1995).

Los tratamientos térmicos se pueden aplicar de dos maneras:

- *Tratamiento térmico puntual*: en el que la temperatura letal es definida como aquella donde el mejillón cebra muere al alcanzarse un determinado umbral. La técnica consiste en calentar periódicamente el sistema de agua hasta dicha temperatura letal con una duración suficiente para obtener una mortalidad significativa y seguidamente volver a la temperatura normal (Mc Mahon et al. 1995).
- *Tratamiento térmico continuo*: supone una exposición constante a la temperatura letal.

Para temperaturas elevadas son necesarias exposiciones superiores a 5 horas, con una temperatura de, al menos 32,5 °C, para que se de una mortandad del 100% (Jenner 1983, Jenner y Mansen-Mommen, 1989). Para producir una mortandad del 100 % son suficientes exposiciones durante 48 horas a 32 °C o 1 hora a 40 °C (Claudi, 2006).

La exposición a bajas temperaturas, requiere valores inferiores a 0° C durante un período de tiempo determinado. La temperatura tolerada por el mejillón cebra va en función de la temperatura de aclimatación y del tiempo de inmersión. Clark et al. (1993) publican una mortandad del 100 % de mejillones agregados expuestos a -10 °C durante 4 horas. Para que se produzca una mortandad del 100 % de individuos aislados son necesarias 15,1 horas a menos de 1,5 °C y 1,3 horas a temperaturas inferiores a -10 °C.

Aumentar la velocidad o invertir el flujo del agua

Las larvas y juveniles de mejillón cebra se asientan en cualquier tubería o zona sumergida cuya velocidad del flujo del agua sea menor a 1,5 m/s. El mejillón cebra evita las zonas donde la velocidad del flujo del agua es elevada y es capaz de desprenderse para asentarse en una zona más adecuada.

Estos métodos son aplicables en sistemas de agua donde sea posible regular o invertir el flujo de agua sin dañar el propio sistema.

El aumento periódico de la velocidad del flujo del agua se puede utilizar como método preventivo para evitar el asentamiento de larvas de mejillón cebra. El método de invertir el flujo de agua se utiliza como método reactivo ya que arrastra los mejillones adheridos a la superficie afectada.

Privación de oxígeno

Cuando en las instalaciones, se puede dejar de utilizar una de las tomas de agua, la privación de oxígeno o creación de un medio anóxico, representa un método de control viable. Existen diversas maneras de crear esta carencia de oxígeno:

- Taponar la tubería y dejar que se consuma todo el O₂.
- Utilizar aditivos químicos consumidores de oxígeno.

El mejillón cebra generalmente muere en 6 días aunque es capaz de tolerar la falta de oxígeno hasta 2 semanas en ambientes suficientemente fríos, por lo que la aplicación de este sistema requiere un análisis de las condiciones ambientales existentes.

Hay que tener en cuenta una serie de inconvenientes como son el incremento de la corrosión y de picaduras en las superficies, debido a la falta de oxígeno, que aumenta el crecimiento de bacterias sulfato-reductoras, y a la adición de aditivos químicos, que aumentan la acidez del agua (U.S. Army Corps of Engineers Zebra Mussel Research Program, 2002).

Materiales repelentes y recubrimientos antiincrustantes

En la construcción de nuevas instalaciones se deben tener en cuenta los materiales utilizados, de cara a prevenir la fijación del mejillón cebra.

Se entiende por recubrimiento antiincrustante la pintura u otro tratamiento de superficie utilizado para prevenir el crecimiento de especies con capacidades de adherirse a los cascos de embarcaciones y a estructuras estacionarias (Palau y Cía, 2006).

Los recubrimientos antiincrustantes basan su efectividad en la liberación de compuestos tóxicos en bajas concentraciones, suficiente para repeler la adhesión de organismos como el mejillón cebra, al medio circundante. Los compuestos tóxicos suelen ser óxido cuproso, compuestos de zinc y latón. La efectividad suele variar entre 2-5 años, tras este periodo de tiempo es necesaria una nueva aplicación.

Existen nuevos materiales capaces de formar, tras su aplicación, superficies extremadamente lisas que impiden la adhesión del mejillón cebra. Son menos tóxicos para el medio, pero presentan el inconveniente de una menor durabilidad, debido a que se ven afectados por la abrasión, perdiendo efectividad.

En un estudio realizado en el embalse de Ribarroja por Endesa se comprobó la resistencia a la colonización de diversos materiales y recubrimientos. En el siguiente cuadro se exponen los resultados:

| SUCEPTIBILIDAD A LA COLONIZACIÓN | | | | |
|----------------------------------|---|--|--|--|
| NULA | MUY BAJA | BAJA - MEDIA | MEDIA - ALTA | MUY ALTA |
| Epoxi Titan Yate Gris | Ramin Roble Niangón Nogal Caoba Sapely | Haya Cerezo | Niquel químico | Poliéstereno Laminado de algodón |
| | Acero galvanizado | Bronce Latón Aluminio | Polycarbonato Poliámidas PETP | |
| | Epoxi Titan Yate Rojo Sigma Hempel Enecon 4 | Poliuretano Polimetacrilato Resina acetática Poliámidas (Nylatron) Polipropileno Baquelita Tejido de vidrio + Epoxi PVC PTFE | Rilsan Enecon 1 Enecon 2-3 Enecon 5 | |
| | | Epoxi varios colores Flemulit Abcite Mini de Plomo Spray galvanizador | | |

Palau y Cía, 2006

Luz UV

La luz ultravioleta se utiliza como sistema de esterilización del aire y del agua y se ha aceptado como alternativa viable a los tratamientos con cloro. Su principal inconveniente es la pérdida de efectividad en función de la calidad del agua, por ejemplo, las aguas turbias influyen negativamente en la capacidad de penetración de la luz UV.

Chalker-Schott et al. (1993) encontraron que las larvas velígeras son sensibles a la luz UV-B (280-320nm). Si la aplicación es continua también afecta a los adultos.

2.2. MÉTODOS DE CONTROL QUÍMICO

Son los que utilizan técnicas basadas en la utilización de productos químicos y su aplicación puede ser como:

- **Tratamiento preventivo:** antes de que se produzca el asentamiento de las larvas de mejillón cebra y recubrimiento de las superficies.
- **Tratamiento reactivo:** una vez que se ha asentado el mejillón cebra en el sistema.

Los productos identificados como agentes de lucha contra el mejillón cebra provienen directamente de los utilizados habitualmente en los tratamientos de potabilización de agua, biocidas antiincrustantes y biodispersantes.

La aplicación de compuestos químicos en la erradicación del mejillón cebra está limitada por diversos factores:

- Eficacia en la eliminación de los diversos estadios de desarrollo del mejillón cebra.



- Deben ser respetuosos con la fauna y el ecosistema acuático y deben ser compatibles con los usos posteriores del agua.
- Los sistemas abiertos pueden requerir la aplicación de compuestos químicos distintos a los sistemas cerrados, donde no hay vertido al medio.
- El control químico es más eficaz y fácil de aplicar en sistemas cerrados y tuberías internas. En cambio en sistemas abiertos, su eficiencia disminuye, debido a la imposibilidad de mantener la concentración y tiempo de exposición adecuados.
- Los compuestos químicos no son de aplicación en sistemas como lagos, ríos o corrientes.
- Se debe tener en cuenta la relación coste/eficacia del compuesto químico.

El cloro se utiliza desde hace 100 años en la desinfección del agua de abastecimiento, donde sus características y comportamiento en el efluente son bien conocidos, es el primer químico utilizado en la lucha frente al mejillón cebra en Europa y Canadá. En cambio, los compuestos molusquicidas han sido descubiertos recientemente gracias a un herbicida acuático, el endothall.

La clave de cualquier programa de control químico está en:

- La elección de productos químicos que resulten efectivos.
- Que sean de rápida actuación.
- Mínima incidencia ambiental.

Los compuestos químicos se clasifican en:

Oxidantes

No oxidantes

2.2.1. COMPUESTOS QUÍMICOS OXIDANTES

Se emplean en el tratamiento de agua tanto potable como residual, así como en industrias energéticas en la limpieza del limo y los biofilms. Aunque los químicos oxidantes presentan problemas por su efecto corrosivo en metales, su bajo coste los hacen atractivos para los programas de control frente al mejillón cebra.

Su modo de actuación se basa en la oxidación de la materia orgánica, lo que conlleva efectos tóxicos y letales.

Compuestos químicos oxidantes utilizados frecuentemente:

- Cloro: gas, líquido en forma de hipoclorito sódico o en polvo como hipoclorito de calcio.
- Dióxido de cloro (ClO_2).
- Cloraminas, en forma de monoclaramina (NH_2Cl).
- Ozono (O_3).
- Peróxido de hidrógeno (H_2O_2).
- Bromo (Br_2).
- Permanganato potásico (KMnO_4).

Se pueden utilizar tanto en tratamientos preventivos como reactivos.

La eficacia de los compuestos depende de la concentración y del tiempo de exposición, los cuales dependen a su vez de la temperatura, físico-química del agua y estado

fisiológico de los mejillones cebra. Los mejillones son capaces de detectar los químicos oxidantes y cerrar las valvas de la concha al menos durante 2 semanas, con lo que se reduce la eficacia del tratamiento en los adultos.

A continuación se describen los tratamientos químicos oxidantes habitualmente utilizados.

Tratamiento con cloro y derivados

La cloración, en forma de hipoclorito sódico, ha dominado el control químico del mejillón cebra tanto en Europa como en Norte América, siendo el método más utilizado y menos caro para la eliminación del mejillón. Sin embargo, ofrece fuertes limitaciones en su vertido final al medio. El cloro se puede aplicar en forma de distintos compuestos:

- Hipoclorito sódico, NaClO , líquido.
- Hipoclorito cálcico, $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ sólido.
- Hipoclorito potásico, KClO , líquido.
- Cloro, Cl_2 , gas.

El cloro es efectivo en el control del mejillón cebra por su capacidad de oxidación, provoca efectos tóxicos en los adultos, inhibición del asentamiento y crecimiento larvario y debilitamiento de los filamentos del biso.

La toxicidad del cloro es función de la concentración, del tiempo de exposición y del tipo y cantidad de los compuestos de cloro empleados en el tratamiento del agua.

A modo orientativo, según R.Claudi, en Canadá se utilizan las siguientes dosificaciones:

Dosificación del producto en continuo: con un nivel de cloro residual libre de 0,3-0,5 mgCl_2/l .

Dosificación semicontinua del producto: con un nivel de cloro residual libre de 0,3-0,5 mgCl_2/l . Se aplica en ciclos de 15 min. on, 90 min. off.

Dosificación periódica del producto: con un nivel de cloro residual libre de 0,5-1 mgCl_2/l . Se aplica de forma continua en periodos de 7-15 días.

Tratamiento con ozono

El ozono se utiliza como desinfectante de las aguas, tiene el doble de capacidad de oxidación que el cloro, requiere tiempos de contacto inferiores a la cloración, si bien se disipa muy rápidamente. Es eficaz frente a larvas y adultos.

A una temperatura entre 15-20 °C, con un tiempo mínimo de contacto de 5 horas y una concentración de 0,5 mg/l de ozono residual, se produce una mortalidad de larvas velíferas y pedivelíferas del 100% (Lewis et al. 1993).

Para mortandades del 100% en adultos se requieren 7-12 días con una concentración de O_3 residual de 0,5 mg/l , 7-8 días con una concentración de 1 mg/l , 5-6 días con 2,0 mg/l , todas ellas a 15-20 °C (Claudi & Mackie, 1994).

