



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN  
Y MEDIO AMBIENTE

CONFEDERACIÓN  
HIDROGRÁFICA  
DEL GUADIANA

## DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DE TÉCNICAS PARA EL CONTROL Y ELIMINACIÓN DE LAS POBLACIONES DE ALMEJA ASIÁTICA EN LA CUENCA DEL GUADIANA



LIFE 10/NAT/ES/000582 *Lucha contra las especies invasoras en las cuencas de los ríos Tajo y Guadiana en la Península Ibérica* (INVASEP). Acción C.1.3.





El presente estudio ha sido realizado por **GABINETE TÉCNICO AMBIENTAL S.L.U.** para la Confederación Hidrográfica del Guadiana.

Director de los trabajos:

*D. Nicolás Cifuentes y de la Cerra. Jefe del Servicio de Aplicaciones Forestales de la Confederación Hidrográfica del Guadiana.*

Técnicos redactores:

*D. Alonso Salguero Rodríguez, Doctor Licenciado en Ciencias Ambientales e Ingeniero Técnico Forestal.*

*D. Francisco Blanco Garrido. Doctor Licenciado en Ciencias Ambientales.*

*Dña. Estíbaliz Correa Romero. Licenciada en Ciencias Ambientales.*

*Dña. María del Mar Lozano Núñez. Licenciada en Ciencias Ambientales.*

Así mismo, se ha contado con la colaboración de la Confederación Hidrográfica del Guadiana a través de:

*Ángel Nieva Pérez. Jefe del Servicio de Control del Estado de las Masas de Agua de la Confederación Hidrográfica del Guadiana.*

En Mérida, agosto de 2015.









## ÍNDICE

|                                                                                            |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>INTRODUCCIÓN .....</b>                                                                  | <b>1</b>  |
| 0. INTRODUCCIÓN.....                                                                       | 3         |
| 0.1. ANTECEDENTES.....                                                                     | 3         |
| 0.2. PROYECTO LIFE INVASEP.....                                                            | 6         |
| 0.3. PRESENTACIÓN DEL ESTUDIO.....                                                         | 7         |
| <b>BLOQUE 1 .....</b>                                                                      | <b>11</b> |
| 1. LA ALMEJA ASIÁTICA.....                                                                 | 13        |
| 1.1. PRESENTACIÓN DE LA ESPECIE.....                                                       | 13        |
| 1.1.1. Taxonomía.....                                                                      | 13        |
| 1.1.2. Identificación de la almeja asiática.....                                           | 13        |
| 1.1.3. Área de distribución y evolución de la población.....                               | 14        |
| 1.2. BIOLOGÍA DE LA ALMEJA ASIÁTICA.....                                                   | 16        |
| 1.3. REQUERIMIENTOS AMBIENTALES Y HÁBITAT PREFERENTE.....                                  | 17        |
| 1.4. DISPERSIÓN DE LA ALMEJA ASIÁTICA.....                                                 | 20        |
| 1.5. IMPACTOS DERIVADOS DE LA EXPANSIÓN DE LA ALMEJA ASIÁTICA.....                         | 21        |
| <b>BLOQUE 2 .....</b>                                                                      | <b>25</b> |
| 2. TÉCNICAS DE CONTROL DE ALMEJA ASIÁTICA.....                                             | 27        |
| 2.1. INTRODUCCIÓN.....                                                                     | 27        |
| 2.2. MÉTODOS FÍSICOS.....                                                                  | 27        |
| 2.2.1. En medios naturales o seminaturales.....                                            | 27        |
| 2.2.1.1. Succión asistida con buceadores. Técnica de recolección directa.....              | 28        |
| 2.2.1.2. Mantas bentónicas. Técnica de inducción de condiciones de hipoxia y/o anoxia..... | 37        |
| 2.2.1.3. Eliminación con barco profesional de arrastre.....                                | 47        |
| 2.2.1.4. Deseccaciones controladas.....                                                    | 49        |
| 2.2.2. En medios artificiales confinados.....                                              | 51        |
| 2.2.2.1. Eliminación manual.....                                                           | 51        |
| 2.2.2.2. Filtración mecánica.....                                                          | 52        |
| 2.2.2.3. Modificación de la temperatura.....                                               | 54        |



|                                                                                                                                     |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.2.2.4. Desecciones controladas.....                                                                                               | 56        |
| 2.3. MÉTODOS QUÍMICOS.....                                                                                                          | 57        |
| 2.3.1. Biobullets (Biobalas).....                                                                                                   | 57        |
| 2.3.1.1. Mecanismo de acción.....                                                                                                   | 57        |
| 2.3.1.2. Efectividad de la técnica.....                                                                                             | 59        |
| 2.3.1.3. Ingredientes activos utilizados.....                                                                                       | 63        |
| 2.3.1.4. Aplicabilidad de la técnica.....                                                                                           | 63        |
| 2.3.1.5. Seguimiento de las biobalas.....                                                                                           | 63        |
| 2.3.2. Molusquicidas para moluscos acuáticos.....                                                                                   | 64        |
| 2.3.2.1. Los compuestos de cobre y derivados.....                                                                                   | 64        |
| 2.3.2.2. Niclosamida.....                                                                                                           | 66        |
| 2.3.2.3. Compuestos de amonio y derivados.....                                                                                      | 67        |
| 2.3.2.4. Cloración.....                                                                                                             | 69        |
| 2.3.2.5. Polímeros de Ioneno.....                                                                                                   | 71        |
| 2.3.3. Aumento de salinidad.....                                                                                                    | 74        |
| 2.3.4. Modificación del pH.....                                                                                                     | 74        |
| 2.3.5. Tratamiento con potasio.....                                                                                                 | 74        |
| 2.3.6. Disminución del oxígeno en agua.....                                                                                         | 75        |
| 2.4. MÉTODOS BIOLÓGICOS.....                                                                                                        | 76        |
| 2.4.1. Ventajas e inconvenientes del control biológico.....                                                                         | 77        |
| 2.5. MÉTODOS DE GESTIÓN.....                                                                                                        | 79        |
| 2.6. VIABILIDAD DE LOS MÉTODOS DE CONTROL/ERRADICACIÓN.....                                                                         | 80        |
| 2.6.1. Introducción.....                                                                                                            | 80        |
| 2.6.2. Aplicabilidad de métodos de control/ erradicación en la Cuenca del Guadiana.....                                             | 85        |
| <b>BLOQUE 3.....</b>                                                                                                                | <b>87</b> |
| 3. PROPUESTA DE ENSAYOS EN EL RÍO LÁCARA.....                                                                                       | 89        |
| 3.1. INTRODUCCIÓN.....                                                                                                              | 89        |
| 3.2. EXPERIENCIAS DESARROLLADAS EN EL MARCO DEL ESTUDIO Y CONTROL DE LA ALMEJA ASIÁTICA EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL GUADIANA..... | 90        |



|                                                                                                                                               |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 3.2.1. Estudios realizados en la cuenca del Guadiana sobre almeja asiática.....                                                               | 90         |
| 3.2.2. Metodología de trabajo en el estudio de la almeja asiática en el Guadiana. ....                                                        | 93         |
| 3.2.2.1. Selección de las localidades de muestreo. ....                                                                                       | 93         |
| 3.2.2.2. Muestreos de almeja asiática.....                                                                                                    | 97         |
| 3.2.2.3. Trabajos de gabinete y procesado de datos.....                                                                                       | 100        |
| 3.2.3. Resultados de los estudios de almeja asiática en el río Lácara. ....                                                                   | 101        |
| 3.3. PROPUESTAS DE ENSAYOS EN EL RÍO LÁCARA.....                                                                                              | 105        |
| 3.3.1. Introducción. ....                                                                                                                     | 105        |
| 3.3.2. Propuesta de ensayos en el medio natural (cauce del río Lácara).....                                                                   | 106        |
| 3.3.2.1. Técnicas propuestas. ....                                                                                                            | 106        |
| 3.3.2.2. Procedimiento a seguir para los ensayos en el medio natural.....                                                                     | 107        |
| 3.3.2.3. Condiciones necesarias para la realización de los ensayos en el medio natural.....                                                   | 112        |
| 3.3.3. Propuesta de ensayo en sistemas artificiales confinados (infraestructuras de riego y/o captaciones de agua).....                       | 115        |
| 3.3.3.1. Técnicas propuestas. ....                                                                                                            | 115        |
| 3.3.3.2. Procedimiento a seguir para los ensayos en sistemas artificiales confinados (infraestructuras de riego y/o captaciones de agua)..... | 116        |
| 3.3.3.3. Condiciones necesarias para los ensayos en sistemas artificiales confinados.....                                                     | 117        |
| 3.3.4. Propuesta de ensayo en balsas artificiales con presencia de almeja asiática.....                                                       | 117        |
| 3.3.4.1. Técnicas propuestas. ....                                                                                                            | 117        |
| 3.3.4.2. Procedimiento a seguir para los ensayos en balsas artificiales con presencia de almeja asiática. ....                                | 118        |
| 3.3.4.3. Condiciones necesarias para los ensayos en balsas artificiales con presencia de almeja asiática. ....                                | 120        |
| 3.4. SELECCIÓN DE PUNTOS IDÓNEOS PARA LA REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS.....                                                                      | 121        |
| <b>BLOQUE 4.....</b>                                                                                                                          | <b>123</b> |
| 4. ANEJO DOCUMENTAL: CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA DEL RÍO LÁCARA. ....                                                                           | 125        |
| 4.1. CARACTERIZACIÓN JERÁRQUICA DEL RÍO ESTUDIADO .....                                                                                       | 125        |
| 4.1.1. Ecoregión.....                                                                                                                         | 125        |
| 4.1.2 Cuenca vertiente.....                                                                                                                   | 126        |



|                                                                               |            |
|-------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.1.2.1 Geología.....                                                         | 126        |
| 4.1.2.2 Tamaño de la cuenca.....                                              | 126        |
| 4.1.3 Segmento fluvial.....                                                   | 127        |
| 4.1.3.1 Régimen de caudales.....                                              | 127        |
| 4.1.3.2 Morfología fluvial .....                                              | 129        |
| 4.1.4 Vegetación .....                                                        | 130        |
| 4.1.4.1 Vegetación actual.....                                                | 130        |
| 4.1.4.2 Vegetación potencial.....                                             | 133        |
| 4.1.4.3 Conservación de las formaciones y especies forestales amenazadas..... | 141        |
| 4.2. DESCRIPCIÓN DEL MEDIO .....                                              | 143        |
| 4.2.1. Climatología.....                                                      | 143        |
| 4.2.2. Fisiografía .....                                                      | 145        |
| 4.2.3. Edafología.....                                                        | 145        |
| 4.2.4. Usos del suelo.....                                                    | 147        |
| 4.2.5. Fauna .....                                                            | 149        |
| 4.3. ESTACIONES DE MUESTREO.....                                              | 150        |
| 4.4. CONCLUSIONES.....                                                        | 155        |
| <b>BLOQUE 5 .....</b>                                                         | <b>157</b> |
| 5. REFERENCIAS .....                                                          | 159        |
| 5.1. ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....                                             | 159        |
| 5.2. ÍNDICE DE TABLAS.....                                                    | 162        |
| 5.3. BIBLIOGRAFÍA.....                                                        | 163        |





# INTRODUCCIÓN



**“Determinación experimental de técnicas para el control y eliminación de las poblaciones de almeja asiática en la Cuenca del Guadiana”.**





## 0. INTRODUCCIÓN.

### 0.1. ANTECEDENTES.

Con fecha 3 de agosto de 2013, el Boletín Oficial del Estado publica ***el Real Decreto 630/2013, de 2 de agosto, por el que se regula el Catálogo español de especies exóticas invasoras***. Este real decreto desarrolla las disposiciones sobre especies exóticas de la ***Ley 42/2007, de 13 de diciembre***, establece la estructura, el funcionamiento y el contenido del **Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras**, y especifica los procedimientos administrativos para la inclusión o exclusión de especies exóticas invasoras, los contenidos y procedimientos de elaboración y aprobación de las estrategias, así como aquellas medidas necesarias para prevenir la introducción y evitar la propagación de las mismas.

Conceptualmente, se entiende como **especie invasora** una especie exótica que se establece en un ecosistema o hábitat natural o seminatural que no es el suyo original. Es un agente externo que afecta al ecosistema, que induce cambios y amenaza a la biodiversidad biológica nativa (UICN, 2000).

Una especie no puede ser considerada como invasora hasta que no lleva un tiempo instalada en un ecosistema y se adapta a él, y a partir de ahí empieza a inducir cambios y a amenazar la diversidad biológica nativa. Muchas especies, alcanzan nuevos nichos ecológicos pero no persisten en ellos lo suficiente como para considerarlas colonizadoras de ese lugar en concreto. Este hecho puede deberse a la presencia de algún depredador o simplemente a que no se dan las condiciones ambientales óptimas para el desarrollo de esa especie a lo largo de todo el año. Así son muchas las invasiones que periódicamente se producen en un determinado ecosistema, pero sólo algunas de ellas pueden llegar a tener éxito considerándose una auténtica invasión.

La introducción de especies animales o vegetales exóticas con comportamiento invasor está considerada por la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) como la segunda causa de extinción de especies después de la destrucción directa de hábitats. El impacto que este



fenómeno genera sobre la biodiversidad se traduce tanto en efectos sobre la estructura y funcionamiento de los ecosistemas como en impactos directos sobre poblaciones nativas, a través de fenómenos de competición, depredación, contaminación genética e introducción de patógenos, que provocan procesos como la merma de poblaciones y del crecimiento de los individuos, reducción del éxito reproductor, cambios en el uso del hábitat o en los patrones de actividad.

Este efecto negativo se ha multiplicado peligrosamente en los últimos años en paralelo a los procesos de globalización, debido al incremento del comercio internacional y el transporte, así como a causa de los viajes turísticos intercontinentales, que constituyen los principales canales de introducción de estas especies.

En la actualidad, esta problemática produce además enormes daños económicos en sectores tan relevantes como la agricultura, la pesca, el sector forestal o la sanidad.

Así, en los últimos años, se ha podido observar como la aparición de especies invasoras ha llegado a poner en serio peligro muchos de nuestros ecosistemas. Se han producido auténticas bioinvasiones como nunca se habían observado anteriormente, poniendo en jaque a las diferentes administraciones incapaces de reaccionar frente a un problema que exige rapidez en su control. En muchas ocasiones el problema llega a ser irreversible y en otras se requiere de grandes esfuerzos económicos para su control.

La alarma social que produce la aparición de determinadas especies de carácter invasor, junto con los graves problemas ambientales y económicos que provocan, hacen necesario profundizar en el conocimiento de estas especies, de los sistemas de entrada en los ecosistemas que pueden invadir y el establecimiento de estrategias y planes de gestión que establezcan protocolos de actuación para prevenir y controlar estas invasiones.



En diciembre de 2009, el Área de Calidad de las Aguas de la Confederación Hidrográfica del Guadiana presenta el **Estudio sobre la presencia de la almeja asiática (*Corbicula fluminea*) en la cuenca hidrográfica del río Guadiana y nuevos datos sobre náyades autóctonas** ([www.chguadiana.es](http://www.chguadiana.es)). El objetivo principal fijado al comienzo de este estudio fue dimensionar el alcance real de la extensión de la almeja asiática en la cuenca hidrográfica del Guadiana. No obstante, también se fijaron otros objetivos complementarios, como la obtención de datos de densidades o de abundancias relativas, la determinación de zonas de mayor riesgo de influencia negativa por la especie tanto a nivel ecológico como a nivel económico (infraestructuras agrarias principalmente), el estudio de la influencia de la especie invasora en las náyades autóctonas existentes en la cuenca hidrográfica del Guadiana, el estudio bibliográfico de los métodos de control y prevención de la almeja asiática y la contribución al conocimiento de las náyades de la cuenca hidrográfica de Guadiana.

La almeja asiática está considerada una de las especies exóticas invasoras más importante en los ecosistemas acuáticos. En las últimas décadas, los estudios de *Corbicula fluminea* han mostrado una dispersión geográfica considerable y un comportamiento invasor muy desarrollado.

En el éxito de su carácter invasor y la facultad de dispersión de *Corbicula fluminea* son más importantes sus características naturales asociadas (por ejemplo el rápido crecimiento, la madurez sexual temprana, su ciclo de vida corto, su alta fecundidad, la alta capacidad de dispersión y su asociación con las actividades humanas) que su tolerancia fisiológica. De hecho, cuando se compara esta especie exótica invasora con otras especies de bivalvos de agua dulce, *Corbicula fluminea* parece ser menos tolerante a las fluctuaciones medioambientales tales como las temperaturas elevadas, hipoxia, exposición a la desecación, pH bajos y concentraciones del calcio bajas.

En los últimos años esta especie se ha distribuido superando las barreras geográficas naturales, asociada a actividades humanas como el comercio global, la agricultura, la acuicultura, las actividades



recreativas y el transporte. Procedente de ecosistemas asiáticos, en la actualidad está muy extendida en el continente americano y también en el europeo.

La introducción accidental o deliberada de especies exóticas invasoras es uno de los problemas más graves en cuanto a la conservación medioambiental de otras especies y de los hábitats asociados a dichos organismos. Por todo ello, la lucha contra las especies invasoras debe partir de una visión estratégica del problema, no limitándose a actuaciones de erradicación, sino buscando, dentro de la gestión integral del ecosistema y sus recursos, las causas de la invasión y las posibilidades e impactos de su gestión.

## 0.2. PROYECTO LIFE INVASEP.

La Confederación Hidrográfica del Guadiana actúa como una de las siete entidades colaboradoras del proyecto **LIFE 10/NAT/ES/000582** titulado ***“Lucha contra las especies invasoras en las cuencas de los ríos Tajo y Guadiana en la Península Ibérica” (INVASEP)***, siendo la antigua Dirección General del Medio Natural de la Junta de Extremadura quien coordina las actuaciones.

Se trata del primer proyecto transfronterizo centrado en la lucha contra las especies exóticas invasoras, a través del cual se pretende combatir estas especies en las cuencas de los ríos Tajo y Guadiana.

El Programa LIFE+ es un instrumento financiero de la Unión Europea dedicado, de forma exclusiva, al medio ambiente. Su objetivo general es contribuir a la aplicación, actualización y desarrollo de la política y la legislación comunitaria en materia de medio ambiente, incluida la integración del medio ambiente en otras políticas, con lo cual contribuirá al desarrollo sostenible. En particular, LIFE+ financia medidas y proyectos con valor añadido europeo en los Estados miembros. A través del



programa LIFE+BIODIVERSITY, la Unión Europea apoyará el proyecto INVASEP, una iniciativa liderada por la Consejería de Agricultura, Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Energía de la Junta de Extremadura y en la que también participan Portugal y el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente antiguo Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, siendo su principal objetivo “detener” la pérdida de biodiversidad causada por especies exóticas invasoras en la Península Ibérica.

En este proyecto se persiguen alcanzar una serie de objetivos como el hecho de sentar las bases de cooperación entre España y Portugal en esta materia, desarrollando una estrategia ibérica, así como desarrollar una legislación específica e identificar la presencia actual de especies exóticas invasoras en las cuencas hispanolusas de Tajo y Guadiana. En esta línea, también se pretende conseguir la evaluación de futuras “invasiones”, probar métodos piloto contra determinadas especies como el mejillón cebra, la almeja asiática, el visón americano o la tortuga de Florida, entre otros; recuperar especies en peligro de extinción e incluso alguna ya extinguida y aumentar la sensibilización sobre este problema.

Para alcanzar estos objetivos, se ha diseñado una amplia gama de actuaciones concretas. Una de las actuaciones que la Confederación Hidrográfica del Guadiana lleva a cabo dentro del proyecto LIFE INVASEP, es la **Acción C3**, denominada **“Eliminación de las poblaciones de almeja asiática en la Cuenca del Guadiana”**. Dentro de la citada acción, el ámbito de este estudio abarca concretamente la **Subacción C.3.1. “Técnicas para el control y eliminación de las poblaciones de almeja asiática en la Cuenca del Guadiana”**.

### 0.3. PRESENTACIÓN DEL ESTUDIO.

En concordancia con los resultados esperados en el proyecto LIFE INVASEP, los trabajos que en este documento se presentan están encaminados al desarrollo de una *herramienta de base* donde se



describan las técnicas más adecuadas para la eliminación de la almeja asiática tanto en medio natural como en sistemas artificiales, así como del material necesario y las condiciones más adecuadas para el desarrollo efectivo en el río Lácara.

El presente documento se ha estructurado en los siguientes bloques:

### **Bloque 1. La almeja asiática.**

Previamente al desarrollo de una herramienta de base donde se describan las técnicas más adecuadas para la eliminación de la almeja asiática, se necesita reunir la información disponible de la especie, su distribución y la amenaza biológica que supone. En este bloque se lleva a cabo la descripción de las características de la especie y el análisis del impacto de la almeja asiática sobre los procesos ecológicos, las especies amenazadas, los hábitats naturales y las infraestructuras afectadas.

### **Bloque 2. Herramientas para el control y eliminación de la almeja asiática.**

En el caso de las especies invasoras ya instaladas en medios naturales y áreas protegidas resulta fundamental estudiar la viabilidad de llevar a cabo una erradicación de estas poblaciones considerando el nivel de impacto y extensión de la invasión, las funciones ecológicas, o incluso sociales, que puede estar desarrollando en la actualidad la especie, la biología de la especie, posibles métodos de control, los costes, posibilidades de éxito e impactos secundarios.

En este bloque se llevará a cabo la exposición de recomendaciones prácticas para el control y la eliminación de la almeja asiática en la cuenca hidrográfica del Guadiana.

Dependiendo de si la almeja asiática se ubica en medios abiertos (ríos, lagos, embalses...) o en medios confinados (instalaciones industriales, instalaciones de riego, etc.), los problemas que genera serán de



carácter distinto y con distintas posibilidades de control, por lo que a la hora de desarrollar la herramienta, se tratarán de forma diferenciada ambos medios. Existen en la actualidad distintas tipologías de tratamiento (físico, químico, biológico o de gestión) para el control y eliminación de la almeja asiática; en este apartado se realiza un análisis de cada uno de ellos, atendiendo al estudio de los siguientes aspectos:

- Condiciones favorables para el desarrollo de la acción.
- Material necesario.
- Coste económico.
- Efectos previstos sobre la almeja asiática y el medio que le rodea.
- Efectividad o garantía de erradicación.
- Ventajas e inconvenientes del método, etc.

