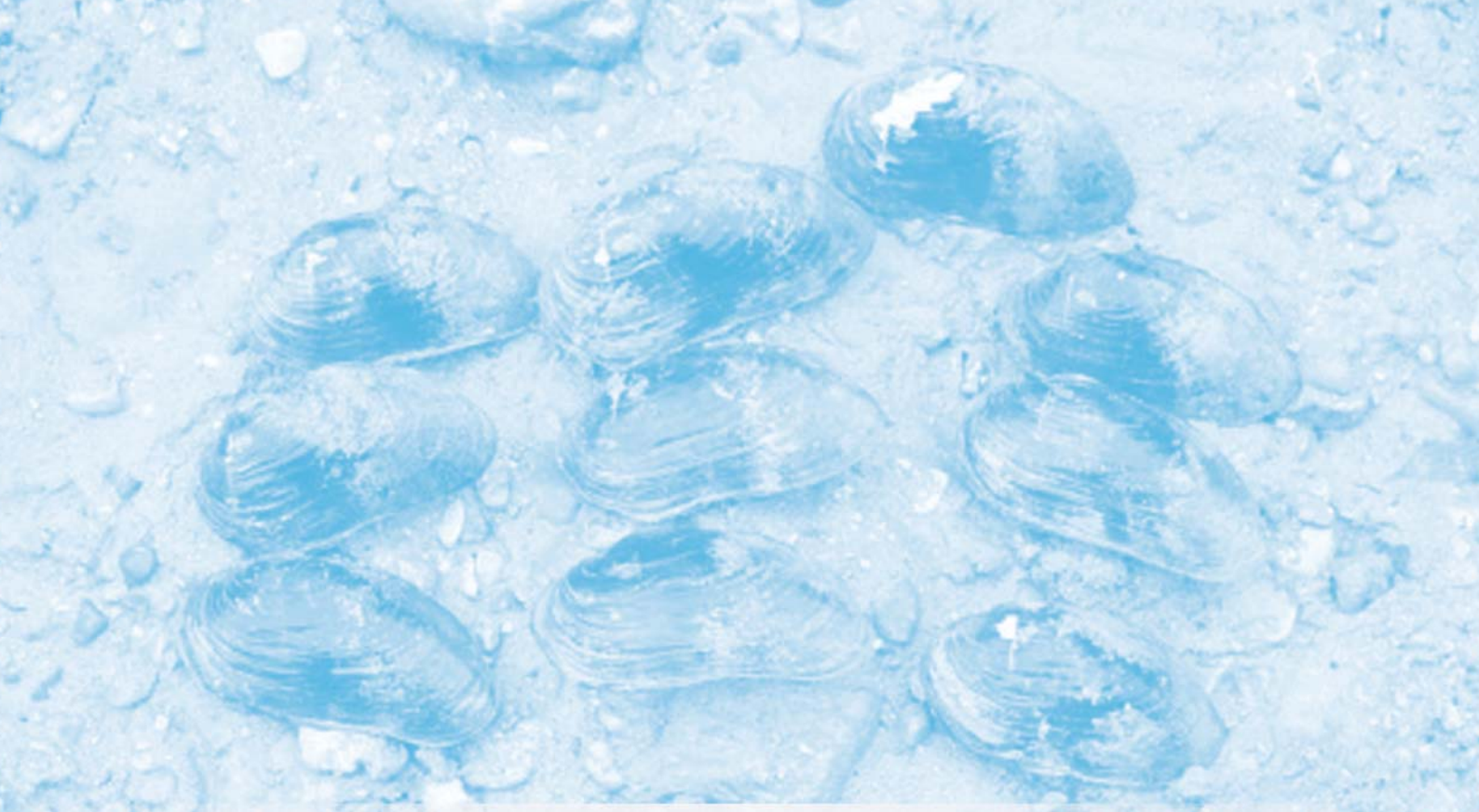
Las almejas de agua dulce en Aragón: *Margaritifera auricularia* y otros bivalvos

Autores: Manuel Zapater Galve • Rafael Araujo Armero • Ramón Manuel Álvarez Halcón • Keiko Nakamura Antonacci
Manuel Alcántara de la Fuente (Coordinador)

serie: especies



Las almejas de agua dulce en Aragón: *Margaritifera auricularia* y otros bivalvos

Autores: Manuel Zapater Galve • Rafael Araujo Armero • Ramón Manuel Álvarez Halcón • Keiko Nakamura Antonacci
Manuel Alcántara de la Fuente (Coordinador)

serie: especies

© De la edición, Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón

I.S.B.N.:
Depósito Legal: Z-

Edita

Consejo de Protección
de la Naturaleza
de Aragón

Esta publicación fue posible gracias a la financiación del Gobierno de Aragón.

Coordinador:

Manuel Alcántara

Autores:

Manuel Zapater
Rafael Araujo
Ramón Manuel Álvarez
Keiko Nakamura

Maqueta e imprime:

Gráficas Mola SCI
C/ Fray Juan Regla, 3
ZARAGOZA

Índice

I. LAS NÁYADES. BIVALVOS DE AGUA DULCE EN ARAGÓN 5

Introducción 5

Características de las náyades 6

Especies de náyades presentes en Aragón 10

II. MARGARITIFERA AURICULARIA 15

Posición taxonómica 15

Morfología y anatomía 15

Breve historia del conocimiento sobre *M. auricularia* 17

Ecología y distribución 19

Biología de *M. auricularia* 26

El pez fraile, *Salaria fluviatilis*, hospedador de *M. auricularia* 31

Usos tradicionales 33

Factores de amenaza para *Margaritifera auricularia* 37

El caso del mejillón cebra, *Dreissena polymorpha*, una especie exótica invasora 43

Acciones para la conservación de *Margaritifera auricularia* en Aragón 50

Plan de recuperación de *Margaritifera auricularia* en Aragón 59

III. Legislación en Aragón, en España y en Europa 63

IV. Bibliografía recomendada 65

I. Las Náyades. Bivalvos de agua dulce en Aragón

Introducción

El presente libro, dentro de la serie «Especies» de las publicaciones del Consejo de Protección de la Naturaleza surge como respuesta al creciente interés despertado por la náyade de agua dulce, *Margaritifera auricularia*, en todos los estratos de la sociedad.

A partir de 1995 y 1996, tras varias décadas en las que no se habían realizado estudios apropiados para detectar su presencia en la cuenca del Ebro, esta singular náyade ha atraído, además de a científicos y responsables políticos, a la sociedad en general.

Aragón dispone de la mayor población conocida de esta especie a fecha de febrero de 2006, con más de 2500 ejemplares identificados en el Canal Imperial de Aragón, así como algunas decenas más en el Canal de Tauste y el propio cauce del río Ebro. La especie está considerada como «En Peligro de Extinción» tanto en el Catálogo de especies amenazadas de Aragón (regulado por el Decreto 49/1995 del Gobierno de Aragón, modificado por el Decreto 181/2005), como en el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas (Real Decreto 439/1990).

Estos hechos, así como el que no se hayan encontrado por el momento más que individuos adultos de la especie, ha llevado recientemente al Gobierno de Aragón a aprobar un Plan de Recuperación de la especie (Decreto 187/2005, de 26 de septiembre, del Gobierno de Aragón, por el que se establece un Régimen de Protección para la *Margaritifera auricularia* y se aprueba el Plan de Recuperación).

Además de ello, desde el año 2004, se está desarrollando un programa LIFE «Conservación de *Margaritifera auricularia* en Aragón» (LIFE 04NAT/ES/000033) cofinanciado por la Comisión Europea. Este programa tiene una duración de cuatro años y ya está dando sus primeros resultados.

En enero de 2006 se celebró en Zaragoza un Seminario sobre la especie organizado por el Departamento de Medio Ambiente del Gobierno de Aragón, con intervenciones a cargo de especialistas y gestores, y con la participación de los

usuarios de los Canales de Riego en que se encuentra presente *M. auricularia*. La asistencia de público interesado fue muy notable, así como su repercusión en prensa.

En este contexto, el objetivo de esta publicación no es simplemente divulgar los aspectos más relevantes conocidos sobre *Margaritifera auricularia* y los trabajos que con la especie se están llevando a cabo, sino también dar a conocer, aunque sea brevemente, al resto de especies de bivalvos nativos presentes en las aguas de los ríos de Aragón. A menudo, estas especies son confundidas con la propia *M. auricularia*, precisamente como consecuencia de la creciente popularidad de esta última.

Por la relevancia que está adquiriendo en estos últimos años y su condición de amenaza para las náyades autóctonas (entre sus otros efectos perniciosos), se tratará asimismo el caso del mejillón cebra, como paradigma de especie exótica invasora.

Finalmente, se ofrece una ficha de datos sobre la única especie nativa de pez que ha demostrado, en condiciones experimentales, ser un hospedador viable para los gloquidios de *Margaritifera auricularia*.

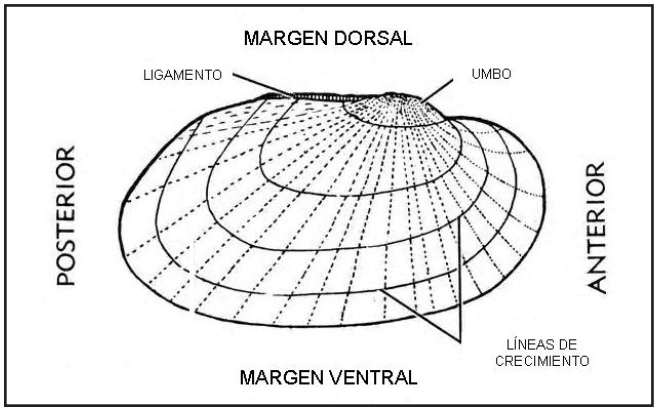
Características de las náyades

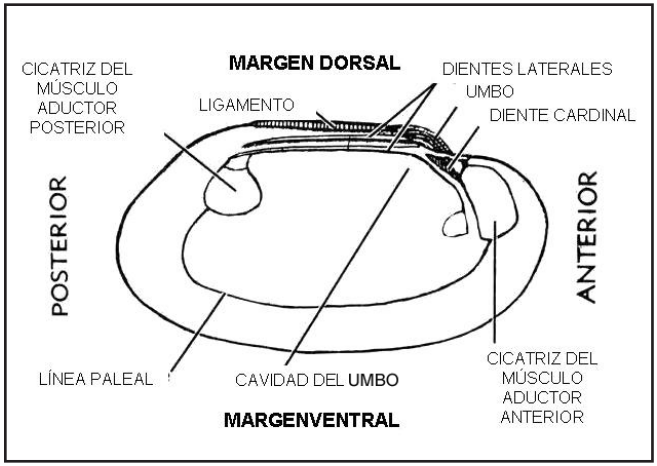
Se conoce como náyades o almejas de agua dulce a un grupo de moluscos bivalvos, generalmente de tamaño medio o grande que habitan en agua dulce. Su nombre hace referencia a las ninfas de la mitología griega que guardaban las corrientes de agua, y desde el punto de vista evolutivo se trata de especies muy antiguas, remontándose su origen al período Devónico según el registro fósil.

Estos moluscos viven generalmente formando grandes colonias enterradas o semienterradas en el sustrato, desde donde filtran el agua y remueven y oxigenan el fondo de los cauces. Desempeñan por tanto un importante papel como depuradores de aguas y fondos, ya que la capacidad de filtración de una náyade adulta puede alcanzar los 20 litros de agua al día, o incluso más.

La mayoría de las especies son dioicas, es decir, se pueden encontrar individuos machos y hembras, aunque existen especies hermafroditas (ejemplares con ambos sexos simultáneamente). Su principal característica es que tras la fecundación, siempre interna, incuban entre sus branquias una larva (gloquidio) que requiere la colaboración de un pez para transformarse en juvenil. Viven en todos los continentes salvo la Antártida.

Figuras 1 y 2: *Anatom a externa (arriba) e interna (abajo) de las valvas de un bivalvo (Haas, modificados por Manuel Zapater).*





En la actualidad se conocen alrededor de 10.000 especies de bivalvos, de las cuales unas 2.000 viven en agua dulce. Pese a esta gran diversidad, el patrón anatómico general de este grupo de moluscos es muy simple y homogéneo. La concha está formada por dos valvas que engloban al cuerpo del animal y están unidas por un ligamento proteico situado cerca del umbo o vértice. Bajo el umbo discurre la charnela o bisagra que suele tener unos dientes en su cara interna que encajan entre los de la valva opuesta.

Puesto que la identificación de las especies de bivalvos se basa en las características de los distintos elementos que componen el cuerpo de estos animales, conviene familiarizarse con la singular terminología que se utiliza para nombrar cada parte de las valvas de una náyade y, en general, de un bivalvo. (fig. 1 y 2). Como norma de orientación básica debe tenerse en cuenta que la región anterior de una nayade es aquella que se encuentra más próxima al umbo o vértice de la concha, y por ende la posterior la contraria. Por su parte, la parte dorsal es aquella en la que se encuentra el vértice, y la ventral la opuesta.

- Umbo: Es el vértice de las valvas y donde se inicia el crecimiento de las mismas. Señala la forma y dimensiones de la concha juvenil. Puede estar desgastado por el tiempo o presentar pequeños tubérculos.

- Escultura: Se refiere a la ornamentación típica de las valvas. Puede ser radial o concéntrica. En las náyades ibéricas suele estar reducida a anillos paralelos poco patentes.

- Ligamento: Es alargado y muy resistente. Está compuesto por proteínas. Su acción tiende a abrir las valvas.

- Charnela: Es la placa con dientes que encajan en las dos valvas. El número y forma de estos dientes son características diagnósticas para diferenciar las especies. En las náyades ibéricas presenta dientes laterales alargados y centrales o cardinales.

- Músculos aductores: Su acción tiende a cerrar las valvas. Su inserción deja unas marcas redondeadas u ovales características en el interior de las valvas.