El ozono se disipa rápidamente en agua por lo que no supone ningún problema en los vertidos finales al medio (Claudi & Mackie, 1994). Sin embargo, la ozonización es una técnica cara.

Tratamiento con permanganato potásico

Se usa en la potabilización del agua. Se utiliza principalmente para prevenir el asentamiento de las larvas y el control de adultos. Se requieren altas dosis de forma continuada, aunque no es eficaz al 100% (Fraleigh et al., 1993). Su coste y eficacia han condicionado su utilización en el control del mejillón cebra.

Se requieren dosis de 2 mg/l para el control de adultos, para inhibir el asentamiento de las larvas se requiere 1 mg/l (San Giacomo and Wymer, 1996).

Tratamiento con bromo

Se utiliza para prevenir el asentamiento del mejillón cebra. Se puede utilizar en forma de bromo activado, bromuro sódico, cloruro de bromo, o como mezclas de bromo y cloro con otros productos químicos. Es más efectivo cuando el pH del agua es superior a 8. Se utiliza como potenciador del cloro para minimizar la cantidad de cloro necesaria para prevenir el asentamiento.

Las dosis requeridas para que el bromo sea efectivo son similares a las del cloro (Claudi & Mackie, 1994).

2.2.2. COMPUESTOS QUÍMICOS NO OXIDANTES

La mayoría de estos compuestos químicos se desarrollaron originariamente para la desinfección bacteriana y el control de las algas en los sistemas de tratamiento de agua.

Tienen un coste por unidad de volumen mayor que los químicos oxidantes, pero mantienen su viabilidad económica frente a ellos, debido a que su dosificación es menor. Suelen tener un mejor rendimiento frente a la lucha contra individuos adultos al no ser detectados por el mejillón, manteniendo abiertas las valvas de la concha. Por ello, los tiempos de exposición para la eliminación de los mejillones adultos son menores que en el caso de los agentes oxidantes. La mayoría de los compuestos son de fácil aplicación y no provocan problemas de corrosión en las superficies metálicas.

Los compuestos químicos no oxidantes utilizados habitualmente son:

- Potasio (K^+).
- Sulfato de Aluminio ($Al_2(SO_4)_3$).
- Nitrato Amónico ($NH_4 NO_3$).
- Metasulfito de Sodio ($Na_2 SO_3$).
- Sulfato de Cobre ($Cu SO_4$).

3. Instalaciones



3.1. USOS URBANOS

En la cuenca del Ebro existen sistemas de abastecimiento para más de 6.000 núcleos de población. La demanda para abastecimientos urbanos, incluyendo las industrias de poco consumo conectadas a las redes municipales, adoptando las dotaciones establecidas en la O.M. de 24 de septiembre de 1992, es de 319 Hm³.

A esta cantidad hay que añadirle la parte de los volúmenes trasvasados a la cuenca del Norte, que después de ser turbinados en el salto de Barazar se aprovechan para el abastecimiento y uso industrial de Bilbao, y el mini trasvase del Ebro a Tarragona. Este volumen asciende a 150 Hm³/año.

La demanda para abastecimiento urbano dependiente de la cuenca del Ebro es de 524 Hm³ (CHE, 2007).

Las infraestructuras hidráulicas tienen que garantizar el agua para usos distintos, desde abastecimientos a núcleos urbanos, usos agrícolas, ganaderos, industriales así como a centrales de producción de energía.

El propósito principal de un sistema de abastecimiento de agua a núcleos urbanos es suministrar agua de calidad para el consumo humano. El grado de tratamiento y la combinación de los procesos de potabilización dependen del medio donde se realiza la toma de agua y del número de habitantes abastecidos. Pueden realizar las captaciones de aguas superficiales (ríos, embalses, canales...) o de aguas subterráneas (pozos, manantiales...).

Cualquier sistema de abastecimiento incluye la infraestructura necesaria para captar el agua desde la fuente que reúna las condiciones aceptables, realizar un tratamiento previo para luego conducirla, almacenarla y distribuirla para su uso necesario.

En cualquier toma de agua que proceda de lugares donde se ha detectado la presencia de mejillón cebra, se deberán tomar medidas concretas que eviten problemas en sus conducciones y posteriores infraestructuras. Hay que indicar que las labores de mantenimiento y limpieza periódica que se llevan a cabo en las instalaciones pueden minimizar el impacto.

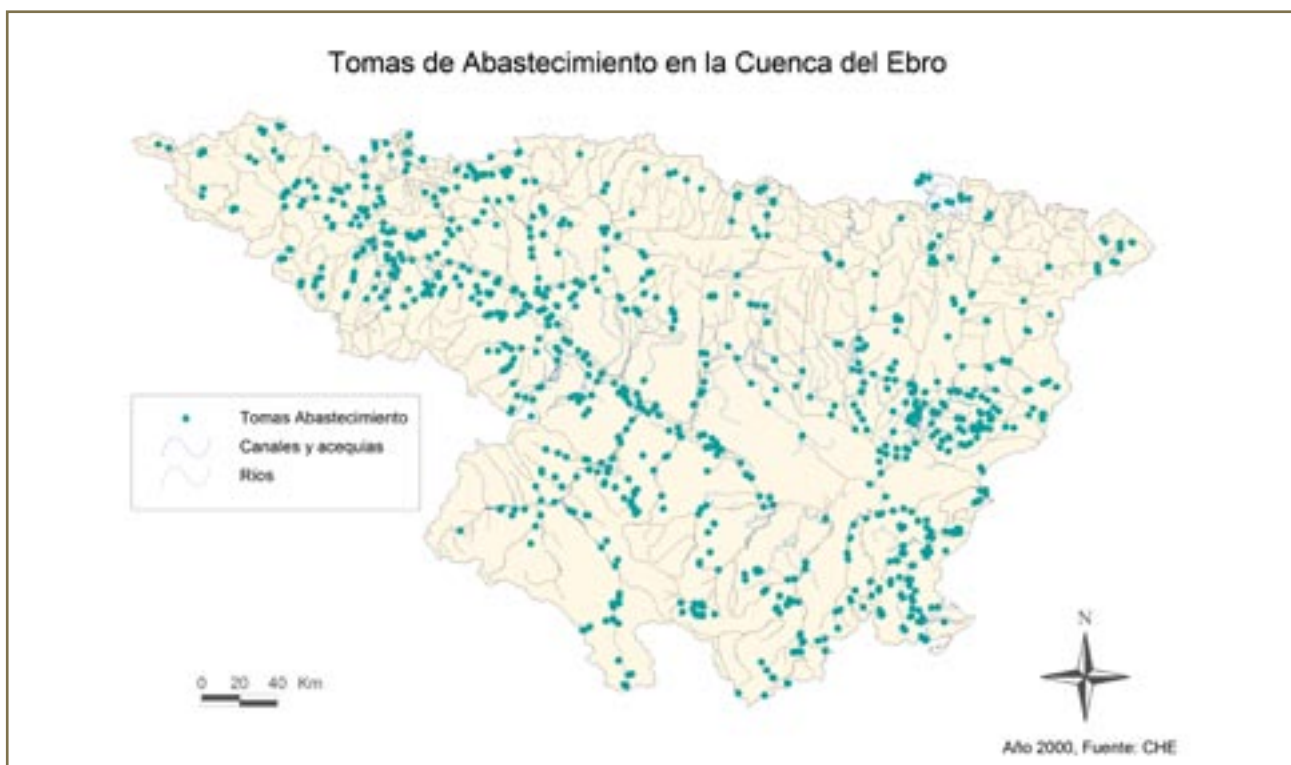
En el 2006 la presencia potencial del mejillón cebra es extensiva a casi la totalidad de la cuenca del Ebro y por tanto su presencia en embalses puede suponer problemas para los sistemas de abastecimiento.

3.1.1. SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

3.1.1.1. Esquema

El sistema de abastecimiento de agua potable consta de las siguientes partes:

- Almacenamiento de agua bruta: es necesario cuando la fuente de agua no tiene un caudal constante durante todo el año.
- Captación.
- Tratamiento: depende de la calidad del agua bruta. Una planta de tratamiento de agua potable generalmente consta de los siguientes componentes:
 - Desbaste: mediante reja de eliminación de sólidos gruesos y flotantes.
 - Percloración y coagulación
 - Floculación y decantación: se obtiene una elevada concentración de fangos, lo que permite altos rendimientos en la separación de las impurezas.





Depósito.



Rejillas antimateriales.



Reja.



Compuerta y medidor de nivel.



Compuertas.



Decantador.

- Filtración: termina de retirar el material en suspensión.
- Desinfección: asegura la potabilidad del agua.
- Almacenamiento agua tratada: sirve para compensar variaciones en los consumos y para tener un volumen

- de agua para posibles situaciones de emergencia. Se realiza en tanques apoyados en el suelo o aéreos.
- Red de distribución: se inicia en el tanque de agua tratada y se termina en el usuario.

3.1.1.2. Componentes afectados

| Componente | Problema |
|---|--|
| Embalses, depósitos de captación y almacenamiento posterior | - Recubrimiento de paredes |
| Tuberías de captación y distribución | - Reducción del diámetro inferior - Disminución del flujo de agua por fricción - Taponamiento - Corrosión |
| Compuertas | - Recubrimiento - Bloqueo - Corrosión |
| Rejas de desbaste | - Recubrimiento - Taponamiento - Corrosión |
| Tuberías y válvulas | - Taponamiento - Corrosión |
| Filtros | - Recubrimiento - Taponamiento - Corrosión |
| Estaciones de bombeo | - Recubrimiento - Taponamiento - Corrosión - Incremento de la fricción - Desequilibrio en el flujo |
| Instrumentación (medidores de flujo y nivel) | - Recubrimiento - Datos erróneos |

3.1.1.3. Métodos de control

| | Métodos Preventivos | | | | | | | |
|--------------------|-----------------------|-------------------------------|--------------------|-----------------------|--------------|------------|--------|---------------|
| | Materiales repelentes | Recubrimientos anticrustantes | Químicos oxidantes | Químicos no oxidantes | Infiltración | Filtración | Luz UV | Shock térmico |
| Depósitos | | | | | | | | |
| Compuertas | | | | | | | | |
| Rejillas | | | | | | | | |
| Estación de bombeo | | | | | | | | |
| Tuberías | | | | | | | | |
| Válvulas | | | | | | | | |
| Filtros | | | | | | | | |
| Medidores de flujo | | | | | | | | |
| Medidores de nivel | | | | | | | | |

| | Métodos Reactivos | | | | | | | | | | |
|--------------------|-------------------|-------------|---------------|--------|----------------------------|----------------|---------------------------------------|----------------------------------|------------------------|--------------------|-----------------------|
| | Deseccación | Congelación | Shock térmico | Anoxia | Raspado, Limpieza Mecánica | Agua a presión | Gránulos a presión de CO ₂ | Aumentar velocidad de flujo agua | Invertir flujo de agua | Químicos oxidantes | Químicos no oxidantes |
| Depósitos | | | | | | | | | | | |
| Compuertas | | | | | | | | | | | |
| Rejillas | | | | | | | | | | | |
| Estación de bombeo | | | | | | | | | | | |
| Tuberías | | | | | | | | | | | |
| Válvulas | | | | | | | | | | | |
| Filtros | | | | | | | | | | | |
| Medidores de flujo | | | | | | | | | | | |
| Medidores de nivel | | | | | | | | | | | |

3.1.2. SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

Se consideran aguas residuales todas aquellas que provienen de las actividades humanas que se desarrollan en muy diversos ámbitos como: núcleos urbanos, procesos industriales, minería, agricultura y ganadería.