Las conclusiones extraídas facilitarán la elección del método o métodos a utilizar en cada caso de infección, así como las pautas a seguir para su desarrollo.

### **Bloque 3. Propuesta de ensayos en el río Lácara.**

El objeto de este bloque es proponer una serie de ensayos de métodos de control de la almeja asiática en el río Lácara, buscando aquellos de mayor efectividad con el menor impacto para la biodiversidad.

Para cada propuesta de ensayo, se describirá el procedimiento a seguir y las condiciones que deben darse en el entorno para la realización de los ensayos

### **Bloque 4. Anexo documental. Caracterización ecológica del río Lácara.**

Se incluye como anejo a este documento un estudio encaminado a la caracterización ecológica del río Lacara. La información arrojada en este estudio ha sido tomada en consideración a la hora de



determinar las condiciones que deben cumplir las zonas donde aplicar los ensayos, al objeto de minimizar el posible impacto ambiental sobre los lugares de mayor sensibilidad ambiental del ámbito de actuación.

### **Bloque 5. Referencias.**

Finalmente, en este bloque se aporta, además de la relación de la bibliografía consultada para la realización del presente estudio, un índice de las ilustraciones y tablas que integran el documento.





# BLOQUE 1

## La almeja asiática.



**“Determinación experimental de técnicas para el control y eliminación de las poblaciones de almeja asiática en la Cuenca del Guadiana”.**





## 1. LA ALMEJA ASIÁTICA.

### 1.1. PRESENTACIÓN DE LA ESPECIE.

#### *1.1.1. Taxonomía.*

A continuación, se especifica la clasificación detallada concerniente a la especie:

- **Grupo taxonómico:** Fauna
- **Phylum:** Mollusca
- **Clase:** Bivalvia
- **Orden:** Veneroida
- **Familia:** Corbiculidae
- **Especie:** *Corbicula fluminea*, Müller, 1774

#### *1.1.2. Identificación de la almeja asiática.*

La almeja asiática es una especie que alcanza comúnmente una talla de unos tres centímetros, aunque puede alcanzar hasta cinco centímetros. La concha es redondeada y está compuesta por dos valvas equiláteras, convexas y más o menos ovaladas. La concha es bastante gruesa y pesada. Presenta diferentes colores, pasando por distintas tonalidades de amarillo, negro, verde, e incluso algunos ejemplares presentan tonalidades diferentes entre su parte ventral y dorsal. Además, presenta una ornamentación muy característica que está formada por estrías concéntricas muy marcadas y separadas entre sí, siendo visibles, en ocasiones, unas líneas muy finas entre dichas estrías.





**Ilustración 1. Archivo fotográfico de reconocimiento de la almeja asiática. Fuente: Confederación Hidrográfica del Guadiana**

### ***1.1.3. Área de distribución y evolución de la población.***

Atendiendo a la información del Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras, la almeja asiática es nativa del sur y este de Asia (este de Rusia, Tailandia, Filipinas, China, Taiwán, Corea y Japón), teniendo también como ámbito de distribución natural Australia y África.

Se ha introducido en Norteamérica, Sudamérica y Europa, entrando en la década de los 70 a Portugal y posteriormente a España, Francia, Holanda, Suiza, Gran Bretaña y por la cuenca del Danubio hasta Rumania.

Su distribución en España se puede considerar amplia, ya que se encuentra en casi todas las cuencas hidrográficas, desde la primera cita en 1981. Destaca su presencia en el bajo Miño, Cataluña, Ebro, Guadiana y Duero.





Se cita por primera vez la presencia de la almeja asiática en la cuenca del Guadiana en 1988, estudiando la biometría de una población encontrada en el afluente denominado la Ribera Grande (Sanlúcar de Guadiana, Huelva), en el tramo bajo de la cuenca, a unos 50 Km de la desembocadura del Guadiana (Pérez-Quintero J. C. 1990. Primeros datos sobre la presencia de *Corbicula fluminea* en España. I. Biometría. Scientia Gerundensis 16: 175-182.).

Se tiene constancia de la presencia de la especie en la Cuenca del Guadiana, en las desembocaduras de los ríos Lácara y Lacarón desde Junio de 2005. (Confederación Hidrográfica del Guadiana (Anhidra, S.L.) 2009. Estudio sobre la presencia de la almeja asiática (*Corbicula fluminea*) en la cuenca hidrográfica del río Guadiana y nuevos datos sobre náyades autóctonas.)

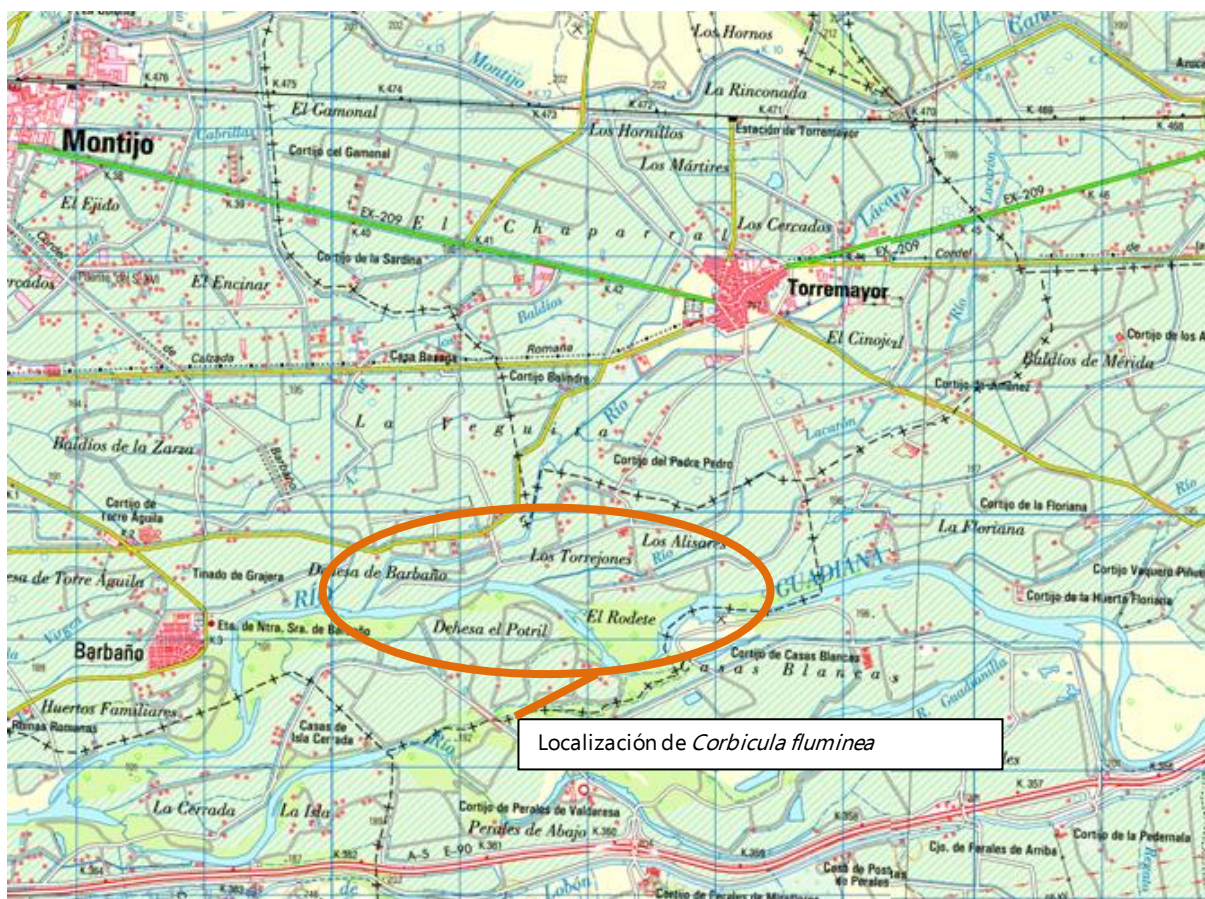


Ilustración 2. Localización de *Corbicula fluminea* en la cuenca del río Guadiana. Fuente: elaboración propia.



## 1.2. BIOLOGÍA DE LA ALMEJA ASIÁTICA.

*Corbicula fluminea* es descrita generalmente como una especie hermafrodita. La fertilización tiene lugar en el interior de la cavidad paleal y las larvas son incubadas en las hemibranchias internas.

Según KRAEMER & GALLOWAY (1986) y BYRNE et al. (2000), los huevos de *Corbicula* son ricos en vitelo, teniendo así un almacenamiento de nutrientes que son esenciales para el desarrollo de los embriones. Por otro lado, las uniones interlamelares de las hemibranchias internas de *Corbicula fluminea* (DESHAYES, 1830) se hallan modificadas, conteniendo un tejido glandular que produce moco, el cual puede servir como una fuente alternativa de alimento para los embriones (BYRNE et al., 2000). Después de este período protector, las larvas son liberadas al agua produciéndose el enterramiento de las mismas en el sustrato (CATALDO & BOLTOVSKOY, 1999; MCMAHON, 2000). Los juveniles de *Corbicula fluminea* recién liberados son diminutos pero ya se encuentran completamente formados (MCMAHON, 2002). Una vez liberados a la columna de agua, los juveniles se anclan a los sedimentos, vegetación o superficies duras. Estos juveniles también pueden ser resuspendidos por corrientes turbulentas y dispersados a distancias considerables, principalmente río abajo (MCMAHON, 2000). El período de maduración sexual tiene lugar entre los primeros 3 y 6 meses de vida cuando la longitud de la concha alcanza, generalmente, los 6-10 mm (WILLIAMS & MCMAHON, 1989; MCMAHON, 1999).

En general, el ciclo vital de esta especie es extremadamente variable, oscilando entre 1 y 7 años, con un modelo de liberación de juveniles bianual (SINCLAIR & ISOM, 1963; ALDRIDGE & MCMAHON, 1978; MATTICE & WRIGHT, 1986; MCMAHON, 2000). A pesar de todo, el número de períodos reproductores anuales cambia de ecosistema a ecosistema. La mayoría de los estudios concluyen que esta especie se reproduce dos veces al año, una de estas ocasiones tiene lugar en la primavera-principios de verano y la otra se produce a finales del verano y en el otoño. Por el contrario, algunos estudios encontraron un único período reproductor, mientras que en otros





encontraron tres, con diferencias entre años incluso en la misma localidad (DOHERTY et al., 1987; DARRIGRAN, 2002).

Estas fluctuaciones en el número de eventos reproductivos pueden estar relacionadas con la temperatura del agua (HORNBAACH, 1992; RAJAGOPAL et al., 2000; MOUTHON, 2001a) o con la disponibilidad de alimento en el medio (CATALDO & BOLTOVSKOY, 1999; MOUTHON, 2001a, b). *Corbicula fluminea* crece rápidamente, en parte debido a sus elevadas tasas de filtración y asimilación. Asimismo, tiene una alta fecundidad pero presenta una baja tasa de supervivencia de los individuos adultos y una alta tasa de mortalidad a lo largo de todo su ciclo vital (MCMAHON, 2002). Esta característica conlleva el hecho de que las poblaciones de esta especie estén dominadas por juveniles (MCMAHON, 1999, 2002). No obstante, este hecho no se cumple en todas las poblaciones de *Corbicula fluminea*, y en ocasiones, las poblaciones están dominadas por ejemplares adultos con individuos de gran tamaño (BOLTOVSKOY et al., 1997; SOUSA et al., 2005).

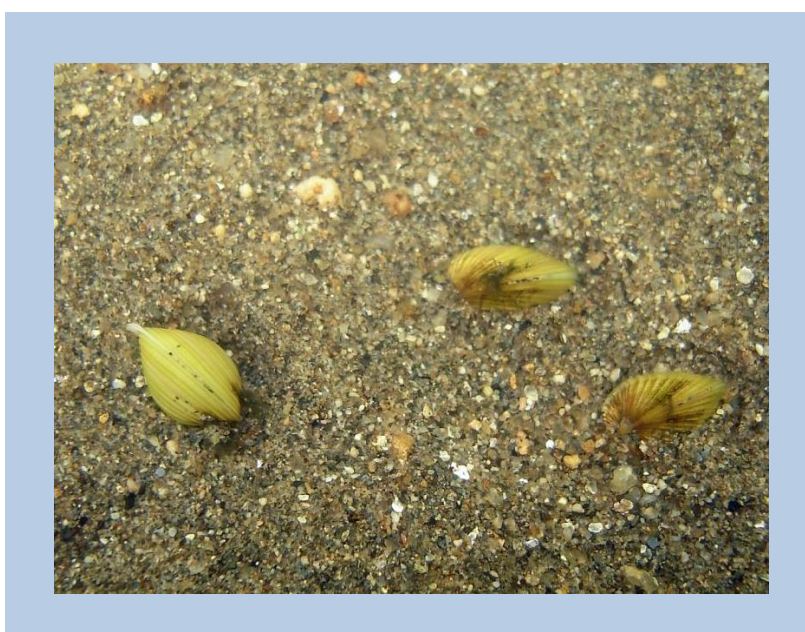
### 1.3. REQUERIMIENTOS AMBIENTALES Y HÁBITAT PREFERENTE.

La almeja asiática puede desarrollarse en todo tipo de hábitats de estuario, lagos y corrientes de agua, aunque prefiere hábitats de agua dulce de corrientes rápidas, bien oxigenadas y con baja salinidad, mostrándose generalmente intolerante a la contaminación. Coloniza preferentemente ríos sin importantes oscilaciones hidrológicas estacionales y el hábitat idóneo para la introducción y posterior dispersión de la especie es el formado por los ecosistemas de estuario donde las aguas dulces presentan efecto de marea (PHELPS, 1994; CATALDO & BOLTOVSKOY, 1999; CHAINHO et al., 2006; SOUSA et al., 2008). Cuando esta especie aparece en ambientes lénticos, como por ejemplo lagos o embalses, casi siempre se encuentra asociada a aguas superficiales



próximas a las orillas y con sedimentos bien oxigenados (LENAT & WEISS, 1973; DREIER, 1977; MCMAHON, 1983; WHITE, 1979).

Prefiere los sustratos de arenas limpias y finas, arcillas y sustratos de arenas gruesas (AGUIRRE & POSS, 1999) donde mantiene la concha enterrada en el sustrato, en los primeros centímetros de sedimento.



**Ilustración 3. Ejemplares de almeja asiática semienterrados en el sustrato. Fuente: Universidad de Santiago de Compostela.**

Los factores que pueden afectar a sus densidades de población y distribución, son, especialmente, las temperaturas excesivamente altas o bajas, la elevada salinidad, las variaciones de caudal, bajos valores de pH, la hipoxia, la contaminación y también las infecciones bacterianas, virales y parasitarias.

De hecho, según MCMAHON (2002), en contra de lo que se puede suponer por tratarse de una especie invasora, la almeja asiática posee una resistencia fisiológica relativamente pobre a las

variaciones de los factores abióticos, concretamente respecto a la temperatura, salinidad, emersión, pH, concentración de calcio y cambios en el oxígeno disuelto.

La almeja asiática coloniza eficazmente ecosistemas de agua dulce; no obstante, su éxito disminuye en ambientes de agua salobre, incluso si los valores de salinidad son bajos (MORTON, 1982, 1986). A este respecto, algunos estudios establecen como valor límite una salinidad del 5 ‰ (HEINSOHN, 1958; DÍAZ, 1974; CARLTON, 1992; MCMAHON, 2000).

En general, es bastante intolerante a la hipoxia. Igualmente, presenta una reducida tolerancia térmica, y su rango de preferencia se encuentra entre 2 °C y 37 °C; a temperaturas inferiores a 2 °C muere y sus niveles de filtración se inhiben por encima de 30 °C (MCMAHON & WILLIAMS, 1986; MCMAHON, 2000). En la siguiente tabla se muestran los rangos de tolerancia orientativos en relación a la temperatura que presenta *Corbicula fluminea* (MCMAHON et al 1983, JIMENEZ et al 2004):

| RANGOS OPTIMOS DE TEMPERATURAS PARA LA ALMEJA ASIATICA |          |
|--------------------------------------------------------|----------|
| Temperatura                                            | 2-37 °C  |
| Formación de espermatozoides                           | 16-28 °C |
| Desarrollo larvario                                    | ≥12,7 °C |
| Crecimiento                                            | 20-30 °C |

Tabla 1. Rangos óptimos de temperaturas para la almeja asiática.

Puede sobrevivir 26 días en ambientes húmedos y 13 días en ambientes secos a 20 °C, supervivencia que se reduce a 8 y a 6 días con temperaturas de 30 °C (MCMAHON, 1979).

Estudios recientes confirman el papel de los agentes contaminantes en la supervivencia de los juveniles de almeja asiática (CATALDO et al., 2001). MOUTHON (2003) indica que las concentraciones de contaminantes tóxicos letales para las larvas pedivelígeras podrían explicar los bajos reclutamientos de *Corbicula fluminea* en determinadas zonas de los ríos Saona y Ródano.





#### 1.4. DISPERSIÓN DE LA ALMEJA ASIÁTICA.

La almeja asiática está considerada una de las especies exóticas invasoras más importante en los ecosistemas acuáticos (MCMAHON, 2002). En las últimas décadas, los estudios de *Corbicula fluminea* han mostrado una dispersión geográfica considerable y un comportamiento invasor muy desarrollado (MOUTHON, 1981; Araujo *et al.*, 1993; MCMAHON, 1999).

El aceleramiento que han sufrido en los últimos años el comercio mundial y los viajes internacionales ha favorecido el movimiento deliberado y accidental de especies entre diferentes partes del mundo, dando lugar muy frecuentemente a consecuencias inesperadas y muchas veces desastrosas, como es el caso de *Corbicula fluminea* desde su primera aparición en el continente americano (GARDNER *et al.*, 1976; CLARKE, 1981; MCMAHON, 1983; ARAUJO *et al.*, 1993; TAKEDA *et al.*, 2000).

A pesar de que el medio de dispersión natural de esta especie invasora consiste en dejarse arrastrar por las corrientes, su principal sistema de dispersión es a través de las actividades humanas relacionadas con el transporte, por ejemplo embarcaciones de uso recreativo, agua de refrigeración de los motores, agua de lastre de los grandes barcos, etc.

Aunque también influyen otras actividades como su uso para cebo de pesca, su comercio en acuariofilia, su transporte en sedimentos de arena y grava procedentes de procesos de dragado y extracción de áridos, o como alimento (MCMAHON, 1999, 2000; DARRIGRAN, 2002; CAFFREY *et al.*, 2011).

CATANHEDÉ *et al* 2008, ponen de manifiesto que la ictiofauna local también puede contribuir a la dispersión de *Corbicula fluminea* ya que han observado que en la parte terminal del tracto digestivo de un pez migrador (*Pterodoras granueulosus* Valenciennes, 1833) había ejemplares intactos de esta especie con las conchas bien cerradas.





### 1.5. IMPACTOS DERIVADOS DE LA EXPANSIÓN DE LA ALMEJA ASIÁTICA.

Se estima que *Corbicula fluminea* es la causante de una de las plagas más importantes producidas por especies introducidas. Gracias a su alta fecundidad y a su velocidad de crecimiento, esta especie presenta un potencial invasor considerable que, unido a su estado juvenil libre, hacen que su capacidad de dispersión sea muy elevada (MCMAHON, 1983). Según diversos estudios desarrollados en ámbitos afectados por la almeja asiática, la presencia de esta especie puede conllevar la aparición de diversos impactos, afectando tanto a sistemas naturales como a las infraestructuras donde se instalan. A continuación, se incluye una breve descripción de estos impactos:

| TIPO                                              | DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ECOLÓGICOS</b>                                 | Su elevada tasa de crecimiento, su gran potencial reproductor (una única almeja puede liberar más de 100.000 larvas en su vida), la madurez sexual temprana y su capacidad de dispersión asociada a actividades humanas, la convierte en un invasor de gran éxito en las aguas donde es introducida. Es muy resistente a los cambios de temperatura. Compite por el espacio y el alimento con los bivalvos dulceacuícolas nativos. Su alta tasa de filtración y su alimentación pedal hace que pueda alterar los niveles de fitoplancton de un ecosistema. |
| <b>ECONÓMICOS</b>                                 | Provoca muchos costes económicos debido a que esta especie puede producir obstrucciones en los sistemas de riego o aspersión, en las captaciones y las conducciones de agua de industrias y plantas energéticas, en las tuberías de suministro de agua potable, etc.                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>SANITARIOS</b>                                 | Las mortandades estacionales de poblaciones de almeja asiática (debidas a épocas de sequía, disminución de oxígeno, etc.) provocan la contaminación del agua.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>PROCESOS, COMUNIDADES O ESPECIES AFECTADAS</b> | Posible competencia con los bivalvos autóctonos. Altera la diversidad y abundancia de la microfauna y flora bentónica.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

Tabla 2. Principales impactos de *Corbicula fluminea*.





Finalmente, se citan a continuación algunos de los mayores problemas causados en los hábitats invadidos por *Corbicula fluminea*.

- La acumulación de grandes cantidades de individuos y de valvas en los circuitos de agua industrial o doméstica produce una disminución en la luz de las tuberías y, por lo tanto, una disminución de la velocidad del flujo de agua en su interior causando, a veces, su bloqueo total, ocasionando el conocido fenómeno de "biofouling". (ISOM et al 1986; WILLIAMS y MCMAHON et al 1986).
- En América del Norte, los condensadores de las centrales eléctricas se llegaron a bloquear a causa de las elevadas poblaciones de bivalvos encontradas en algunos ríos (ISOM, 1986). Además, la acumulación de las valvas vacías y de detritos en los depósitos de agua dio lugar a la contaminación del agua que contenían (MCMAHON, 1983).
- El sector de la construcción también se ve afectado por la invasión de esta especie debido a que la acumulación de enormes cantidades de valvas en los lechos de los ríos hacen que los materiales naturales que se utilizan para la construcción (arena, grava) sean menos sólidos, por lo que la calidad y la resistencia del hormigón se ve reducida (MCMAHON, 1983).
- Existen numerosos estudios en los que se habla del efecto negativo que tiene esta especie invasora sobre las comunidades de bivalvos autóctonos (GARDNER *et al.*, 1976; CLARKE, 1981; VEITEINHEIMER-MENDES, 1981; ARAUJO *et al.*, 1993; TAKEDA *et al.*, 2000) aunque, por otra banda, otros autores estiman que la presencia de *Corbicula fluminea* no llega a ser perjudicial (ISOM, 1974; KRAMER, 1979; BELANGER *et al.*, 1990; MILLER *et al.*, 1986).