- Línea paleal: Es la marca que deja el cuerpo del molusco en la cara interna de las valvas. Puede tener un entrante o seno paleal que representa la marca de los sifones por donde el bivalvo toma y suelta el agua.

Bajo las valvas, y cubiertos por estas, se sitúan los lóbulos del manto, que conforman una especie de saco que engloba el resto del cuerpo del animal. Son precisamente las células de la cara más externa del manto las que liberan el carbonato cálcico que hace crecer la concha. El borde donde se unen los dos lóbulos del manto presenta dos aberturas que forman los sifones -uno superior, exhalante, y otro inferior, inhalante- y una tercera por la que asoma el pie.

El pie es un órgano muy musculoso y extensible, que permite a los animales enterrarse y desplazarse sobre el sustrato. Es, junto con las branquias, el órgano más grande de las náyades. En algunas especies presenta una glándula llamada biso que forma filamentos adherentes con los que los ejemplares se unen al substrato (este biso es fácilmente apreciable en los mejillones).

Entre el manto y el pie se sitúan las branquias, dos a cada lado del pie y cada una de ellas con dos hojas o lamelas, extremadamente delgadas, lo que facilita el intercambio de oxígeno con el medio, y con una gran superficie, que incrementa la capacidad de filtración de este órgano fundamental para la vida de los bivalvos.

Los órganos, aparatos y sistemas internos que desarrollan las funciones vitales de los bivalvos y, por tanto, de las náyades, no difieren en su organización general de los de otros animales de su grupo, aunque su apariencia y estructura detallada pueda resultar algo desconocida para los no iniciados (fig. 3):

- Aparato digestivo: está incluido en el paquete visceral dentro del pie y está formado por boca, esófago corto, estómago, intestino y ano. Las partículas alimenticias son filtradas por las branquias y captadas por cuatro palpos labiales que rodean la boca. Estas partículas se mezclan con la mucosidad y van a parar al estómago. Si el tamaño de las partículas es grande pueden ser excretadas por encima del cuerpo formando unas pseudoheces. El ano se abre por el sifón exhalante.

- Sistema circulatorio: el corazón se encuentra en posición dorsal por encima de la parte final del digestivo. La circulación es del tipo abierta y no tienen pigmentos respiratorios.

- Sistema nervioso: está formado por tres pares de fuertes ganglios conectados por fibras.

- Branquias: con una doble misión, filtración del alimento e intercambio de oxígeno con el agua para la respiración. En las náyades, además son el lugar donde se produce la fecundación de los huevos y donde se incuban las larvas.

- Aparato reproductor: tienen un par de gónadas embebidas en el paquete visceral. Suelen aumentar su tamaño en la época de reproducción. Los bivalvos marinos son generalmente dioicos y con fecundación externa, mientras que los de agua dulce pueden ser hermafroditas y presentan fecundación interna. Las náyades ibéricas son generalmente dioicas, aunque se ha comprobado que la población del Canal Imperial de Aragón de *Margaritifera auricularia* es hermafrodita. En las náyades los huevos fecundados se incuban en las branquias maternas hasta el estado de larva o gloquidio.

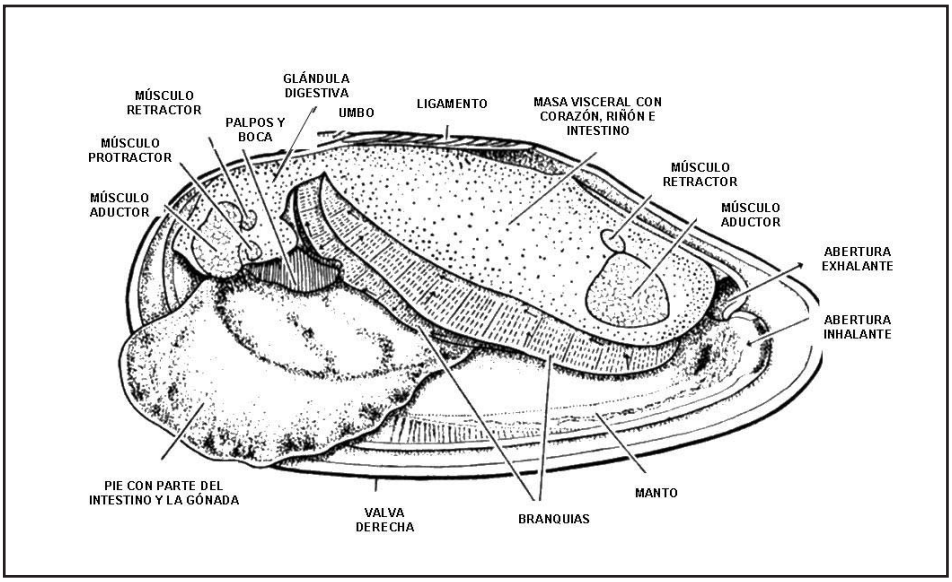


Figura 3: *Diagrama anatom a interna de una n yade (Ellis, modificado por M. Zapater).*

Muchos bivalvos tienen la capacidad de formar concreciones calcáreas frente a cuerpos extraños que se introducen entre el manto y la concha. Por este proceso se forman las perlas en algunas especies. Sin embargo, la margaritona, también conocida en ocasiones como almeja perlífera gigante de río, no forma verdaderas perlas. Es el grosor de su nácar lo que resulta muy llamativo.

▲ **Figura 4:** Formaci n de perla en una concha de *M. auricularia* (Ram n Manuel Ivarez Halc n).

Especies de náyades presentes en Aragón

A principios del siglo XX existían zonas del Ebro donde el fondo estaba prácticamente cubierto de náyades. En la actualidad su densidad ha disminuido enormemente debido a diversas causas, no obstante, aún se pueden encontrar en Aragón cuatro especies de náyades nativas. Además de *Margaritifera auricularia*, las otras tres son las siguientes:

Anodonta sp.

Actualmente está en revisión el estatus taxonómico de la especie del género *Anodonta* que habita en la cuenca del Ebro. Aunque generalmente se ha citado con el nombre de *Anodonta cygnea*, hasta que los científicos no determinen la especie

de que se trata es preferible denominarla *Anodonta* sp. A pesar de su gran tamaño, su concha es proporcionalmente muy fina. Puede ser la más grande de las náyades presentes en Aragón, con una longitud que puede sobrepasar los veinte centímetros. Vive enterrada en los fondos limosos de canales, embalses y tramos lentos de los ríos, aunque también se ha encontrado en zonas de rápidos.

Figura 5: *Anodonta* sp. (Rafael Araujo).

Las valvas de esta náyade, debido a su delgadez, son muy delicadas y cuando quedan al descubierto fuera del agua pronto se resecan y agrietan. Morfológicamente su concha se caracteriza por ser muy abombada en el adulto y por el color exterior pardo amarillento. Internamente su característica diferencial es la ausencia de dientes en la charnela.

Los gloquidios de esta especie son grandes (hasta 300 micras) de forma triangular y con un fuerte gancho en cada valva.

Potomida littoralis

Es probablemente la náyade más común en el Ebro. Los adultos pueden medir hasta 9 centímetros y presentan un aspecto típico de almeja de río. Su concha es sólida, ligeramente romboidal y de color generalmente negro o pardo oscuro, a veces verde, en ocasiones con líneas amarillentas radiales que parten del umbo. Los juveniles pueden ser más claros.

Figura 6: *Potomida littoralis* (R. Araujo).

El interior de la concha es blanco, con un nácar bastante grueso. Tienen ligamento externo, y el umbo suele presentar escultura en forma de ondas. La charnela de la valva izquierda tiene dos dientes laterales y dos cardinales fuertes y aserrados. En la derecha aparece un diente lateral y uno cardinal de forma piramidal también aserrado. Se distingue de las especies del género *Unio* por tener una concha menos alargada y más alta, de forma que para una misma longitud, esta especie siempre es más alta.

Unio mancus

Hace unos años se conocía con el nombre de *Unio elongatulus*. Los adultos presentan un aspecto típico de mejillón de río, con la concha oscura, parda, en ocasiones verduzca, sólida y alargada. El umbo es prominente y redondeado. La longitud de las conchas suele ser inferior a 10 cm. El interior es blanco y presenta una línea paleal muy marcada entre las cicatrices de los músculos aductores anterior y posterior. Inmediatamente debajo está la charnela, con dos dientes laterales posteriores en la valva izquierda y uno en la derecha, todos muy alargados. Entre estos y el músculo aductor anterior se disponen los dientes cardinales, dos en la valva izquierda y uno en la derecha. Suelen ser dientes fuertes, de aspecto laminar y generalmente carenados.

Los gloquidios de *Unio mancus* son triangulares, miden aproximadamente 200 μm y presentan un fuerte gancho en el centro del borde ventral.

Figura 7: *Unio mancus* (R. Araujo).

Figura 8: Concreci n calc rea en concha de *Unio mancus* (Ram n Manuel Ivarez Halc n).

Además de estas especies nativas pueden encontrarse otros dos bivalvos exóticos que no son náyades: la almeja asiática (*Corbicula fluminea*) y el mejillón cebra (*Dreissena polymorpha*), que se trata detenidamente más adelante.

Corbicula fluminea

La almeja asiática se ha localizado recientemente en algunos puntos de Aragón. Es un bivalvo similar a un berberecho pero con estriación concéntrica. Puede medir hasta cinco centímetros y es de color marrón amarillento. Prefiere las aguas limpias y bien oxigenadas y en condiciones favorables tiende a alcanzar concentraciones de varios cientos o miles de individuos por metro cuadrado.

▲ **Figura 9:** *Corbicula fluminea* (Diego Moreno).

En algunas de las regiones en las que se ha introducido, se ha convertido en una plaga aunque por el momento su situación no es preocupante en Aragón. No obstante aumentar ostensiblemente su población, podría causar problemas por competencia por alimento y territorio con otras especies de bivalvos.

Por su condición de potencial amenaza para la conservación de *Margaritifera auricularia*, y por los considerables problemas ecológicos y económicos que puede provocar y está ya provocando en diversas infraestructuras desde su detección en el Ebro.

II. *Margaritifera auricularia*

Posición taxonómica:

Filo: *Mollusca*

Clase: *Bivalvia*

Subclase: *Paleoheterodonta*

Orden: *Unionoida*

Superfamilia: *Unionoidea*

Familia: *Margaritiferidae*

Morfología y anatomía

Los adultos de *M. auricularia* son de gran tamaño (hasta 17 cm de longitud) de color negro y concha muy gruesa, alargada y comprimida lateralmente. El borde ventral de las valvas está ligeramente arqueado, por lo que la silueta de la concha tiene en ocasiones forma de oreja (auriculada). El interior de las valvas es blanco nacarado y presenta una línea paleal muy marcada entre las cicatrices de los músculos aductores anterior y posterior, que son muy patentes. Las dos valvas se articulan por un ligamento externo que discurre por el borde dorsal. Inmediatamente debajo está la charnela, con dos dientes laterales posteriores en la valva izquierda y uno en la derecha, todos muy fuertes y alargados. Entre éstos y el músculo aductor anterior están los dientes cardinales, robustos y de aspecto piramidal, dos en la valva izquierda y uno en la derecha.

El pie es blanco, musculoso y muy grande, y le sirve para realizar pequeños desplazamientos y enterrarse en el sustrato. En ocasiones puede verse asomando por la parte anterior de las valvas. En su interior está la masa visceral y en su región posterodorsal está embebida la gónada, que suele ser hermafrodita. A diferencia de otras náyades, no presenta auténticos sifones, sino un engrosamiento de los bordes del manto que junto con el diafragma, constituye las aberturas inhalante y exhalante.

Figura 10: *Margaritifera auricularia* (R. Araujo).

Figura 11: Ejemplares de *M. auricularia* en el Canal de Tauste (R. M. Ivarez Halc n).

Inmediatamente por debajo del manto y cubriendo el pie, están las branquias, dos a cada lado. Son grandes y muy delgadas, y están formadas por túbulos muy finos, que parecen de encaje. En la época de reproducción los huevos son fecundados entre los túbulos, donde se producirá la segmentación de los embriones hasta el estado de larva o gloquidio.

Estos gloquidios miden 140 x 130 x 60 micras y carecen de ganchos, a diferencia de otras especies de náyades, aunque tienen unos pequeños dientes en su borde ventral, con los que se fijan a las branquias de los peces hospedadores.

▲ **Figura 12:** Meandros del R o Ebro cerca de S stago (Zaragoza) (R. Araujo).

▲ **Figura 13:** *Margaritifera auricularia* en el Canal Imperial de Arag n (Keiko Nakamura).

Breve historia del conocimiento sobre M. auricularia

A principios del siglo XX, el malacólogo alemán Fritz Haas estudió la población de *M. auricularia* en el río Ebro. La especie parecía haberse extinguido en la mayor parte de su antigua área de distribución en Europa. Gracias a estos estudios se conoce que *M. auricularia* era muy abundante en el río Ebro y que vivía en grandes colonias en los lechos pedregosos. Este

autor señala que ocupaba preferentemente fondos a gran profundidad (5-7 m) en los meandros de Sástago (Zaragoza). Los habitantes de las poblaciones ribereñas de esta zona utilizaban el nácar de las valvas para la fabricación de empuñaduras

Figuras 14 y 15: Dos vistas del canal trenzado del R o Ebro en verano (Ignacio G mez).

de cuchillos y navajas (véase más adelante). En 1933, el naturalista aragonés Azpeitia Moros cita la presencia de la especie en el Canal Imperial de Aragón. Después de esta cita, y pese a que algunos habitantes de las riberas del Ebro conocían la existencia de ejemplares vivos, no se tienen noticias científicas de que la especie todavía sobreviviera

Figura 16: Canal Imperial de Arag n en invierno (K. Nakamura).

en algunos lugares. A finales de la década de 1980 aparecieron restos de ejemplares recién muertos en el dragado de un canal de regadío cerca del Delta del Ebro, en el bajo Ebro, y en 1996 se encuentran los primeros ejemplares de la población del Canal Imperial de Aragón. En los siguientes años, desde que se hacen prospecciones regulares, se van localizando pequeñas colonias dispersas fundamentalmente en el Ebro medio, y en menor medida en el bajo.