Las aguas residuales de origen urbano son las procedentes de zonas de viviendas, servicios y pequeñas industrias. Las aguas industriales son muy variables dependiendo del tipo de industria y su proceso.

3.1.2.1. Esquema

Es necesaria una depuración previa de las aguas residuales tanto de naturaleza urbana como industrial antes de su vertido a cauces públicos. Se establece como ejemplo una instalación genérica de depuración de aguas residuales de una gran aglomeración urbana:

- Desbaste: mediante un pozo de gruesos y unas rejillas que permiten la extracción de sólidos.
- Elevación del agua.





- Pretratamiento: eliminación de sólidos mediante rejillas para gruesos y finos, y desarenado y desengrasado para eliminación de grasas y flotantes.
- Decantación primaria.
- Tratamiento biológico.
- Decantación secundaria.
- Recirculación y tratamiento de fangos.
- Desinfección.
- Red de colectores.

3.1.2.2. Componentes afectados

| Componente | Problema |
|--|--|
| Depósitos | - Recubrimiento de paredes |
| Tuberías | - Reducción del diámetro inferior - Disminución del flujo de agua por fricción - Taponamiento - Corrosión |
| Compuertas | - Recubrimiento - Bloqueo - Corrosión |
| Rejas de desbaste | - Recubrimiento - Taponamiento - Corrosión |
| Tuberías y válvulas | - Taponamiento - Corrosión |
| Filtros | - Recubrimiento - Taponamiento - Corrosión |
| Estaciones de bombeo | - Recubrimiento - Taponamiento - Corrosión - Incremento de la fricción - Desequilibrio en el flujo |
| Instrumentación (medidores de flujo y nivel) | - Recubrimiento - Datos erróneos |

3.1.2.3. Métodos de control

| | Métodos Preventivos | | | | | | | |
|--------------------|-----------------------|---------------------------------|--------------------|-----------------------|--------------|------------|--------|---------------|
| | Materiales repelentes | Recubrimientos antiincrustantes | Químicos oxidantes | Químicos no oxidantes | Infiltración | Filtración | Luz UV | Shock térmico |
| Depósitos | | | | | | | | |
| Compuertas | | | | | | | | |
| Rejillas | | | | | | | | |
| Estación de bombeo | | | | | | | | |
| Tuberías | | | | | | | | |
| Válvulas | | | | | | | | |
| Filtros | | | | | | | | |
| Medidores de flujo | | | | | | | | |
| Medidores de nivel | | | | | | | | |

| | Métodos Reactivos | | | | | | | | | | |
|--------------------|-------------------|-------------|---------------|--------|----------------------------|----------------|---------------------------------------|-------------------------------------|------------------------|--------------------|-----------------------|
| | Desecación | Congelación | Shock térmico | Anoxia | Raspado, Limpieza Mecánica | Agua a presión | Gránulos a presión de CO ₂ | Aumentar velocidad de flujo de agua | Invertir flujo de agua | Químicos oxidantes | Químicos no oxidantes |
| Depósitos | | | | | | | | | | | |
| Compuertas | | | | | | | | | | | |
| Rejillas | | | | | | | | | | | |
| Estación de bombeo | | | | | | | | | | | |
| Tuberías | | | | | | | | | | | |
| Válvulas | | | | | | | | | | | |
| Filtros | | | | | | | | | | | |
| Medidores de flujo | | | | | | | | | | | |
| Medidores de nivel | | | | | | | | | | | |

CASO PRÁCTICO



Localización:

Fayón (Huesca)

Aplicación:

Pretrat. E.T.A.P. – Mejillón Cebra

Caudal:

50 m³/h

Grado de filtración:

50 + 25 micras

Equipamiento:

1 UDS FMA 2008 + 1 UDS FMA-2012

Empresa:

STF-FILTROS

La expansión del mejillón cebra en el embalse de Ribarroja afectó a la toma del abastecimiento de Fayón, ubicada en dicho embalse a la altura de la antigua estación del ferrocarril inundada. Desde 2002 las limpiezas de la maquinaria e instalaciones pasaron de ritmo

anual a mensual, duplicándose los desplazamientos de inspección a la toma en el embalse. Igualmente se incrementaron los gastos en las cloraciones.

Siendo la situación insostenible por la precariedad del abastecimiento con el nuevo problema añadido, se decidió modernizar la toma, conducciones de agua y depósitos. Se emplearon filtros autolimpiantes con las siguientes características:

En 2005 las obras necesarias para la lucha contra el mejillón cebra supusieron un presupuesto total 76.898,88 €, financiado en parte por el Instituto Aragonés del Agua (61.519,1 €) y por el Ayuntamiento de Fayón (15.379,8 €).

Los incrementos de gastos de limpieza de las infraestructuras de abastecimiento motivados por el mejillón cebra ascendieron en el periodo 2002-2004 a 2.998, 3.058 y 3.150 €. A partir de la ejecución de las obras de mejora en 2005, los costes de explotación y mantenimiento ascienden a 8.900 €, con previsión para el año 2006 de 9.400 € (Pérez y Chica, 2006).

3.2. USOS INDUSTRIALES

Se incluyen en este apartado las demandas de agua necesarias para satisfacer aquellos aprovechamientos industriales que no están conectados a las redes municipales. Se excluyen la producción de energía eléctrica y de fuerza motriz.

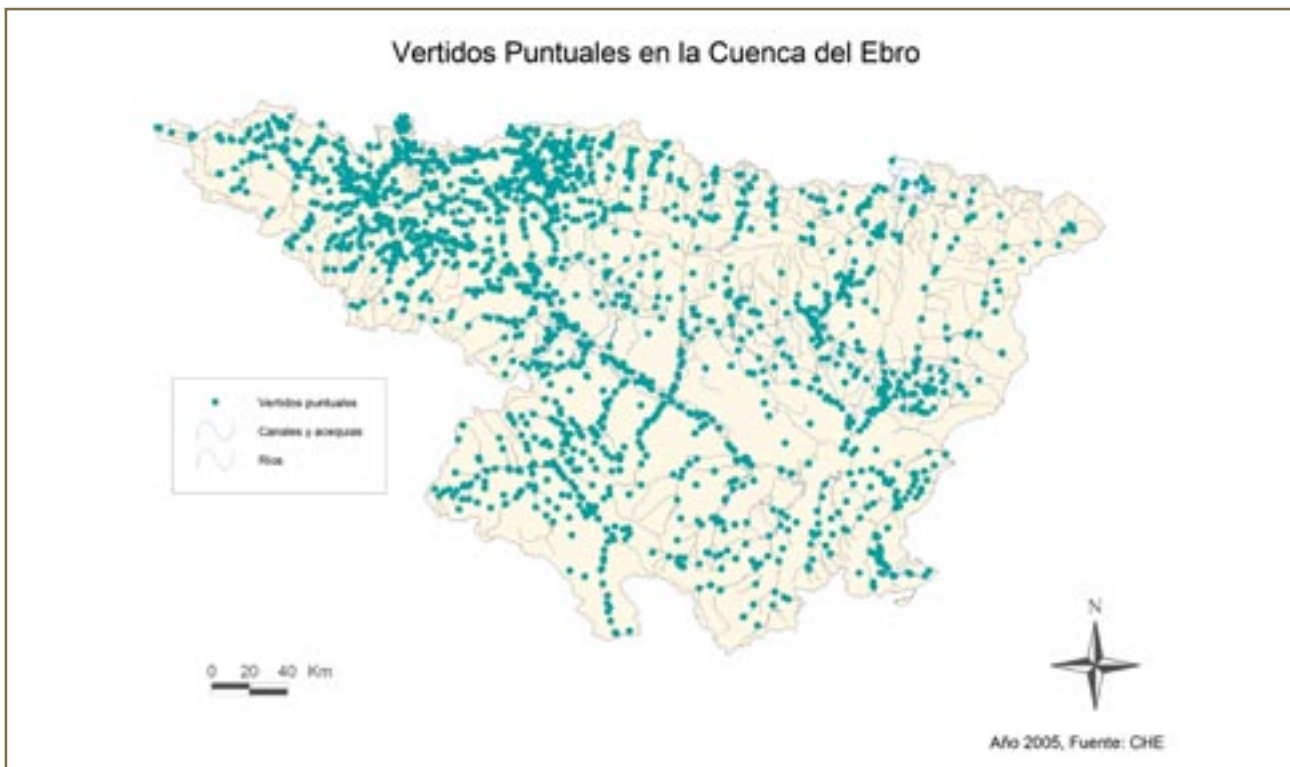
La demanda industrial de la cuenca del Ebro es de 470 Hm³ de los cuales 258 corresponden a industrias no conectadas a las redes municipales (CHE, 2007).

Los sistemas contraincendio, al ser sistemas cerrados con agua proveniente de la masa de agua infectada, también son muy sensibles a la infección. En el caso de que haya pequeñas fugas o puestas en marcha del circuito,

pueden aportar el suficiente flujo de agua que suministre oxígeno y alimento a la población de mejillón cebra, con el consiguiente riesgo de que no funcionen adecuadamente en caso de incendio. Para evitar esto se debe asegurar que el sistema sea estanco, consiguiendo que los niveles de oxígeno sean tan bajos (<2ppm) en el sistema que no permitan el asentamiento de las larvas (Technical Note ZMR-3-2).

3.2.1. ESQUEMA

La estructura de la captación y la distribución de agua para una industria dependerá del diseño en cada caso particular.



3.2.2. COMPONENTES DEL SISTEMA

| Componente | Problema |
|--|--|
| Depósitos o balsas | - Recubrimiento |
| Compuertas | - Recubrimiento - Bloqueo - Corrosión |
| Tuberías | - Reducción del diámetro inferior - Disminución del flujo de agua por fricción - Taponamiento - Corrosión |
| Rejillas contra materiales y peces | - Recubrimiento - Taponamiento - Corrosión |
| Estaciones de bombeo | - Recubrimiento - Taponamiento - Corrosión - Incremento de la fricción - Desequilibrio en el flujo |
| Tuberías y válvulas | - Taponamiento - Corrosión |
| Filtros | - Recubrimiento - Taponamiento - Corrosión |
| Instrumentación (medidores de flujo y nivel) | - Recubrimiento - Datos erróneos |
| Sistemas contra incendio | - Recubrimiento - Taponamiento - Corrosión |

3.2.3. MÉTODOS DE CONTROL

| | Métodos Preventivos | | | | | | | |
|---------------------------------|-----------------------|---------------------------------|--------------------|-----------------------|--------------|------------|--------|---------------|
| | Materiales repelentes | Recubrimientos antiincrustantes | Químicos oxidantes | Químicos no oxidantes | Infiltración | Filtración | Luz UV | Shock térmico |
| Depósitos | | | | | | | | |
| Compuertas | | | | | | | | |
| Rejillas | | | | | | | | |
| Bombas | | | | | | | | |
| Tuberías | | | | | | | | |
| Válvulas | | | | | | | | |
| Filtros | | | | | | | | |
| Medidores de flujo | | | | | | | | |
| Medidores de nivel | | | | | | | | |
| Sistemas contra incendio | | | | | | | | |
| Bombas | | | | | | | | |
| Tuberías | | | | | | | | |
| Válvulas | | | | | | | | |
| Difusores | | | | | | | | |
| Hidrantes | | | | | | | | |

| | Métodos Reactivos | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|-------------------|-------------|---------------|--------|----------------------------|----------------|---------------------------------------|-------------------------------------|------------------------|--------------------|-----------------------|
| | Desecación | Congelación | Shock térmico | Anoxia | Raspado, Limpieza Mecánica | Agua a presión | Gránulos a presión de CO ₂ | Aumentar velocidad de flujo de agua | Invertir flujo de agua | Químicos oxidantes | Químicos no oxidantes |
| Depósitos | | | | | | | | | | | |
| Compuertas | | | | | | | | | | | |
| Rejillas | | | | | | | | | | | |
| Bomba | | | | | | | | | | | |
| Tuberías | | | | | | | | | | | |
| Válvulas | | | | | | | | | | | |
| Filtros | | | | | | | | | | | |
| Medidores de flujo | | | | | | | | | | | |
| Medidores de nivel | | | | | | | | | | | |
| Sistemas contraincendio | | | | | | | | | | | |
| Bomba | | | | | | | | | | | |
| Tuberías | | | | | | | | | | | |
| Válvulas | | | | | | | | | | | |
| Difusores | | | | | | | | | | | |
| Hidrantes | | | | | | | | | | | |



3.3. CENTRALES HIDROELÉCTRICAS



En la cuenca del Ebro y en la de Garona existen 340 centrales hidroeléctricas con una potencia instalada de 3.831 MW y una demanda concesional estimada de 8.297 m³/s. Actualmente, existen en funcionamiento 250 centrales con 3.771 MW.