- Asimismo, se citaron efectos positivos derivados de la presencia de *Corbicula fluminea*, tales como el incremento del reciclaje de nutrientes en el medio (CORREA *et al.*, 1992), su posible uso como alimento humano o animal (MARONEZE *et al.*, 2011), como cebo para peces (SINCLAIR & ISOM, 1963; ISOM, 1986), como filtro biológico de estanques de peces (BUTTNER, 1986) o como bioindicador bentónico de metales pesados (FOE & KNIGHT, 1986).
- Su uso como fuente de alimento por otros animales puede dar lugar a consecuencias no deseadas para el ecosistema. Así, aunque la predación de la ictiofauna sobre *Corbicula fluminea* contribuya al control del tamaño de sus poblaciones (DARRIGRAN & COLAUTI, 1994), su consumo, en detrimento de su alimento natural, puede provocar, por ejemplo la dispersión de esta especie altamente invasora (CATANHEDÊ *et al.*, 2008).







## BLOQUE 2

Técnicas de control de la almeja asiática.



“Determinación experimental de técnicas para el control y eliminación de las poblaciones de almeja asiática en la Cuenca del Guadiana”.





## 2. TÉCNICAS DE CONTROL DE ALMEJA ASIÁTICA.

### 2.1. INTRODUCCIÓN.

En este bloque se procede a la descripción de las técnicas que pueden ser aplicadas para el control de la almeja asiática (*Corbicula fluminea*), las cuales se presentan en función del tipo de tratamiento (físico, químico, biológico o de gestión), y asimismo en función de su ámbito de aplicación, es decir, por un lado, se exponen aquéllas técnicas de control y posible erradicación que pueden aplicarse en sistemas naturales o seminaturales, entendiendo como tales las lagunas, lagos, embalses, represas o cauces fluviales, y por otro lado, se presentan los métodos de control que pueden aplicarse en medios artificiales, como sistemas de captación de agua, conducciones, instalaciones de centrales hidroeléctricas, etc.

### 2.2. MÉTODOS FÍSICOS

Los métodos físicos se basan en la modificación de las características físicas del medio en que se encuentra la especie invasora, como nivel de agua, temperatura, pH, etc.

#### ***2.2.1. En medios naturales o seminaturales.***

Las técnicas y métodos físicos que pueden aplicarse en sistemas naturales o seminaturales para el control y eliminación de la almeja asiática se basan, fundamentalmente, en la eliminación directa por recolección, en la inducción de condiciones de anoxia o hipoxia que producen la muerte de este bivalvo invasor y en desecaciones controladas.



#### 2.2.1.1. Succión asistida con buceadores. Técnica de recolección directa.

##### 2.2.1.1.1. Descripción del procedimiento.

La succión asistida es un método de control mecánico que se ha usado en la eliminación de macrófitos invasores (Eichler et al. 1993). La labor de succión la realizan buceadores experimentados que se sumergen y, con el empleo de un sistema de bombeo, van succionando las plantas y las raíces del sedimento. El sistema de bombeo se coloca normalmente sobre algún tipo de embarcación (Ilustración 4 y 5), mientras el buceador utiliza una manguera larga con un cabezal de corte para eliminar las plantas. Éstas se aspiran a través de la manguera y se conducen a la embarcación depositándose una cesta. El sedimento y el agua succionados se descargan de nuevo sobre la masa de agua, o bien pueden ser depositados sobre la orilla, reduciendo así la turbidez creada como resultado de la succión.

El control de la almeja asiática mediante esta técnica de succión asistida se ha empleado en varias zonas que se han visto invadidas por este bivalvo recientemente, como el lago Tahoe en California o el lago George en Adirondack Park (Nueva York) (Wittmann et al., 2011). En el caso del lago Tahoe, esta técnica se había usado previamente para el control de la planta invasora *Myriophyllum spicatum*.





**Ilustración 4. Imágenes de las labores de control de plantas acuáticas invasoras mediante de la succión asistida con buceadores. Fuente: Lake Fairlee Association**





**Ilustración 5. Imágenes de las labores de control de plantas acuáticas invasoras mediante de la succión asistida con buceadores. Fuente: Lake Fairlee Association**

El equipo de succión para la almeja es muy similar al utilizado para la eliminación de plantas acuáticas, se utilizan bombas de succión que se colocan sobre una embarcación y tuberías flexibles largas para la succión de los materiales (agua, sedimentos y almejas) (Ilustración 5). Los buceadores van desplazando el cabezal de succión por el fondo, absorbiendo de este modo el sedimento, junto a las almejas y el agua (Ilustración 6). Para la retirada eficaz de la almeja debe realizarse un estudio previo que sirva para determinar hasta qué profundidad, dentro del sedimento, están presentes las almejas. Por ejemplo, en el lago George se decidió la retirada de los primeros 15 cm de sedimento (6 pulgadas), ya que se comprobó que la almeja llegaba hasta profundidades de unos 10 cm (4 pulgadas; Decker, 2011).

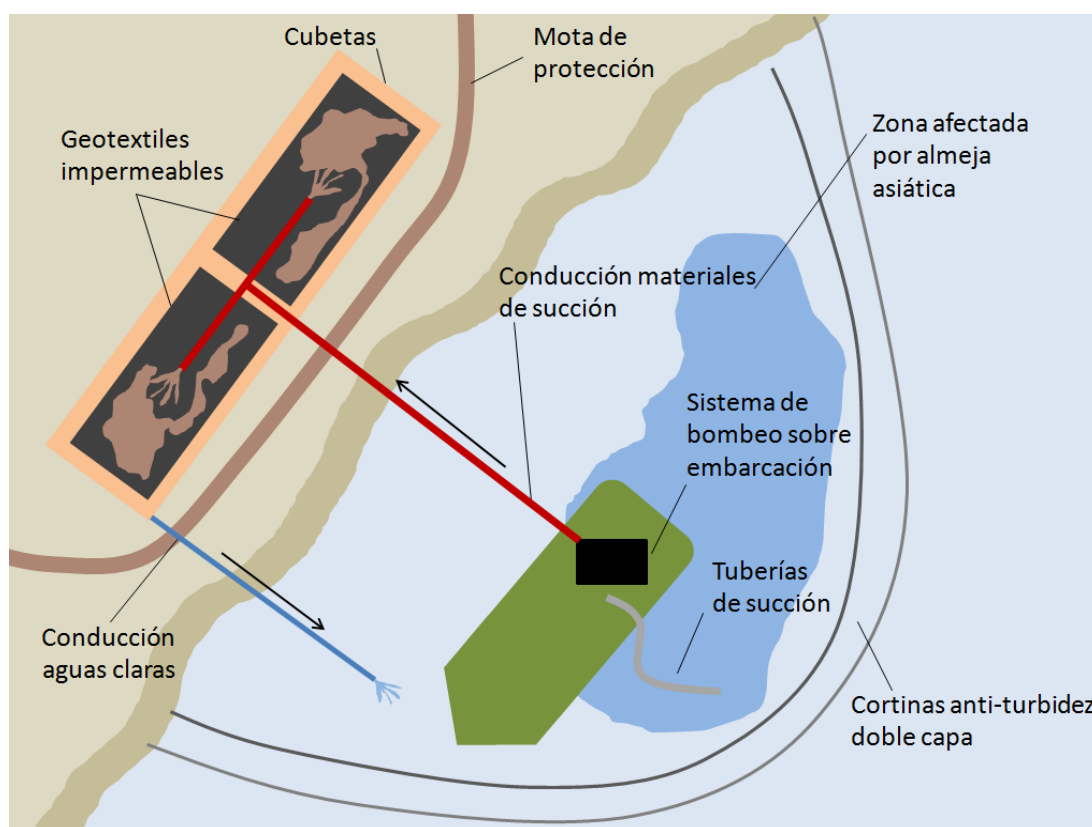


Ilustración 6. Imágenes del proceso de succión para la eliminación de la almeja asiática. Arriba se observa el sistema de bombeo sobre una pequeña embarcación neumática. Abajo puede observarse las parcelas de geotextiles permeables donde se depositan los residuos de la succión (almejas, sedimento y agua) para, posteriormente, retirarlos a un vertedero autorizado. Fuente: Lake George Asian Clam eradication Project



**Ilustración 7. Buceador dirigiendo la tubería de succión para retirar el sedimento, junto a las almejas y el agua. Fuente: Lake George Asian Clam Eradication Project (La fotografía ha sido tomada durante las labores llevadas a cabo en el lago Tahoe).**

Durante la labor de succión se pone en suspensión una gran cantidad de sedimento, por lo que aumenta enormemente la turbidez del agua. Para evitarlo se pueden colocar unas cortinas de doble capa que rodean la zona que está siendo succionada (Ilustración 7). La distancia de separación entre capas puede ser variable. En el lago George, esta separación fue de unos 7,5 m (24 pies; Decker, 2011). La doble capa se usa como sistema de seguridad, evitando que el material en suspensión se traslade a otras zonas, disminuyendo la expansión del sedimento en suspensión. Idealmente las cortinas deben permanecer en la zona de actuación hasta que, una vez finalizada la labor de succión, la transparencia del agua en el interior de las mismas sea igual a la del exterior. Esta doble cortina perimetral debe estar instalada antes de que empiecen a ejecutarse las labores de succión.



**Ilustración 8. Esquema de las labores de succión asistida. Fuente: elaboración propia.**

El material succionado debe evacuarse sobre alguna superficie que permita su acumulación. Una buena alternativa es la utilizada en el lago George, donde los residuos de la succión se evacúan sobre unas bolsas de geotextiles (*Geotextile dewatering tubes*) que se sitúan sobre cubetas con revestimiento de plástico y rellenas con gravas que se construyen en la orilla (Ilustración 8), próximo al lugar donde se llevan a cabo las labores de succión. Las bolsas de geotextiles están fabricadas con materiales permeables que retienen los materiales sólidos provenientes de la succión (almejas, arenas, limos, arcillas, etc.). El agua contenida en los sedimentos suele retornarse a la masa de agua a través de conducciones desde las cubetas donde se instalan las bolsas de geotextiles. Junto a las cubetas de acumulación de sedimentos es recomendable construir una pequeña mota reforzada con balas de paja para que actúe a modo de muro de contención frente a un posible derrame de lodos. Una vez que se ha eliminado toda el agua contenida en los sedimentos, hecho que por lo general tiene lugar en uno o dos días después del relleno de los geotextiles (dependiendo de la granulometría del

sedimento succionado), las bolsas se abren y los sedimentos secos, junto con las almejas, se transportan a un vertedero autorizado. Al finalizar las labores de succión debe procederse a la restauración ambiental de las cubetas.

Todo el proceso debe ser supervisado por un técnico ambiental que desarrolla una doble función. Por un lado, se encarga de la vigilancia ambiental de la obra, anticipándose a cualquier posible problema ambiental o bien, aportando soluciones ante impactos producidos. Por otra parte, el técnico debe velar por el cumplimiento de las normas de seguridad durante la ejecución de los trabajos. El técnico debe ejercer de coordinador en la toma y análisis de muestras de agua, como garantía de cumplimiento de la calidad ambiental de la intervención. Además, deberá realizar inspecciones periódicas para confirmar el correcto funcionamiento y la integridad de los sistemas de retención de turbidez del agua, así como de los sistemas de retención de sedimentos.

En el siguiente esquema se muestra la secuencia ordenada que se recomienda seguir para la ejecución de las distintas fases de los trabajos de succión asistida:

#### Secuencia ordenada de las distintas fases del trabajo de succión asistida

1. Acotación y dimensionado de la zona afectada por la almeja asiática (*Corbicula fluminea*)
2. Estudio para determinar la distribución de la almeja en el sedimento (profundidad máxima alcanzada)
3. Construcción de cubetas rellenas de gravas y con revestimiento de plástico
4. Instalación de bolsas geotextiles permeables sobre cubetas para acumulación de sedimentos succionados
5. Instalación de cortinas anti-turbidez de doble capa en el perímetro de la zona afectada
6. Labores de succión asistida con buceadores sobre la zona afectada
7. Acumulación de residuos de succión (sedimentos, almejas, agua, etc.) en las bolsas geotextiles
8. Evacuación de sedimentos secos a vertedero autorizado
9. Restauración ambiental de las cubetas de depósito de sedimentos

*Cada una de estas fases debe ser supervisada por el técnico ambiental que, además, podrá coordinar labores de toma de muestras, análisis de las mismas, supervisión de las instalaciones y control de las normas de seguridad.*



#### *2.2.1.1.2. Material necesario.*

El material que se precisa para el tratamiento de succión asistida se ha ido comentando en el apartado anterior, pero aquí se muestra de forma esquematizada:

- Bombas de succión.
- Mangueras de succión de materiales.
- Embarcación.
- Cubetas con geotextiles permeables para depósito de materiales.
- Vehículos para transporte de materiales a vertedero.

#### *2.2.1.1.3. Efectividad de la técnica.*

Este método de control suele aplicarse en combinación con otras técnicas, como las mantas bentónicas, que se describe a seguidamente. Con la succión se han obtenido éxitos moderados en aquellas zonas donde no es posible colocar las mantas bentónicas, especialmente en los medios con fondos rocosos e irregulares, o bien, donde las mantas son poco útiles, como las áreas próximas a la orillas, donde, por efecto del oleaje, las mantas pierden efectividad.

#### *2.2.1.1.4. Ventajas e Inconvenientes.*

Las ventajas de esta técnica se han señalado en apartados anteriores y están relacionados especialmente con la relativa rapidez de actuación, además de conseguirse resultados de eliminación moderados. Los inconvenientes de esta técnica de succión están relacionados con los elevados costes económicos (Tabla 3, apartado siguiente), la necesidad de personal especializado, buceadores principalmente, y, dependiendo de la extensión de la zona a tratar, puede precisarse la evacuación a vertedero de volúmenes considerables de sedimento y agua.



#### 2.2.1.1.5. Costes económicos.

Los costes económicos de esta técnica son elevados y constituyen uno de sus principales inconvenientes (Tabla 3). Wittmann et al. (2011) afirmaron que los costes asociados a las labores y materiales necesarios para tratamiento con succión asistida ascienden a 266 \$ el m<sup>2</sup> (24,71 \$/ ft<sup>2</sup>).

| 2011 Expenses                  | Amount              |
|--------------------------------|---------------------|
| Materials: Steel               | \$47,225.02         |
| Materials: Benthic Barrier     | \$57,489.60         |
| Installation Village-1         | \$51,231.16         |
| Maintenance Village-1          | \$58,002.29         |
| Scientific Services            | \$126,680.00        |
| Mat Removal Village-1          | \$60,545.41         |
| Reprocessing                   | \$13,569.35         |
| Installation Village-2/Norowal | \$34,507.70         |
| Maintenance Village-2/Norowal  | \$22,200.00         |
| Mat Removal Village-2/Norowal  | \$19,542.69         |
| Permitting Expenses            | \$2,533.02          |
| Communication                  | \$1,483.98          |
| Miscellaneous                  | \$620.00            |
| Lake Wide Survey               | \$21,600.00         |
| <b>Suction Harvesting</b>      | <b>\$84,528.88</b>  |
| Educational Materials          | \$2,624.00          |
| Project Assessment             | \$9,800.00          |
| Archeology (Boon Bay)          | \$7,000.00          |
| <b>TOTAL</b>                   | <b>\$620,183.09</b> |

Tabla 3. Costes económicos de las actividades realizadas en el lago George en el marco del proyecto de control y erradicación de la almeja asiática (*Corbicula fluminea*). Puede observarse el elevado coste relativo del tratamiento de succión asistida.



## 2.2.1.2. Mantas bentónicas. Técnica de inducción de condiciones de hipoxia y/o anoxia.

### 2.2.1.2.1. Descripción del procedimiento.

La almeja asiática es una especie altamente sensible a las bajas concentraciones de oxígeno (MacMahon y Bogan, 2001). De hecho, las condiciones hipóxicas o anóxicas pueden llegar a restringir la distribución de esta especie y de otros bivalvos invasores, como el mejillón cebra (*Dreissena polymorpha*), en masas de agua invadidas por estas especies. Por ello, generalmente, la distribución de estas especies queda restringida a las zonas con concentraciones moderadas/ altas de oxígeno disuelto dentro de la masa de agua.

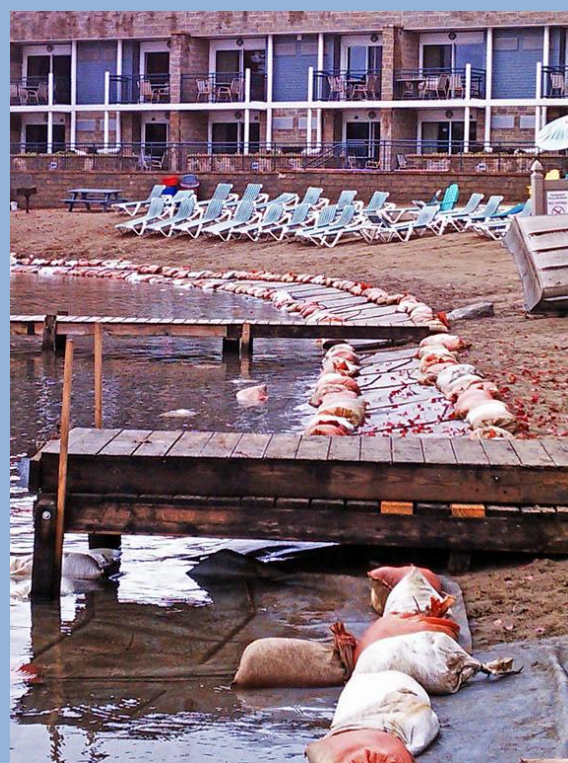
Las técnicas que inducen condiciones de hipoxia y/o anoxia se presentan como una buena alternativa de control y eliminación de la almeja asiática. En este sentido, tanto en el lago Tahoe como en el lago George se han aplicado mantas bentónicas que inducen bajas concentraciones de oxígeno disuelto y promueven una elevada mortalidad de almejas (Wittmann et al., 2011; LGACRRTF, 2014). De hecho, si se detecta con prontitud una población de almeja asiática, su erradicación puede ser efectiva aplicando estas mantas bentónicas (LGACRRTF, 2014).





**Ilustración 9. Mantas o barreras bentónicas preparadas para su instalación. Fuente: Lake George Asian Clam Eradication Project <http://www.stoptheasianclam.info/>.**

Las mantas o barreras bentónicas están fabricadas con materiales que no permiten el paso de los gases, como por ejemplo el monómero etileno propileno dieno (EPDM rubber) o el PVC (Ilustración 9), con lo que, al ser fijadas al sustrato durante un período de tiempo suficiente, se generan unas condiciones de hipoxia (o incluso anoxia) bajo las mantas que determinan la muerte masiva de las almejas por asfixia.



**Ilustración 10. Mantas bentónicas cubriendo las zonas afectadas por almeja asiática en el lago George. Fuente: Lake George Asian Clam Eradication Project <http://www.stoptheasianclam.info/>.**

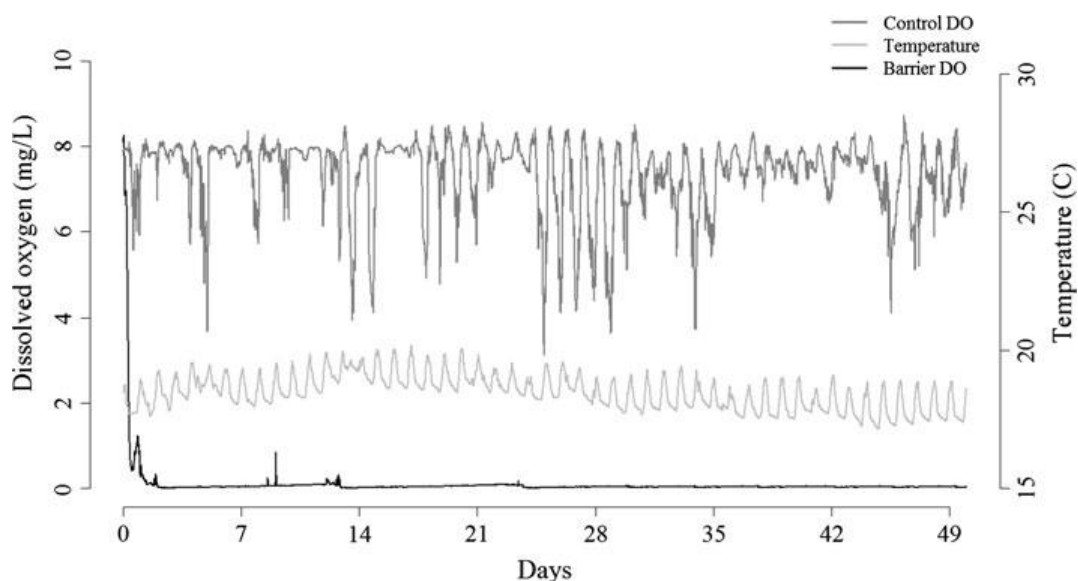


**Ilustración 11. Arriba: instalación de mantas o barreras bentónicas con buceadores profesionales. Abajo: mantas bentónicas y varillas metálicas antes de ser instaladas. Fuente: Lake George Asian Clam Eradication Project <http://www.stoptheasianclam.info/>.**

Previo a la instalación de las mantas, es necesario realizar un estudio que determine la dimensión de la zona afectada por la invasión de almejas asiáticas. Las mantas suelen estar enrolladas formando cilindros que facilitan su transporte (Ilustración 9). Estos cilindros se desenrollan sobre el sedimento afectado por la población de almejas cubriendo por completo la zona invadida (Ilustración 10). En aguas algo profundas no vadeables, la instalación de las mantas se realiza con la asistencia de buceadores (Ilustración 11). En ocasiones puede ser interesante colocar primeramente unas mantas de fibra orgánica, por ejemplo fibra de coco, sobre la zona afectada por almejas, ayudando así a corregir irregularidades del fondo y consiguiendo una instalación más adecuada de las mantas bentónicas. Los cilindros deben desenrollarse consiguiendo varios centímetros de solape entre manta y manta (unos 15 cm puede ser suficiente). Una vez que los cilindros se han desenrollado por completo las mantas quedan fijadas al sustrato mediante el empleo de varillas metálicas o cualquier material pesado que se coloque encima de las mismas consiguiendo su inmovilización (Ilustración 11). Las varillas metálicas se colocan sobre el contorno de las mantas para que la fijación al fondo sea correcta.