Desde principios del siglo XX, las poblaciones del río Ebro han sufrido una disminución progresiva y en el momento actual se conocen sólo pequeñas colonias en el Ebro medio y bajo, en el Canal de Tauste y en el Canal Imperial de Aragón. La población del Canal Imperial de Aragón es muy significativa, con más de dos mil quinientos individuos censados.

Lamentablemente, por los datos de los que se dispone, parece ser que ni la población del Canal Imperial ni ninguna de las del resto del Ebro se reproducen con éxito, ya que los muestreos realizados hasta la fecha no han permitido encontrar individuos juveniles. Este hecho podría hacer pensar que no hay ejemplares juveniles desde hace bastantes años. Se desconoce la edad exacta de los ejemplares de *Margaritifera auricularia* que se han encontrado hasta hoy. Aunque las técnicas de datación de edad que existen en estos momentos no son concluyentes, se piensa que las náyades de mayor tamaño pueden tener sesenta o más años.

Ecología y distribución

Precisamente la ausencia de individuos juveniles en el medio natural hace que solo se conozcan las características del hábitat de los ejemplares adultos. La escasa movilidad de la especie puede inducir a pensar que estos hábitat son los mismos, o muy similares, a aquellos en los que inicialmente cayeron los juveniles, aunque resta mucho por conocer al respecto.

Entre las características del agua destaca la elevada concentración de ión calcio, al menos en el caso del río Ebro y sus canales. Este hecho diferencia claramente a esta especie de *Margaritifera margaritifera*, especie muy próxima que vive en aguas blandas de ríos que discurren sobre suelos ácidos (Noroeste de España).

Los adultos viven semienterrados en posición vertical u horizontal, en fondos de gravas asentadas. Pueden sobrevivir en sustratos de cieno o materia orgánica, aunque en estos casos parece que la deposición de sedimentos es siempre posterior a la instalación de los ejemplares. A pesar de su sedentarismo, son capaces de realizar pequeños desplazamientos mediante la acción de su pie.

Figura 17: *M. auricularia* en posici n natural (K. Nakamura).

Originalmente, la distribución de esta especie era muy amplia y podía encontrarse en un buen número de ríos de Europa y norte de África. No se sabe muy bien cuándo comenzó su desaparición, ni las causas exactas que la motivaron en cada caso. Sin embargo, y como ya se ha comentado, desde principios del siglo XX empezaron a disminuir los registros científicos de la especie.

Hasta que se realicen nuevos estudios que permitan valorar adecuadamente la distribución y estado de las poblaciones de *M. auricularia* en Francia y Marruecos, la única población importante conocida de la especie está en España, en la cuenca del Ebro. En el resto de los países europeos en que se encontraba originalmente la especie, con la excepción de Francia, la especie no ha vuelto a ser encontrada desde hace muchos años, por lo que su supervivencia se considera menos probable.

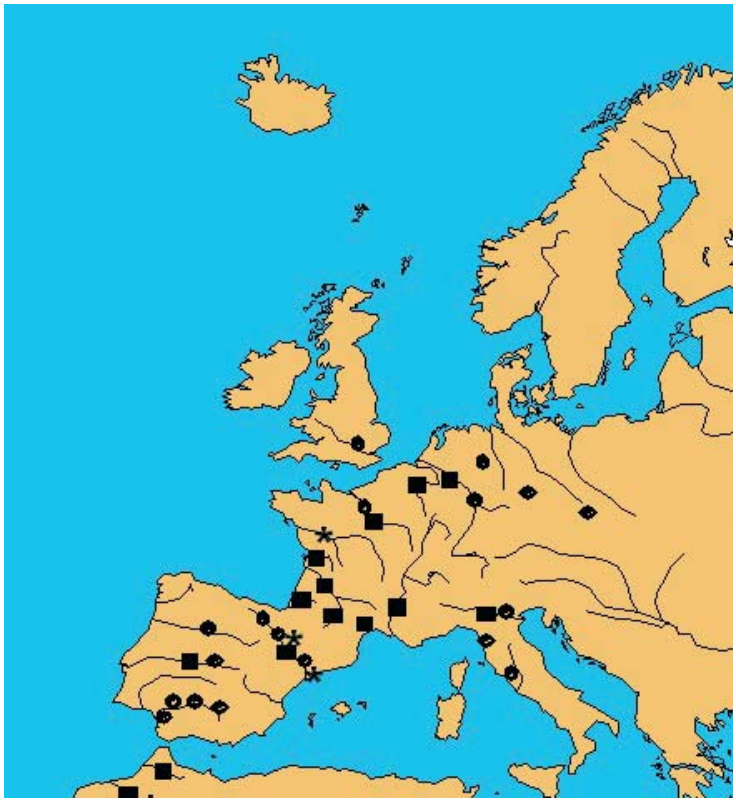


Figura 18: Distribuci n hist rica de *M. auricularia*. Los asteriscos muestran poblaciones vivas, los c rculos registro f sil y los cuadrados citas hist ricas.

En los ríos franceses todavía persiste alguna población relicta en el Loira y Charente. En cuanto a Marruecos, se sabe que en 1991, se recolectaron ejemplares vivos de *M. auricularia* en algunos ríos, pero no existe ningún otro estudio posterior ni estimación de la población allí existente.

El núcleo principal de las poblaciones ibéricas se encuentra en el Canal Imperial de Aragón, donde, a fecha de febrero de 2.006, se han contabilizado más de 2.500 ejemplares. Estos individuos no se localizan distribuidos uniformemente a lo largo de todo el cauce, sino que las prospecciones realizadas hasta el momento muestran que tienen una distribución contagiosa y en lugares en los que hay condiciones más favorables (de corriente, sustrato, etc.), se encuentran agrupaciones considerables de individuos. Entre estas colonias hay grandes espacios, sin que sea conocida a ciencia cierta la causa de esta distribución, quizás debida a antiguas obras.

En el Canal de Tauste se ha localizado otra colonia formada por aproximadamente 70 individuos.

En los últimos años se ha detectado la presencia de individuos vivos de *M. auricularia* en otros puntos de la cuenca media del Ebro. Se conocen poblaciones en los canales trenzados (madres) de la Ribera Alta, aguas arriba de Zaragoza.

Figura 19: Colonia de n yades localizada en un tramo del Canal Imperial de Arag n (K. Nakamura).

En los meandros encajados del Río Ebro (aguas abajo de Zaragoza) es posible que exista alguna pequeña población, ya que se recogió recientemente un ejemplar vivo en las cercanías de Sástago (provincia de Zaragoza). Otro núcleo poblacional, del que también existen registros históricos, está localizado en el bajo Ebro, en Cataluña, donde en las prospecciones realizadas se han encontrado individuos adultos vivos.

Por el contrario, en otras zonas más altas del río Ebro, como La Rioja o Navarra, a pesar de que en los últimos años se han realizado prospecciones, y con los datos conocidos por el momento, la presencia de poblaciones vivas se considera poco probable, aunque si se han encontrado restos no muy antiguos de algunas colonias de *M. auricularia*.

▲ **Figuras 20 y 21:** Canal trenzado de Luceni en invierno (izda) y verano (dcha) (ambas I. G mez).

Tanto el Canal de Tauste, como el Canal Imperial de Aragón, que alberga la mayoría de los ejemplares conocidos, son cauces seminaturales, cuya estructura y funcionamiento básicos no han cambiado significativamente desde su construcción (hace cuatro y dos siglos respectivamente), y en los que se han llevado a cabo trabajos de mantenimiento de forma

permanente. En estos canales, la especie vive en tramos en los que se pueden encontrar sustratos de limos y gravas de diferente granulometría, que no hayan sido revestidos de hormigón ni modificados sustancialmente.

Los ejemplares de *Margaritifera auricularia* localizados en el cauce del Ebro se encuentran actualmente distribuidos en colonias aisladas, situadas en playas someras con fondo de gravas consolidadas y con poca cantidad de sedimentos finos.

▲ **Figura 22:** Canal de Tauste (I. G mez).

Su hábitat natural parecen ser los fondos de grava, barro, arena, cieno y cantos rodados. Su posición natural es semienterrada de forma vertical u horizontal.

Figura 23: Foto a rea de la zona entre Luceni y Alcal de Ebro (Zaragoza), donde se ven diferentes canales trenzados del r o Ebro. En amarillo los ya colmatados por sedimentos y en verde los a n funcionales (Modificado por I. G mez).

Figura 24: Foto a rea del r o Ebro en Alcal de Ebro (Zaragoza). En amarillo un canal trenzado ya colmatado y en verde uno funcional (Modificado por I. G mez).

Las prospecciones que en la actualidad se realizan para conocer la población presente en el Ebro en Aragón, no han permitido encontrar más que unas pocas decenas de ejemplares. La mejora de los métodos de muestreo, puede permitir en un futuro próximo conocer de modo más aproximado el número de individuos presentes en el Ebro aunque parece claro que ya no es posible encontrar las grandes colonias, de decenas o cientos de ejemplares, que Haas citaba tanto en zonas someras como en pozas profundas.

En el Bajo Ebro, en Cataluña, se han encontrado también individuos vivos, aunque en mucho menor número. En este tramo se continúa con las prospecciones, que se complementan con trabajos de reproducción en cautividad y semilibertad.

El pequeño tamaño de las poblaciones, su fragmentación y la hasta ahora falta de juveniles citados hace de *M. auricularia* uno de los invertebrados en mayor peligro de extinción del continente europeo.

Biología de M. auricularia

Alimentación

Margaritifera auricularia se alimenta filtrando el agua y reteniendo las partículas de nutrientes en sus branquias. El agua es aspirada a través de su abertura inhalante y desde ahí se dirige a las branquias, en cuyo curso los palpos labiales seleccionan las partículas aprovechables, que son desplazadas hacia el tracto digestivo. Tras la digestión las heces son expulsadas a través del ano por la abertura exhalante. Las partículas que son directamente desechadas, no pasan por el sistema digestivo y se conocen como pseudoheces.

Existe muy poca información sobre la dieta de las náyades, basada probablemente en algas uni o pluricelulares de pequeño tamaño, además de otras partículas orgánicas de difícil clasificación que podrían calificarse como detritus.

Esta forma simple de alimentación, con una selección muy grosera de partículas a nivel de los palpos labiales, y una escasa discriminación de los materiales ingeridos, sumada a la dificultad de eliminar eficazmente los materiales no aprovechables, convierte a las náyades en organismos bioacumuladores. Pueden acumular en sus órganos importantes cantidades de cualquier compuesto que se encuentre en el agua: metales pesados, contaminantes químicos, etc. Solo cuando las concentraciones de estos productos son muy elevadas e incompatibles con la vida de las náyades se produce la muerte de los ejemplares. Este hecho es muy interesante a la hora de realizar estudios sobre la calidad ecológi-

ca de un determinado cauce, ya que detectar en náyades la presencia de estos compuestos permite entender, por ejemplo, por qué se encuentra alterada la composición de la fauna macroinvertebrada o piscícola de los ríos.

Los organismos bioacumuladores suponen también la puerta de entrada de los compuestos contaminantes en las comunidades animales, ya que suelen situarse en la base de la pirámide alimentaria. Evidentemente, en el caso de las náyades adultas, son pocos los depredadores naturales que tienen, pero cuando un bioacumulador es consumido por otro organismo, se inicia el tránsito de los compuestos nocivos por las redes tróficas.

Ciclo reproductivo

Margaritifera auricularia presenta un ciclo de vida complejo que requiere la presencia de peces hospedadores durante su etapa larvaria (como es característico en todas las náyades). Estas larvas, denominadas gloquidios, de tamaño microscópico, se fijan a las branquias de los peces, que reaccionan formando un quiste alrededor de ellas. Entre uno y dos meses más tarde, dependiendo de la temperatura, tras completar su desarrollo y convertidas en un juvenil, se desprenden de las branquias y empieza su vida en el sustrato del cauce.

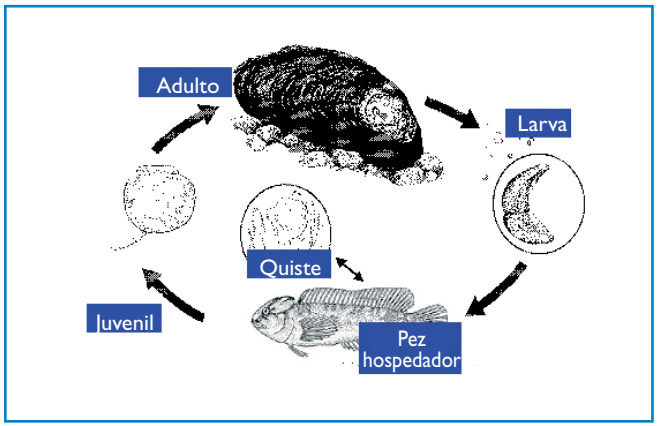


Figura 25: Ciclo reproductivo de *M. auricularia* con *S. fluviatilis* (modificado por K. Nakamura).

M. auricularia parece ser una especie hermafrodita, con ambos tejidos gonadales mezclados en la masa visceral. La producción de gametos se produce entre diciembre y marzo, aunque se han encontrado individuos grávidos aún en mayo. El esperma es liberado en el agua e inhalado por otras almejas junto con el agua que filtran. Tras la fecundación, que es interna, los huevos son incubados en la cámara formada por las cuatro láminas branquiales, donde se desarrollan los embriones durante uno a tres meses hasta transformarse en gloquidios, que son liberados en marzo y abril. Una vez en el agua, las larvas necesitan entrar en contacto con las branquias de un hospedador intermediario para completar su desarrollo. Estos gloquidios son los mayores dentro de la familia

Margaritiferidae, su longitud es aún así del orden de 0,15 mm, presentando diminutos dientes que les permiten fijarse a las branquias de los peces.