La mayor potencia instalada está en la cuenca del Noguera Pallaresa con 999 MW, de los cuales 450 corresponden al salto reversible de Estany Gento-Sallente. Le sigue el Eje del Ebro (Centrales de Ribarroja, Mequinzenza y Berbel) con 868 MW, el Noguera Ribagorzana con 577, la cuenca del Cinca con 397, el Garona con 256 y el Gállego con 243 (CHE, 2007).

En una central hidroeléctrica el volumen de agua se utiliza para mover las turbinas, y sólo una pequeña parte se emplea en otros procesos de planta, por ejemplo, sistemas de limpieza, aire acondicionado, sistema contraincendio y consumo humano. Las centrales hidroeléctricas dependen de un gran embalse de agua contenido por una presa. El agua se transporta por unos conductos o tuberías forzadas, controladas con válvulas y turbinas para adecuar el flujo de agua con respecto a la demanda de electricidad. El agua que entra en la turbina sale por los canales de descarga.

Los sistemas contraincendio, al ser sistemas cerrados con agua proveniente de la masa de agua infectada, también son muy sensibles a la infección. En el caso de que haya pequeñas fugas o puestas en marcha del circuito, pueden aportar el suficiente flujo de agua que suministre oxígeno y alimento a la población de mejillón cebra, con el consiguiente riesgo de que no funcionen adecuadamente en caso de incendio. Para evitar esto se debe

asegurar que el sistema sea estanco, consiguiendo que los niveles de oxígeno sean tan bajos (<2ppm) en el sistema que no permitan el asentamiento de las larvas (Technical Note ZMR-3-2).

3.3.1. ESQUEMA



1. Agua embalsada; 2. Presa; 3. Rejas filtradoras; 4. Tubería forzada; 5. Conjunto de grupos; 6. Turbina; 7. Eje; 8. Generador; 9. Líneas de transporte de energía eléctrica; 10. Transformadores.

(Esquema extraído de "CENTRALES ELECTRICAS". Autor: Rafael Alejo)

3.3.2. COMPONENTES AFECTADOS

| Componente | Problema |
|---|--|
| Compuertas | - Recubrimiento - Bloqueo - Corrosión |
| Turbinas, circuitos auxiliares | - Recubrimiento - Bloqueo - Corrosión |
| Rejas | - Recubrimiento - Taponamiento - Corrosión |
| Bombas auxiliares | - Recubrimiento - Taponamiento - Corrosión - Incremento de la fricción - Desequilibrio en el flujo |
| Tuberías y válvulas | - Taponamiento - Corrosión |
| Tanques | - Recubrimiento |
| Sistemas de refrigeración con agua | - Taponamiento - Corrosión |
| Sistemas contraincendio | - Recubrimiento - Taponamiento - Corrosión |
| Instrumentación (medidores de flujo y de nivel) | - Recubrimiento - Datos erróneos |

3.3.3. MÉTODOS DE CONTROL

| | Métodos Preventivos | | | | | | | |
|--------------------------------|-----------------------|-------------------------------|--------------------|-----------------------|--------------|------------|--------|---------------|
| | Materiales repelentes | Recubrimientos anticrustantes | Químicos oxidantes | Químicos no oxidantes | Infiltración | Filtración | Luz UV | Shock térmico |
| Compuertas | | | | | | | | |
| Turbinas, circuitos | | | | | | | | |
| Rejas | | | | | | | | |
| Tuberías | | | | | | | | |
| Válvulas | | | | | | | | |
| Tanques | | | | | | | | |
| Medidores de flujo | | | | | | | | |
| Medidores de nivel | | | | | | | | |
| Sistemas contraincendio | | | | | | | | |
| Bombas | | | | | | | | |
| Tuberías | | | | | | | | |
| Válvulas | | | | | | | | |
| Difusores | | | | | | | | |
| Hidrantes | | | | | | | | |

| | Métodos Reactivos | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|-------------------|-------------|---------------|--------|----------------------------|----------------|---------------------------------------|-------------------------------------|------------------------|--------------------|-----------------------|
| | Desecación | Congelación | Shock térmico | Anoxia | Raspado, Limpieza Mecánica | Agua a presión | Gránulos a presión de CO ₂ | Aumentar velocidad de flujo de agua | Invertir flujo de agua | Químicos oxidantes | Químicos no oxidantes |
| Compuertas | | | | | | | | | | | |
| Turbinas | | | | | | | | | | | |
| Rejas | | | | | | | | | | | |
| Bombas | | | | | | | | | | | |
| Tuberías | | | | | | | | | | | |
| Válvulas | | | | | | | | | | | |
| Tanques | | | | | | | | | | | |
| Medidores de flujo | | | | | | | | | | | |
| Medidores de nivel | | | | | | | | | | | |
| Sistemas contraincendio | | | | | | | | | | | |
| Bomba | | | | | | | | | | | |
| Tuberías | | | | | | | | | | | |
| Válvulas | | | | | | | | | | | |
| Difusores | | | | | | | | | | | |
| Hidrantes | | | | | | | | | | | |

CASO PRÁCTICO

Las centrales hidroeléctricas de **Endesa Generación** en Mequinenza, Ribarroja y Flix tienen una potencia instalada de 324, 262,8 y 48,4 MW respectivamente, lo que totaliza 635,2 MW. Son centrales a pie de presa de los embalses del mismo nombre con 1.534, 210 y 11 Hm³ de capacidad, respectivamente, y que se solapan en ese orden siguiendo la corriente del río Ebro.

Los principales costes por actuaciones de protección contra el mejillón cebra en la cuenca del Ebro se han efectuado en la central hidroeléctrica de Ribarroja. Afectan principalmente a la sustitución de las rejas de las tomas de los cuatro grupos hidroeléctricos de 2002 a 2005, con un coste medio 247.537,25 €/año.

Durante este periodo también se han realizado las siguientes actuaciones:

- Labores de limpieza de las rejas, decantadores y filtros.
- Tratamientos químicos.
- Convenios de estudio e investigación con las Universidades de Lleida y Zaragoza.
- Recopilación de información sobre el mejillón cebra y edición de monografías.
- Trabajos en el embalse y en el laboratorio de seguimiento de la expansión del mejillón, etc.

Los gastos se reparten uniformemente durante todo el periodo. En consecuencia se obtienen unos costes totales del periodo 2002-2005 equivalentes a 360.611,88 €, 321.170,88 € y 296.531,88 €, lo que supone un total de 1.296.165 € desde el inicio hasta el año 2005 (Pérez y Chica, 2006).

3.4. CENTRALES NUCLEARES Y TÉRMICAS

Tanto en las centrales nucleares como en las térmicas el sistema de refrigeración es el principal punto crítico frente a la invasión del mejillón cebra. Por ello, este capítulo trata la problemática de los dos tipos de centrales energéticas.

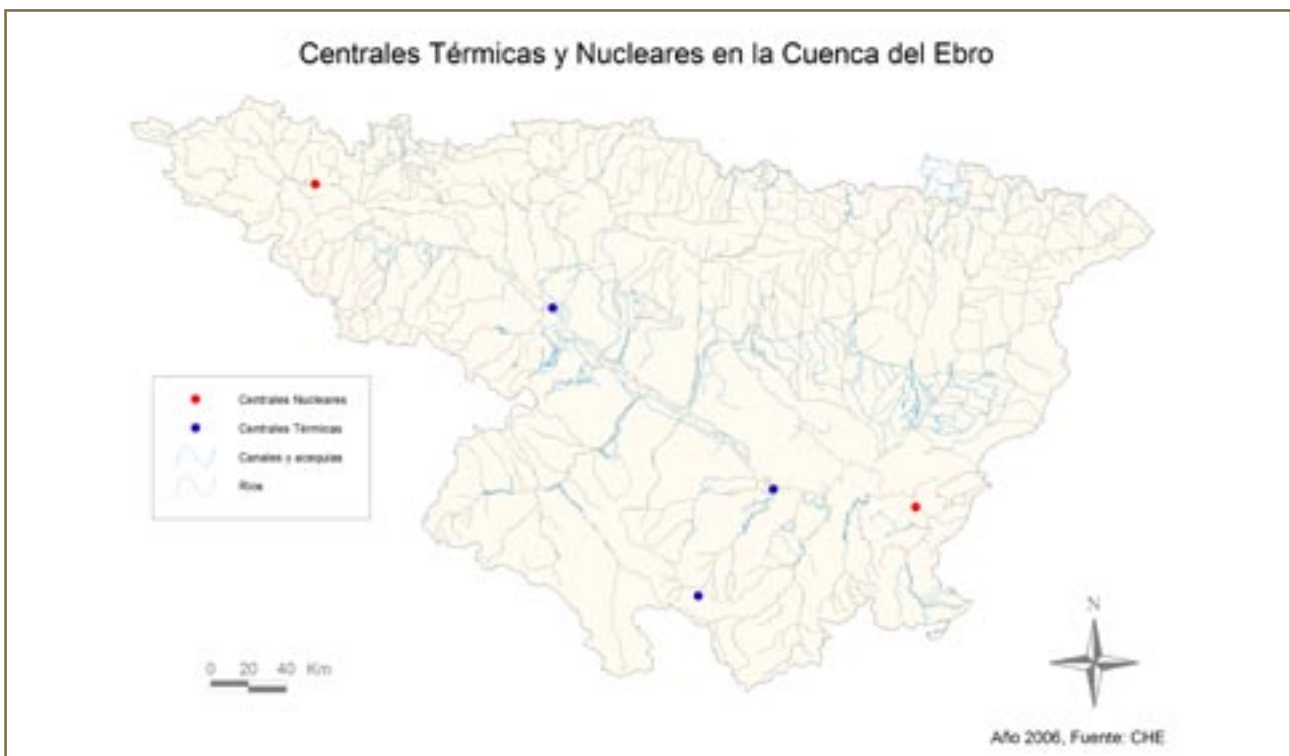
La refrigeración de los grupos nucleares de la cuenca del Ebro, Santa María de Garoña y Ascó, supone unas demandas concesionales de 24,26 y 72,30 m³/s que retornan al cauce en su mayor parte (CHE, 2007).

La demanda de las dos centrales térmicas convencionales, con refrigeración en circuito cerrado, Teruel y Escucha, es de 0,609 m³/s y la de la térmica de Escatrón, que se encuentra en fase de remodelación. Además, existen tres de ciclo combinado en Castejón y en Arrubal.