Las mantas bentónicas deben permanecer fijadas al sustrato un período de tiempo suficiente como para producir la muerte de la mayor parte de la población de almejas. Este período de tiempo puede ser variable, dependiendo de cada localidad afectada, pero, en general, 30-40 días suelen ser suficientes para conseguir una elevada mortalidad de la población. En experimentos realizados en el lago Tahoe con mantas EPDM de pequeña escala (9 m<sup>2</sup>), Wittmann et al., (2012) obtuvieron que el oxígeno disuelto disponible bajo las mantas fue de 1 mg/l después de las 36 primeras horas de tratamiento y de 0 mg/l a las 72 horas (Ilustración 12). Estos autores demostraron que al cabo de 28 días la mortalidad de la población de almejas fue del 100% en las zonas tratadas con mantas de pequeña escala (9 m<sup>2</sup>) y del 98% al cabo de 120 días en las zonas donde se aplicaron mantas de gran escala (1950 m<sup>2</sup>). Si se pretende realizar un monitoreo de las condiciones físico-químicas bajo las mantas (oxígeno disuelto, temperatura del agua, nutrientes, etc.) es recomendable acoplar a las mantas unos pequeños tubos para facilitar la toma de muestras (Ilustración 13).





**Ilustración 12.** Evolución del oxígeno disuelto y la temperatura en el experimento de Wittmann et al. (2012) en el lago Tahoe. En gris oscuro se representa el oxígeno disuelto en la estación de control; la línea negra representa el oxígeno disuelto medido bajo las mantas bentónicas; en gris claro se muestra la temperatura del agua del lago. Fuente: Wittmann et al. (2012).



**Ilustración 13.** Operación de toma de muestra de agua bajo las mantas para análisis de oxígeno disuelto, amonio y calcio. Puede observarse que la toma de muestra se realiza con la ayuda de una jeringa que se inserta en un tubo fino por donde se extrae la muestra de fondo. Fuente: Lake George Asian Clam Eradication Project  
<http://www.stoptheasianclam.info/>.

Una vez transcurrido el periodo de tiempo de instalación acordado por el equipo de trabajo, las mantas se retiran y se lavan para su uso posterior (Ilustración 14 y 15). Al retirar las mantas es necesario hacer una campaña de muestreo para comprobar la mortalidad inducida que se ha conseguido en la población de almejas. Normalmente, para el cálculo de la mortalidad de la población se consideran como "vivas" aquellas almejas que mantienen las valvas cerradas y "muertas" las que presentan las valvas abiertas y restos de tejido o el perióstraco intacto. Medias conchas o conchas sin perióstraco no se consideran muertas por el tratamiento, sino que la muerte ocurrió en un momento anterior a la aplicación del mismo (Wittmann et al., 2012).



**Ilustración 14. Operaciones de retirada de mantas. Fuente: Lake George Asian Clam Eradication Project <http://www.stoptheasianclam.info/>.**



**Ilustración 15. Operaciones de limpieza (izquierda) y enrollado de mantas (derecha) para su empleo posterior.**  
**Fuente: Lake George Asian Clam Eradication Project <http://www.stoptheasianclam.info/>.**

En el siguiente esquema se muestra la secuencia ordenada que se recomienda seguir para la ejecución de las distintas fases de los trabajos relacionados con el empleo de las mantas bentónicas:

#### Secuencia ordenada de las distintas fases del trabajo de instalación de mantas bentónicas

1. Acotación y dimensionado de la zona afectada por la almeja asiática (*Corbicula fluminea*)
2. Instalación de mantas orgánicas sobre el sedimento afectado por almeja asiática (Recomendable)
3. Instalación de mantas betónicas sobre las mantas orgánicas
4. Fijación de las mantas con varillas metálicas u otro material pesado que ayude a su inmovilización sobre el sustrato
5. Toma de muestras periódicas para análisis del agua bajo las mantas ( $O_2$ , temp. y nutrientes) (Opcional)
6. Retirada de las mantas una vez transcurrido el período de acción acordado
7. Muestreo para determinar la mortalidad inducida en la población tras el tratamiento
8. Lavado y enrollado de mantas para su uso posterior



#### 2.2.1.2.2. Material necesario

Para el tratamiento con mantas bentónicas se necesita el siguiente material:

- Mantas orgánicas biodegradables de fibra de coco o similar (fibra de yute) (Recomendable).
- Mantas bentónicas impermeables a los gases (EPDM rubber o PVC).
- Varillas metálicas u otro material pesado para fijar las mantas al fondo.
- Embarcación en masas de agua no vadeables.

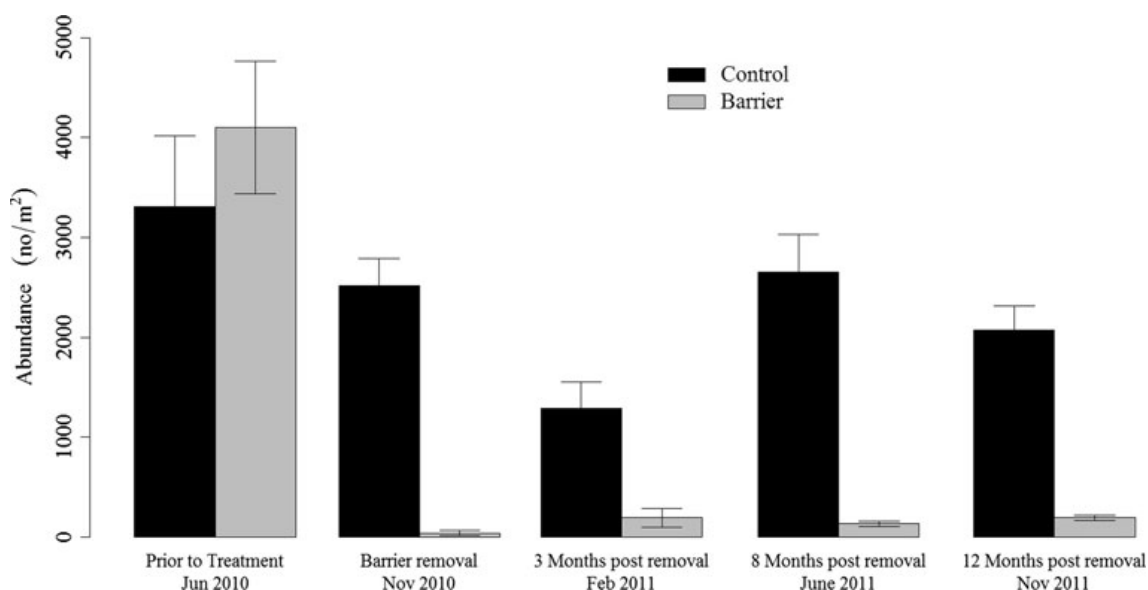
#### 2.2.1.2.3. Efectividad de la técnica.

En experimentos realizados en el lago Tahoe con mantas EPDM de pequeña escala (9 m<sup>2</sup>), Wittmann et al., (2012) obtuvieron que el oxígeno disuelto disponible bajo las mantas fue de 1 mg/l después de las 36 primeras horas de tratamiento y de 0 mg/l a las 72 horas (Ilustración 12). Estos autores demostraron que al cabo de 28 días la mortalidad de la población de almejas fue del 100% en las zonas tratadas con mantas de pequeña escala (9 m<sup>2</sup>) y del 98% al cabo de 120 días en las zonas donde se aplicaron mantas de gran escala (1950 m<sup>2</sup>).

#### 2.2.1.2.4. Ventajas e Inconvenientes.

Esta técnica puede inducir la muerte de otros invertebrados bentónicos. Wittmann et al., 2012 demostraron en sus experimentos llevados a cabo en el lago Tahoe que grupos taxonómicos como anfípodos, dípteros, oligoquetos, gasterópodos, hidracáridos y otros bivalvos (*Pisidium casertanum* y *P. compressum*, ambas especies son invasoras en el lago Tahoe) se vieron afectados por la aplicación del tratamiento de las mantas. Por otra parte, la mortalidad inducida sobre la almeja asiática fue muy elevada comprobándose, además, unas tasas de recolonización de la especie muy bajas (Ilustración 16).





**Ilustración 16. Abundancia media de almejas asiáticas en el lago Tahoe antes del tratamiento con mantas bentónicas (junio de 2010) y después de la retirada de las mantas (se incluyen cuatro momentos distintos: inmediatamente después de la retirada, tres meses después, 8 meses y 12 meses). Las barras de error representan el error estándar. Fuente: Wittmann et al. (2012).**

Las mantas bentónicas han demostrado ser una técnica de control que obtiene buenos resultados cuando se busca reducir drásticamente o incluso eliminar una población de almejas asiáticas. El empleo de esta técnica precisa de un seguimiento de la población de almejas para evaluar el grado de recolonización de la especie. Entre las ventajas que presenta puede mencionarse su elevada eficiencia, instalación relativamente sencilla (aunque en aguas no vadeables se precisa el trabajo de buceadores profesionales) y un coste económico mucho más bajo que en el caso de la succión asistida (ver apartado siguiente). Entre los inconvenientes de las mantas hay que mencionar el impacto negativo directo que ejercen sobre otras comunidades bentónicas. Además, debido a las condiciones anaeróbicas que se generan bajo las mantas se desprenden compuestos tóxicos, como el amonio, que pueden tener efectos negativos sobre la biocenosis acuática. Por otra parte, según los resultados obtenidos por el programa CAISIE (<http://caisie.ie/>) en Irlanda, el tratamiento con mantas en ríos con elevada corriente es poco efectivo, ya que estas quedan dañadas por efecto de la corriente y la abrasión de los materiales en suspensión. Bajo estas circunstancias no se producen de forma adecuada las condiciones de hipoxia (o anoxia) que se precisan para inducir la mortalidad de las



almejas. Según la experiencia del programa CAISIE, se pueden conseguir mejores resultados en ríos de elevada corriente combinando las mantas bentónicas con sal de roca, llegando a una mortalidad del 71% al cabo de 45 días de tratamiento.

#### *2.2.1.2.5. Costes económicos.*

Wittmann et al. (2011) afirmaron que los costes asociados a las labores y materiales necesarios para tratamiento con succión asistida ascienden a 266 \$ el m<sup>2</sup> (24,71 \$/ ft<sup>2</sup>), mientras que en el caso de las mantas dicho coste ronda los 28 \$ el m<sup>2</sup> (2,58 \$/ ft<sup>2</sup>).

#### *2.2.1.3. Eliminación con barco profesional de arrastre.*

En abril de 2012 el personal de la Inland Fisheries Ireland (IFI), en el marco del proyecto LIFE + CAISIE, realizó un experimento consistente en el empleo de un barco profesional de pesca de berberechos para eliminar la almeja asiática en una sección del río Barrow, próximo a St. Mullins (Ilustración 17 y 18). El primer registro de esta especie en Irlanda se hizo en St. Mullins, en el río Barrow, en abril de 2010. Posteriormente, se confirmó su presencia en otros tramos del Barrow y también en el Río Nore, el río Shannon y Lough Derg. Se detectaron densidades de hasta 9.636 individuos/ m<sup>2</sup>, dando una idea del potencial de esta especie invasora para alterar radicalmente el medio ambiente acuático.

Los resultados del experimento indicaron una reducción significativa de la densidad y biomasa de almejas asiáticas, por lo que esta técnica de control puede llegar a ser un medio eficaz para el tratamiento de poblaciones densas del bivalvo invasor. Un examen posterior del tramo tratado reveló que un gran número localizadas en secciones que no habían sido dragadas por el barco yacían muertas en el lecho del río. Posiblemente, esta mortandad se produjo como consecuencia de la perturbación causada durante la actividad de dragado. Con el fin de investigar más a fondo este tratamiento, se iniciaron ensayos en diciembre de 2012 empleando rastrillos de carga pesada. La



eficacia de este nuevo enfoque está siendo valorado por IFI y la Universidad de Belfast (Queen's University Belfast, QUB).

El empleo de esta técnica es la última fase de una investigación llevada a cabo por IFI sobre los posibles métodos para controlar o erradicar especies invasoras. El objetivo de esta operación es evaluar la eficacia de distintos métodos en la extracción de almejas asiáticas jóvenes y adultas. Los resultados podrán utilizarse en los planes nacionales de gestión sobre esta especie invasora. Estas pruebas proporcionarán al IFI herramientas muy valiosas para la protección y conservación de los ecosistemas fluviales de Irlanda.



**Ilustración 17. Barco tradicional de pesca de arrastre utilizado para la eliminación de almejas asiáticas en el río Barrow (Irlanda). Fuente: <http://caisie.ie/>**





**Ilustración 18. Tamizado del sedimento recogido en el arrastre para separar las almejas asiáticas. Fuente: <http://caisie.ie/>**

#### 2.2.1.4. Desecciones controladas.

##### 2.2.1.4.1. Descripción del procedimiento.

Este proceso consiste en vaciar los sistemas colonizados de agua y someter a las almejas a una desecación.

Se ha demostrado que las disminuciones del nivel del agua que ocurren habitualmente en medios acuáticos regulan la población de *Corbicula fluminea* (Werner y Hothhaupt, 2008). En consecuencia, la disminución de la cota de agua en cursos regulados puede ser una herramienta de control eficaz.



Según Withe y White (1977), podrían utilizarse desecaciones controladas en pantanos para reducirse la población de *Corbicula manilensis*. Para que en este caso fuesen efectivas, debería reducirse el nivel de agua hasta una cota más baja que la profundidad máxima de distribución de la especie (en este estudio, no se encontraron especímenes a una profundidad de 1,5 m), y deberían durar un mínimo de 14 días a final de otoño o invierno, cuanto no están presentes larvas ni velígeras.

#### 2.2.1.4.2. Material necesario.

Únicamente se requiere una operación de desembalse.

#### 2.2.1.4.3. Efectividad de la técnica.

Hasta la fecha no está comprobada la eficacia para la almeja asiática, sólo se han realizado pruebas con la especie *Corbicula manilensis*.

#### 2.2.1.4.4. Ventajas e inconvenientes.

Este método presenta la ventaja de ser poco agresivo con el medio, ya que no precisa el empleo de agentes químicos. No obstante, no se tienen datos del posible efecto que podría producirse sobre otras especies.

En cuanto a los inconvenientes, los más importantes son que precisa el vaciado del sistema. Asimismo, cabe destacar, que no se tiene información sobre el impacto ecológico indirecto producido durante la desecación.

#### 2.2.1.4.5. Costes económicos.

En cuanto al coste de la aplicación de esta técnica, no existe actualmente información específica. A modo de ejemplo, se ha tomado una valoración de la Confederación Hidrográfica del Ebro, en el que



se estima en 1.980.010 € la regulación de la cota del embalse de Ribarroja para el control de la población del mejillón cebra. La actuación proyectada consistió básicamente en el descenso temporal de 10 m de la cota del embalse para dejar en seco la franja donde se localiza la población más activa, abundante, y con mayor capacidad reproductiva. El coste equivale a la repercusión de la regulación de cota sobre los diferentes usos del embalse (consuntivo, hidroeléctrico, turístico, deportivo y medioambiental), y se valora para una duración del proceso de aproximadamente 19 días.

### ***2.2.2. En medios artificiales confinados.***

#### ***2.2.2.1. Eliminación manual.***

##### ***2.2.2.1.1. Descripción del procedimiento.***

Este método consiste en la eliminación de individuos de almeja asiática mediante el raspado y limpieza de los lugares donde se hayan detectado.

##### ***2.2.2.1.2. Efectividad de la técnica.***

Es un método eficaz, ya que consiste en eliminar directamente los individuos.

##### ***2.2.2.1.3. Ventajas e inconvenientes.***

La eliminación manual de los individuos de *Corbicula fluminea*, mediante raspado, limpieza, etc. Es un método eficaz y el que tiene una menor incidencia sobre el medio. No obstante, exige gran cantidad de mano de obra, por lo que únicamente es factible en medios de tamaño reducido.



#### *2.2.2.1.4. Costes económicos.*

Exige una gran cantidad de mano de obra, por lo que se calculan unos costes elevados, no obstante en no se han encontrado referencias bibliográficas donde se estimen dichos costes.

#### *2.2.2.2. Filtración mecánica.*

##### *2.2.2.2.1. Descripción del procedimiento.*

Esta técnica se encuentra en la actualidad más ampliamente probada para el caso del mejillón cebra.

Como experiencia cabe destacar la experiencia desarrollada con este tipo de sistemas en la cuenca del Ebro. En el año 2006, tras las primeras noticias aparecidas en prensa sobre la expansión del mejillón cebra por la cuenca del Ebro, se decidió analizar su incidencia en el sistema de "Abastecimiento de agua a Cantabria" y en el "Trasvase reversible Ebro-Besaya". De producirse la colonización del Embalse del Ebro por el mejillón cebra, cualquiera de ambos sistemas podría convertirse en el vector de introducción de larvas o huevos en las cuencas del norte. Por ello, se hacía necesario un sistema de desinfección de las aguas transportadas que debía ser común a ambas infraestructuras y situarse en la cuenca del Ebro, es decir, antes de la entrega al túnel de la Virgen de las Nieves. Para evitarlo, se instalaron dos líneas de filtración que dan servicio conjunto al sistema de "Abastecimiento de agua a Cantabria" (9.000 m<sup>3</sup>/h) y al "Trasvase Reversible Ebro-Besaya" (8.000 m<sup>3</sup>/h), evitando el deterioro de las infraestructuras hidráulicas que estos pequeños animales producen. Los filtros de malla utilizados en este caso emplean un cartucho cilíndrico de malla de acero inoxidable que recibe las aguas en su interior y evacua el agua filtrada hacia el exterior. La filtración se realiza en dos etapas sucesivas: una prefiltración previa, con mallas de 50 µm de luz, que pretenden retener la mayor parte de los sólidos en suspensión, y una filtración posterior con mallas de 25 µm de luz, capaces de retener los huevos o larvas de mejillón cebra.



#### *2.2.2.2.2. Efectividad de la técnica.*

Las pantallas, los filtros en línea, los tamices y los mecanismos de ultrafiltración pueden ser efectivos para bloquear la entrada de mejillones adultos y juveniles, pero una eficacia del 100% en la retención del estadio larvario de la almeja asiática, requiere retener partículas de unos 240  $\mu\text{m}$ , con lo que podría ser difícil y costoso a pesar de los recientes avances en técnicas de filtración.

A parte de la medida de poro requerida, la diferencia de presión entre los dos lados del sistema filtrante y la turbulencia son dos características a considerar para la efectividad de los filtros. Son sistemas operativos para el tratamiento de caudales pequeños (hasta 4  $\text{m}^3/\text{s}$ ).

Incluso en pruebas realizadas por parte de Endesa en estaciones de microfiltración, también se detectó la necesidad de colocar una doble etapa de filtración, optimizando de este modo el régimen de trabajo de los filtros.

#### *2.2.2.2.3. Ventajas e inconvenientes.*

Las ventajas de esta técnica se traducen en la no agresividad ambiental, puesto que no se conocen efectos hasta el momento sobre otras especies faunísticas, ni se generan modificaciones en los parámetros físico-químicos del agua.

Como inconveniente, tal y como se describe anteriormente, es que su aplicación requiere de unas condiciones de operatividad específicas, como es el caso de caudales pequeños de filtración, y el alto coste de estos sistemas.

#### *2.2.2.2.4. Costes económicos.*

No existen en la actualidad disponibilidad de información al respecto. A modo de ejemplo, KEMA puso a prueba la eficacia de un sistema de microfiltración de 75 $\mu\text{m}$  para combatir el mejillón cebra en



la estación generadora 'Bergum' holandesa. El agua refrigerante tomaba del lago Bergum y fluía por el filtro a unos 190 m<sup>3</sup> /h. Los resultados de la prueba demostraron que debido a los altos niveles de (zoo)plancton existentes en el lago Bergum el filtro se estaba limpiando cada 2 minutos, lo que no es deseable en un funcionamiento constante (KEMA,1998). Sin embargo, este tipo de aplicación es prometedora para el futuro.

Taprogge (1996) estimó que los costes de compra de la unidad de microfiltración 'Taprogge' (de 75 µm) capaz de filtrar 648 m<sup>3</sup> de agua a la hora serían 58.700 euros.

#### 2.2.2.3. Modificación de la temperatura.

##### 2.2.2.3.1. Descripción del procedimiento.

El intervalo de temperaturas en el cual habita *Corbicula fluminea* se sitúa entre un límite inferior entre 0 y 2 °C, a un límite superior entre 36 y 37 °C (Karatayev et al., 2007). Por tanto, la modificación de la temperatura del agua por encima o por debajo de estos límites puede utilizarse como método de control en ambientes confinados.

En un estudio publicado por Mattice y Dye (1976) sobre tratamientos térmicos contra *Corbicula manilensis* en centrales eléctricas, se establecen umbrales de temperatura letal incipiente (50 % de mortalidad), al someter al molusco a un estrés a largo plazo, bajo diferentes temperaturas de aclimatación. La temperatura letal incipiente se fijó en 2°C por frío y en 34°C por calor. Respecto al tratamiento por shock térmico (temperatura elevada en un corto plazo de tiempo) la temperatura letal (100% de mortalidad) en 30 minutos es de 43°C.

Estos umbrales pueden diferir para *Corbicula fluminea*, aunque cabe destacar que se trata de dos especies con requerimientos y limitaciones similares, por lo que los datos expuestos podrían extrapolarse fácilmente.



Esta técnica presenta una alta eficacia en ambientes confinados, aunque precisa un seguimiento continuo debido a que la almeja asiática es capaz de aclimatarse a un amplio rango de temperaturas, por lo que la temperatura letal para la especie puede variar con el tiempo.

#### *2.2.2.3.2. Material necesario.*

No existe información sobre el material necesario para esta técnica.