El tejido branquial del pez hospedador responde a la fijación formando un quiste sobre el gloquidio, dentro del cual se desarrolla éste, hasta que completa la metamorfosis y se convierte en un pequeño bivalvo que caerá al lecho del río. Si el juvenil encuentra un microhábitat favorable y no es depredado por otras especies, podrá crecer hasta la edad adulta.

Aunque una sola hembra es capaz de liberar millones de larvas cada año, la probabilidad de alcanzar la edad adulta es muy remota, como se verá en el capítulo de este libro dedicado a las amenazas que la especie sufre en el medio natural.

Un aspecto muy importante en la conservación de la especie es conocer las especies que hospedan u hospedaban a estos gloquidios. Se ha sugerido que un huésped específico podría haber sido el esturión europeo (*Acipenser sturio*), extinguido en España, y que aparece junto a conchas de la náyade en los depósitos pleistocenos. Apoyando esta

Figura 26: *M. auricularia* liberando gloquidios (I. G mez).

Figura 27: *S. fluviatilis* sobre *M. auricularia* en acuario (R. Araujo).

posibilidad, recientemente se han conseguido metamorfosis exitosas en experimentos en acuario con los esturiones exóticos *Acipenser baeri* y *Acipenser nacarii*.

Es más interesante sin embargo el hecho de que el proceso de metamorfosis se desarrolle perfectamente en condiciones experimentales en el pez fraile (*Salaria fluviatilis*), una especie nativa en la cuenca del Ebro, que también se encuentra catalogado como «En peligro de extinción» en Aragón.

Sorprendentemente, en condiciones de laboratorio, otra especie exótica, la gambusia (*Gambusia holbrooki*), también es un buen hospedador para los gloquidios de *M. auricularia*. No se han logrado de momento resultados positivos en condiciones de laboratorio con otras especies nativas o exóticas de peces presentes en las mismas aguas que ocupa esta náyade.

Figura 28: Gloquidios de *M. auricularia* (R. Araujo).

Por medio de infecciones experimentales en laboratorio se han obtenido juveniles tras un periodo de enquistamiento de entre 30 y 43 días sobre esturión y blenio, dependiendo de la temperatura del agua (20º y 16º respectivamente; cuanto más alta es la temperatura, más rápido es el desarrollo). Se ha conseguido mantener los juveniles vivos durante aproximadamente 30 días en cautividad (con un crecimiento del 51% en longitud, 60% anchura y 23% en altura), pero se desconoce la tasa de crecimiento a partir de esta etapa así como el tiempo que tardan en convertirse en adultos.

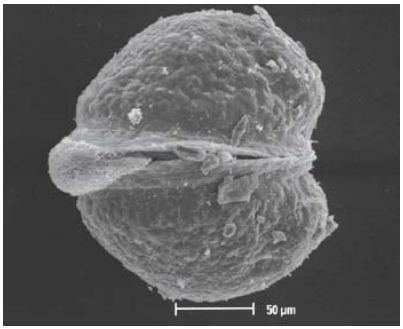


Figura 29: Ejemplar juvenil de *M. auricularia* reci n metamorfoseado (R. Araujo).

Figura 30: Branquias de esturi n con los gloquidios de *M. auricularia* (R. Araujo).

El pez fraile, Salaria fluviatilis, *hospedador de* Margaritifera auricularia

El pez fraile, o blenio de río, es la única especie nativa de las aguas del Ebro que, por lo que se ha comprobado, actúa como hospedador de los gloquidios de *Margaritifera auricularia* en condiciones experimentales.

Descripción: Este curioso pez procede de una familia de peces marinos y es inconfundible por su aspecto y forma de nadar. Alcanza un tamaño máximo de 15 cm, aunque los individuos que superan 12 cm son excepcionales. Tienen el cuerpo comprimido lateralmente, con las aletas dorsal y anal muy alargadas, casi hasta la caudal. En los machos se aprecia una cresta sagital, más patente en la época de celo. Carecen de escamas, por lo que su tacto es viscoso. Los ojos están situados en la parte superior de la cabeza y son grandes con relación al tamaño de la misma. La coloración es en general pardo–verdosa con manchas o bandas verticales más oscuras dependiendo del estado de ánimo y la época del año. Son característicos de esta especie un pequeño tentáculo por encima del ojo y una boca en forma de pico prominente con gran cantidad de dientes en ambas mandíbulas. Debido a su reducida vejiga natatoria tienen una natación característica a impulsos, descansando apoyados sobre sus aletas ventrales.

▲ **Figuras 31 y 32:** *S. fluviatilis* en acuario (I. G mez izda. y R. Araujo dcha).

Distribución: En Aragón se puede encontrar en los ríos Ebro (incluidos los embalses de Mequinenza y Ribarroja), Matarraña, Guadalope, Cinca y sus afluentes Guatizalema, Alcanadre, Flumen Susía, Isuala y Vero sin descartar otras posibles localidades no confirmadas. Asimismo se ha encontrado en el Canal Imperial de Aragón y en la acequia de Pina de Ebro.

Ecología: El pez fraile habita en los tramos medios y bajos de los ríos mediterráneos, en aguas someras de fondo pedregoso. Su alimentación está basada en larvas de insectos y pequeños peces. Se trata de un pez territorial, los machos defienden una pequeña zona en la que existan piedras, ya que establecen sus nidos bajo ellas. El macho corteja a las hembras para inducirlas a desovar bajo esos refugios. Los machos son los encargados de la incubación de los huevos. No protegen a sus alevines directamente, como otras especies de peces, ya que las larvas, de muy pequeño tamaño al eclosionar son pelágicas en sus primeros días de vida.

Estado de conservación: Catalogado como «En Peligro de Extinción» en el Catálogo de Especies Amenazadas de Aragón, como «Vulnerable» en el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas, y como «En Peligro» en el Libro Rojo de los Vertebrados de España y en el Anexo III del Convenio de Berna. Se estima que en España, por datos históricos y observaciones directas se ha producido una disminución de su área de ocupación en al menos un 50 % de su distribución originaria

Problemática de conservación: Las principales amenazas para la especie son la contaminación del agua, las extracciones de gravas u otras alteraciones de los lechos fluviales y la modificación del flujo natural de los ríos como las más importantes sobre el hábitat. La introducción de especies piscícolas exóticas puede suponer una depredación directa sobre la especie o bien una competencia por los recursos alimenticios o el territorio. El cangrejo americano por sus hábitos bénticos puede incluirse también en esta última consideración.

Medidas de conservación: El Departamento de Medio Ambiente del Gobierno de Aragón está preparando un Plan de Recuperación para esta especie con el objetivo de que la mejora de su situación permita su paso a una categoría de menor amenaza dentro del Catálogo de Especies Amenazadas. Estará basado en la protección de los hábitat de la especie, control de especies exóticas, adecuación de hábitat y reforzamiento poblacional en los casos que se considere necesario. Muchas de sus acciones estarán ligadas al Plan de Recuperación de *Margaritifera auricularia*.

Usos tradicionales de Margaritifera auricularia

El uso humano de los bivalvos de agua dulce ha estado ligado tradicionalmente a su aprovechamiento para la extracción de perlas, la ornamentación de utensilios, la fabricación de útiles e instrumentos o la alimentación.

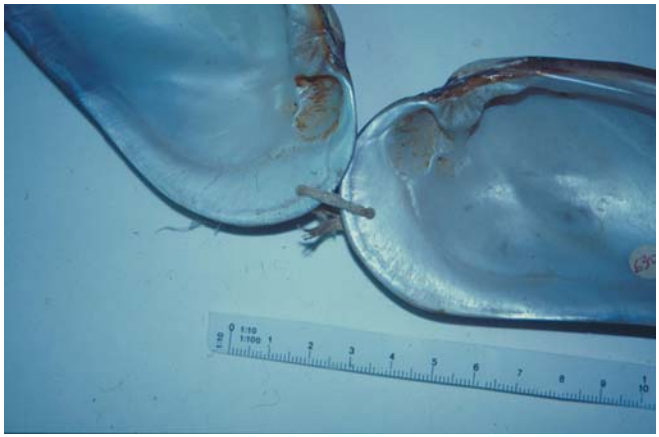
La explotación de las perlas de náyades no es una actividad propia de Aragón, aunque sí de otras regiones europeas. En este sentido, de las cuatro especies de náyades autóctonas de la cuenca del Ebro, sólo *U. mancus* produce perlas con cierta frecuencia, pero su valor es muy escaso y en general se trata de concreciones calcáreas sin forma definida. La especie *M. auricularia* produce perlas ocasionalmente, pero no es una almeja perlífera como *M. margaritifera*.

En Aragón hay constancia oral de que algunas personas han comido las partes blandas de los bivalvos de río, pero se trata siempre de prácticas esporádicas, anecdóticas o experimentales, que no han derivado ni en usos culinarios característicos ni en recetas gastronómicas tradicionales. El cuerpo blando de estos bivalvos es demasiado basto, muy duro y tiene sabor a lodo, como consecuencia de su actividad filtradora en un medio con gran cantidad de materia térrea en suspensión.

En buena parte de los yacimientos arqueológicos correspondientes a asentamientos y localidades de la ribera del Ebro se han hallado restos de conchas de *M. auricularia* y de otras náyades, sin que se sepa a ciencia cierta si tuvieron algún uso. No obstante, se ha podido documentar que en Aragón las conchas de estos moluscos se han usado a lo largo de la historia como ceniceros, objetos de decoración y para la ornamentación de otros objetos.

También se ha comprobado el uso reciente de las valvas de *M. auricularia* como castañuelas en diversas localidades ribereñas de Zaragoza. La castañuela es un instrumento musical de percusión, típico del folklore aragonés y de otras regiones españolas, que está compuesto de dos mitades cóncavas con forma de oreja, hecho de madera u otro material. A las valvas se les realiza un orificio en el extremo anterior por el que se pasa un cordón, que sirve para sujetar la castañuela durante su utilización. La parte exterior de las valvas (periostraco) se barnizaba. Una muestra de este uso son las dos conchas de *M. auricularia* depositadas en la colección Francisco Aranda del Museo de Ciencias Naturales de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza.

Pero el uso más conocido y tradicional del nácar de *M. auricularia* es su explotación para decorar los mangos de cuchillos y navajas fabricados artesanalmente en la localidad ribereña de Sástago (Zaragoza). La cuchillería sastaguina se remonta al menos hasta el siglo XVIII y era de tradición familiar. Estuvo mantenida de generación en generación por la



▲ **Figuras 33 y 34:** Casta uelas hechas con valvas de *M. auricularia* (R.M. Ivarez Halc n).

familia Liso fundamentalmente, siendo Dionisio Liso Enfedaque (1912-1996) el último de estos cuchilleros. Actualmente es un oficio perdido, desarrollado sólo ocasionalmente.

Los mangos de los cuchillos y navajas sastaguinos eran fabricados con diversos materiales, si bien adquirió gran fama el uso ornamental del nácar de esta especie. En Sástago se conoce a este bivalvo de agua dulce con su antiguo nombre científico (*Margaritana auricularia*), vulgarizado con el término de «margaritona», debido a las estancias del malacólogo alemán Fritz Haas (1886-1969) en dicha localidad en los veranos de 1915 y 1916, que ya entonces advirtió de su riesgo de extinción.

Los cuchilleros preferían el nácar de los ejemplares recién capturados en el río, ya que las conchas encontradas vacías no solían tener condiciones óptimas para su transformación en cachas de mangos de cuchillos o navajas. Las partes blandas eran inmediatamente extraídas de las conchas, que se limpiaban cuidadosamente. A veces las conservaban en tierra húmeda, pero lo habitual era colocarlas en tinajas con agua.

En el proceso de fabricación de los mangos de nácar, los cuchilleros cortaban cada valva con sierra o a golpe de martillo con sumo cuidado. Se aprovechaban las zonas más gruesas de la valva -el centro superior y a la parte próxima al borde anterior-, obteniendo así entre 2 y 3 piezas de nácar por cada valva. El resto del nácar podía servir para confeccionar botones o cachas para puñalitos de regalo.

Las piezas de nácar se pulían y se esmerilaban, manteniéndolas siempre húmedas hasta alcanzar la medida rectangular necesaria para el espacio previsto en el mango. El brillo final del nácar para las cachas se obtenía con un cepillo giratorio. Las cachas de nácar eran encajadas entre los viruelos del mango, sujetándolas con pequeños clavos (de plata, alpaca o latón), y remachándolas con precisión mediante una prensa. El ajuste final se realizaba con una lima. Cada mango llegaba a tener entre dos y cuatro cachas de nácar por cada lado, de manera que para la fabricación de un cuchillo era necesario emplear dos o tres valvas como mínimo.

Figura 35: Dionisio Liso Enfedaque (1912-1996), trabajando el n car de *M. auricularia* en su cuchiller a de S stago. (Eugenio Monesma Moliner).

Figura 36: Concha antigua de *Margaritifera auricularia* hallada enterrada en S stago (Zaragoza) (R.M. Ivarez Halc n).

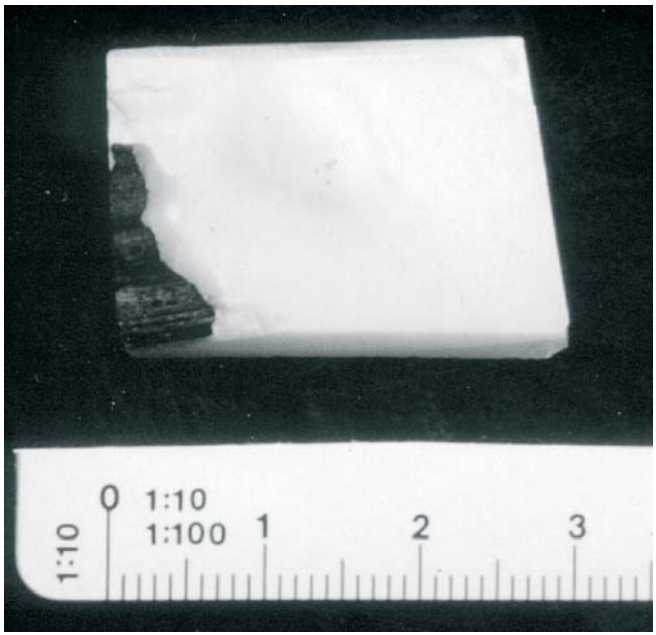


Figura 37: Cacha de n car de *M. auricularia* para el mango de un cuchillo sastaguino. (R.M. Ivarez Halc n).