El sistema de refrigeración consiste en un circuito que realiza la refrigeración del condensador. Este sistema consta de torres de refrigeración de tiro natural, un canal

de recogida del agua y las correspondientes bombas de impulsión para la refrigeración del condensador y elevación del agua a las torres.

Los sistemas contra incendio, al ser sistemas cerrados con agua proveniente de la masa de agua infectada, también son muy sensibles a la infección. En el caso de que haya pequeñas fugas o puestas en marcha del circuito, pueden aportar el suficiente flujo de agua que suministre oxígeno y alimento a la población de mejillón cebra, con el consiguiente riesgo de que no funcionen adecuadamente en caso de incendio. Para evitar esto se debe asegurar que el sistema sea estanco, consiguiendo que los niveles de oxígeno sean tan bajos (<2ppm) en el sistema que no permitan el asentamiento de las larvas (Technical Note ZMR-3-2).



3.4.1. ESQUEMA



Central nuclear

1. Edificio de contención primaria; 2. Edificio de contención secundaria; 3. Tuberías de agua a presión; 4. Edificio de turbinas; 5. Turbinas de alta presión; 6. Turbina de baja presión; 7. Generador eléctrico; 8. Transformadores; 9. Parque de salida; 10. Condensador; 11. Agua de refrigeración; 12. Sala de control; 13. Grúa de manejo del combustible gastado; 14. Almacenamiento del combustible gastado; 15. Reactor; 16. Foso de descontaminación; 17. Almacén de combustible nuevo; 18. Grúa del edificio de combustible; 19. Bomba refrigerante del reactor; 20. Grúa de carga del combustible; 21. Presionador; 22. Generador de vapor.



Central térmica convencional

1. Cinta transportadora; 2. Tolva; 3. Molino; 4. Caldera; 5. Cenizas; 6. Calentador de azufre; 7. Precipitador; 8. Chimenea; 9. Turbina; 10. Condensador; 11. Transformadores; 12. Torres de refrigeración; 13. Generador; 14. Línea de transporte.

(Esquemas extraídos de CENTRALES ELÉCTRICAS. Autor: Rafael Alejo)

3.4.2. COMPONENTES AFECTADOS

| Componente | Problema |
|--------------------------|--|
| Sistema de refrigeración | - Recubrimiento - Taponamiento - Corrosión |
| Sistema contraincendio | - Recubrimiento - Taponamiento - Corrosión |

3.4.3. MÉTODOS DE CONTROL

| | Métodos Preventivos | | | | | | | |
|--|-----------------------|---------------------------------|--------------------|-----------------------|--------------|------------|--------|---------------|
| | Materiales repelentes | Recubrimientos antiincrustantes | Químicos oxidantes | Químicos no oxidantes | Infiltración | Filtración | Luz UV | Shock térmico |

Sistema de Refrigeración

| | | | | | | | | |
|----------|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Bombas | | | | | | | | |
| Tuberías | | | | | | | | |
| Válvulas | | | | | | | | |

Sistemas contraincendio

| | | | | | | | | |
|-----------|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Bombas | | | | | | | | |
| Tuberías | | | | | | | | |
| Válvulas | | | | | | | | |
| Difusores | | | | | | | | |
| Hidrantes | | | | | | | | |



| Métodos Reactivos | | | | | | | | | | |
|-------------------|-------------|---------------|--------|----------------------------|----------------|--|-------------------------------------|------------------------|--------------------|-----------------------|
| Desecación | Congelación | Shock térmico | Anoxia | Raspado, Limpieza Mecánica | Agua a presión | Gránulos a presión con CO ₂ | Aumentar velocidad de flujo de agua | Invertir flujo de agua | Químicos oxidantes | Químicos no oxidantes |

Sistema de refrigeración

| | | | | | | | | | | |
|----------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Bomba | | | | | | | | | | |
| Tuberías | | | | | | | | | | |
| Válvulas | | | | | | | | | | |

Sistemas contraincendio

| | | | | | | | | | | |
|-----------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Bomba | | | | | | | | | | |
| Tuberías | | | | | | | | | | |
| Válvulas | | | | | | | | | | |
| Difusores | | | | | | | | | | |
| Hidrantes | | | | | | | | | | |

CASO PRÁCTICO

La central nuclear de Ascó consta de dos grupos con una potencia instalada de 2 x 1.028 MW. Su refrigeración se efectúa mediante derivación de agua del Ebro, disponiendo de una torre de refrigeración.

Las experiencias desarrolladas y realizadas hasta el momento para la eliminación del mejillón cebra se basan en tratamientos por "shock" térmico. Se ha comprobado que los tratamientos térmicos resultan efectivos a corto plazo para combatir al mejillón cebra pero, a su vez, suponen bajadas muy importantes de producción con las consecuentes pérdidas económicas.

Actualmente este tratamiento consiste en recircular el agua del sistema de circulación a una tempe-

ratura de entre 33-34 °C durante aproximadamente 1 hora y 15 minutos. En principio, el tratamiento está resultando efectivo con una aplicación no superior a 2 veces/año.

Los costes de las actuaciones motivadas por el mejillón cebra se remontan al año 2001, con los inherentes a la inspección de los sistemas (6.000 €). De 2003 a 2005 y con visos de permanencia, continúan las actuaciones de inspección y estudio del desarrollo larvario del mejillón. Las pérdidas de energía se valoran con resultados de 197.830 €, 226.930 € y 117.250 €. Para el año 2006 se estima un presupuesto mínimo de 99.500 €.

3.5. SISTEMAS DE REGADÍO

En la cuenca del Ebro se encuentran grandes sistemas de regadío, suministrados por grandes canales: Lodosa, Tauste, Imperial de Aragón, Delta (margen derecha e izquierda), Bardenas, Riegos del Altoaragón, Aragón y Cataluña, Urgell y Najerilla. Todos ellos, en mayor o menor medida, pueden verse afectados por el mejillón cebra.

En la bibliografía consultada no se han encontrado casos de sistemas de regadío afectados en otros países que conviven con el mejillón cebra, puede ser debido a que no tengan desarrollada una red de canales y acequias tan amplia como la de la Cuenca del Ebro (Araujo, 2006).

En el Canal de la Margen Derecha del Ebro, la toma se ubica en el extremo derecho del azud de Xerta. A la Comunidad General de Regantes de la Derecha del Ebro no se le han planteado problemas ni gastos con motivo del mejillón cebra a fecha de la publicación de este documento. La propia comunidad de regantes lo atribuye al vaciado periódico del canal para su reparación y mantenimiento. Sus afecciones están más relacionadas con las algas, los materiales de arrastre del río o los desperfectos por erosión que origina el cangrejo rojo.

En el Canal de la Margen Izquierda del Ebro, la toma del canal se ubica en el estribo izquierdo del azud de Xerta. Al igual que ocurre con la Comunidad de Regantes de la Margen Derecha, en la actualidad a la margen izquierda no se le han presentado problemas en la toma y red de canales.

La problemática de estos sistemas está en las grandes canalizaciones, que toman agua de embalses que son propicios a presentar una población reproductora estable de mejillón cebra.

Durante los últimos riegos de temporada (septiembre, octubre), antes de la parada invernal, aún pueden existir larvas en el medio. En invierno, los sistemas de riego de los campos y las conducciones principales permanecen llenas de agua estancada hasta la primavera, lo que permite el asentamiento y crecimiento de las larvas. Durante el verano, la adhesión de larvas depende de la presión y la velocidad de flujo del agua.

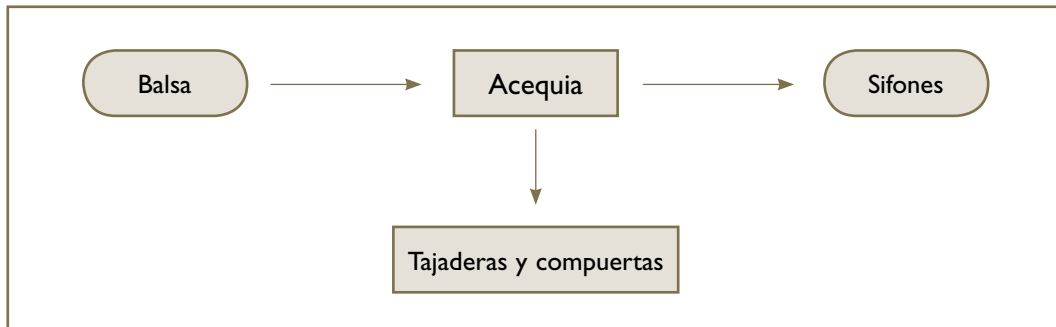
Se distinguen tres tipos de regadíos:

- por inundación,
- por aspersión,
- por goteo.



3.5.1. RIEGO POR INUNDACIÓN

3.5.1.1. Esquema



3.5.1.2. Componentes afectados

| Componente | Problema |
|------------------------|---|
| Canales y acequias | - Recubrimiento |
| Compuertas y tajaderas | - Recubrimiento - Bloqueo - Corrosión |
| Sifones | - Recubrimiento - Taponamiento |



Sifones.



Aspecto interno del sifón.

3.5.1.3. Métodos de control

| | Métodos Preventivos | | | | | | | |
|-----------------------|-----------------------|-------------------------------|--------------------|-----------------------|--------------|------------|--------|---------------|
| | Materiales repelentes | Recubrimientos anticorrosivos | Químicos oxidantes | Químicos no oxidantes | Infiltración | Filtración | Luz UV | Shock térmico |
| Canales, acequias | | | | | | | | |
| Compuertas, tajaderas | | | | | | | | |
| Sifones | | | | | | | | |

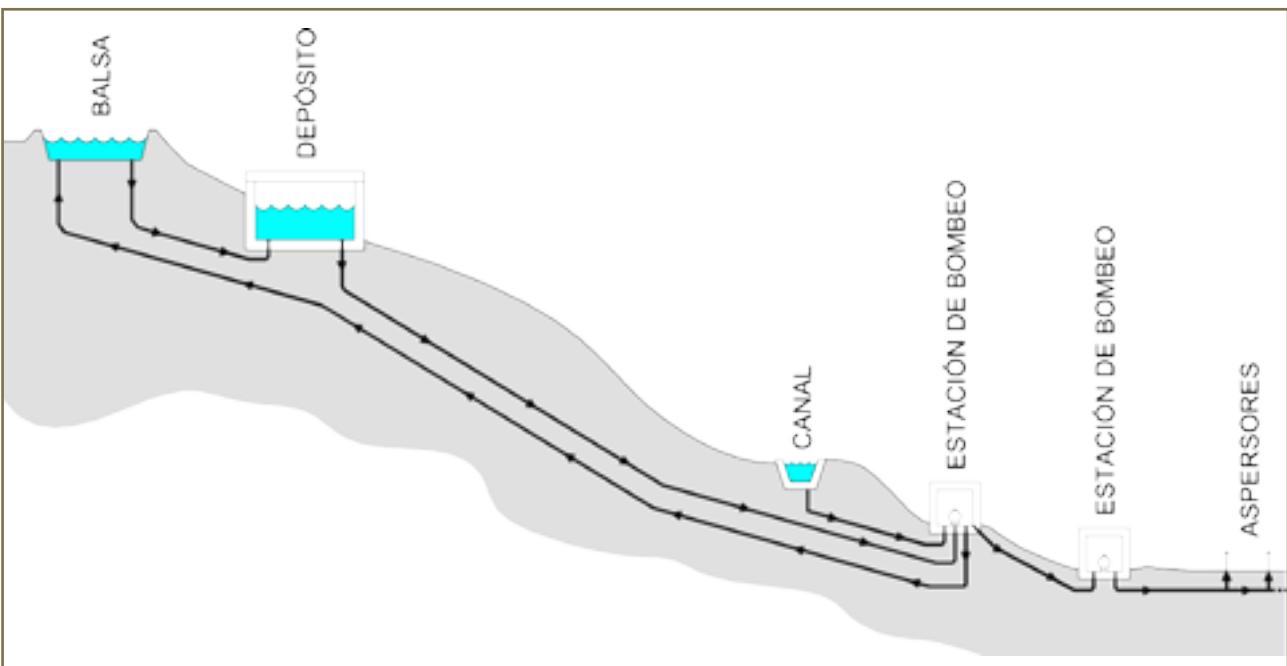
| | Métodos Reactivos | | | | | | | | | | |
|-----------------------|-------------------|-------------|---------------|--------|----------------------------|----------------|---------------------------------------|----------------------------------|------------------------|--------------------|-----------------------|
| | Desecación | Congelación | Shock térmico | Anoxia | Raspado, Limpieza Mecánica | Agua a presión | Gránulos a presión de CO ₂ | Aumentar velocidad flujo de agua | Invertir flujo de agua | Químicos oxidantes | Químicos no oxidantes |
| Canales, acequias | | | | | | | | | | | |
| Compuertas, tajaderas | | | | | | | | | | | |
| Sifones | | | | | | | | | | | |

3.5.2. RIEGO POR ASPERSIÓN

3.5.2.1. Esquema

Los sistemas de riego por aspersión pueden verse afectados por el mejillón cebra, debido a su diseño, por

su uso intermitente, tuberías de pequeño diámetro, filtros, material utilizado en su construcción (hierro, aluminio, acero).