#### *2.2.2.3.3. Efectividad de la técnica.*

Aún no comprobada la eficacia de esta técnica en *Corbicula fluminea*, sólo se han realizado pruebas con *Corbicula manilensis*. Al tener requerimientos similares respecto a *C. fluminea*, se podrían extrapolar resultados.

#### *2.2.2.3.4. Ventajas e inconvenientes.*

Este método presenta la ventaja de ser poco agresivo con el medio, ya que no precisa el empleo de agentes químicos. Además, al aplicarse en ambientes confinados, no se producirían efectos sobre otras especies de interés. No obstante, debe llevarse un control de las aguas que circulen por las conducciones tratadas, con objeto de evitar la alteración de la calidad del agua en el medio receptor (a altas temperaturas disminuye el oxígeno disuelto); de hecho, existen estudios recientes que afirman que un cierto porcentaje de individuos es tolerante a una temperatura del agua por debajo de 2° C durante varias semanas (Lago George, EEUU).

#### *2.2.2.3.5. Costes económicos.*

No existe actualmente información sobre los costes asociados a esta técnica.



#### 2.2.2.4. Desecciones controladas.

##### 2.2.2.4.1. Descripción del procedimiento.

Este proceso consiste en vaciar completamente los sistemas colonizados (depósitos, tanques, tuberías, etc.) de agua y someter a las almejas a una desecación; en el caso del mejillón cebra, y para pequeñas instalaciones, el proceso se acompaña con el uso de aire caliente para acelerarlo.

##### 2.2.2.4.2. Material necesario.

No existe información sobre el material necesario para la desecación controlada.

##### 2.2.2.4.3. Efectividad de la técnica.

El método de la desecación resulta eficaz (alcanzando un 98% de mortandad a los 12 días) y puede utilizarse tanto en medios confinados, mediante el vaciado de las instalaciones, como en medios abiertos, mediante la gestión del nivel del agua.

##### 2.2.2.4.4. Ventajas e inconvenientes.

Este método presenta la ventaja de ser poco agresivo con el medio, ya que no precisa el empleo de agentes químicos. Además, al aplicarse en ambientes confinados, no se producirían efectos sobre otras especies de interés. Como inconveniente mencionar que es preciso vaciar el sistema.

##### 2.2.2.4.5. Costes económicos.

No existe actualmente información sobre el coste asociado.



### 2.3. MÉTODOS QUÍMICOS.

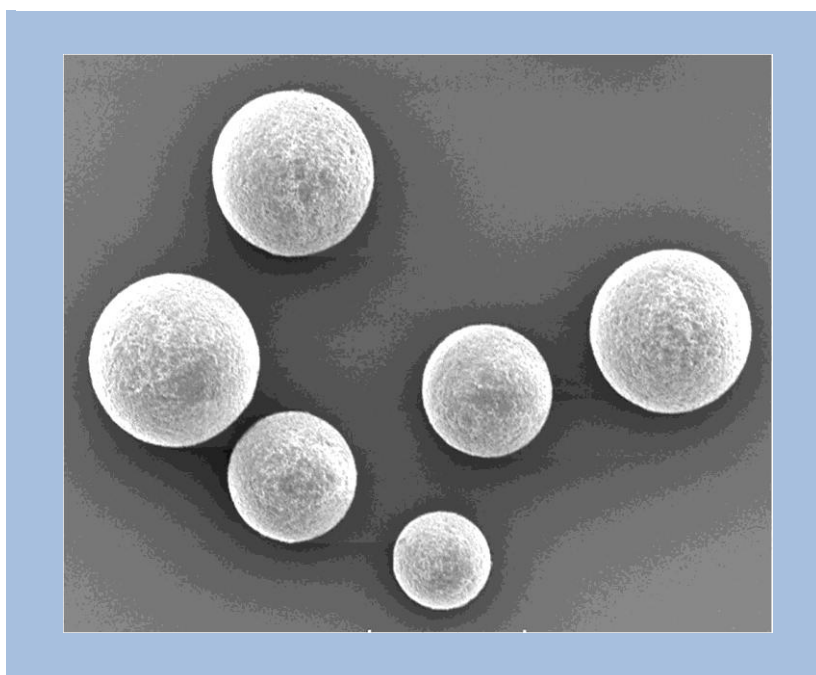
Los métodos químicos se basan en la utilización de sustancias que, disueltas en el agua, resulten tóxicas para los individuos de *Corbicula fluminea* y, a la vez, permitan que el agua mantenga una calidad adecuada para el uso previsto. Estos métodos no son aplicables en sistemas abiertos, tanto por la imposibilidad de controlar las características de las aguas en medios tan grandes, como por el riesgo de afección directa a otros organismos del ecosistema. Por lo tanto, en este apartado únicamente se describen tratamientos para **regímenes confinados.**

#### **2.3.1. Biobullets (Biobalas).**

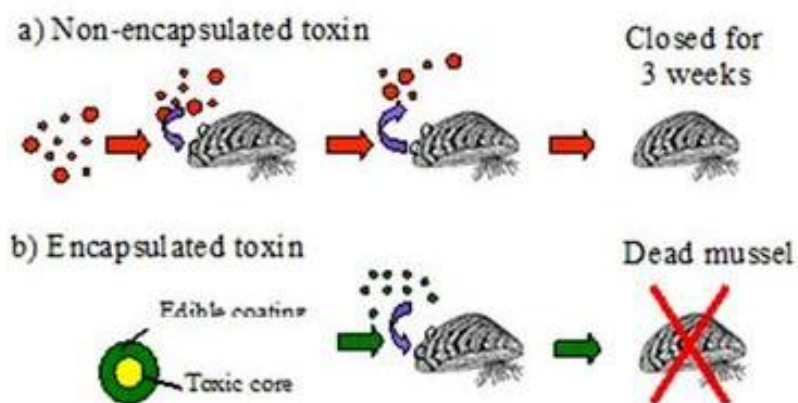
##### 2.3.1.1. Mecanismo de acción.

La tecnología de las Biobullets (biobalas) fue desarrollada originalmente por investigadores de la Universidad de Cambridge para el control del mejillón cebra en sistemas de agua cerrados (Aldrige et al., 2006). El método consiste en la encapsulación de un ingrediente activo en partículas microscópicas de material comestible (Ilustración 19). La capacidad natural de filtración de los mejillones y otros bivalvos aísla estas partículas del agua y las concentra en sus tejidos. La encapsulación del producto utilizado como agente tóxico permite que los bivalvos no los detecten, por lo que no se estimula la respuesta de cierre de las valvas. Esto supone un gran avance en la lucha contra las especies invasoras filtradoras, ya que al administrar el tóxico de forma convencional, esto es de forma libre sin encapsulación, especies como el mejillón cebra pueden cerrar las valvas durante varias semanas, evitando así el efecto del tratamiento (Claudi y Mackie, 1994; Ilustración 20). Gracias al comportamiento de filtrado de los bivalvos y la consecuente concentración de partículas que se produce en sus tejidos vivos, se reduce significativamente la cantidad absoluta de ingrediente activo que necesita ser añadido al agua (Ilustración 21). Las biobalas están diseñadas para que se rompan y se disuelvan por completo en unas pocas horas, lo que se reduce o incluso se elimina potencialmente el riesgo de contaminación del medio natural.

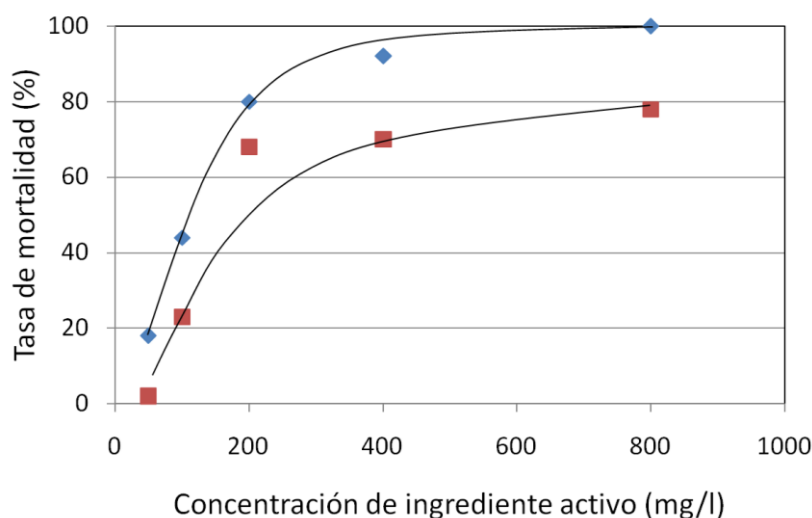




**Ilustración 19.** Imagen con microscopio electrónico de partículas de Biobullets (Biobalas). Fuente: BioBullet Ltd.  
<http://biobullets.com/products/#/>



**Ilustración 20.** Esquema mostrando la diferencia de comportamiento de un bivalvo al suministrarle una toxina libre (figura a) y la misma toxina encapsulada según la técnica de las Biobullets (Biobalas).  
Fuente: <http://zebramusselbiofouling.wikispaces.com/BioBullets>



**Ilustración 21. Gráfico ilustrativo sobre la tasa de mortalidad que se consigue al aplicar el ingrediente activo (toxina) de forma libre y encapsulado (Biobalas).** Fuente: modificado de <http://zebramusselbiofouling.wikispaces.com/BioBullets>

#### 2.3.1.2. Efectividad de la técnica.

Con el uso de esta técnica es esperable que la eficacia de las toxinas empleadas para el control de especies filtradores, entre ellas los bivalvos como la almeja asiática, mejore considerablemente (Aldrige et al., 2006). Para ilustrar la efectividad de esta técnica se reproduce aquí el ensayo llevado a cabo por *BioBullet Ltd.* (2011) en tuberías obstruidas por mejillón cebra y almeja asiática en el sistema de regadío de Mora La Nova, en la cuenca del Ebro.

#### **Formulación de las biobalas.**

Se desarrollaron dos productos con diferentes ingredientes activos: (I) SB1000, que contenía un compuesto de amonio cuaternario y (II) SB2000, cuyo ingrediente activo fue una sal tóxica para el mejillón (especie objetivo inicialmente). Ambos productos demostraron ser capaces de eliminar con éxito el mejillón cebra en laboratorio y su uso en infraestructuras de abastecimiento de agua potable está aprobado en Reino Unido (UK Drinking Water Regulators, DWI).



### ***Administración de las biobalas***

Las biobalas se aplicaron en el sistema de regadío de Mora La Nova, que riega 300 Ha de olivos, melocotoneros, cerezos y almendros. Dos especies fueron identificadas en el sistema: mejillón cebrá y almeja asiática.

Se instalaron tomas en dos de las principales tuberías de distribución donde se administró el producto como polvo seco utilizando una bomba centrífuga con sistema venturi. El flujo seleccionado en las tuberías fue de 10.000 l/h. La dosis de producto administrado se controló con exactitud mediante un alimentador vibratorio (Coote Vibratory, UK). SB1000 se administró a 150 mg/l durante 8 horas a lo largo de dos en una longitud de tubería de 5 km. SB2000, por su parte, se administró en una tubería diferente de 2 km de longitud a una concentración de 30 mg/l, igualmente durante 8 horas, 2 días.

### ***Seguimiento del ensayo.***

El monitoreo del ensayo se realizó mediante la inspección del material retenido en filtros situados a lo largo de las tuberías tratadas. Un total de tres filtros fueron seleccionados en cada tubería además de un séptimo filtro en una tubería no tratada. Se contaron los ejemplares vivos, agonizantes y conchas recientemente vacías. Los bivalvos vivos son aquellos que cierran o mantienen cerradas sus valvas en respuesta a un ligero golpe en la concha. Los individuos agonizantes no cierran sus valvas en respuesta al golpe y representan los mejillones que han muerto recientemente. Las conchas recientemente vacías son aquellas en las que el contenido tisular del mejillón se ha perdido, pero en las que todavía se aprecia un perióstraco brillante y un nácar iridiscente.

Para conocer la posible influencia del tamaño en cuanto a la mortalidad de los ejemplares, se midió la longitud máxima de la concha de 30 ejemplares vivos y 30 recientemente muertos en cada ocasión, utilizando un calibre vernier. Una vez el tratamiento fue completado con éxito (el 20 de Mayo de 2011) se introdujo una cámara endoscópica en las tuberías tratadas para visualizar la presencia de mejillón en los primeros 20 m de las mismas.

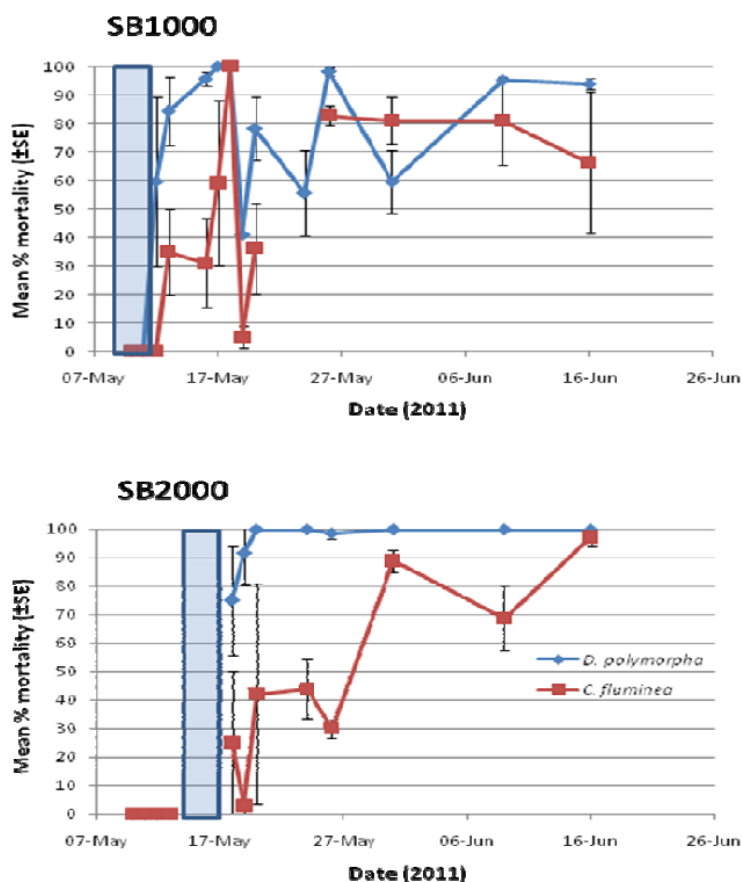


### ***Mortalidad inducida por el tratamiento.***

Ambos productos, SB1000 como SB2000, eliminaron de manera efectiva tanto mejillón cebra como almeja asiática (Ilustración 22). Se encontraron ejemplares agonizantes de ambas especies tan solo unos días tras la administración del producto y siguieron siendo recogidos durante aproximadamente una semana, tras la cual las conchas vacías empezaron a ser dominantes.

Con respecto a los dos productos (SB1000 y SB2000), la mortalidad del mejillón cebra fue más rápida que la de la almeja. SB1000 arrojó patrones más variables, alcanzando un 100% de mortalidad en el mejillón cebra tras cuatro días pero estabilizándose en un nivel del 95% de mortalidad tras cuatro semanas. La mortalidad de la almeja asiática se estabilizó tras dos semanas en un 80%. Con SB2000 todos los mejillones cebra recogidos estaban muertos tres días después del tratamiento. La mortalidad de la almeja mostró una tendencia en aumento, con un 100% de mortalidad tras cuatro semanas aproximadamente. Respecto a los tamaños de los individuos de ambas especies, ambos productos (SB1000 y SB2000) fueron capaces de eliminar eficazmente tanto almejas como mejillones de todos los tamaños, sin apreciarse selección respecto a alguna clase de talla específica.





**Ilustración 22. Mortalidad media (porcentaje de ejemplares agonizantes y vacíos en comparación con vivos) de mejillón cebra y almeja asiática tratados con dos formulaciones de Biobalas (SB1000 y SB2000). La barra azul señala el periodo de administración del producto para los dos tratamientos. Fuente: BioBullet Ltd. (2011).**

Estos ensayos ponen de manifiesto la efectividad de las biobalas como técnica válida en el control de la almeja asiática y el mejillón cebra. El hecho de que ninguno de los productos empleados fuera selectivo en cuanto al tamaño de los ejemplares eliminados sugiere que los productos pueden ser utilizados para acabar con todo tipo de organismos, desde los más pequeños a los más grandes.



### 2.3.1.3. Ingredientes activos utilizados.

Los ingredientes activos ya utilizados en BioBullets incluyen cloruro de potasio, ácido acético, ácido cítrico e hidróxido de calcio.

### 2.3.1.4. Aplicabilidad de la técnica

Las biobalas se han aplicado principalmente en sistemas cerrados (sistemas de riego, aguas de lastre de barcos, plantas de generación hidroeléctrica, conducciones, etc.). No obstante, se está estudiando su aplicabilidad en sistemas abiertos. De hecho, *BioBullet* Ltd. ofrece, entre sus servicios, la posibilidad de tratamiento de moluscos acuáticos invasores en embalses mediante el empleo de biobalas (BioBullet Ltd., 2014). Los resultados hasta la fecha muestran que estos productos pueden ser adaptados para ser altamente específicos frente al mejillón cebra, la almeja asiática y otros bivalvos invasores, resultando en impactos prácticamente indetectables en el resto de especies, incluidos los bivalvos autóctonos.

### 2.3.1.5. Seguimiento de las biobalas

Una vez se aplica el tratamiento es necesario realizar un seguimiento para conocer la efectividad del mismo. Dicho seguimiento consiste en detectar y cuantificar: (I) los individuos que permanecen vivos y (II) los individuos que han muerto por efecto del tratamiento, distinguiéndolos de otros individuos cuya muerte se deba a circunstancias ajenas a la aplicación de las biobalas. Se tiene como criterio que los individuos muertos como consecuencia del tratamiento son aquellos que presentan sus conchas recientemente vacías (son conchas en las que el contenido tisular del mejillón se ha perdido, pero todavía se aprecia un perióstraco brillante y un nácar iridiscente). También se consideran individuos muertos por efecto del tratamiento aquellos que no cierran sus valvas en respuesta a un ligero golpe, ya que se trata de ejemplares que han muerto recientemente. Por el contrario, los individuos vivos son los que cierran o mantienen cerradas sus valvas en respuesta a un ligero golpe en la concha. Con el



conteo de los individuos vivos y los que han muerto por la acción de las biobalas puede calcularse la tasa de mortalidad en distintos momentos del tratamiento.

### ***2.3.2. Molusquicidas para moluscos acuáticos.***

La aplicación de molusquicidas en ambientes acuáticos naturales está limitada por factores relacionados con la baja selectividad de la mayoría de estos compuestos y por los productos potencialmente peligrosos que pueden ser derivados dependiendo de las condiciones ambientales donde se apliquen. Por ello, el número de ingredientes activos registrados actualmente para su uso en los ecosistemas acuáticos como estanques, lagos y ríos está muy restringido. Por ejemplo, sólo dos ingredientes activos, cobre y niclosamida, están registrados por la EPA (Agencia de Protección Ambiental de EE.UU.) para el control de moluscos en entornos acuáticos abiertos y estos registros están destinados específicamente para el control de "moluscos de agua dulce que pueden ser vectores de enfermedades que afectan a peces y seres humanos" (USEPA 1999; USEPA 2006).

#### **2.3.2.1. Los compuestos de cobre y derivados.**

##### ***Información general y modo de acción.***

El cobre es un elemento ubicuo que ocurre de forma natural en el medio. El cobre está presente en el agua, el aire y se encuentra en distintos alimentos unido a macromoléculas. Para muchas especies animales, el cobre es esencial en el mantenimiento de la homeostasis. Los compuestos de cobre están autorizados para su uso en prácticamente todos los cultivos (alimentos, piensos para ganado y cultivos ornamentales). Su uso también está permitido en algunos medios acuáticos para diferentes propósitos, especialmente como alguicida y herbicida en el mantenimiento de las instalaciones de acuicultura, sistemas de drenaje, estanques, fuentes, lagos, embalses, lagunas de aguas residuales, almacenamiento y canales de riego y sistemas de alcantarillado.



### ***Toxicidad.***

El cobre es tóxico para las almejas asiáticas, afectando especialmente a los individuos juveniles. Tal y como señala Tavares-Reager (2009), la exposición a largo plazo al cobre en concentraciones entre 8,4 y 26,7 mg Cu/ L afecta negativamente al crecimiento de las almejas.

### ***Formulación.***

Los pesticidas de cobre se formulan usando diversos compuestos que, en última instancia, se disocian en iones cúpricos, el agente tóxico real. El hidróxido de cobre ( $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ) es un fungicida de amplio espectro y bactericida para uso terrestre, mientras que el sulfato de cobre ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) es el ingrediente activo de herbicidas, alguicidas y molusquicidas acuáticos.

El cobre es un elemento ubicuo que ocurre de forma natural en el medio. El cobre está presente en el agua, el aire y se encuentra en distintos alimentos unido a macromoléculas. Para muchas especies animales, el cobre es esencial en el mantenimiento de la homeostasis. Los compuestos de cobre están autorizados para su uso en prácticamente todos los cultivos (alimentos, piensos para ganado y cultivos ornamentales). Su uso también está permitido en algunos medios acuáticos para diferentes propósitos, especialmente como alguicida y herbicida en el mantenimiento de las instalaciones de acuicultura, sistemas de drenaje, estanques, fuentes, lagos, embalses, lagunas de aguas residuales, almacenamiento y canales de riego y sistemas de alcantarillado.

Los pesticidas de cobre se formulan usando diversos compuestos que, en última instancia, se disocian en iones cúpricos, el agente tóxico real. El hidróxido de cobre ( $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ) es un fungicida de amplio espectro y bactericida para uso terrestre, mientras que el sulfato de cobre ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) es el ingrediente activo de herbicidas, alguicidas y molusquicidas acuáticos.



El cobre es tóxico para las almejas asiáticas, afectando especialmente a los individuos juveniles. Tal y como señala Tavares-Reager (2009), la exposición a largo plazo al cobre en concentraciones entre 8,4 y 26,7 mg Cu/ L afecta negativamente al crecimiento de las almejas.