El conocimiento actual de la industria del nácar de *M. auricularia* es una prueba indirecta de la presencia viva de esta especie en el río Ebro a lo largo del siglo XX, ya que su nácar se ha estado usando en los dos últimos siglos para la confección de los mangos de cuchillos y navajas sastaguinos. Aunque esta actividad no puede considerarse la causa de su declive en la cuenca del Ebro, lo cierto es que la gran cantidad de ejemplares que eran colectados anualmente pudo hacer insostenible esta actividad desde mediados del siglo XX. La extracción debió poner a la especie en riesgo de extinción en el reducido ámbito fluvial de los meandros encajados entre La Zaida y Escatrón, en Zaragoza, a lo que sin duda colaboraron las transformaciones de la dinámica fluvial ligadas a otros usos del río. En 1996 probablemente se capturaron en esta zona los últimos ejemplares vivos para el aprovechamiento de su nácar.

▲ **Figura 38:** Cuchillo antiguo con cacha de *M. auricularia* en su mango. (R.M. Ivarez Halc n).

Factores de amenaza para Margaritifera auricularia

La situación crítica de la especie está motivada básicamente por la alteración, destrucción y contaminación de su hábitat. Estos factores han afectado de manera crucial a la supervivencia de los ejemplares, pero también, y especialmente, a la capacidad de reproducción de la especie.

Como ya se ha descrito, el ciclo reproductor de *M. auricularia* necesita la participación de un pez hospedador para ser completado. De este modo, aquellos factores que incidan negativamente sobre la composición y estructura de las comunidades de peces también lo hacen sobre la capacidad de reproducirse de esta náyade.

Lo cierto es que, a pesar de las exhaustivas prospecciones realizadas hasta la fecha, no se han conseguido localizar individuos juveniles de *M. auricularia* en el medio natural. La estructura poblacional está sesgada completamente hacia los adultos que además, y como se ha comentado anteriormente, seguramente tienen más de sesenta años en muchos casos.

Podría decirse que, en términos estrictamente biológicos, las poblaciones de *Margaritifera auricularia* no pueden considerarse ya como tales, ya que carecen de uno de los elementos consustanciales al concepto de población biológica: la capacidad de reproducirse de manera natural.

Una larga lista de acciones han provocado y continúan provocando la alteración, destrucción y contaminación de los hábitat de *Margaritifera auricularia* y de los peces de los que depende su reproducción. En muchos casos el impacto real de estas actuaciones es muy difícil de evaluar, ya que su efecto pernicioso debe ser considerado con una escala temporal y espacial difícil de abordar, especialmente en el medio acuático.

Por citar un ejemplo, se desconoce el efecto real de la proliferación de especies exóticas de peces en los ríos. Su incidencia en la estructura de las comunidades de peces autóctonos no solo ha afectado directamente a éstas y a los organismos que dependen de ellas (entre ellos las náyades), sino que sin duda ha tenido efectos -directos o indirectos- sobre elementos como la vegetación sumergida o incluso la tipología de los sustratos fluviales. Algo parecido puede decirse de la proliferación de especies exóticas de bivalvos, cuya incidencia será previsiblemente negativa y muy importante.

A continuación se recogen algunos de los factores adversos que habitualmente se consideran entre los de mayor importancia por su incidencia negativa sobre las náyades, y con ello sobre *Margaritifera auricularia*:

- Las **alteraciones de los cauces fluviales** mediante embalses, detracciones, presas y canalizaciones, que modifican el flujo natural de los ríos. Estas actuaciones afectan a la dinámica fluvial, cambiando el régimen natural de deposición y arrastre de sedimentos y afectando a las comunidades de organismos que habitan en los cauces.

- Las **extracciones de gravas y arenas**, y la **eliminación de la vegetación de ribera**, afectan tanto a la estructura del sustrato como a la capacidad depurativa del río. Algunas colonias de *M. auricularia* han podido ser directamente destruidas por estas acciones al ser dragados los fondos que ocupaban. Estas acciones destruyen los principales hábitat de la especie, de

▲ **Figura 39:** Obras en el Canal Imperial de Arag n (K. Nakamura).

manera que sus efectos se extienden en el tiempo y hacen prácticamente imposible la recolonización de las zonas que previamente ocupaba la especie.

- Las **alteraciones en los canales** donde la especie está presente, fundamentalmente el **dragado y pavimentación** de sus lechos. Tanto el Canal de Tauste como el Canal Imperial de Aragón son cauces artificiales, de una considerable antigüedad, y en los que los lechos son básicamente de tierra. Aunque su estructura se ha mantenido más o menos constante a lo largo de los años, en ambos se han realizado periódicamente trabajos de mantenimiento, rutinarios y necesarios para la conservación de estas infraestructuras, y en los que, con toda probabilidad, se ha provocado la muerte, directa o indirectamente, de ejemplares de náyades.

Para asegurar la protección de *Margaritifera auricularia* en estos canales se han establecido recientemente protocolos de actuación en los que se asegura la colaboración entre las distintas Administraciones y los colectivos de regantes, y que permiten limitar los riesgos para todas las náyades presentes en los mismos. Estos protocolos incluyen la prospección previa de los tramos de canal a restaurar además de acciones de rescate de ejemplares allí donde resulta estrictamente necesario.

▲ **Figura 40:** Obras en el Canal Imperial de Arag n (K. Nakamura).

Cualquier proyecto de modernización de los canales que pretenda el revestimiento completo de los cauces supondría una enorme amenaza por la destrucción total del hábitat de la especie, en particular del lecho de los canales. Su ejecución no sólo destruiría las poblaciones de náyades y el resto de fauna bentónica existente en la actualidad en los cauces, sino que impediría completamente su recolonización, ya fuese natural o forzada a través de proyectos de recuperación que, sin duda, serían fallidos.

Hasta hace unos años existía un proyecto de modernización de estas características para el Canal Imperial de Aragón. Este proyecto ha sido desechado, y en la actualidad se buscan alternativas más integradoras, para asegurar la conservación y reparación del Canal en los tramos en peor estado sin poner con ello en peligro la conservación de *M. auricularia*. Idéntica filosofía trata de aplicarse ahora en las obras parciales que se ejecutan en el Canal Imperial, aunque en ocasiones es difícil prever la incidencia real de la construcción de ciertas infraestructuras sobre la dinámica hidráulica del canal y, con ello, su incidencia sobre las colonias de la especie.

- Las **detracciones excesivas de agua** para usos agrícolas e hidroeléctricos en el corredor del Ebro. En la zona de los meandros del Ebro en Sástago, prácticamente todo el caudal del río es periódicamente desviado y utilizado para usos hidroeléctricos, lo que impone cambios drásticos en la disponibilidad de hábitat para *Margaritifera auricularia*, no solo por la pérdida de flujo en el lecho del río, sino básicamente por los cambios bruscos en los procesos de sedimentación y arrastre de sedimentos.

- El **escaso caudal circulante** por el río Ebro durante la época **estival**, es en ocasiones insuficiente para mantener un flujo continuo en los canales trenzados (“madres del río”) que aparecen en el tramo medio del río en Aragón. En el tramo comprendido entre Novillas y Quinto de Ebro se pueden contar más de 25 de estos canales, típicos del curso medio de un gran río. La reducción del flujo de agua en estas zonas ocasiona una mayor deposición de sedimentos, que progresivamente van colmatando estos cauces secundarios. El lecho de estos cauces se encuentra a menudo sobreelevado respecto al del cauce principal, de manera que en verano el flujo de agua puede quedar interrumpido.

  La consecuencia final es que a la escasez de agua se suma un mayor calentamiento y, frecuentemente, la acumulación de algas y vegetación acuática, que origina una importante eutrofización en superficie y procesos de anoxia (falta de oxígeno) en los lechos. Esta situación, que forma parte de la dinámica natural del río, ve acrecentados sus efectos por la detracción de caudales aguas arriba de los tramos con canales trenzados, y ha sido probablemente responsable de la desaparición de ricas colonias de la especie. Sus efectos son aún más perniciosos cuando estos canales se utilizan

Figuras 41 y 42: Descenso del nivel de agua en verano en el Ebro, zonas en seco y muerte de algas que causa eutrofizaci n y contaminaci n del lecho de estos tramos (K. Nakamura).

para el vertido de los efluentes (depurados o no) de instalaciones industriales, o cuando, de manera ilegal, se convierten en puntos de eliminación de escombros o de los restos de la actividad agraria o industrial.

- La **contaminación industrial y urbana**, los vertidos de materia orgánica y sales procedentes de vertidos agropecuarios, y el empleo de productos tóxicos en el sector forestal y agrícola, son responsables de afecciones severas en los medios acuáticos del río Ebro.

- La **modificación en las comunidades de peces**, que incluyen aquellas especies que pueden actuar como hospedadores de los gloquidios de *Margaritifera auricularia* (en particular el pez fraile), tiene como causa inmediata la introducción de especies alóctonas predadoras o competidoras, pero también la alteración del lecho de los ríos y la presencia de azudes o presas en los cauces, favorecen a unas especies en detrimento de otras.

El hecho de que *M. auricularia* no se reproduzca con regularidad en el medio natural desde hace varias décadas, es debido en gran medida a la falta o escasez de peces hospedadores.

Figura 43: Mejill n cebra (I. G mez).

- La **recolección ilegal de ejemplares** para la utilización del nácar en la confección de mangos de cuchillos no parece ser en la actualidad una amenaza directa para la especie, aunque sí puede haberlo sido localmente en el pasado. En caso de producirse en la actualidad, la captura por parte de pescadores furtivos y coleccionistas podría ser un gravísimo problema para la especie debido a lo exiguo de la población conocida de *M. auricularia*.

- La **introducción y expansión de especies exóticas de moluscos**, que además de competir directamente por los recursos que pueden compartir con *M. auricularia*, pueden provocar cambios importantes en los sustratos o incluso, afectar directamente a la viabilidad de los ejemplares.

Desde 2001 se tiene constancia de la presencia de la especie conocida como mejillón cebra (*Dreissena polymorpha*), que además de consumir una gran cantidad de fitoplancton del agua en la que se encuentra, puede también llegar a adherirse a la superficie de las náyades y llegar a provocar su muerte por asfixia. Por su parte, la almeja asiática (*Corbicula fluminea*), pese a su pequeño tamaño, alcanza altas densidades en zonas apropiadas, pudiendo llegar a colonizar de manera masiva hábitat susceptibles de ser ocupados por *M. auricularia*.

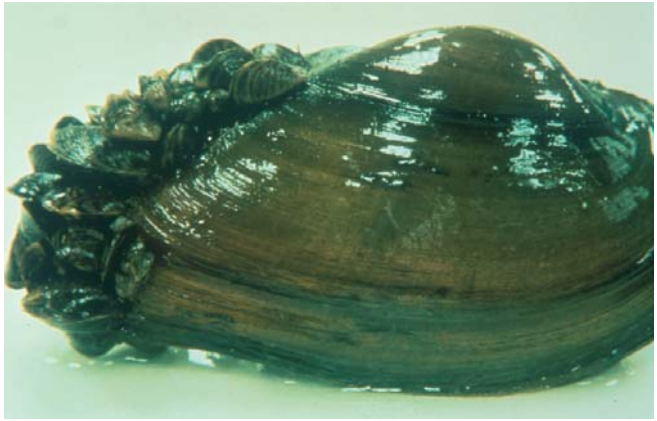


Figura 44: Mejill n cebra creciendo sobre valva de n yade (Minnesota Sea Grant Programme).

- La extremada **fragmentación poblacional** existente, con pequeñas zonas aisladas donde *Margaritifera auricularia* es localmente abundante y grandes tramos de río o de los canales en los que está ausente, aumenta enormemente la vulnerabilidad de estos núcleos aislados frente a posibles accidentes o sucesos catastróficos, además de imposibilitar el contacto entre los ejemplares para lograr una reproducción efectiva.

El caso del mejillón cebra, *Dreissena polymorpha*, una especie exótica invasora

El mejillón cebra es un molusco bivalvo de pequeño tamaño, que puede encontrarse tanto en aguas dulces como salobres. Su presencia en el Bajo Ebro aragonés (Embalses de Ribarroja y recientemente Mequinenza) fue detectada inicialmente en el segundo semestre de 2001. El carácter fuertemente invasivo de la especie generó ya los primeros problemas tangibles en la Comunidad Autónoma de Aragón apenas un año después de ser encontrado. La proliferación en los sistemas de almacenamiento de agua potable de varias localidades (Fayón, Fabara, Nonaspe, en primavera de 2002) provocó obturaciones en los sistemas de bombeo y alteraciones en la calidad de las aguas que motivaron las primeras inversiones en modificaciones estructurales de los sistemas de captación.

El mejillón cebra es oriundo de los mares Aral y Caspio. Desde hace más de dos siglos se ha venido

Figura 45: Cartel informativo del Gobierno de Arag n sobre el mejill n cebra.

constatando su aparición en regiones muy distantes de sus áreas de origen, como consecuencia, básicamente, de la apertura de canales de riego y de comunicación, y de su transporte por medio de la navegación. Colonizó inicialmente Europa occidental y, más recientemente, Estados Unidos, donde produce cuantiosos daños desde finales de los años 80 del pasado siglo.

El Departamento de Medio Ambiente del Gobierno de Aragón ha establecido medidas para evitar la proliferación de la especie o al menos ralentizarla, y tratar de paliar así los efectos negativos de esta invasión.

Un ejemplo de estas medidas es la campaña informativa y de educación ambiental para promover la indispensable participación ciudadana, implicando entre otros al colectivo de pescadores, por los riesgos de transmisión desde los embalses de Ribarroja y Mequinenza hacia otras masas de agua.