3.5.2.2. Componentes afectados

| Componente | Problema |
|------------------------------------|--|
| Balsas | - Recubrimiento |
| Canales | - Recubrimiento |
| Compuertas y tajaderas | - Recubrimiento - Bloqueo - Corrosión |
| Rejillas contra materiales y peces | - Recubrimiento - Taponamiento - Corrosión |
| Arquetas y filtros | - Recubrimiento - Taponamiento - Corrosión |
| Tuberías | - Taponamiento - Corrosión |
| Juntas | - Recubrimiento - Corrosión |
| Sifones | - Recubrimiento - Taponamiento |
| Estación de bombeo | - Recubrimiento - Taponamiento - Corrosión - Incremento de la fricción - Desequilibrio en el flujo |
| Aspersores | - Taponamiento - Corrosión |



Estación de bombeo de elevación y depósito.



Balsa de riego.



Reja entrada estación de bombeo.



Filtro autolimpiante.

3.5.2.3. Métodos de control

| | Métodos Preventivos | | | | | | | |
|------------|-----------------------|-------------------------------|--------------------|-----------------------|--------------|------------|--------|---------------|
| | Materiales repelentes | Recubrimientos anticrustantes | Químicos oxidantes | Químicos no oxidantes | Infiltración | Filtración | Luz UV | Shock térmico |
| Balsas | | | | | | | | |
| Canales | | | | | | | | |
| Compuertas | | | | | | | | |
| Rejillas | | | | | | | | |
| Bombas | | | | | | | | |
| Tuberías | | | | | | | | |
| Filtros | | | | | | | | |
| Válvulas | | | | | | | | |
| Juntas | | | | | | | | |
| Sifones | | | | | | | | |
| Aspersores | | | | | | | | |

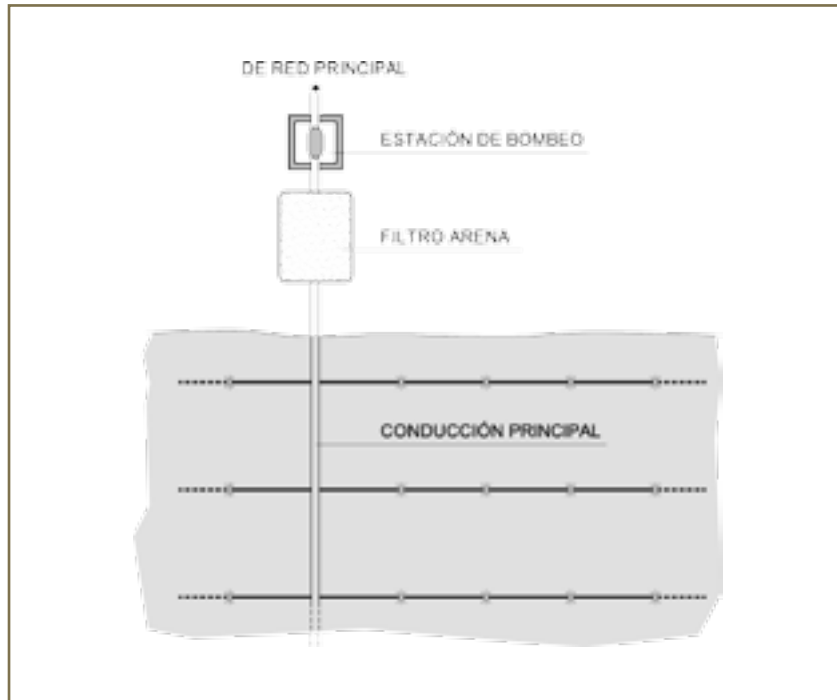
| | Métodos Reactivos | | | | | | | | | | |
|------------|-------------------|-------------|---------------|--------|----------------------------|----------------|---------------------------------------|----------------------------------|------------------------|--------------------|-----------------------|
| | Deseccación | Congelación | Shock térmico | Anoxia | Raspado, Limpieza Mecánica | Agua a presión | Gránulos a presión de CO ₂ | Aumentar velocidad flujo de agua | Invertir flujo de agua | Químicos oxidantes | Químicos no oxidantes |
| Balsas | | | | | | | | | | | |
| Canales | | | | | | | | | | | |
| Compuertas | | | | | | | | | | | |
| Rejillas | | | | | | | | | | | |
| Bomba | | | | | | | | | | | |
| Tuberías | | | | | | | | | | | |
| Filtros | | | | | | | | | | | |
| Válvulas | | | | | | | | | | | |
| Juntas | | | | | | | | | | | |
| Sifones | | | | | | | | | | | |
| Aspersores | | | | | | | | | | | |

3.5.3. RIEGO POR GOTEO

Los sistemas de riego por goteo, presentan el problema de la muy baja velocidad del agua dentro de sus tuberías, por lo que las condiciones para el asentamiento

del mejillón cebra son adecuadas. Además, las tuberías de pequeño diámetro y los poros son susceptibles a sufrir taponamiento por las conchas.

3.5.3.1. Esquema



3.5.3.2. Componentes del sistema

| Componente | Problema |
|--------------------|--|
| Tuberías | - Taponamiento - Corrosión |
| Válvulas | - Taponamiento - Corrosión |
| Filtros | - Recubrimiento - Taponamiento - Corrosión |
| Estación de bombeo | - Recubrimiento - Taponamiento - Corrosión - Incremento de la fricción - Desequilibrio en el flujo |

3.5.3.3. Métodos de control

| | Métodos Preventivos | | | | | | | |
|----------|-----------------------|---------------------------------|--------------------|-----------------------|--------------|------------|--------|---------------|
| | Materiales repelentes | Recubrimientos antiincrustantes | Químicos oxidantes | Químicos no oxidantes | Infiltración | Filtración | Luz UV | Shock térmico |
| Balsas | | | | | | | | |
| Bombas | | | | | | | | |
| Tuberías | | | | | | | | |
| Filtros | | | | | | | | |
| Válvulas | | | | | | | | |

| | Métodos Reactivos | | | | | | | | | | |
|----------|-------------------|-------------|---------------|--------|----------------------------|----------------|---------------------------------------|-------------------------------------|------------------------|--------------------|-----------------------|
| | Desecación | Congelación | Shock térmico | Anoxia | Raspado, Limpieza Mecánica | Agua a presión | Gránulos a presión de CO ₂ | Aumentar velocidad de flujo de agua | Invertir flujo de agua | Químicos oxidantes | Químicos no oxidantes |
| Balsas | | | | | | | | | | | |
| Bomba | | | | | | | | | | | |
| Tuberías | | | | | | | | | | | |
| Filtros | | | | | | | | | | | |
| Válvulas | | | | | | | | | | | |

3.6. USOS GANADEROS

En la demanda ganadera se incluyen los requerimientos hídricos para la alimentación de las diferentes especies de animales, así como los funcionales necesarios para el adecuado desarrollo de la ganadería. Entre estos se incluyen los de limpieza, refrigeración, humectación ambiental, etc.

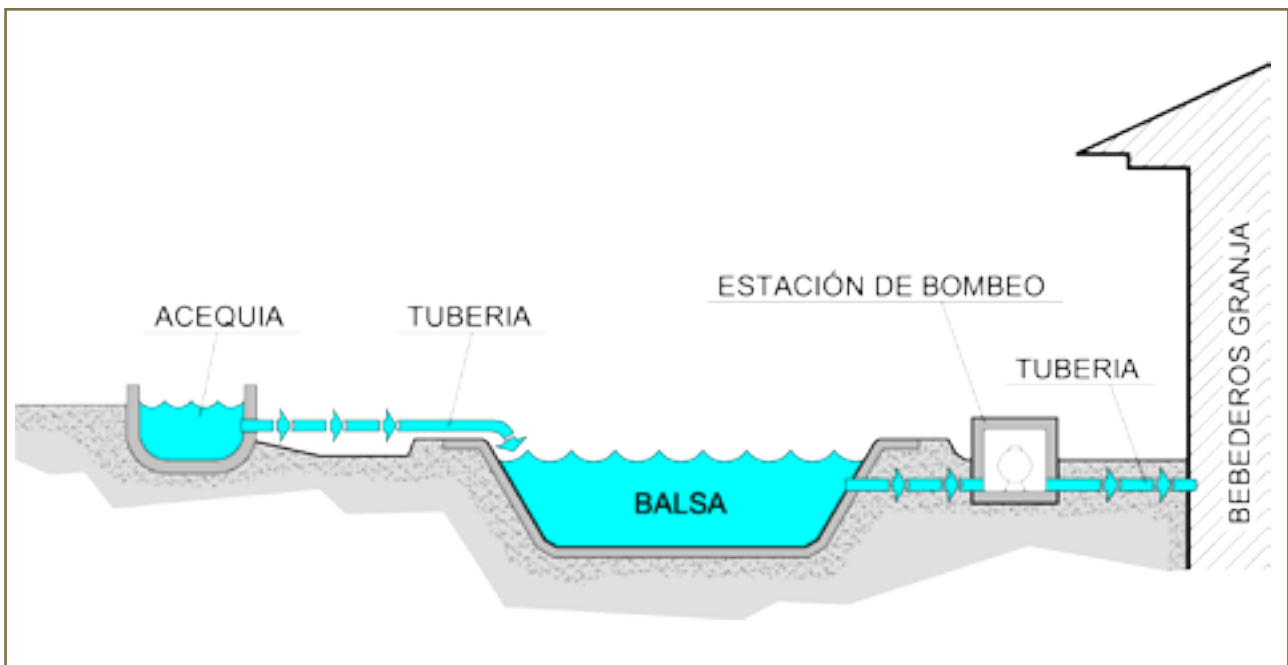
Se estima que el censo actual ganadero establecido en cabezas/día, promedio del año, es de unos 625.000 bovinos, 7.600.000 ovinos, 170.000 caprinos, 5.660.000 porcinos y 41.600.000 aves.