#### 2.3.2.2. Niclosamida.

##### ***Información general y modo de acción.***

La niclosamida es un pesticida de tipo cloramida aromática con cierto grado de selectividad y no acumulativo que se utiliza como molusquicida. El modo de acción de la niclosamida no está completamente dilucidado. Los datos disponibles sugieren que puede actuar principalmente sobre el metabolismo de la respiración y de los hidratos de carbono y que el grupo nitro es fundamental para su actividad. Además, determinados experimentos señalan la existencia de interacción entre la niclosamida y el ADN, sugiriendo que la toxicidad de la niclosamida puede estar causada por esta interacción (Abreu et al. 2002).

##### ***Toxicidad.***

La niclosamida es el compuesto de origen del producto comercial Bayluscide®. Este pesticida ha sido puesto a prueba por el Departamento de Conservación Ambiental de Nueva York (DEC), testando su eficacia en el control de la almeja asiática en el lago George. Las pruebas de laboratorio que se llevaron a cabo, simulando las condiciones del lago, pusieron de manifiesto que el tratamiento con Bayluscide no parece adecuado para el control de esta especie invasora. Sin embargo, la niclosamida sí es una opción viable para el control del mejillón cebra (*Dreissena polymorpha*). De hecho, este bivalvo invasor se ha controlado con éxito en tomas de agua y tuberías mediante el tratamiento con niclosamida, tanto en Europa como en EE.UU. (Waller et al., 1993). La niclosamida está clasificada por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y por la USEPA como pesticida de muy baja toxicidad para los mamíferos (DL50 oral aguda valores >1000 ppm; DL50 cutánea aguda >2000 ppm). No existe evidencia de que la niclosamida cause toxicidad para el desarrollo, mutagenicidad o carcinogenicidad.



Puede ser moderadamente tóxico para los vertebrados acuáticos (peces y anfibios), crustáceos y extremadamente tóxico para los moluscos. Las características del agua pueden alterar la toxicidad del compuesto Bayluscide. Por ejemplo, elevada temperatura, pH bajo, baja dureza y baja salinidad parecen aumentar la toxicidad del compuesto para los gasterópodos (Tchounwou et al. 1992). Para valores de  $\text{pH} > 7$ , sin embargo, la solubilidad de la niclosamida disminuye (Nettles et al. 2001), reduciéndose su toxicidad.

La evidencia indica que la niclosamida es no persistente en el medio ambiente acuático y se elimina de las aguas naturales por descomposición fotoquímica, biodegradación y por unión a los sedimentos. Aunque el compuesto se absorbe por los organismos, su bioacumulación no es significativa y parece que se metaboliza y se elimina rápidamente (Nettles et al., 2001). En la mayoría de los ambientes acuáticos, la niclosamida se une a sólidos suspendidos y sedimentos, pero esta unión es reversible. No está claro qué papel, si lo hay, juega la degradación microbiana aeróbica/ anaeróbica en la descomposición de niclosamida en el medio acuático.

### ***Formulación.***

Existen formulaciones de liberación lenta y 'de liberación inferior' están disponibles para apuntar diferentes especies (Dawson et al. 1998). Las formulaciones de liberación lenta en copolímero de etileno-acetato de vinilo (EVA) están disponibles para el control a largo plazo de gasterópodos (El-Nagar et al. 1991).

#### 2.3.2.3. Compuestos de amonio y derivados.

### ***Información general y modo de acción.***

El amoníaco y sus derivados están presentes en el medio ambiente principalmente como subproductos de los procesos fisiológicos naturales y de descomposición, y también debido a



actividades humanas como la agricultura intensiva. El amoníaco es el producto final principal del metabolismo de las proteínas y un producto principal de la excreción de los peces. El amoníaco es tóxico para los organismos acuáticos. Ejerce una demanda bioquímica de oxígeno directamente en las aguas receptoras ya que se consume el oxígeno disuelto al oxidarse amoníaco. Además, el amoníaco puede llevar a la eutrofización de las aguas superficiales.

### ***Toxicidad***

Los compuestos de amonio cuaternarios se han utilizado como molusquicidas no oxidantes. Molusquicidas basados en surfactantes catiónicos DGH / QUAT han sido probados para el control de la almeja asiática y del mejillón cebra (Bidwell et al. 1995). Como resultado se obtuvo que el mejillón experimentó significativamente mayores tasas de mortalidad en períodos de tiempo más cortos (6 horas) que la almeja asiática. El hidrocarburo aromático TCMTB (2- (tiocianometiltio) benzotiazol) usado en una concentración de 1 mg / kg puede inducir 100% de mortalidad de la almeja asiática y el mejillón cebra.

### ***Formulación***

Existe una amplia gama de molusquicidas no oxidantes, pero especialmente diseñados para el mejillón cebra. Estos incluyen: Clamtrol CT2- Betz Chemical products, Calgon H-130 y Calgon Catfloc LS, Macrotról 7326 Nalco, Mexel 432, Bayer 73 Sal I (salicilanilida I) y TFM. Los nombres comerciales de los compuestos de amonio cuaternario registrados para aplicaciones en sistemas cerrados de agua incluyen Clam-control / CT-1, H-Calgon 130; Trol Macro 7326; Mexel 432; Bayer 73 y Bulab.



#### 2.3.2.4. Cloración.

##### ***Información general y modo de acción.***

Los productos químicos a base de cloro que se basan en la acción biocida del hipocloroso ácido (HClO), ión hipoclorito (ClO) y el dióxido de cloro (ClO<sub>2</sub>) son comúnmente utilizados para reducir el nivel de bacterias, virus, algas y hongos en suministros de agua potable, piscinas, efluentes cloacales e industriales sistemas de agua (Bolch y Hallegraeff, 1993). El amplio espectro de la actividad biocida del cloro está mediado principalmente por el ácido hipocloroso (HClO), que se forma en soluciones acuosas a pH 5-8. La toxicidad de cloro depende de varios factores, incluyendo la propia concentración de cloro, pH, tiempo de exposición y el tipo y la cantidad de compuestos de cloro formados. El ácido hipocloroso y la forma hipoclorito producen una serie de efectos biocidas y desinfectantes como inhibir la oxidación de la glucosa, interferir en la capacidad de las células para regular la producción de ATP, inhiben la replicación del ADN y causan alteraciones en las proteínas (Tavares-Reager, 2009).

##### ***Toxicidad.***

En general, la manipulación de los compuestos de cloro es muy peligrosa, e incluso a corto plazo la exposición a altas dosis de ciertos compuestos de cloro puede ser fatal. El cloro en estado gaseoso es extremadamente tóxico, y por esta razón no se recomienda para aplicaciones de campo. El hipoclorito de sodio (es decir, lejía líquida) y el hipoclorito de calcio (blanqueador sólido) son oxidantes que promueven la combustión. Además, ambos compuestos se descomponen liberando de cloro en estado gaseoso que es corrosivo. Las soluciones son corrosivas para la piel, ojos y el tracto respiratorio superior. Por ello, para su aplicación se precisa equipos y ropa de protección, además de la implementación de protocolos de seguridad. La exposición a largo plazo a concentraciones subletales de vapores y soluciones pueden provocar dermatitis, lesiones en la piel y daños en las vías respiratorias. Según Jenner y Janssen-Mommen (1993), la almeja asiática puede ser eliminada



mediante cloración continua en 2-3 semanas, a concentraciones de cloro residual total de 0,5 mg/ L y el agua a temperatura entre 20-25° C.

El cloro no es persistente en el agua. El gas cloro reacciona con el agua y forma ácido clorhídrico y ácido hipocloroso. Este último componente puede descomponerse en iones de hidrógeno e hipoclorito, en función de pH del ambiente. El hipoclorito de calcio se hidroliza en ácido hipocloroso e hidróxido de calcio, mientras que el hipoclorito de sodio se hidroliza en ácido hipocloroso e hidróxido (Knapp y Battisti, 2001). El principal problema con el uso de estos precursores de la cloración es que el cloro libre reacciona con algunos compuestos orgánicos que son abundantes en las aguas naturales, formando subproductos orgánicos clorados persistentes (por ejemplo, trihalometanos, ácidos haloacéticos y clorito). En bajas concentraciones estos compuestos son cancerígenos.

### ***Formulación.***

El cloro se puede utilizar en una variedad de formas, incluyendo licuado de gas cloro, hipoclorito de sodio o hipoclorito de calcio. El cloro de uso doméstico se puede encontrar como solución líquida al 3.6% de hipoclorito de sodio, o bien en polvo (polvo blanqueador). El cloruro de potasio (KCl) se ha utilizado con éxito para controlar el mejillón cebra utilizando un método de aplicación alternativo conocido como BioBullet (Biobalas). Este método consiste en la encapsulación de un ingrediente activo en partículas microscópicas de material comestible (Aldrige et al. 2006). El hipoclorito HTH se vende para la cloración de piscinas y contiene aproximadamente el 30% de hipoclorito de calcio. La sal cristalina también se vende para el mismo uso. Esta sal generalmente contiene menos del 50% de hipoclorito de calcio, sin embargo, el nivel de "cloro activo" puede ser mucho mayor.



### 2.3.2.5. Polímeros de Ioneno.

#### ***Información general y modo de acción***

Se trata de un método desarrollado y patentado por la compañía estadounidense *Buckman Laboratories International, Inc.* Particularmente esta invención se refiere al control de moluscos que se incrustan en los sistemas subterráneos de irrigación, instalaciones de tratamiento de aguas municipales e instalaciones industriales que utilizan agua bruta, especialmente para sistemas de refrigeración y protección de incendios. Más particularmente, esta invención se refiere al control de las incrustaciones de moluscos de agua dulce en los sistemas de agua dulce, especialmente por especies del género *Corbicula*. Se trata de un producto que podría incluirse en el apartado 2.3.2.3. (Compuestos de amonio y derivados), ya que los métodos de producción de estos polímeros (ver apartado de formulación) producen sales de poliamonio con nitrógenos positivos en el núcleo.

#### ***Toxicidad***

Se ha comprobado que tanto los polímeros de ioneno de cadena recta como los de cadena ramificada son molusquicidas frente a los moluscos adultos. Además, se ha encontrado que los polímeros de ioneno de cadena recta son especialmente útiles para eliminar los moluscos más jóvenes, y para impedir su fijación a las superficies. Los polímeros de ioneno de cadena ramificada podrían emplearse también en el control de los jóvenes pero podrían exigir niveles de tratamiento superiores a los polímeros de ioneno de cadena recta. Los polímeros de ioneno son adecuados para el tratamiento de sistemas acuosos, como los que se encuentran en las instalaciones de centrales eléctricas, porque se pueden utilizar en bajas concentraciones y se disipan en el proceso de tratamiento por adsorción a la materia suspendida. Es pues muy poco probable que el uso de los polímeros en los sistemas hidráulicos provoque contaminación de la masa de agua que los recibe.



## Formulación

Algunos ejemplos de procedimientos de preparación de dichos polímeros incluyen la policondensación de las diaminas (por ejemplo, aminas *alfa*,  $\Omega$ -diterciarias) con dihaluros (por ejemplo, los  $\alpha$ ,  $\Omega$ -dihalocompuestos), la policondensación de las haloaminas, o haciendo que reaccionen aminas secundarias como la dimetilamina con epicloridrina. En la descripción de la patente se nombran tres polímeros para el tratamiento de la almeja asiática: (i) BULAB 6002 (Poli[dicloruro de oxietilen(dimetiliminio)etilen(dimetiliminio)etileno]) al 60% en agua (Tabla 4), (ii) BULAB 6024 (Poli[dicloruro de 2-hidroxietilen (dimetiliminio)-2-hidroxipropilen(dimetiliminio) -metileno]) al 60% en agua (Tabla 5) y (iii) BULAB 5001 (N,N,N',N'-tetrametiletildiamina y epiclorohidrina) al 25% en agua (Tabla 6). La adición de un polímero de ioneno de cadena ramificada por agua entrante, en una cantidad de 0,5 a 500 partes por millón de agua puede eliminar los moluscos adultos.

| Grupo                                                | Nivel de<br>tratamiento<br>(ppm) | Tiempo<br>medio<br>hasta<br>la<br>muerte (h) | LT <sub>50</sub> | LT <sub>100</sub> | % Medio<br>no fijado |
|------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------------|------------------|-------------------|----------------------|
| Jóvenes                                              | 2                                | 129,0                                        | 85,5             | 275               | 86,3                 |
|                                                      | 4                                | 87,9                                         | 48,6             | 204               | 92,5                 |
|                                                      | 8                                | 74,4                                         | 45,6             | 168               | 88,0                 |
| Control (48,1% muertos a las 96 horas de exposición) |                                  |                                              |                  |                   |                      |
| Adultos                                              | 2                                | 64,0                                         | 54,3             | 113               | —                    |
| normales                                             | 4                                | 58,2                                         | 49,5             | 101               | —                    |
|                                                      | 8                                | 59,5                                         | 44,8             | 101               | —                    |
| Control (0% muertos a las 113 horas de exposición)   |                                  |                                              |                  |                   |                      |
| Adultos                                              | 2                                | 77,7                                         | 48,1             | 118               | —                    |
| abiertos                                             | 4                                | 84,8                                         | 51,3             | 143               | —                    |
|                                                      | 8                                | 83,8                                         | 49,5             | 143               | —                    |
| Control (3,0% muertos a las 143 horas de exposición) |                                  |                                              |                  |                   |                      |

**Tabla 4. Resultados obtenidos de los ensayos de toxicidad del polímero BULAB 6002 para la almeja asiática.**



| Grupo                                                 | Nivel de<br>tratamiento<br>(ppm) | Tiempo<br>medio<br>hasta<br>la<br>muerte (h) | LT <sub>50</sub> | LT <sub>100</sub> | % Medio<br>no fijado |
|-------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------------|------------------|-------------------|----------------------|
| Jóvenes                                               | 2                                | 215,8                                        | 161,8            | 352               | 93,0                 |
|                                                       | 4                                | 181,3                                        | 132,4            | 304               | 86,4                 |
|                                                       | 8                                | 140,2                                        | 82,3             | 257               | 70,3                 |
| Control (21,5% muertos a las 352 horas de exposición) |                                  |                                              |                  |                   |                      |
| Adultos                                               | 2                                | 114,3                                        | 97,4             | 167               | —                    |
| normales                                              | 4                                | 122,8                                        | 101,8            | 192               | —                    |
|                                                       | 8                                | 129,3                                        | 113,9            | 192               | —                    |
| Control (1,3% muertos a las 192 horas de exposición)  |                                  |                                              |                  |                   |                      |

**Tabla 5. Resultados obtenidos de los ensayos de toxicidad del polímero BULAB 6024 para la almeja asiática.**

| Grupo                                                | Nivel de<br>tratamiento<br>(ppm) | Tiempo<br>medio<br>hasta<br>la<br>muerte (h) | LT <sub>50</sub> | LT <sub>100</sub> | % Medio<br>no fijado |
|------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------------|------------------|-------------------|----------------------|
| Adultos                                              | 2                                | >383                                         | 1042,7           | >383              | —                    |
| normales                                             | 4                                | >383                                         | 305,1            | >383              | —                    |
|                                                      | 8                                | 186,3                                        | 160,1            | 311               | —                    |
| Control (1,3% muertos a las 383 horas de exposición) |                                  |                                              |                  |                   |                      |

**Tabla 6. Resultados obtenidos de los ensayos de toxicidad del polímero BULAB 5001 para la almeja asiática.**

Existen otros métodos que se han utilizado para controlar las plagas de moluscos en general, y de almeja asiática en particular, entre los que se encuentran las descargas eléctricas, el uso de los tóxicos meta-bisulfito sódico (Smithson, 1986) y el TBTF o fluoruro de tributilestaño (Mussalli et al., 1986), el electromagnetismo, la desecación, las altas temperaturas, modificación del pH del agua, aumento de la salinidad, inducción de hipoxia con productos químicos ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$  y  $\text{H}_2\text{S}$ ), los ultrasonidos (Goss y Cain, 1977; Morton, 1977; Macphee, 1986; Matthews y McMahon, 1995), etc. Todo estos métodos generan un coste económico significativo y, en la mayoría de los casos, también supone la existencia de toxicidad residual que, sumada al impacto directo producido sobre la fauna autóctona, pone en



peligro el equilibrio del ecosistema. Otro de los sistemas que se utiliza asiduamente para el control de estas plagas consiste en la colocación de filtros en las épocas de liberación larvaria y la utilización de maquinaria para dragar los canales y retirar los ejemplares de manera rutinaria o selectiva (en las épocas de incubación larvaria o de reclutamiento de juveniles).

### **2.3.3. Aumento de salinidad.**

El límite máximo de tolerancia a la salinidad para *C. fluminea* se encuentra alrededor de 14-17 ppm (Karatayev et al, 2007). Pueden plantearse tratamientos de inmersión prolongada en soluciones salinas, aunque este es un tipo de tratamiento poco estudiado.

### **2.3.4. Modificación del pH.**

La supervivencia de *C. fluminea* se ve comprometida bajo pH inferior a 5,6 (Karatayev et al, 2007). Los pH bajos provocan la disolución de las conchas, con lo que aumenta la mortalidad de los individuos, especialmente los mayores de 3 años.

El tratamiento con pH bajos en instalaciones industriales puede presentar el inconveniente de aumentar la corrosión de sus componentes.

### **2.3.5. Tratamiento con potasio.**

Según Anderson et al. (1976), una concentración elevada de potasio en el agua provoca una inmovilización del pie de los individuos de *Corbicula manilensis* (una concentración de 600 mg/l afecta al 50% de individuos a las 5 horas). El pie permanece inmóvil y extendido, con lo que, cuando las



valvas se cierran como estrategia de protección ante un elemento tóxico, el pie queda fuera y por tanto los moluscos permanecen en contacto con el agente de tratamiento.

Este tratamiento podría utilizarse en combinación con un molusquicida para aumentar su eficacia y reducir el tiempo de exposición necesario.

### **2.3.6. Disminución del oxígeno en agua.**

Matthews y McMahon (1995) evaluaron la exposición prolongada a la anoxia como un método para mitigar la propagación de *C. fluminea* en instalaciones de generación eléctrica. Se concluyó que la combinación de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$  y  $\text{H}_2\text{S}$  reduce el tiempo de tratamiento, ya que el  $\text{H}_2\text{S}$  disminuye la tolerancia a la anoxia, lo cual había sido probado anteriormente para otras especies de moluscos. A  $21^\circ\text{C}$ , la mortalidad del 100% se alcanza a los 25 días de anoxia. No obstante, por debajo de  $15^\circ\text{C}$ , incrementa mucho la resistencia de esta especie, llegando a no mostrar mortalidad después de 12 semanas, con lo que el tratamiento por anoxia resulta inviable en estas condiciones.

Por otro lado, el tratamiento por anoxia puede comportar disminuciones acusadas de pH, a causa de los productos utilizados en el tratamiento, así como de la liberación de ácidos orgánicos y  $\text{H}_2\text{S}$  por parte de los organismos en descomposición. Esto puede comportar problemas de corrosión en las instalaciones, con lo cual se plantean únicamente tratamientos anuales o bianuales mediante este método.



## 2.4. MÉTODOS BIOLÓGICOS.

Los **métodos biológicos** consisten básicamente en el control de la especie invasora mediante otras especies que actúen como depredadoras o competidoras.

El estudio a nivel local de la dieta de potenciales depredadores y de sus hábitats puede ayudar a favorecer la presencia de éstos en las áreas en las que se desee controlar la población de *Corbicula fluminea*.

Estos métodos basados en la introducción de especies depredadoras para el caso concreto de la almeja asiática, han sido poco estudiados y su nivel de desarrollo es muy bajo, a causa de la gran complejidad que comportan.

Uno de los estudios específicos para esta especie es el realizado por Gustavo A. Darrigran y Dario Colauti, que constata el potencial de la especie Armado común (*Pterodoras granulatus*) para el control biológico de *Corbicula fluminea* en el río de la Plata en Argentina.

Los resultados mostraron que el 85% de los peces consumen *Corbicula fluminea*, mientras que en un 42% éste es el único alimento ingerido. Además, el tamaño de los individuos ingeridos aumenta con el tamaño del pez.

Esta investigación evidencia que durante las migraciones estivales que realiza *Pterodoras granulatus* en el Río de la Plata, es un activo consumidor de *Corbicula spp.*, no haciendo selección de tallas ni de especies. Este fenómeno señalaría a este pez como un potencial controlador sobre las densidades del bivalvo invasor.



#### ***2.4.1. Ventajas e inconvenientes del control biológico.***

A continuación, se describen las **ventajas e inconvenientes** que tendría aplicar un método de control biológico para combatir a la almeja asiática.

#### **VENTAJAS**

*Las ventajas del control biológico para especies exóticas invasoras son irrelevantes en comparación con todos los inconvenientes que tiene.* Con esto se quiere decir que existen ventajas pero los inconvenientes son tan importantes que les restan importancia. Es por estos inconvenientes, que no es aconsejable establecer un control biológico para la erradicación de la Almeja asiática en la cuenca del Guadiana.

De todas formas, se exponen a continuación:

- La resistencia de las EEI al control biológico es muy rara.
- El control biológico con frecuencia es a largo plazo pero permanente.
- El tratamiento con insecticidas es eliminado de forma sustancial. En el caso, claro está, de EEI cuyos métodos alternativos sean los métodos químicos.
- No existen problemas con intoxicaciones por métodos químicos.

#### **INCONVENIENTES**

##### **a. Efectos sanitarios potenciales:**

La introducción de especies exóticas puede facilitar la transmisión de microorganismos huéspedes de éstas, que afectan a la salud de los seres humanos y de los animales en el lugar de su introducción. Tipos desconocidos de agentes infecciosos, transmitidos a seres humanos por animales domésticos u



otros tipos de animales, o importados de manera inadvertida (o a veces deliberadamente), pueden ocasionar efectos terribles en las poblaciones humanas y animales.

Dado el conocimiento que se tiene sobre la posibilidad de transmisión de enfermedades foráneas, se suelen tener en cuenta una serie de medidas sanitarias y fitosanitarias. El principal objetivo es proteger a los seres humanos, animales y plantas, contra las posibles enfermedades introducidas. Estas medidas implican controles de la importación y a la exportación con este objetivo específico, más que con vistas a la protección ambiental en general.