Identificación: el mejillón cebra y especies próximas; lugares de origen y expansión

El mejillón cebra (*Dreissena polymorpha*) es un bivalvo pequeño, de forma triangular, que posee habitualmente un dibujo de bandas irregulares blancas y oscuras en zigzag sobre fondo de color parduzco. Su coloración es muy variable y algunos ejemplares incluso carecen de bandas. Vive sujeto a substratos duros, agarrado por medio de un biso filamentoso (igual que los mejillones marinos) y es colonial, de manera que se agrupan multitud de individuos (miles de individuos por metro cuadrado) formando racimos o tapizando amplias superficies. Esta característica es la base de los problemas derivados de su expansión: la proliferación de tapetes y racimos densos tapona o cubre todo tipo de estructuras, desde tuberías hasta lechos rocosos.

Figura 46: Mejillones cebra creciendo sobre individuos de su misma especie (I. G mez).

El tamaño medio del mejillón cebra es de unos tres centímetros, si bien existen citas de ejemplares que pueden alcanzar los cinco centímetros. Al año de vida, ya mide un centímetro y puede vivir hasta más de cinco años, según las condiciones ambientales.

Las invasiones de *Dreissena polymorpha* provocadas por la navegación a partir de la cuenca del Mar Caspio y del Mar de Aral hacia Europa no son recientes, y se conocen desde el siglo XVIII. Sin embargo ha sido en el último cuarto del siglo XX y en estos primeros años del XXI, cuando se han constatado nuevas y preocupantes invasiones. A finales de los 80, *D. polymorpha* fue encontrada en áreas del sudeste del Golfo de Finlandia, cerca de San Petersburgo. En 1995, diversas poblaciones fueron localizadas a lo largo de la costa finlandesa. *D. polymorpha* apareció en Irlanda en 1994; en América del norte fue citada por primera vez en 1988, en los lagos Saint Clair y Erie. Las citas más recientes en Norteamérica indican que en 1999 la especie se había extendido ya hasta la cuenca del río Missouri. En la actualidad toda la mitad oriental del subcontinente norteamericano se encuentra colonizada.

Las características de los enclaves en los que se detectó inicialmente la presencia de mejillón cebra en Aragón sugieren que la pesca deportiva desde embarcación ha sido con toda probabilidad el origen de la invasión en nuestra Comunidad Autónoma. Larvas de mejillón cebra pudieron ser transportadas en el agua de lastre de embarcaciones recreativas procedentes de países europeos donde ya se encontraba esta especie.

Otras fuentes de infección barajadas en ocasiones, como el posible transporte por los propios peces o por las aves acuáticas, no han sido comprobadas, y los ensayos experimentales realizados al respecto han dado siempre resultados negativos.

En la Península Ibérica, se puede esperar una proliferación rápida de esta especie en los próximos años, dado que aquí puede encontrar tanto unas condiciones climáticas favorables como una falta de competencia ecológica, ya que ni existen especies que ocupen el mismo nicho ecológico, ni hay depredadores adaptados específicamente al consumo de bivalvos dulceacuícolas.

Morfología y biología

La anatomía y fisiología del mejillón cebra y de los Dreisénidos en general ha sido muy estudiada debido a su importancia como especie invasora.

Los Dreisénidos son animales unisexuales, es decir, con sexos separados. En sus poblaciones existe un número aproximadamente equivalente de machos y de hembras. En casos excepcionales aparecen individuos hermafroditas.

Como ocurre en otros bivalvos de agua dulce, el mejillón cebra tiene un ciclo de vida que incluye larvas pelágicas (de vida en aguas libres), que tras sedimentar sobre el sustrato sufren una metamorfosis y se convierten en mejillones en miniatura. Las hembras generalmente son fértiles en el segundo año. Los huevos son expulsados al agua libre por las hembras y fertilizados por los machos; este proceso ocurre generalmente en primavera o verano, dependiendo de la temperatura del agua. Cada hembra puede poner cerca de 40.000 huevos de una sola vez, y hasta un millón en una temporada. La temporada de puestas es tanto más larga cuanto más tiempo se mantengan altas las temperaturas. Después de la fertilización, las larvas emergen a los tres o cinco días y son nadadoras libres durante alrededor de un mes.

La temperatura óptima para el desarrollo de las larvas se sitúa entre 20-22º C. Las larvas no tienen capacidad de nadar activamente y son dispersadas por la corriente. Cuando estas larvas se depositan en el fondo, se arrastran con ayuda de su pie, en busca de un substrato adecuado. Una vez localizado, se fijan a él por medio del biso, una secreción glandular que se endurece en el agua en forma de hilos de aspecto córneo, y que ofrece una enorme capacidad de sujeción.

Los juveniles prefieren substratos duros para fijarse, como las rocas, pero también lo hacen a elementos de la vegetación (hojas, tallos, raíces), a otros animales con conchas o caparazones duros (otros bivalvos, crustáceos, etc.) y, en general, a cualquier elemento duro, natural o artificial, que sirva de apoyo. En muchas ocasiones es común verlos sobre otros congéneres, formando masas de mejillones, lo que explica la gran densidad que llegan a alcanzar sus colonias y que se puede cifrar en decenas de miles de individuos por metro cuadrado. En

Figura 47: Mejillones cebra creciendo sobre una placa-testigo de control (I. G mez).

condiciones óptimas, en un metro cuadrado de superficie, puede llegar a haber hasta dos kilogramos de mejillones cebra.

Los dreisénidos se alimentan filtrando partículas en suspensión, principalmente algas unicelulares. Son capaces de filtrar con sus branquias hasta un litro de agua al día. Esta capacidad de filtración del mejillón cebra -enorme si se tiene en cuenta su tamaño y sus densidades- puede afectar indirectamente al contenido en oxígeno disuelto de las aguas, ya que las algas son los principales productores en agua dulce. En consecuencia, esta capacidad puede resultar muy perjudicial para el resto de las comunidades acuáticas y en general, para el funcionamiento de los ecosistemas ligados a las masas de agua en las que aparezca la especie como invasora.

En ambientes lacustres, el mejillón cebra vive habitualmente en zonas litorales donde tanto el substrato como la disponibilidad de alimento son favorables, y donde el agua no llega a congelarse en invierno. Como regla, los lagos de agua dulce en los que se encuentra esta especie son mesotróficos (cantidad media de nutrientes), un pH relativamente alto y una cantidad moderada también en cuanto a sales minerales disueltas.

El mejillón cebra necesita un sustrato duro sobre el que asentarse, éste es el factor más impor-

Figuras 48 y 49: Embalses de Mequinenza y Ribarroja, donde est presente el mejill n cebra (I. G mez).

tante en su distribución. Puede distribuirse desde los diez centímetros hasta los 60 metros de profundidad, dependiendo de la exposición a posibles oscilaciones de nivel y heladas.

El mejillón cebra tolera amplios rangos de otros parámetros fisicoquímicos del agua, como la temperatura, salinidad, oxígeno disuelto (por encima del 50 %), aunque requiere siempre un elevado nivel de ión calcio.

En cuanto a la resistencia a la desecación, los adultos de mejillón cebra toleran la exposición al aire durante cinco o seis días antes de morir. Si la temperatura es elevada en verano o inferior a 4 ºC en invierno, la supervivencia se reduce a unas pocas horas.

De acuerdo con la literatura más reciente, existen cerca de 200 especies que pueden ser consideradas parásitas o predadoras del mejillón cebra. Aves y peces se alimentan de los mejillones fijos y de sus larvas, al igual que copépodos, sanguijuelas, cangrejos de río e incluso roedores (ratas de agua).

Durante la fase de sedimentación y metamorfosis, hasta que aumentan de tamaño y endurecen sus valvas, los mejillones cebra son vulnerables por su pequeño tamaño y débil concha, siendo presa fácil de los depredadores como ciprínidos, cangrejos, etc.

Colonización y problemas asociados

La presencia del mejillón cebra se detectó en Aragón por primera vez en el embalse de Ribarroja en el año 2001. En 2004 se detectó por primera vez en el embalse de Mequinenza. Aguas abajo del embalse de Ribarroja también está ampliamente presente en el tramo catalán del río Ebro.

En el momento actual, el mejillón cebra ha colonizado gran parte de los embalses de Ribarroja y Mequinenza, con consecuencias ecológicas todavía sin determinar. Habita en las orillas y los fondos rocosos, y ha colonizado también obras de hormigón e infraestructuras sumergidas, así como embarcaciones, cadenas y otros elementos en contacto habitual con el agua (tuberías de captación, pantalanes y embarcaderos, etc.). El principal impacto comprobado ha sido la colonización de los sistemas de captación y almacenamiento de agua potable.

A nivel ecológico, es posible que se produzcan graves afecciones sobre las especies ligadas al medio acuático, en particular sobre las nativas de la cuenca del Ebro. La competencia por el alimento (algas unicelulares en suspensión), así

como el descenso en el nivel de oxígeno disuelto o directamente el tapizado de las valvas utilizadas como sustrato por el mejillón cebra pueden afectar a *Margaritifera auricularia*, así como al resto de náyades.

Plan de control del mejillón cebra en Aragón

El Departamento de Medio Ambiente del Gobierno de Aragón ha diseñado un Plan de Control para esta especie, que tiene como principales objetivos los siguientes:

1.- Conocer la distribución del mejillón cebra, tanto en cuanto a superficie ocupada como a profundidad de sus colonias

Figura 50: Colonia de mejill n cebra (R. Araujo).

Figuras 51 y 52: Revisi n de testigos para conocer la poblaci n de *D. polymorpha* (R. Araujo).

2.- Investigación sobre su ciclo biológico en relación con las características fisicoquímicas de las aguas en las que se encuentra.

3.- Determinación de los efectos sobre el medio que está causando su presencia en las aguas de Aragón.

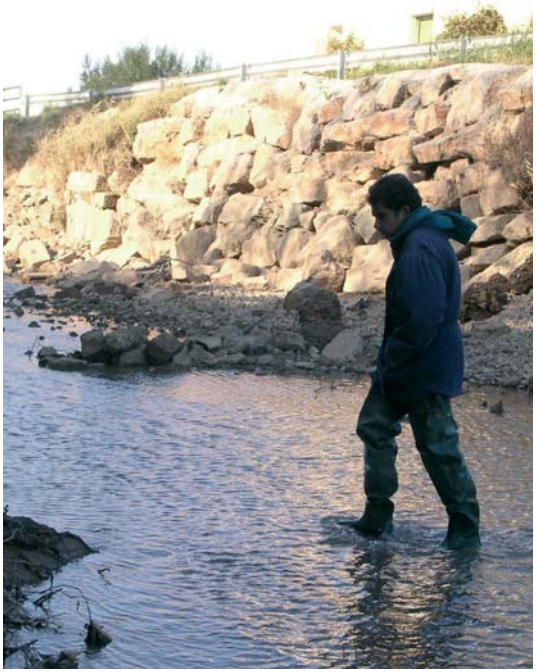
4.- Minimización de los impactos provocados por el mejillón cebra.

5.- Control de las circunstancias que puedan favorecer su expansión a otras zonas.

6.- Campañas de información y sensibilización para facilitar el cumplimiento de los objetivos citados.

Acciones para la conservación de Margaritifera auricularia *en Aragón*

Desde que se produjo su catalogación, el Departamento de Medio Ambiente del Gobierno de Aragón, ha tenido como prioridad avanzar en el conocimiento sobre la especie y sus hábitat.



▲ **Figuras 53 y 54:** Prospecci n en el Canal Imperial de Arag n (K. Nakamura).

Aprovechando las operaciones de mantenimiento que se desarrollan periódicamente en los Canales (meses de febrero y noviembre, fundamentalmente), así como el periodo estival, cuando el nivel de agua es más bajo en el río Ebro, se realizan prospecciones para detectar nuevos individuos, comprobar el estado de los ya localizados y evitar riesgos a las poblaciones. Para ello se cuenta con el trabajo de los Agentes de Protección de la Naturaleza, técnicos especializados, así como con la ayuda de las propias comunidades de regantes de los canales, que facilitan enormemente la realización de estas tareas. En ocasiones, dependiendo del nivel de agua, es necesaria incluso la participación de submarinistas (Cuerpo de Bomberos de Zaragoza y Grupo Especial de Actividades Subacuáticas de la Guardia Civil). Cada ocasión de contacto con la especie en su hábitat natural implica la recolección de nuevos datos que pueden revelar las respuestas a las diferentes incógnitas que todavía persisten sobre ella.

Con carácter general, se recoge toda una serie de datos asociados al microhábitat de *M. auricularia* en el área más próxima a cada uno de los ejemplares que se detecta. Entre estos datos cabe citar los siguientes:

- parámetros fisicoquímicos del agua: pH, temperatura, conductividad, oxígeno disuelto, nitritos, nitratos, fosfatos, amonio y dureza;
- análisis superficial de sustrato en el área alrededor de cada ejemplar encontrado, se estudia la composición granulométrica del mismo;
- velocidad de la corriente;
- presencia y cobertura de vegetación acuática y/o vegetación de ribera;
- coordenadas de la posición geográfica del ejemplar.

Los parámetros fisicoquímicos permiten conocer las características de las aguas donde vive la especie. En la zona media del valle del Ebro, el agua es dura por el alto contenido en ión calcio, con un alto valor de su conductividad debido a la cantidad de sales disueltas y está bien oxigenada.

M. auricularia se encuentra en la mayoría de las ocasiones sobre sustratos dominados por gravas y en menor proporción arenas y limos.

▲ **Figura 55:** Toma de datos alrededor de un ejemplar de *M. auricularia* (K. Nakamura).

En cuanto a los datos que se toman sobre los propios individuos, la longitud de la concha, como dato biométrico principal, y la posición relativa del ejemplar dentro del cauce (próxima a las orillas o en el centro) son básicos, registrándose adicionalmente, si es el caso, las otras especies de náyades que acompañan en la misma zona del cauce a *M. auricularia*.