Teniendo en cuenta las dotaciones medias de 100 l/día para el bovino, 4 l/día para ovino y caprino, 14 l/día

para el porcino y 0,18 l/día para las aves, se obtiene una demanda de 66 Hm³ de agua, aproximadamente el 20% de la demanda urbana de la cuenca (CHE, 2007).

La mayor parte de las granjas se abastecen de acequias o de canales de riego, teniendo en cuenta que el origen de estas canalizaciones se encuentra en embalses o azudes de ríos que pueden estar infectados por el mejillón cebra, sus sistemas de abastecimiento de agua pueden verse afectados. Hay que indicar que las labores de mantenimiento y limpieza periódica que se llevan a cabo en las instalaciones pueden minimizar el impacto.

3.6.1. ESQUEMA



3.6.2. COMPONENTES AFECTADOS

| Componente | Problema |
|--------------------|--|
| Balsa o depósitos | - Recubrimiento |
| Estación de bombeo | - Recubrimiento - Taponamiento - Corrosión - Incremento de la fricción - Desequilibrio en el flujo |
| Tuberías | - Taponamiento - Corrosión |
| Abrevaderos | - Taponamiento - Corrosión |

3.6.3. MÉTODOS DE CONTROL

| | Métodos Preventivos | | | | | | | |
|------------------|-----------------------|---------------------------------|--------------------|-----------------------|--------------|------------|--------|---------------|
| | Materiales repelentes | Recubrimientos antiincrustantes | Químicos oxidantes | Químicos no oxidantes | Infiltración | Filtración | Luz UV | Shock térmico |
| Balsa o depósito | | | | | | | | |
| Bomba | | | | | | | | |
| Tuberías | | | | | | | | |
| Abrevaderos | | | | | | | | |

| | Métodos Reactivos | | | | | | | | | | |
|------------------|-------------------|-------------|---------------|--------|----------------------------|----------------|---------------------------------------|-------------------------------------|------------------------|--------------------|-----------------------|
| | Desecación | Congelación | Shock térmico | Anoxia | Raspado, Limpieza Mecánica | Agua a presión | Gránulos a presión de CO ₂ | Aumentar velocidad de flujo de agua | Invertir flujo de agua | Químicos oxidantes | Químicos no oxidantes |
| Balsa o depósito | | | | | | | | | | | |
| Bomba | | | | | | | | | | | |
| Tuberías | | | | | | | | | | | |
| Abrevaderos | | | | | | | | | | | |

3.7. ACUICULTURA

La acuicultura es una actividad que se solapa parcialmente con la ganadería y la industria, aunque implica un uso del agua claramente diferenciado. Sus peculiaridades radican en una especial modulación adecuada al ciclo vital de las especies, unas exigencias estrictas de calidad, un retorno prácticamente total del agua utilizada y unas singulares características del efluente vertido, habitualmente enriquecido en nutrientes.

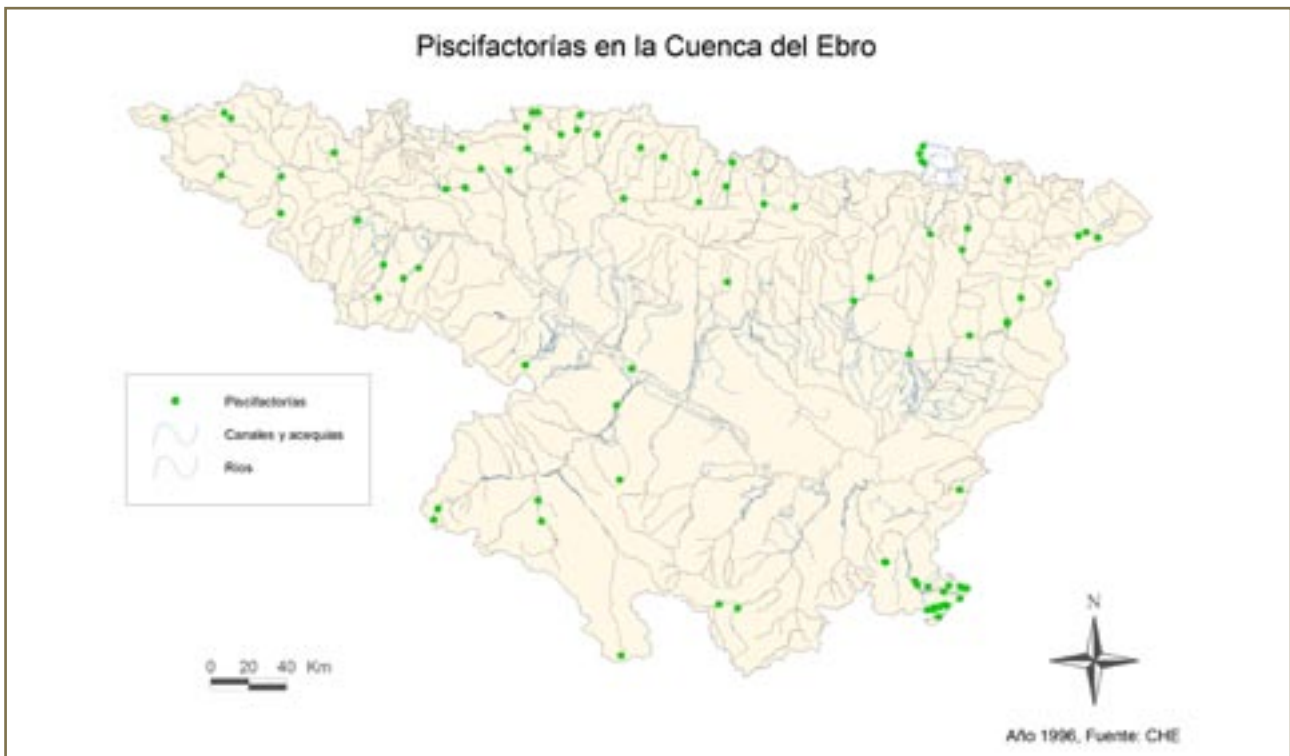
En la cuenca del Ebro hay inventariadas 80 instalaciones de acuicultura, de las cuales 65 corresponden a acuicultura continental y 15 a acuicultura marina. De ellas están operativas 51 y 11 respectivamente.

Las piscifactorías continentales se dedican principalmente a la trucha, existiendo algunas de anguilas, peces ornamentales, ranas y recreativas. La mayor parte de la producción se dirige a la comercialización, aproximada-

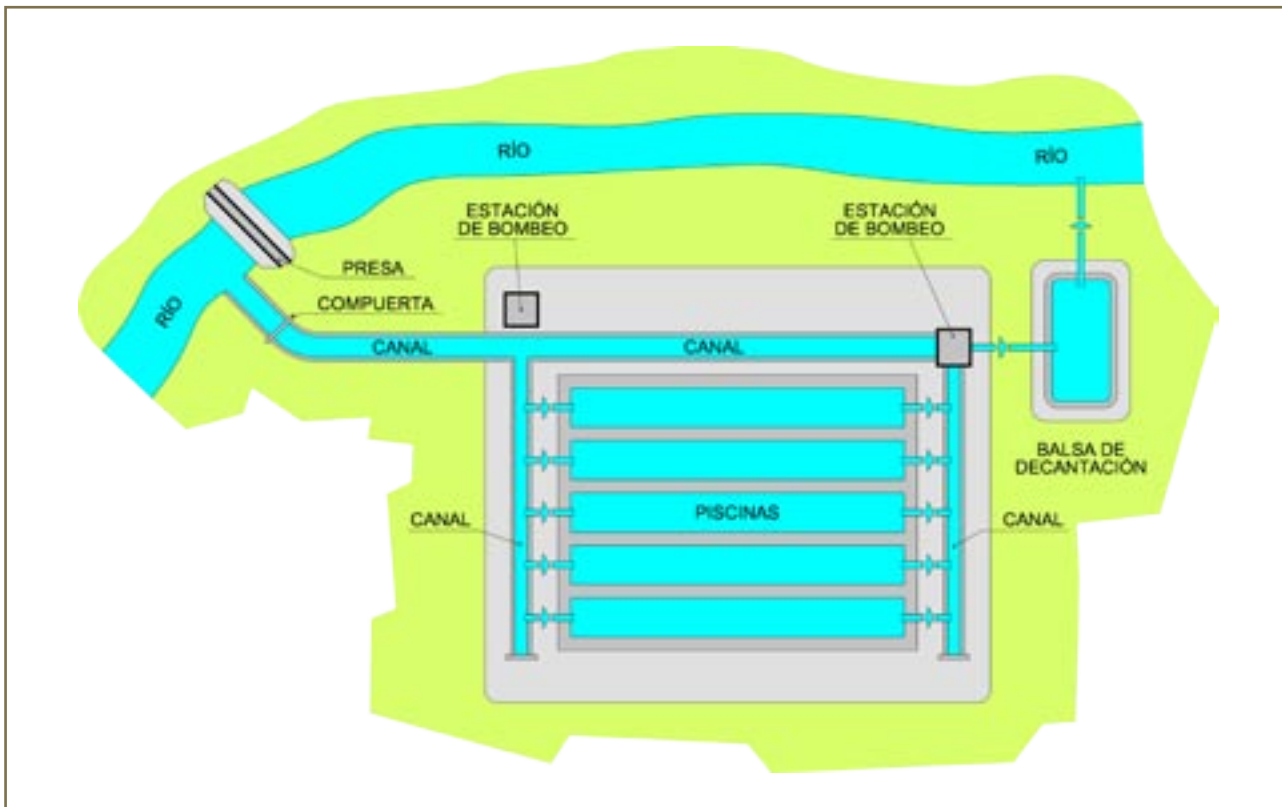
mente el 95% en peso, el 5% restante se destina a las repoblaciones piscícolas que habitualmente realizan las Comunidades Autónomas, y una pequeña fracción se dirige a otro tipo de usos de componente recreativa (CHE, 2007).

Uno de los principales problemas se encuentra en que toman el agua directamente de las masas de agua que pueden estar infectadas por el mejillón cebra. Hay que tener en cuenta que las labores de mantenimiento periódico que se realizan en las instalaciones pueden minimizar el impacto.

Parte de la producción de las piscifactorías va destinada al consumo humano y parte a la repoblación de masas de agua. Se deberá llevar a cabo un control de las aguas de la instalación antes de llevar a cabo la repoblación para asegurar la ausencia de larvas.



3.7.1 ESQUEMA



3.7.2. COMPONENTES AFECTADOS

| Componente | Problema |
|--|--|
| Toma de agua | - Recubrimiento - Taponamiento - Corrosión - Disminución del flujo de agua por fricción |
| Sistemas de bombeo | - Recubrimiento - Taponamiento - Corrosión - Incremento de la fricción - Desequilibrio en el flujo |
| Filtros | - Recubrimiento - Taponamiento - Corrosión |
| Rejillas | - Recubrimiento - Taponamiento - Corrosión |
| Tuberías y válvulas | - Taponamiento - Corrosión |
| Piscinas | - Recubrimiento |
| Instrumentación (medidores de flujo y nivel) | - Recubrimiento - Datos erróneos |



Piscifactoría.



Rejas.



Canal.



Bomba.