#### **b. Efectos ecológicos y genéticos:**

Las especies que operan fuera de su área histórica de distribución dejan de estar sujetas a los límites y controles que normalmente limitan el crecimiento poblacional. Pueden entrar en competición directa con las especies nativas por depredación, introducción de enfermedades, competencia por los alimentos y otros recursos, hibridación, etc. Esto puede desplazar o aun provocar la extinción de variedades o razas únicas, ocasionando pérdidas irreparables en la diversidad genética.

Muchas especies alóctonas reducen la abundancia de especies autóctonas mediante depredación o parasitismo. De todas formas, esta depredación no sólo reduce el número de las especies depredadas, sino que causa un incremento indirecto de las especies que se encuentran en el nivel trófico inferior. También hay evidencias de que las especies de mayor tamaño tienden a causar efectos severos en el ecosistema.

Otro mecanismo ecológico de reducción de los organismos autóctonos es la competición por el espacio (y los recursos que allí se encuentran) que ocupa dicha especie, es decir, el nicho ecológico.

Las especies llamadas “ingenieras del ecosistema” son especies que cambian las propiedades físicas y químicas de los hábitats. Estas especies son similares a las competidoras de recursos excepto porque



sus efectos no sólo se limitan a las especies autóctonas que ocupan el mismo nicho sino que se extiende a un mayor número de especies, no acostumbradas a las nuevas características del hábitat. Otro problema bastante frecuente es la hibridación y la interferencia reproductiva, que se produce sobretodo en especies animales de carnívoros y omnívoros.

### c. Efectos económicos:

Es muy importante tener en cuenta el coste de combatir las invasiones. Esto incluye todas las medidas necesarias de cuarentena, detección temprana, control y erradicación.

A todo ello se debe añadir la dificultad de encontrar una correspondencia económica a pérdidas derivadas de la invasión de especies, tales como la extinción de una especie, la pérdida de hábitat, el valor estético de un paisaje alterado, etc.

## 2.5. MÉTODOS DE GESTIÓN.

La aplicación de medidas de gestión de diferentes tipos puede ser una herramienta eficaz para el control de las especies invasoras y puede aplicarse conjuntamente con otros de los métodos descritos previamente.

Estos métodos no son aplicables en regímenes confinados, ya que su alcance va más allá del área en la que se encuentra el foco de invasión, e implica muy distintas disciplinas (ecosistemas, usos del territorio, medidas sociales, económicas, etc.).

A partir de estudios como Sousa *et al.* (2008), el cual define para el río Miño (Portugal) una serie de factores que condicionan la dispersión y supervivencia de *Corbicula fluminea*, se proponen los siguientes métodos de gestión:



- Favorecer las especies acuáticas no foráneas, mediante:
  - ✓ Mejora de sus hábitats
  - ✓ Facilitar su migración
  - ✓ Restricción y control de la pesca
- Establecer normas e instalaciones para la desinfección en barcas y aparejos.
- Educación e información a pescadores y población implicada

## 2.6. VIABILIDAD DE LOS MÉTODOS DE CONTROL/ERRADICACIÓN.

### ***2.6.1. Introducción.***

A modo introductorio, se muestra en este apartado un resumen de los diferentes métodos tratados en apartados anteriores. En las siguientes tablas se muestran, para cada método estudiado, la aplicabilidad, efectividad y la dificultad/coste del mismo.



## TRATAMIENTOS FISICOS (EN MEDIOS NATURALES Y/O CONFINADOS)

| METODO                          | CONDICIONES DE APLICACION                                                                                                                                                          | EFFECTIVIDAD                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | DIFICULTAD/COSTE                                                                                                                                          |
|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Succión asistida por buceadores | <ul style="list-style-type: none"> <li>- En el medio natural</li> <li>- En zonas donde las mantas no dan buen resultado (sustratos gruesos, orillas, etc.)</li> </ul>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Resultados moderados</li> <li>- Suele aplicarse en combinación con otras técnicas (mantas bentónicas)</li> </ul>                                                                                                                                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Personal especializado (buceadores profesionales)</li> <li>- Coste elevado: unos 266 \$/m<sup>2</sup></li> </ul> |
| Mantas bentónicas               | <ul style="list-style-type: none"> <li>- En el medio natural</li> <li>- Zona con sustratos no muy gruesos</li> <li>- Preferentemente en zonas de poca corriente</li> </ul>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Altas tasas de mortalidad cercanas al 100% de la población</li> </ul>                                                                                                                                                                                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Impactos sobre otros invertebrados bentónicos</li> <li>- Coste: unos 28 \$/m<sup>2</sup></li> </ul>              |
| Barco profesional de arrastre   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- En el medio natural</li> <li>- Zonas navegables</li> </ul>                                                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fase experimental</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fase experimental</li> </ul>                                                                                     |
| Dsecaciones controladas         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Precisa la regulación de la cota de agua si se realiza en medio naturales.</li> <li>- Utilizados también en medios confinados.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- No está probada para <i>C. fluminea</i></li> <li>- Eficacia del 98% en medios confinados.</li> </ul>                                                                                                                                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Implica el vaciado del sistema.</li> </ul>                                                                       |
| Eliminación manual              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- En medio confinados.</li> </ul>                                                                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Eficaz y poco agresivo con el medio</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Alto coste por requerir mucha mano de obra</li> </ul>                                                            |
| Filtración mecánica             | <ul style="list-style-type: none"> <li>- En medios artificiales confinados</li> </ul>                                                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- A parte de la medida de poro requerida, la diferencia de presión entre los dos lados del sistema filtrante y la turbulencia son dos características a considerar para la efectividad de los filtros. Son sistemas operativos para el tratamiento de caudales pequeños.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sólo para uso en medios artificiales confinados. Alto coste económico</li> </ul>                                 |



## TRATAMIENTOS FISICOS (EN MEDIOS NATURALES Y/O CONFINADOS)

| METODO                      | CONDICIONES DE APLICACION                                                                                                              | EFFECTIVIDAD                                                                         | DIFICULTAD/COSTE                                                                                                                                                |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Modificación de temperatura | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Medios confinados.</li> <li>- La variación de la temperatura tiene que ser rápida.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- No probada para almeja asiática.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Contaminación del agua: temperatura tiene a altas temperaturas que ser rápida disminuye el oxígeno disuelto</li> </ul> |

Tabla 7. Viabilidad de los métodos de control/erradicación: tratamientos físicos.

## TRATAMIENTOS QUIMICOS (MEDIOS CONFINADOS)

| METODO                                          | CONDICIONES DE APLICACION                                                                                                                               | EFFECTIVIDAD                                                                                                                                                                                                                          | DIFICULTAD/COSTE                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Biobalas (Biobullets)                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>- En medios artificiales confinados</li> <li>- Se estudia su aplicación en medios abiertos (embalses)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tasas de mortalidad muy elevadas, muy próximas al 100% de la población</li> </ul>                                                                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Se está trabajando para mejorar su selectividad frente a las especies objetivo</li> </ul>                        |
| Niclosamida (Bayluscide®) (molusquicida)        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- En medios artificiales confinados</li> </ul>                                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Parece poco efectivo para el control de la almeja asiática</li> <li>- No es persistente en el medio</li> </ul>                                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aunque presenta cierto grado de especificidad sobre moluscos, puede afectar a otras especies animales</li> </ul> |
| Compuestos de amonio y derivados (molusquicida) | <ul style="list-style-type: none"> <li>- En medios artificiales confinados</li> </ul>                                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Depende del producto concreto</li> </ul>                                                                                                                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>-</li> </ul>                                                                                                       |
| Cloración (molusquicida)                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- En medios artificiales confinados</li> </ul>                                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Biocida de amplio espectro. La almeja asiática puede ser eliminada mediante cloración continua en 2-3 semanas, a concentraciones de cloro residual total de 0,5 mg/ L y el agua a</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Muy tóxico, con efectos letales sobre otros organismos acuáticos</li> </ul>                                      |



## TRATAMIENTOS QUÍMICOS (MEDIOS CONFINADOS)

| METODO                                         | CONDICIONES DE APLICACION                                                                                                                                                         | EFFECTIVIDAD                                                                                                                           | DIFICULTAD/COSTE                                  |
|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
|                                                |                                                                                                                                                                                   | temperatura entre 20-25 °C                                                                                                             |                                                   |
| Compuestos de cobre y derivados (molusquicida) | - En medios artificiales confinados                                                                                                                                               | - La exposición a largo plazo al cobre en concentraciones entre 8,4 y 26,7 mg Cu/ L afecta negativamente al crecimiento de las almejas | - Sólo para uso en medios artificiales confinados |
| Aumento de salinidad                           | - Inmersión prolongada a soluciones salinas                                                                                                                                       | - Poco estudiado.                                                                                                                      | - Poco estudiado                                  |
| Modificación del pH                            | - pH inferior a 5,6                                                                                                                                                               | - Eficaz para individuos mayores de 3 años                                                                                             | - Corrosión en las instalaciones                  |
| Tratamientos con Potasio                       | - concentración de 600 mg/l, es necesario aplicarlo con algún molusquicida.                                                                                                       | - Media                                                                                                                                |                                                   |
| Disminución del oxígeno en agua                | - combinación de Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub> y H <sub>2</sub> S reduce el tiempo de tratamiento, ya que el H <sub>2</sub> S disminuye la tolerancia a la anoxia | - la mortalidad del 100% se alcanza a los 25 días de anoxia                                                                            | - Problemas de corrosión en las instalaciones     |

Tabla 8. Viabilidad de los métodos de control/erradicación: tratamientos químicos.



### TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS (MEDIOS NATURAL)

| METODO                                                                                            | CONDICIONES DE APLICACION                                         | EFFECTIVIDAD  | DIFICULTAD/COSTE                                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------|--------------------------------------------------------------------|
| Introducción de Armado común ( <i>Pterodoras granulatus</i> ) como predador de la almeja asiática | - Sólo estudiado el potencial como control biológico en Argentina | - No probada. | - Altos costes.<br>- Impactos ambientales, ecológicos y genéticos. |

Tabla 9. Viabilidad de los métodos de control/erradicación: tratamientos biológicos.

### MÉTODOS DE GESTIÓN (MEDIOS NATURAL)

| METODO                                                                      | CONDICIONES DE APLICACION                                                                                         | EFFECTIVIDAD | DIFICULTAD/COSTE                                        |
|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|---------------------------------------------------------|
| Favorecer las especies acuáticas no foráneas                                | - Mejora del hábitats.<br>- Facilitar la migración de especies autóctonas.<br>- Restricción y control de la pesca |              |                                                         |
| Establecer normas e instalaciones para la desinfección de barcas y aparejos |                                                                                                                   | - Alta       | - Coste elevado.<br>- Concienciación de los usuarios.   |
| Educación e información a pescadores y población implicada                  |                                                                                                                   | - Alta       | - Concienciación de los usuarios.<br>- Costes elevados. |

Tabla 10. Viabilidad de los métodos de control/erradicación: métodos de gestión.





### 2.6.2. Aplicabilidad de métodos de control/ erradicación en la Cuenca del Guadiana.

Una vez analizadas las técnicas disponibles en la literatura científica sobre control y erradicación de la almeja asiática, se valora en este apartado la **posible aplicación de las mismas en la cuenca del Guadiana.**

De todas las técnicas con posibilidad de ser empleadas en sistemas naturales son las **mantas bentónicas** las que *a priori* darían mejor resultado a la hora de controlar, e incluso erradicar, un evento de invasión de almeja asiática en la cuenca. Las mantas bentónicas han demostrado una alta eficacia en la eliminación de este bivalvo invasor, induciendo en la mayoría de las situaciones una tasa de mortalidad muy elevada (cercana al 100%, ver apartado 2.2.1.2. Mantas bentónicas. Técnica de inducción de condiciones de hipoxia y/o anoxia.). Por otra parte, son más económicas que otras posibles técnicas (ver, por ejemplo, la comparación del gasto que supone la aplicación de mantas y el empleo de succión asistida; apartado 2.2.1.1) y la instalación no es compleja. Finalmente, el impacto que produce en el medio se circunscribe al espacio donde se instalan las mantas, donde la biocenosis bentónica puede verse afectada durante el período de tratamiento, recolonizándose estas áreas posteriormente a partir de las fuentes situadas en las inmediaciones. Las mantas bentónicas pueden aplicarse en períodos consecutivos hasta conseguirse los niveles de mortalidad propuestos.

Alternativamente a la aplicación de las mantas bentónicas, podría valorarse la posibilidad de empleo de técnicas como la **succión asistida**, especialmente en las zonas donde el medio no permite la instalación de las mantas. Las zonas muy próximas a orillas de embalses o los fondos con sustratos muy gruesos serían posibles enclaves donde podría valorarse el empleo de la succión asistida, ya que las mantas no suelen dar buenos resultados.





En principio, las técnicas relacionadas con el empleo de productos químicos estarían descartadas para aplicarse en sistemas naturales de la cuenca, debido al posible impacto que podrían ejercer sobre el resto del ecosistema. El *principio de cautela* obligaría a valorar primeramente otras alternativas antes de dar el paso definitivo del tratamiento con productos químicos. No obstante, la aparición de tecnologías novedosas, como las **biobalas**, abre una posibilidad a su uso en sistemas naturales. Actualmente se trabaja en la mejora de la efectividad y especificidad de esta metodología de control y erradicación para su empleo en sistemas naturales. Como se ha comentado con anterioridad, existen empresas especializadas en el tratamiento con biobalas, como *BioBullet Ltd.*, que ofrecen la posibilidad de tratamiento de moluscos acuáticos invasores en embalses mediante el empleo esta metodología (BioBullet Ltd., 2014). En cualquier caso, dada la rigurosidad que se precisa en estos estudios y apelando nuevamente al principio de cautela, el empleo o no de este tipo de métodos en sistemas naturales necesita de una valoración por parte de expertos formados en esta técnica.

En **sistemas artificiales confinados**, como instalaciones industriales, infraestructuras de riego, depósitos, etc., los tratamientos más efectivos serían **los químicos**. Entre ellos, las **biobalas** se presentan como una técnica novedosa y esperanzadora, tanto por los buenos resultados que se han obtenido en experiencias previas como por el bajo impacto ambiental que provocan.

En estructuras para la conducción de agua, como los canales, pueden utilizarse métodos de **eliminación directa** como el dragado de los fondos y las paredes de los mismos con maquinaria o bien el rascado de las superficies. La **colocación de filtros** en lugares estratégicos y en épocas concretas (por ejemplo en el momento de liberación de larvas) puede también ayudar a retener la expansión de la población de almejas asiáticas en estas infraestructuras.





## BLOQUE 3

Propuestas de ensayos en el río Lácara.



“Determinación experimental de técnicas para el control y eliminación de las poblaciones de almeja asiática en la Cuenca del Guadiana”.





### 3. PROPUESTA DE ENSAYOS EN EL RÍO LÁCARA.

#### 3.1. INTRODUCCIÓN.

La introducción accidental o deliberada de especies exóticas invasoras (en adelante, EEI) es uno de los problemas más graves para la conservación de los hábitats y de sus especies asociadas. Las EEI están alterando los ecosistemas acuáticos y terrestres, alcanzando proporciones dantescas (Carlton y Geller, 1993; Lodge *et al.*, 1998; Cox, 2004) y, en la actualidad, se trata de uno de los problemas medioambientales más importantes a los que se enfrenta la comunidad científica (Sala *et al.*, 2000).

La almeja asiática (*Corbicula fluminea*) está considerada una de las EEI más importante en los ecosistemas acuáticos (McMahon, 2002). En las últimas décadas, los estudios de *Corbicula fluminea* han mostrado una dispersión geográfica considerable y un comportamiento invasor muy exitoso (Mouthon, 1981; Araujo *et al.*, 1993). La introducción y la dispersión de la almeja asiática en los ecosistemas acuáticos probablemente son resultado de varios factores como la asociación a actividades humanas (por ejemplo el transporte de agua de lastre, su uso como alimento, la utilización de ejemplares como cebo, la suelta desde acuarios y el transporte de juveniles y/o adultos como una curiosidad y la adhesión de juveniles a los cascos de las embarcaciones a través de los bisos desarrollados por estos) (McMahon, 2002; Darrigran, 2002; Lee *et al.*, 2005). También es muy importante la capacidad de dispersión que presentan las larvas planctónicas y los juveniles de la especie al ser transportados por la corriente. Algunos autores también han citado la capacidad de dispersión de la especie a través del transporte pasivo realizado por aves acuáticas por medio de sus patas o sus plumas (Prezant y Chalermwat, 1984; McMahon, 1999, 2002). Este tipo de transporte natural puede tener su importancia relativa en introducciones secundarias (Figuerola y Green, 2002; Green y Figuerola, 2005).

*Corbicula fluminea* fue encontrada en la Península Ibérica por primera vez en el río Tajo en 1980 (Mouthon, 1981). El primer registro en la cuenca del Guadiana fue en 1988 en el afluente conocido como la Rivera Grande (Pérez-Quintero, 1990). A partir de entonces se ha ido citando en distintos



puntos de la cuenca (Pérez-Quintero, 2008 y las referencias de este trabajo). Más recientemente, en 2009, la empresa Anhidra S.L. realizó un muestreo en 60 localidades repartidas por toda la cuenca del Guadiana con el fin de actualizar la distribución de la especie. Los resultados del trabajo pusieron de manifiesto que *Corbicula fluminea* estuvo presente en 11 de estas 60 localidades (18,3 % de la zona de estudio). Todo ello indica que este bivalvo invasor está en plena expansión dentro de la cuenca del Guadiana, igual que ocurre en otras cuencas ibéricas.

La adopción de medidas que impliquen el control de la expansión de la especie, así como la reducción o erradicación de poblaciones locales dentro de la cuenca, es de vital importancia para reducir en todo lo posible los efectos negativos que puede ejercer este bivalvo invasor.

### 3.2. EXPERIENCIAS DESARROLLADAS EN EL MARCO DEL ESTUDIO Y CONTROL DE LA ALMEJA ASIÁTICA EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL GUADIANA.

#### **3.2.1. Estudios realizados en la cuenca del Guadiana sobre almeja asiática.**

Se ha realizado una búsqueda bibliográfica sobre los trabajos llevados a cabo que, de alguna manera, citan la presencia de la almeja asiática en la cuenca del Guadiana. A continuación se exponen estos trabajos, ordenados cronológicamente, e indicando en cada uno de ellos la aportación al conocimiento de esta especie en la cuenca del Guadiana:

- **Pérez-Quintero J. C. 1990. Primeros datos sobre la presencia de *Corbicula fluminea* en España. I. Biometría. Scientia Gerundensis 16: 175-182.** Se cita por primera vez la presencia de la almeja asiática en la cuenca en 1988, estudiando la biometría de una población encontrada en el afluente denominado la Ribera Grande (Sanlúcar de Guadiana, Huelva), en el tramo bajo de la cuenca, a unos 50 Km de la desembocadura del Guadiana.



- **Confederación Hidrográfica del Guadiana. 2002. Regionalización y caracterización de la calidad ecológica de la cuenca del Guadiana. Volumen II. Atlas del Río. Confederación Hidrográfica del Guadiana (CHG). Ministerio de Medio Ambiente. 276 pp.** En este documento se cita la presencia de la especie en el cauce principal del Guadiana, en dos tramos contiguos y próximos a su desembocadura en un ambiente de aguas salobres.
- **Bech M. y Altimiras J. 2003. Nuevas aportaciones al conocimiento de los moluscos actuales y del cuaternario en Extremadura: I. Malacofauna dulceacuícola. Revista de Estudios Extremeños, 59 (2): 837-870.** Estos autores hacen muestreos en ambientes fluviales de toda la comunidad extremeña, incluyendo cauces de la cuenca del Guadiana. No se detecta la presencia de la almeja asiática en ninguna de las localidades de muestreo del estudio.
- **Pérez-Quintero J. C., Bech M., Huertas J. L. 2004. Los moluscos de las aguas continentales de la provincia de Huelva (SO España). Iberus 22: 19-31.** Los autores del trabajo detectan en 1999 la presencia de la especie en las riveras de La Golondrina, Ronchona y Arroyo Grande.
- **Pérez-Quintero J. C. 2007. Diversity, habitat use and conservation of freshwater molluscs in the lower Guadiana River basin (SW Iberian Peninsula). Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems 17: 485-501.** En este trabajo se pone de manifiesto que la especie en 2001 está presente en los ríos Ardila, Oeiras, Cobres, Vascão, Cadavais y Odeleite.
- **Pérez-Bote J. L., Fernández J. 2008. First record of the Asian clam *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) in the Guadiana River Basin (southwestern Iberian Peninsula). Aquatic**



**Invasions 3: 87-90.** Estos autores registran en 2006 la presencia de la especie en la presa de Montijo y en los ríos Lacarón y Lobón.

- **Pérez-Quintero J. C. 2008. Revision of the distribution of *Corbicula fluminea* (Müller, 1744) in the Iberian Peninsula. *Aquatic Invasions* 3 (3): 355-358.** El autor realiza una revisión exhaustiva de la distribución de la especie en toda la Península Ibérica, incorporando la información publicada hasta ese momento sobre la presencia de la almeja asiática en la cuenca del Guadiana.
- **Anhidra S. L. 2009. Estudio sobre la presencia de la almeja asiática (*Corbicula fluminea*) en la cuenca hidrográfica del río Guadiana y nuevos datos sobre náyades autóctonas. Confederación Hidrográfica del Guadiana. 241 pp.** Como ya se ha comentado en el apartado de Introducción, esta empresa realizó un muestreo en 60 localidades repartidas por toda la cuenca del Guadiana con el fin de actualizar la distribución de la especie. Los resultados del trabajo pusieron de manifiesto que *Corbicula fluminea* estuvo presente en 11 de estas 60 localidades (18,3 % de la zona de estudio).

El recorrido cronológico de estos trabajos proporciona una imagen de la expansión de la almeja asiática en la cuenca del Guadiana desde que se cita su presencia por primera vez en la Ribera Grande. Atendiendo a las fechas y localización de las citas puede reconstruirse el patrón de colonización de la almeja asiática en la cuenca del Guadiana, que parece que se ha producido desde el tramo bajo de la cuenca hacia arriba. En la actualidad, es posible afirmar, con una alta probabilidad de acierto, que la distribución de la **almeja asiática en la cuenca del Guadiana es más amplia** que la que se expone en los trabajos arriba citados. Evitar la expansión de la almeja hacia zonas aún no invadidas y realizar ensayos locales para el control de la misma en zonas donde está presente, resulta de gran importancia para mitigar, en todo lo posible, los impactos generados por esta especie.