Cada nuevo ejemplar de *M. auricularia* es etiquetado siguiendo una numeración secuencial. De esta forma se consigue llevar un inventario de los individuos localizados hasta el momento. Otras funciones de este etiquetado son las de realizar estudios de crecimiento de la especie, o detectar posibles casos de mortandad en individuos conocidos, con el fin de poder indagar sobre las causas de la misma.

Figura 56: Etiquetado de ejemplar de *M. auricularia* del Canal Imperial (K. Nakamura).

En Aragón se llevan a cabo muestreos y rescates de ejemplares básicamente en tres masas de agua: el río Ebro, como eje principal, y en los dos canales seminaturales, Canal Imperial de Aragón y Canal de Tauste. Esporádicamente, y aprovechando oportunidades que puedan surgir por la realización de obras o trabajos de conservación, se incluyen otras acequias de menor envergadura, como la acequia de Pina de Ebro.

Figuras 57 y 58: Prospecci n en la acequia de Pina de Ebro (dcha) y en el r o Ebro (arriba) (K. Nakamura).

En el río Ebro se realizan muestreos durante el verano, época propicia por el bajo nivel del agua, lo que permite entrar a pie y poder rastrear la zona en búsqueda de ejemplares. Se muestrean tanto las orillas como los canales trenzados (también conocidos como madres del río o brazos laterales) que quedan aislados del cauce principal en la época estival. Las prospecciones se realizan con la ayuda de mirafondos, y palpando manualmente el sustrato. La mayor dificultad para los muestreos se presenta en las zonas con profundidad superior a un metro, debido tanto al riesgo que estas zonas entrañan, como a la falta de visibilidad, motivada por la gran cantidad de partículas en suspensión que arrastra el Ebro.

Con las limitaciones propias de las características del río, la búsqueda de ejemplares nuevos se realiza en toda la longitud accesible del río Ebro a su paso por Aragón.

Figura 59: Prospecci n del Canal Imperial con buzos especialistas del Grupo Especial de Actividades Subacu ticas de la Guardia Civil (K. Nakamura).

En los canales, los muestreos deben ser hechos durante el otoño-invierno coincidiendo con los cortes de agua que se realizan para las obras de mantenimiento de los mismos (noviembre y febrero).

Las prospecciones en los canales son más sencillas que en el caso del río Ebro, ya que existe la posibilidad de manejar el nivel del agua y el tramo que se muestrea puede ser vaciado casi completamente. En el Canal Imperial la metodología de las obras de mantenimiento se basa en la construcción de ataguías transversales que acotan el tramo sobre el que se actúa. El nivel de agua se hace descender mediante bombeo hasta que la profundidad es suficiente como para efectuar en primer lugar un rescate de los peces que han quedado atrapados. Posteriormente se comienza la prospección y rescate de las náyades.

Figura 60: Recorriendo el lecho del Canal Imperial por transectos longitudinales (I. G mez).

La metodología empleada para el trabajo con las náyades se basa en transectos longitudinales, ya sea en el río o en los canales, que aporten datos que permitan extraer conclusiones tras su análisis posterior. La longitud de los transectos se fija en tramos de 100 metros. En cada transecto (orilla izquierda, centro y orilla derecha) se recogen todas las náyades presentes y posteriormente se clasifican por especie y se miden. De esta forma se conoce el estado de las poblaciones, si están compuestas por adultos o juveniles, en que proporción y el hábitat que cada una de las especies ocupa.

En el Canal de Tauste, por su menor anchura se corta el flujo de agua y se revisa el tramo con bajo nivel de agua.

Para el inventario de especies de náyades se realizan prospecciones a pie mediante observación directa, con o sin mirafondos, dependiendo del nivel de agua que interese mantener en el cauce, a fin de determinar la composición específica y abundancia de cada especie.

Como normal general, las náyades encontradas en los muestreos de los canales no se traslocan, a excepción de que se estime que corren riesgo inminente de daño o muerte. Se retiran los individuos, que son trasladados a zonas con abundante agua y una vez acabadas las obras de mantenimiento, se retornan a su ubicación original.

Figura 61: N yades encontradas en un tramo del Canal Imperial (K. Nakamura).

El canal de Tauste, aunque con menos ejemplares, también cuenta con una población representativa de aproximadamente 74 individuos que con cada nueva prospección va aumentando.

La colaboración y coordinación de los diferentes actores implicados: Departamento de Medio Ambiente del Gobierno de Aragón (DGA), Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE) y Usuarios de los canales de Tauste e Imperial de Aragón, convierte esta tarea en un trabajo en equipo entre las instituciones mencionadas, lo que supone un avance en la conservación tanto de *Margaritifera auricularia* como del resto de especies de náyades nativas, consiguiendo limitar algunos de los factores de mortalidad que hasta hace pocos años eran causados por el desconocimiento de estas especies.

Como se ha comentado con anterioridad, una de las observaciones más llamativas detectadas en el trabajo de campo es que hasta el momento no se han localizado ejemplares juveniles de *M. auricularia*. La detección de ejemplares de pequeño

tamaño de cualquier náyade no es sencilla, tal y como se deduce de la metodología de muestreo que se ha explicado anteriormente. Para salvar este inconveniente, que puede resultar en un sesgo hacia el hallazgo únicamente de adultos por muestreo visual, se ha diseñado una nueva metodología de muestreo específico para la fracción juvenil de la población. En cada tramo muestreado se realiza la criba de una cantidad de sustrato correspondiente a una profundidad de 10 a 20 cm, dependiendo del sustrato, y una superficie conocida, tanto al inicio, en el centro y al final del tramo. De esta manera se puede hacer una estimación del volumen de sustrato muestreado frente al volumen susceptible de albergar juveniles en ese tramo. El sustrato del río y de los canales es cribado a través de una malla de 0,5 cm. de luz.

Hasta la fecha, no se han obtenido resultados positivos con respecto a *M. auricularia*, pero sí del resto de especies de náyades. Estos resultados confirman la validez de la metodología empleada y permiten pensar en continuar su aplicación en sucesivas campañas de muestreo.

Figuras 62 y 63: Trabajos de cribado del lecho de los cauces (K. Nakamura).

Figuras 64 y 65: Juveniles de n yades encontrados tras cribar el sustrato.

Para finalizar con la exposición de los trabajos que se están realizando en el medio natural, indicar que se están realizando también prospecciones que permitan conocer la distribución de *Salaria fluviatilis*, que es, como ya se ha señalado, la única especie nativa que en condiciones experimentales ha funcionado como hospedador de los gloquidios de *M. auricularia*. Estas prospecciones se realizan simultáneamente con las de la náyade, empleando para ello técnicas de pesca eléctrica que se han demostrado válidas para esta especie en otros cauces. Se pretende comprobar cual es el grado de coincidencia espacial entre la distribución de ambas especies, así como determinar, si es posible, por qué el pez está ausente en algunas zonas en las que se encuentra la náyade. Dado que las características del hábitat apropiado para el pez fraile se conocen con un buen nivel de detalle gracias a otros trabajos publicados en la bibliografía, se acometen también actuaciones de mejora del hábitat para esta especie. Estas acciones se desarrollan tanto en zonas donde se conoce la presencia del pez fraile, como en otras en donde por haberse encontrado colonias de *M. auricularia*, se considera importante la presencia del pez. Para mejorar el hábitat que el pez necesita se incorporan elementos naturales o artificiales que sirven como territorios de cría y refugios. Estos elementos deben ser susceptibles de ser fácilmente muestreados en temporadas sucesivas, con el fin de poder comprobar su eficacia como refugios.

El Canal Imperial es uno de los enclaves principales en los que se están realizando las experiencias piloto de instalación de refugios para peces frailes.

Figuras 66 y 67: Pesca el ctrica para la b squeda de *S. fluviatilis* (K. Nakamura).

Otra línea de trabajo, en combinación con el trabajo *in situ*, es la que se realiza *ex situ*, a través de experiencias de cría

Figuras 68 y 69: Instalaci n de refugios para *S. fluviatilis* (K. Nakamura).

en cautividad. El Departamento de Medio Ambiente del Gobierno de Aragón dispone de unas instalaciones alojadas en el Centro Internacional del Agua y el Medio Ambiente y próximas al Centro de Recuperación de Fauna Silvestre de la Alfranca, en La Puebla de Alfindén (Zaragoza). Dentro de este complejo se ha instalado el centro de cría en cautividad de *M. auricularia*. Las instalaciones comprenden un laboratorio equipado con acuarios y depósitos de agua, destinados a albergar a los reproductores de *M. auricularia*, así como a las especies de peces más propicias para obtener juveniles, y unas balsas exteriores, que permiten recrear de manera aproximada unas condiciones similares a las naturales. El objetivo de

▲ **Figuras 70 y 71:** Acuarios para mantenimiento en cautividad de *S. fluviatilis* (K. Nakamura).

este centro es la producción de juveniles de la especie para, bien seguir investigando en los requerimientos de los mismos para su mantenimiento en cautividad, o bien realizar reintroducciones en el medio natural.

Hasta la fecha se ha logrado dominar la técnica del mantenimiento de las náyades reproductoras, que se colectan del Canal Imperial semanas antes de que empiece la emisión de gloquidios y son posteriormente devueltas al mismo cauce, así como la infección de los peces hospedadores y la producción de juveniles de las náyades. El reto en estos momentos es lograr la supervivencia a largo plazo de estos juveniles, para lo cual se están desarrollando una serie de experiencias que permitirán avanzar progresivamente en estos aspectos.

◀ **Figura 72:** Esturiones y *M. auricularia* en acuario (Joaqu n Guerrero).

Plan de recuperación de Margaritifera auricularia *en Aragón*

El Gobierno de Aragón ha aprobado recientemente el Decreto 187/2005, de 26 de septiembre, por el que se establece un Régimen de Protección para la *Margaritifera auricularia* y se aprueba el Plan de Recuperación.

El objetivo básico es evitar el riesgo de extinción de la especie, de tal modo que con el desarrollo de las acciones previstas en el plan se pueda rebajar la categoría de amenaza de la especie.

Para poder lograr esta meta, el Plan establece una serie de objetivos o directrices básicas sobre las que deben apoyarse las acciones de conservación y gestión de la especie:

- **Monitorización de la especie**: con este enunciado se engloban de modo genérico a los trabajos de vigilancia y prospección en los cauces en los que se encuentra la especie, así como otros en los que haya sospechas de que pudiera haber ejemplares. De este modo se impedirá que por obras de conservación, descensos del nivel de agua ligados a procesos naturales o no, etc., puedan producirse casos de mortalidad de ejemplares o pérdida de poblaciones. Además la monitorización debe conducir a la mejora en el conocimiento sobre la distribución y número de ejemplares de *Margaritifera auricularia* en Aragón.
- **Determinación de las causas del declive poblacional** y de las condiciones óptimas de supervivencia para la especie, tanto biológicas como ambientales. La continuidad en los trabajos de campo debe permitir conocer las claves de selección del hábitat de los ejemplares de *Margaritifera auricularia*, así como de las especies de peces que puedan ser hospedadoras de sus gloquidios. En condiciones de laboratorio se investigarán también aspectos más concretos de la biología de los juveniles, como sus requerimientos alimenticios, de sustratos, calidad del agua, etc.
- La **determinación del efecto real de amenazas potenciales** sobre *M. auricularia*. Entre ellas se puede destacar la proliferación de especies exóticas que pueden ejercer una competencia activa por el mismo nicho ecológico o modificar la calidad del agua y disponibilidad de alimento (caso del mejillón cebra). Otro tipo de amenazas estarán necesariamente ligadas a la presión sobre los peces hospedadores de los gloquidios, como la ausencia de hábitats adecuados, introducción de especies exóticas predadoras, modificación del hábitat por obras en los cauces, etc.
- El **establecimiento de los mecanismos y directrices básicas de conservación ex situ para la especie**. Este aspecto se desarrolla necesariamente en paralelo con todos los demás, y debe suponer una importante fuente de información que retroalimenta todos los demás trabajos. Supone el diseño e implementación de unas instalaciones adecuadas para el mantenimiento y reproducción en cautividad de *M. auricularia* y de *Salaria fluviatilis*. Estas instalaciones permitirán desarrollar diversas experiencias sobre requerimientos ecológicos de ambas especies, así como producir

náyades juveniles que sean mantenidas en cautividad, o bien empleadas para su introducción en cauces naturales o instalaciones controladas pero en condiciones más similares a las silvestres.

- Reintroducción de juveniles de *M. auricularia*, así como **reforzamiento poblacional** o creación de nuevas colonias de *S. fluviatilis* en zonas donde el hábitat sea el adecuado para ambas especies o donde se hayan realizado actuaciones para adaptarlo.
- **Coordinación con otras Administraciones u organismos** que permitan establecer líneas de gestión comunes.
- **Sensibilización medioambiental** de la sociedad en general, pero en particular de los colectivos o asociaciones cuyas actividades son más sensibles para la conservación de la especie, tales como usuarios de los canales, pescadores, empresas que realizan obras en los cauces, etc.

El seguimiento de estas directrices básicas o líneas de trabajo tiene como meta final la consecución de poblaciones viables a largo plazo desde el punto de vista demográfico y genético, tratando para ello de corregir los graves desequilibrios existentes en la estructura de edades, incrementando el número de ejemplares y favoreciendo la colonización de los territorios considerados como hábitat potencial de la especie.

El objetivo final sería conseguir que la especie pudiera pasar de estar catalogada «en peligro de extinción» a la categoría «vulnerable» del Catálogo Nacional de Especies Amenazadas y del Catálogo de Especies Amenazadas de Aragón.

Las actuaciones previstas en el Plan se aplicarán de manera prioritaria a los territorios donde hay presencia constatada de la especie en la actualidad, aplicándose así mismo su ejecución a áreas con registros recientes o históricos. Además, el ámbito de aplicación del Plan se ampliará a aquellas zonas que la especie pase a ocupar durante su vigencia, bien por dispersión natural o como consecuencia de las medidas de gestión puestas en marcha en aplicación del propio Plan, así como a las áreas con hábitats potencialmente adecuados para el establecimiento de la especie.