3.7.3. MÉTODOS DE CONTROL

| | Métodos Preventivos | | | | | | | |
|--------------------|-----------------------|-------------------------------|--------------------|-----------------------|--------------|------------|--------|---------------|
| | Materiales repelentes | Recubrimientos anticorrosivos | Químicos oxidantes | Químicos no oxidantes | Infiltración | Filtración | Luz UV | Shock térmico |
| Piscinas | | | | | | | | |
| Compuertas | | | | | | | | |
| Rejas | | | | | | | | |
| Filtros | | | | | | | | |
| Válvulas | | | | | | | | |
| Bombas | | | | | | | | |
| Tuberías | | | | | | | | |
| Medidores de flujo | | | | | | | | |
| Medidores de nivel | | | | | | | | |

| | Métodos Reactivos | | | | | | | | | | |
|--------------------|-------------------|-------------|---------------|--------|----------------------------|----------------|---------------------------------------|-------------------------------------|------------------------|--------------------|-----------------------|
| | Deseccación | Congelación | Shock térmico | Anoxia | Raspado, Limpieza Mecánica | Agua a presión | Gránulos a presión de CO ₂ | Aumentar velocidad de flujo de agua | Invertir flujo de agua | Químicos oxidantes | Químicos no oxidantes |
| Piscinas | | | | | | | | | | | |
| Compuertas | | | | | | | | | | | |
| Rejas | | | | | | | | | | | |
| Filtros | | | | | | | | | | | |
| Válvulas | | | | | | | | | | | |
| Bombas | | | | | | | | | | | |
| Tuberías | | | | | | | | | | | |
| Medidores de flujo | | | | | | | | | | | |
| Medidores de nivel | | | | | | | | | | | |

4. Empresas colaboradoras





A continuación se nombran una serie de empresas que en algún momento han ofrecido sus servicios a la Confederación para el control del mejillón cebrado con las que la Confederación no tiene ninguna vinculación. Además de las empresas citadas en este documento, en el mercado se pueden encontrar otras empresas que ofrecen métodos de control.

MÉTODOS FÍSICOS

RECUBRIMIENTOS

■ **Promover Hispania S.L.** Empresa dedicada al tratamiento y recubrimiento de superficies metálicas, con copolímeros y poliamidas. Uno de sus productos: Polvo de revestimiento de aleación polimérica de alto rendimiento (PPA571)

Oficina: C/ Pensamiento, 27, 3.º (28020 Madrid)

Taller: Ctra. Torrejón-Ajalvir, Km 3100, Nave 4

Pol. Ind. SEYSA (28864 Ajalvir)

Tel./Fax 918 844 119

FILTROS

■ **Sistemas de Filtrado y Tratamiento de Fluidos, S.A. (STF)** Empresa especialista en el diseño y ejecución de instalaciones de filtrado para todo tipo de aguas. STF-Filtros realiza ejecuciones dirigidas a distintos sectores de mercado que se pueden clasificar en instalaciones de riego y abastecimientos, depuradoras y potabilizadoras de agua e industrias siderúrgicas, químicas y de alimentación.

Polígono La Armentera, Parc. 97 - Nave 2

22400 Monzón (Huesca)

Tel. 974 401 584 - Fax 974 401 448

www.vicentecanales.com

SISTEMAS DE LIMPIEZA

■ **Hidrolimpiadoras y generadores, S.L. (LIMGE)**

Polígono Malpica-Alfindén. C/ Adelfa, Naves 23-25

50171 La Puebla de Alfindén (Zaragoza)

Tel. 976 108 482 - Fax 976 108 502

www.limge.com

■ **Hako** Importador exclusivo de maquinaria industrial de limpieza.

C/ Feixa Llarga, 58 - 08907 L'Hospitalet de Llobregat (Barcelona)

Teléfono 93 264 90 10

E-mail: hako@hako.es

www.hako.es

■ **Aguas de Asturias S.L.** Compañía asturiana especializada en acuicultura y trabajos submarinos, la construcción de emisarios y muelles, el salvamento de buques, la instalación de cableado telefónico submarino, trabajos en plataformas petrolíferas y voladuras submarinas.

C/ Magnus Blisktd, 53, 1.º 12. Gijón

Tel. 696 121 610 / 660 898 738 - Fax 985 258 574

■ **Geysel Main S.C.**

Calle G, 49 (pol. ind. Malpica Alfindén)

La Puebla de Alfindén 50171 Zaragoza

Tel. 876 246 149 - Móvil 685 495 143

Limpieza con CO₂

■ **CO₂ Limpieza criogénica, S.L.**

Polígono Industrial de Heras

Autopista Bilbao-Santander

Parcela 207 - 39792 Heras (Cantabria)

info@limpiezaco2.com

■ **Mainorte S.L.**

Pol. Ind. Talluntxe II, c/c nº 53 bis.

Noain. NAVARRA

Tel. 948 31 85 62 - Fax 948 31 63 49

info@mainorte.com

■ **Materias Primas Abrasivas S.L.**

C/ Energía 2, Polígono Industrial Famades

E-08940 - CORNELLÀ DE LLOBREGAT

BARCELONA (ESPAÑA)

TEL. +34 933 778 255

FAX +34 933 770 573

Email: mpa@mpa.es

FE DE ERRATAS (pág. 47):

FILTROS

■ **Sistemas de Filtrado y Tratamiento de Fluidos, S.A. (STF).**

Polígono La Armentera, parc. 87, nave 2

22400 Monzón (Huesca)

Tel. 974 401 933 - Fax 974 417 809

www.vicentecanales.com

SISTEMAS DE LIMPIEZA

■ Se ha introducido por error en el manual la empresa **Hako**, esta empresa no está relacionada con la temática que nos ocupa en el presente manual.

■ El nombre correcto de la empresa Aguas de Asturias S.L., sería **Algas de Asturias S.L.**

MÉTODOS QUÍMICOS

CLORO Y DERIVADOS

■ **CPQ Ibérica, S.A.U.** Esta empresa catalana oferta sistemas generadores de ClO_2 .

Pol. Ind. "Can Magarola" - C/ Facundo Bacardi i Massó, 15
08100 Mollet Del Valles (Barcelona)
Tel. 935 700 901 - Fax 935 700 675
cpq@cpqiberica.com

PERMANGANATO POTÁSICO

■ **Carus Chemical Company.** Esta compañía norteamericana es suministradora de permanganato potásico destinado a la lucha contra el mejillón cebra.

www.caruschem.com

MOLUSQUICIDAS (BIOCIDAS)

■ **OX-CTA** Empresa, perteneciente al Grupo OX, que basa su actividad en a labor de investigación para desarrollar productos biocidas ecológicos, con aplicaciones técnicas, destinados ala higiene en diferentes sectores. Presentan un biocida llamado "Ox-Virin" como alternativa al uso de hipoclorito sódico en la eliminación del mejillón cebra.

Compañía de Tratamiento de aguas, S.L.
Parque Tecnológico Walqa. Edificio CEEI Aragón
Ctra. de Zaragoza, Km 67 22197 Cuarte (Huesca)
Tel. 974 214 161 - Fax 974 214 470
www.oxcta.com

■ **Arvensis Agro, S.A.** Esta empresa propone como alternativa y opción para solucionar el problema del mejillón cebra su insecticida ecológico "Compagri 2002"

Ctra. de Castellón, km 212,1
50740 Fuentes de Ebro (Zaragoza)
Tel. 976 169 181 - Fax 976 169 183
www.arvensis.com

■ **PlagaStop** Esta empresa es distribuidora del producto P3-Ferrocid EMC de la marca Henkel. Este producto está orientado a la eliminación del mejillón cebra.

Polígono Centrovía
C/ Nicaragua, n.º 10, nave 5
50196 La Muela (Zaragoza)
Tel. 976 149 557 - Fax 976 149 556

5. Bibliografía



Anhidra consultoría agroambiental S.L.(2006). "Prospecciones y ensayos realizados en el embalse de Mequinenza en relación a la invasión del mejillón cebrá (*Dreissena polymorpha*)". Informe inédito.

Araujo, R. (2006). "La afección del mejillón cebrá y su posible lucha en las infraestructuras, especialmente en los riegos tradicionales y modernizados del Levante Ibérico". Informe inédito.

Boelman, S.F., Neilson, F.M., Dardeu, E.A. Jr., Cross, T. (1997). "Zebra Mussel (*Dreissena polymorpha*) Control Handbook for Facility Operators". First Edition. U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station.

Clarke, M., McMahon, R.F., Miller, A.C., and Payne, B.S. (1993). "Tissue freezing points and time for complete freezing in zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) with reference to dewatering during freezing conditions as a dewatering strategy". Third International Zebra Mussel Conference: Agencies and Abstracts. Toronto, Ontario. February 23-26, 1993.

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

Claudi, R. (2006). Seminario Internacional "Estrategias de actuación en aguas afectadas por el mejillón cebrá". 18 y 19 de octubre de 2006. Zaragoza.

Ecoprogreso y 2ππ ingenieros I,s.l. (2005). "Seguimiento de las larvas de mejillón cebrá (*Dreissena polymorpha*) en la Central Nuclear de Ascó". Informe inédito.

Fraleigh, P.C., Van Cott, W.R., Wenning, M.E., and DeKam, J.A. (1993). "Effects of hypochlorite, permanganate, chloride dioxide, and chloramine on zebra mussel settling". Third International Zebra Mussel Conference: Agenda and Abstracts. Toronto, Ontario. February 23-26, 1993.

Jenner, H.A. (1983). "Control of mussel fouling in the Netherlands: Experimental and existing methods". Proceedings of Symposium on Condenser macrofouling control technologies: The state of the art. I.A. Diaz-Tous, M.J. Miller, and Y.G. Mussalli, eds. Electric Power Research Institute, Palo Alto, CA, 18.1-18.13.

Jenner, H.A., and Janssen-Mommen, J.P.M. (1989). "Control of zebra mussels in power plants and industrial settings". Proceedings of the Second International Zebra Mussel Conference, Rochester, N.Y. November 28-29, 1989. New York Sea Grant Extension and the U.S. Fish and Wildlife Service.

Lewis, D., Van Benschoten, J.E., and Jensen, J.N. (1993). "A study to determine effective ozone doses at various temperatures for inactivation of adult zebra mussels". Unpublished Ontario Hydro Report.

McMahon, R.F., and 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.

Miller, A.C., Neilson, M. (1992). "Controlling Mussel Infestations in Fire Prevention

Systems in Locks that Use Raw Water". Technical Note ZMR-3-02, March 1992.

Palau, A., Cía, I., Fargas, D., Bardina, M. y Massuti, S. (2004). "Resultados preliminares sobre ecología básica y distribución del mejillón cebrá en el embalse de Riba-roja (Río Ebro)". ENDESA.

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

Pérez, L. y Chica, C. (2006). "Estimación de los costes económicos de la invasión del mejillón cebrá (*Dreissena polymorpha*) en la cuenca del Ebro". Fundación Economía Aragonesa.

San Giacomo, R. L., Wymer, M. W. (1996). "Successful applications of Zebra Mussel treatment, excluding chlorine". R & D Engineering

Sprecher, L.S, Getsinger, D. K. (2000). "Zebra Mussel Chemical Control Guide". U.S. Army Engineer Research and Development Center. Environmental Laboratory.

PÁGINAS WEB

- Página de Endesa donde se exponen los resultados del laboratorio dedicado al mejillón cebrá que posee en el embalse de Riba-roja:

<http://www.mejilloncebra.endesa.es/>

- Página de la Armada de Estados Unidos, se encuentra el Zebra Mussel Information System:

<http://el.erdc.usace.army.mil/zebra/zmis/>

- Confederación Hidrográfica del Ebro, información actualizada sobre el mejillón cebrá en la cuenca:

<http://www.chebro.es/>

- Confederación Hidrográfica del Júcar, informe sobre la afección a los regadíos de Levante:

http://www.chj.gob.es/mejilloncebra/Documentos/informe_infraestructuras.pdf

- Página dedicada a recopilar artículos sobre especies invasoras:

<http://www.sgnis.org/www/zebra.htm>