Las previsiones del Plan de Recuperación se aplicarán en la totalidad de los tramos comprendidos dentro del territorio de la Comunidad Autónoma de Aragón de los siguientes cauces:

- En todo el río Ebro en su tramo aragonés, hasta el puente que lo cruza en la localidad de Escatrón (zona ya de influencia del embalse de Mequinenza).
- El Canal Imperial de Aragón
- El Canal de Tauste.

El Plan no tiene una vigencia temporal predeterminada, sino que se irá adaptando a medida que se vean los resultados de las actuaciones incluidas en él.

III. La protección legal de **M. auricularia** *en Aragón, en España y en Europa*

Margaritifera auricularia se encuentra catalogada como «En peligro de extinción» en el Catálogo de especies amenazadas de Aragón, regulado por el Decreto 49/1995, de 28 de marzo del Gobierno de Aragón -modificado parcialmente por el Decreto 181/2005, de 6 de septiembre- así como en el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas, regulado por el Real Decreto 439/1990.

En la Directiva 92/43/CEE relativa a la conservación de los hábitat naturales y de la flora y fauna silvestre, se encuentra recogida dentro del Anexo IV «Especies animales y vegetales de interés comunitario que requieren una protección estricta».

Incluida en el «Anejo II» del Convenio de Berna, relativo a la Conservación de la Vida Silvestre y del Medio Natural en Europa: «Especies de fauna estrictamente protegidas».

Finalmente, como se ha citado en el capítulo anterior, el Gobierno de Aragón ha promulgado recientemente el Decreto 187/2005, de 26 de septiembre, por el que se establece un Régimen de Protección para la *Margaritifera auricularia* y se aprueba el Plan de Recuperación.

IV. Bibliografía recomendada

ALTABA, C. R., 1990. The Last Known Population of the Freshwater Mussel *Margaritifera auricularia* (Bivalvia, Unionoida): A Conservation Priority. *Biological Conservation*, 52: 271-286.

ALTABA, C. R., 1992. Les nàiades (Mollusca: Bivalvia: Unionoida) dels països catalans. *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural*, 60(Secc. Zool., 9): 23-44.

ALTABA, C. R., 1997. Al límit de l'extinció: *Margaritifera auricularia* (Bivalvia: Unionoida). *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural*, 65: 137-148.

ÁLVAREZ HALCÓN, R.M., 1998. La industria del nácar de *Margaritifera auricularia* en Aragón y la gestión ambiental. *Temas de Antropología Aragonesa*, 8: 113-212.

ÁLVAREZ-HALCÓN, R., ARAUJO, R. Y DELVENE, G. 2000. *Margaritifera auricularia*, un bivalvo de agua dulce amenazado en Aragón. Naturaleza Aragonesa, 5: 58-66.

ARAUJO, R. 2004. Los bivalvos dulceacuícolas de La Rioja. *Zubía*, 22: 29-39.

ARAUJO, R. 2004. Two overlooked host fish species of *Margaritifera auricularia* (Bivalvia, Unionoidea, Margaritiferidae). *Basteria*, 67: 113.

ARAUJO, R., BRAGADO, D. y RAMOS, M. A., 2000. Occurrence of glochidia of the endangered *Margaritifera auricularia* (Spengler, 1793) and other mussel species (Bivalvia: Unionoida) in drift and on fishes in an ancient channel of the Ebro River, Spain. *Archiv für Hydrobiologie*, 148(1): 147-160.

ARAUJO, R. Y ÁLVAREZ HALCÓN, R. M. 2001. El mejillón cebra en el Ebro: Un grave caso de riesgo ambiental en Aragón. Naturaleza Aragonesa, 8: 39-46.

Araujo, R., Bragado, D. & Ramos, M. A. 2001. Identification of the river blenny, *Salaria fluviatilis*, as a host to the glochidia of *Margaritifera auricularia*. *Journal of Molluscan Studies*, 67: 128-129.

Araujo, R., Cámara N. & Ramos, M. A. 2002. Glochidium metamorphosis in the endangered freshwater mussel *Margaritifera auricularia* (Spengler, 1793): A histological and scanning electron microscopy study. *Journal of Morphology, 254: 259-265.*

Araujo, R., Gómez. I., Machordom, A. 2005. The identity and biology of *Unio mancus* (= *U. elongatulus*) (Bivalvia: Unionidae) in the Iberian Peninsula. *Journal of Molluscan Studies* 71(1): 25-31.

Araujo, R. y Moreno, R., 1999. Former Iberian distribution of *Margaritifera auricularia* (Spengler) (Bivalvia: Margaritiferidae). *Iberus*, 17(1): 127-136.

Araujo, R., Quirós, M. & Ramos, M. A. 2003. Laboratory propagation and culturing of juveniles of the endangered freshwater mussel *Margaritifera auricularia* (Spengler, 1793). *Journal of Conchology*. 38(1): 53-60.

Araujo, R. y Ramos, M. A., 1998a. Description of the glochidium of *Margaritifera auricularia* (Spengler, 1793) (Bivalvia, Unionoidea). *Philosophical Transactions of The Royal Society of London B*, 353: 1553-1559.

Araujo, R. y Ramos, M. A., 1998b. *Margaritifera auricularia* (Unionoidea, Margaritiferidae), the giant freshwater pearl mussel rediscovered in Spain. *Graellsia*, 54: 129-130.

Araujo, R. y Ramos, M. A., 2000a. A critical revision of the historical distribution of the endangered *Margaritifera auricularia* (Spengler, 1793) (Bivalvia, Margaritiferidae) based on museum specimens. *Journal of Conchology*, 37(1): 49-59.

Araujo, R. y Ramos, M. A., 2000b. Status and conservation of the relict giant European freshwater pearl mussel *Margaritifera auricularia* (Spengler, 1793). *Biological Conservation*, 96: 233-239.

Araujo, R., Ramos, M. A., 2001a. *Action Plan for* Margaritifera auricularia. Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats (Bern Convention). Council of Europe Publishing. Nature and environment, No. 117. Strasbourg, 28 pp.

Araujo, R. & Ramos, M. A. 2001b. *Margaritifera auricularia*. En: *Los Invertebrados no Insectos de la «Directiva Hábitat» en España*. Serie Técnica. Ed. Organismo Autónomo Parques Nacionales (Ministerio de Medio Ambiente). Madrid. 93-101.

Araujo, R. & Ramos, M. A. 2001c. *Margaritifera margaritifera*. En: *Los Invertebrados no Insectos de la «Directiva Hábitat» en España*. Serie Técnica. Ed. Organismo Autónomo Parques Nacionales (Ministerio de Medio Ambiente). Madrid. 102-110.

Araujo, R. & Ramos, M. A. 2001d. *Unio elongatulus*. En: *Los Invertebrados no Insectos de la «Directiva Hábitat» en España*. Serie Técnica. Ed. Organismo Autónomo Parques Nacionales (Ministerio de Medio Ambiente). Madrid. 116-122.

Araujo, R. & Ramos, M. A. 2001e. Life-History data on the virtually unknown *Margaritifera auricularia*. En: *Ecological Studies, Vol. 145. «Ecology and Evolution of the Freshwater Mussels Unionoida»* ed. by G. Bauer and K. Wächtler. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 143-152.

Azpeitia Moros, F., 1933. *Conchas bivalvas de agua dulce de España y Portugal*. Memorias del Instituto Geológico y Minero de España, 38(1): 1-458, y 39(2): 459-763, láms. I-XXXVI.

Bauer, G., 1992. Variation in the life span and size of the freshwater pearl mussel. *Journal of Animal Ecology*, 61: 425-436.

Bij de Vaate A, Jazdzewski K, Ketelaars HAM, Gollasch S, Van der Velde (2002). Geographical patterns in range extension of Ponto-Caspian macroinvertebrate species in Europe. Canadian Journal of Fish and Aquatic Science 59: 1159-1174.

Borcherding J (1991). The annual reproductive cycle of the freshwater mussel *Dreissena polymorpha* Pallas in lakes. Oecologia 87: 208-218.

Claudi R, Leach JH (1999). Nonindigenous freshwater organisms. Vectors, Biology, and Impacts. Boca Raton, Florida, 464 pp.

Drake JM, Lodge DM (2004). Global hot spots of biological invasions: evaluating options for ballast-water management. Proceedings of the Royal Society of London B 271: 575-580.

Ellis, A. E. 1978. *British Freshwater Bivalve Mollusca*. The Linnean Society of London. Academic Press, London, 109 pp.

French JRP (1993). How well can fishes prey on zebra mussels in Eastern North America? Fisheries 18(6): 13-19.

GRANDE, C., ARAUJO, R. & RAMOS, M. A. 2001. The gonads of *Margaritifera auricularia* (Spengler, 1793) and *Margaritifera margaritifera* (L. 1758) (Bivalvia: Unionoidea). *Journal of Molluscan Studies*, 6: 27-35.

HAAS, F., 1916a. Sobre una concha fluvial interesante (*Margaritana auricularia*,, Spglr.) y su existencia en España. *Boletín de la Sociedad Aragonesa de Ciencias Naturales*, 15(2): 33-45.

HAAS, F., 1916b. Spanischer Brief III. Nachrichtsblatt der Deutschen *Malakozoologischen Gesellschaft*, 48: 32-44.

HAAS, F., 1917. Estudios sobre las Náyades del Ebro. *Boletín de la Sociedad Aragonesa de Ciencias Naturales*, 16: 71-82.

HAAS, F., 1924. Anatomische Untersuchungen an europäischen Najaden. I. *Archiv für Molluskenkunde*, 56: 66-82.

HAAS, F., 1940. A tentative classification of the Palearctic Unionids. *Field Museum of Natural History, Zoological Series*, 24: 115-141.

HAAS, F., 1969. Superfamilia Unionacea. *Das Tierreich*, 88: 1-663.

HUNTER RD, BAILEY JF (1992). *Dreissena polymortpha* (Zebra Mussel): colonization of soft substrata and some effects on Unionid bivalves. The Nautilus 106(2): 60-67.

LEFEVRE, G. y CURTIS, W. C., 1912. Studies on the Reproduction and Artificial Propagation of Freshwater Mussels. *Bulletin of the Bureau of Fisheries*, 30: 105-201.

LEUNG B, LODGE DM, FINNOFF D, SHOGREN JF, LEWIS MA, LAMBERTI G (2002). An ounce of prevention or a pound of cure; bioeconomic risk analysis of invasive species. Proceedings of the Royal Society of London B 269: 2407-2413.

MACHORDOM, A., ARAUJO, R., ERPENBECK, D. & RAMOS, M. A. 2003. Phylogeography and conservation genetics of European endangered Margaritiferidae. *Biological Journal of the Linnean Society*. 78: 235-252.

MCMAHON RF (1996). The physiological ecology of the zebra mussel, *Dreissena polymorpha*, in North America and Europe. American Zoologist 36: 339-363.

MARSDEN JE (1997). Common carp diet includes zebra mussels and lake trout eggs. Journal of Freshwater Ecology 12(3): 491-492.

MIMAM (2001) Localización y evaluación de una nueva invasión biológica: el mejillón cebra (*Dreissena polymorpha*) en el Ebro. Ministerio de Medio Ambiente, Dirección General de Coordinación de la Naturaleza, 84 pp.

Nalepa TF, Schloesser DW (Eds.) (1993). Zebra Mussel biology, impacts and control. Lewis Publishers, Boca Ratón. 810 pp.

Nichols SJ (1996). Variations in the reproductive cycle of *Dreissena polymorpha* in Europe, Russia, and North America. American Zoologist 36: 311-325.

Nienhuis, J.A.J.H., 2003. The rediscovery of Spengler's freshwater pearlmussel *Pseudunio auricularius* (Spengler, 1793) (Bivalvia, Unionoidea, Margaritiferidae) in two river systems in France, with an analysis of some factors causing its decline. *Basteria* 67(1-3): 67-86.

Preece, R. C., 1988. A second British interglaciar record of *Margaritifera auricularia*. *Journal of Conchology*, 33(1): 50-51.

Preece, R. C., Burleigh, R., Kerney, M. P. y Jarzembowski, E. A., 1983. Radiocarbon age determination of fossil *Margaritifera auricularia* (Spengler) from the River Thames in West London. *Journal of Archaeological Science,* 10: 249-257.

Ricciardi A (2003). Predicting the impacts of an introduced species from its invasion history: an empirical approach applied to zebra mussel invasions. Freshwater Biology 48: 972-981.

Ricciardi A, Neves RJ, Rasmussen JB (1998). Impending extinctions of North American freshwater mussels (Unionoida) following the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) invasión. Journal of Animal Ecology 67: 613-619.

Rosas, G., Ramos, M. A. y García-Valdecasas, A., 1994. *Invertebrados españoles protegidos por convenios internacionales*. ICONA. Madrid. 250 pag. + 50 figuras.

Schloesser DW, Nalepa TF, Mackie GL (1996) Zebra mussel infestation of Unionid bivalves (Unionidae) in North America. American Zoologist 36: 300-310.

Stoeckel JA, Rehmann CR, Schneider DW, Padilla DK (2004) Retention and supply of zebra mussel larvae in a large river system: importance of an upstream lake. Freshwater Biology 49: 919-930.

VALLEDOR, A. & ARAUJO, R. 2006. The Historical misidentification of *Margaritifera auricularia* for *M. margaritifera* (Bivalvia, Unionoidea) explained by their iconography. *Malacologia*, 48(1-2): 285-294.

WITTENBERG R, COCK MJW (EDS.) (2001). Invasive Alien Species: A toolkit of best prevention and management practices. Global Invasive Species Programme. IUCN. CAB International, Wallingford, Oxon, UK. 228 pp.

2

Las almejas de agua dulce en Aragón: *Margaritifera auricularia* y otros bivalvos