### 3.2.2. Metodología de trabajo en el estudio de la almeja asiática en el Guadiana.

En este apartado se lleva a cabo la descripción de la metodología de trabajo aplicada en los estudios sobre bivalvos dulceacuícolas (selección de localidades de muestreo, muestreo de bivalvos y procesado posterior de los datos recopilados), realizados en la Cuenca del río Guadiana por Anhidra S. L. (2009).

#### 3.2.2.1. Selección de las localidades de muestreo.

Para la selección de las localidades de muestreo en la cuenca del Guadiana se llevaron a cabo las siguientes actuaciones:

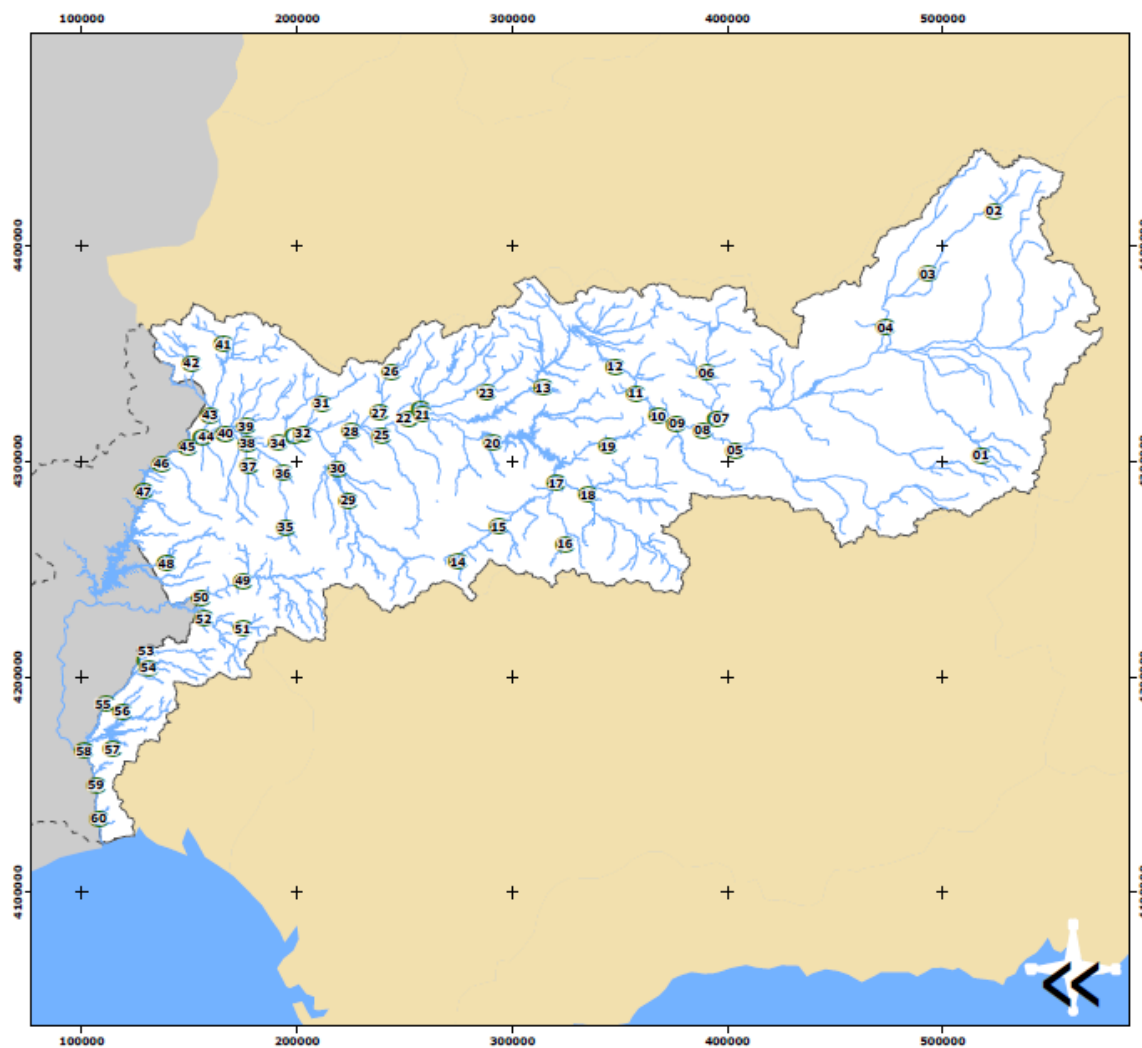
1. **Análisis de la información existente** proveniente de estudios publicados hasta esa fecha (2009) sobre la presencia y distribución de la almeja asiática en la cuenca del Guadiana (Pérez-Quintero, 1990, 2007; Pérez-Quintero *et al.*, 2004; Pérez-Bote y Fernández, 2008).
2. **Análisis del Atlas del Río**, documento realizado por la Confederación Hidrográfica del Guadiana con la colaboración y asistencia técnica de la empresa URS (CHG, 2001a-b-c, 2002). Estos estudios reflejan las características más importantes de algunos de los ríos de la cuenca hidrográfica del Guadiana (río Guadiana, Cigüela, Záncara y Zújar) y se centran en las actuaciones preliminares correctoras de la calidad ecológica integral para cada uno de los ríos objeto de estudio. En dicho estudio se describen, entre otros muchos aspectos, el tipo de sustrato y la posible presencia de malacofauna autóctona para cada tramo de río. De estos tramos se seleccionaron aquellos puntos donde se remarcaba la presencia de hábitats propicios para la presencia de *Corbicula fluminea*, como la existencia de arenas o gravas finas. Esta característica primordial, junto con el hecho de que el punto estuviera fijado en un tramo sinuoso (microhábitats preferenciales), es a lo que se le proporcionó mayor peso a la hora de la selección de los puntos de muestreo.



3. **Reconocimiento visual** de los puntos previamente seleccionados en los dos primeros pasos mediante la utilización del **software Google Earth**. Posteriormente, se procedió a la ubicación definitiva teniendo en cuenta las características del hábitat necesarias para una mayor probabilidad de presencia de la especie (existencia de arenas y gravas finas). También se localizaron puntos de muestreo que tuvieran una accesibilidad adecuada.
4. Como último paso, se **consultó la idoneidad de los puntos** preseleccionados tanto al Dr. Rafael Araujo del Museo de Ciencias de Naturales de Madrid (C.S.I.C.), como al jefe del Servicio de Control del Estado de las Masas de Agua de la propia Confederación Hidrográfica del Guadiana (director de los trabajos).

El resultado de todo este proceso fue la elección de sesenta puntos de muestreo distribuidos por toda la cuenca hidrográfica del Guadiana (Ilustración 23 y Tabla 7).





**Ilustración 23. Localidades de muestreo de almeja asiática en la cuenca del Guadiana. Fuente: Anhida S. L. (2009).**



| PUNTO | RÍO               | TOPONIMO                                                | PROV.       | COORDENADAS |         |
|-------|-------------------|---------------------------------------------------------|-------------|-------------|---------|
|       |                   |                                                         |             | X           | Y       |
| 01    | Guadiana Viejo    | Laguna Blanca (P.N. las Lagunas de Ruidera)             | Ciudad Real | 517635      | 4303505 |
| 02    | Río Cigüela       | Villas viejas                                           | Cuenca      | 523783      | 4417087 |
| 03    | Río Cigüela       | Entre Villanueva de Alcardete y La Puebla de Almoradiel | Toledo      | 492855      | 4387905 |
| 04    | Río Cigüela       | Villafranca de los Caballeros                           | Toledo      | 473310      | 4362864 |
| 05    | Río Guadiana      | Corral de Calatrava                                     | Ciudad Real | 403338      | 4306058 |
| 06    | Río Bullaque      | El Robledo                                              | Ciudad Real | 390206      | 4341995 |
| 07    | Río Bullaque      | Tabla de la Yedra                                       | Ciudad Real | 394842      | 4320811 |
| 08    | Río Bullaque      | Confluencia con el Guadiana (Luciana)                   | Ciudad Real | 388246      | 4315376 |
| 09    | Río Guadiana      | El Chiquero                                             | Ciudad Real | 375811      | 4318240 |
| 10    | Río Guadiana      | Puebla de Don Rodrigo                                   | Ciudad Real | 367775      | 4321729 |
| 11    | Río Guadiana      | Cerca del Arroyo de Doña Juana                          | Ciudad Real | 357326      | 4332133 |
| 12    | Río Guadiana      | Embalse de Cijara                                       | Badajoz     | 347507      | 4344833 |
| 13    | Río Guadiana      | Embalse García de Sola                                  | Badajoz     | 314192      | 4335019 |
| 14    | Río Zújar         | Peraleda del Zaucejo (a)                                | Badajoz     | 274746      | 4254365 |
| 15    | Río Zújar         | Dehesa de las Alcantarillas                             | Córdoba     | 293520      | 4270682 |
| 16    | Río Guadamatillas | El Viso                                                 | Córdoba     | 324344      | 4262436 |
| 17    | Río Zújar         | Cola de embalse de La Serena                            | Badajoz     | 320185      | 4290710 |
| 18    | Río Guadamez      | Palacio de Moret                                        | Ciudad Real | 334970      | 4285187 |
| 19    | Río Esteras       | Valdemanco del Esteras                                  | Ciudad Real | 344359      | 4307892 |
| 20    | Río Zújar         | Embalse de La Serena                                    | Badajoz     | 290537      | 4309533 |
| 21a   | Río Guadiana      | Aguas abajo desembocadura del río Zújar                 | Badajoz     | 258148      | 4322587 |
| 21b   | Río Guadiana      | Desembocadura del río Zújar                             | Badajoz     | 259028      | 4321896 |
| 22    | Río Guadiana      | Don Benito (bajo puente EX-A2)                          | Badajoz     | 251668      | 4320612 |
| 23a   | Río Gargáligas    | Aguas abajo del embalse de Gargáligas (a)               | Badajoz     | 287179      | 4333387 |
| 23b   | Río Gargáligas    | Aguas abajo del embalse de Gargáligas (b)               | Badajoz     | 287863      | 4332888 |
| 24    | Río Rucas         | Rena                                                    | Badajoz     | 257348      | 4325550 |
| 25    | Río Guadamez      | Confluencia con el Guadiana (Valdetorres)               | Badajoz     | 239140      | 4312974 |
| 26    | Río Búrdalo       | Entre Almoharín y el Escurial                           | Cáceres     | 243518      | 4342360 |
| 27    | Río Búrdalo       | Santa Amalia                                            | Badajoz     | 237972      | 4323387 |
| 28a   | Río Guadiana      | San Pedro de Mérida (a)                                 | Badajoz     | 227997      | 4315970 |
| 28b   | Río Guadiana      | San Pedro de Mérida (b)                                 | Badajoz     | 226389      | 4315446 |
| 28c   | Río Guadiana      | San Pedro de Mérida (c)                                 | Badajoz     | 224858      | 4314862 |
| 29    | Río Matachel      | Cola de embalse de Alange                               | Badajoz     | 223622      | 4282429 |
| 30    | Río Matachel      | Embalse de Alange                                       | Badajoz     | 218782      | 4297563 |
| 31    | Río Aljucén       | Aljucén                                                 | Badajoz     | 211397      | 4327462 |
| 32a   | Río Guadiana      | Bajo presa embalse de Montijo                           | Badajoz     | 202582      | 4313509 |
| 32b   | Río Guadiana      | Embalse de Montijo                                      | Badajoz     | 203897      | 4314386 |
| 33    | Canal de Montijo  | La Garrovilla                                           | Badajoz     | 198495      | 4312876 |
| 34    | Río Guadiana      | Desembocadura del río Lacara                            | Badajoz     | 191176      | 4309442 |

| PUNTO | RÍO                   | TOPONIMO                                         | PROV.   | COORDENADAS |         |
|-------|-----------------------|--------------------------------------------------|---------|-------------|---------|
|       |                       |                                                  |         | X           | Y       |
| 35    | Río Guadajira         | Entre Feria y Fuente del Maestre                 | Badajoz | 194624      | 4270396 |
| 36    | Río Guadajira         | Solana de los Barros                             | Badajoz | 193401      | 4295601 |
| 37    | Río Entrín Verde      | Granja Bioter Biona                              | Badajoz | 177466      | 4298601 |
| 38    | Río Entrín Verde      | Confluencia con el río Guadiana                  | Badajoz | 176814      | 4309066 |
| 39    | Canal de Montijo      | Alcazaba                                         | Badajoz | 176205      | 4317345 |
| 40    | Río Guadiana          | Confluencia con Rivera de los Limonetes (Balboa) | Badajoz | 166488      | 4313781 |
| 41    | Rivera de Albarragena | Aguas arriba embalse Villar del Rey              | Badajoz | 165707      | 4355325 |
| 42    | Río Gévora            | Confluencia con el Arroyo Guarranque             | Badajoz | 150860      | 4346113 |
| 43    | Río Gévora            | Valdebotoa                                       | Badajoz | 159391      | 4322037 |
| 44    | Río Guadiana          | Confluencia con río Gévora (Azud de Badajoz)     | Badajoz | 155883      | 4312069 |
| 45    | Río Guadiana          | Aguas abajo azud de Badajoz                      | Badajoz | 148919      | 4307333 |
| 46    | Río Guadiana          | Cola de embalse de Alqueva (Puente de Ayuda)     | Badajoz | 136840      | 4299805 |
| 47    | Río Guadiana          | Embalse de Alqueva                               | Badajoz | 128721      | 4286814 |
| 48    | Río Alcarache         | Villanueva del Fresno                            | Badajoz | 139218      | 4253419 |
| 49    | Río Ardila            | Valuengo                                         | Badajoz | 174701      | 4245436 |
| 50    | Río Ardila            | Oliva de la Frontera                             | Badajoz | 155264      | 4237606 |
| 51    | Arroyo del Sillo      | Embalse del Sillo                                | Badajoz | 174538      | 4223048 |
| 52    | Río Múrtigas          | Encinasola                                       | Huelva  | 156478      | 4227985 |
| 53    | Rivera de Chanza      | Rosal de la Frontera                             | Huelva  | 129844      | 4208865 |
| 54    | Rivera de Calaboz     | Urbanización al sur del Rosal                    | Huelva  | 130760      | 4204791 |
| 55    | Rivera de Chanza      | Molino de la Laguna                              | Huelva  | 111154      | 4188375 |
| 56    | Arroyo de Albahacar   | Ermida de Santa Cruz                             | Huelva  | 118720      | 4184672 |
| 57    | Los Santos            | Embalse Los Santos (Redondillo)                  | Huelva  | 114056      | 4167183 |
| 58    | Rivera de Chanza      | Embalse de Chanza                                | Huelva  | 100951      | 4166326 |
| 59    | Río Guadiana          | Aguas abajo de Rivera Grande de Golondrina       | Huelva  | 106430      | 4150293 |
| 60    | Río Guadiana          | Desembocadura del Arroyo Grande (Santa Clara)    | Huelva  | 107849      | 4135097 |

**Tabla 11. Localidades de muestreo seleccionadas para la realización del estudio sobre distribución de almeja asiática y bivalvos autóctonos de la cuenca del Guadiana en 2009.**

**Fuente: Anhídra S. L. (2009)**

### 3.2.2.2. Muestreos de almeja asiática.

Antes de la toma de muestras, en cada localidad de muestreo se realizó una búsqueda de los microhábitats preferenciales, o con mejores características para albergar las colonias de almeja asiática. A continuación, se procedió a la realización del muestreo propiamente dicho. Para ello, en vez de determinar una superficie de muestreo, el equipo de trabajo fijó un tiempo de esfuerzo de muestreo. Este tiempo quedó predeterminado en 30 minutos, mientras que la superficie de muestreo nunca fue inferior a 50 m<sup>2</sup>.



La instrumentación de muestreo más comúnmente utilizada, siempre y cuando la profundidad de la localidad de muestreo lo permite, son los cedazos o tamices (Ilustración 24). Con ayuda de los cedazos se tamiza el sustrato de la zona de muestreo y se separan los bivalvos retenidos en la malla. En aquellos puntos en que el calado o la velocidad de la corriente dificultan el acceso al lecho del lugar de muestreo con vadeadores, se puede utilizar la draga de arrastre (Ilustración 25). La luz de la malla que se utilizó en el trabajo realizado por Anhidra S. L., tanto en los tamices como en la draga, fue de 5 mm. Con el uso de los tamices, se muestrearon secciones longitudinales, generalmente cercanas y paralelas al borde del río mientras que con la draga de arrastre se tomaron muestras en secciones transversales del curso de agua.



**Ilustración 24. Imágenes de tamiz de muestreo de bivalvos (izquierda) y de draga con bandeja conteniendo el sustrato retenido en dicha draga. Fuente: Anhidra S. L. (2009).**

Complementariamente, se realizó una inspección visual de las terrazas laterales del punto de muestreo y las playas procedentes de acarreo de gravas formados por las grandes avenidas de agua. El objetivo de este reconocimiento visual fue localizar valvas de almeja asiática y de náyades autóctonas.

Una vez que el tiempo de muestreo estipulado llegaba a su fin, se llevó a cabo el recuento, medición y pesaje de los individuos, tanto de *Corbicula fluminea* como de las náyades autóctonas halladas (Ilustración 25). Para cada ejemplar de bivalvo encontrado, se realizó la medición de dos

longitudes; ancho y largo de la morfología de las conchas. Lo más apropiado para esta operación es utilizar un calibre o pie de rey digital.



**Ilustración 25. Pesaje y medición de un individuo de *Anodonta anatina* en la desembocadura del río Lácara.**  
Fuente: Anhidra S. L.

Las medidas realizadas, el peso, la especie y la localidad de muestreo, se anotaron y también se hizo una descripción del hábitat donde se realizó el muestreo (presencia de ganado que pudiera ejercer alguna presión sobre los bivalvos, cobertura de vegetación sumergida, etc.). La localidad de muestreo debe georreferenciarse y, además, fue conveniente tomar fotografías tanto de la zona como del sustrato predominante o característico en el punto de muestreo.

Al finalizar el muestreo de cada punto, se procedió a la desinfección de todo el material utilizado (vadeadores, tamices, dragas, bandejas, etc.) (Ilustración 26). Uno de los productos utilizados para la desinfección fue Ox-Virin, a una concentración del 1%. El material de tamaño reducido se introdujo en una disolución a la concentración referida, mientras que el resto de elementos se rociaron con la solución desinfectante mediante una atomizadora convencional. Con este procedimiento se evitó la contaminación de otras masas de agua y puntos del río donde la almeja asiática y otras especies invasoras no están presentes en la actualidad.



**Ilustración 26. Personal realizando las labores de desinfección del material utilizado en el muestreo mediante el empleo del producto Ox-Virin. Fuente: Anhida S. L.**

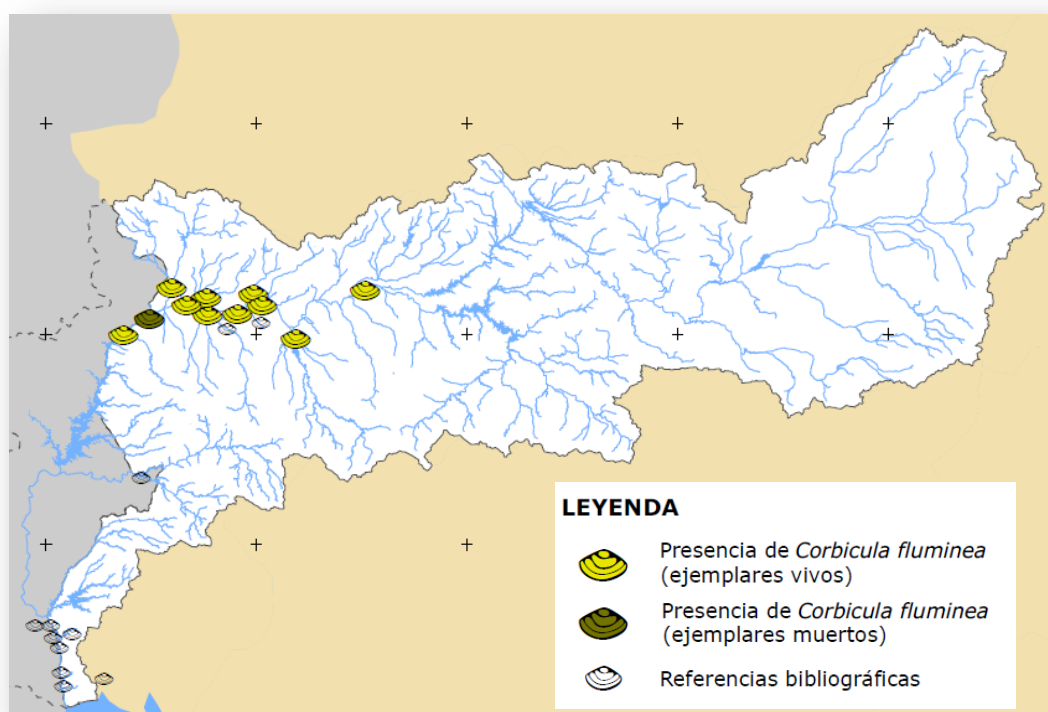
### 3.2.2.3. Trabajos de gabinete y procesado de datos.

Una vez finalizado el muestreo de campo, se realizaron las siguientes tareas en el gabinete:

- Medir los individuos de las muestras de *C. fluminea* que no hayan sido caracterizados en campo.
- Introducir en una hoja de cálculo Excel los datos obtenidos de todas las poblaciones halladas, tanto de *Corbicula fluminea* como de náyades autóctonas. Para cada punto y cada especie se caracteriza la muestra recogida a partir del estudio de la distribución de frecuencias de los tamaños de los individuos.
- Describir la estructura de las poblaciones de *Corbicula fluminea* halladas, a partir de clases de longitud de 6 mm de ancho, siendo la primera y menor de [6-12) y la última y mayor [48-54) mm, intervalos que han sido definidos en base a estudios previos (Elliott P. y Zu Ermgassen S.E., 2008).

### 3.2.3. Resultados de los estudios de almeja asiática en el río Lácara.

En este apartado se muestra específicamente los resultados que obtuvo el equipo de trabajo de Anhídra S. L. en las **inmediaciones del río Lácara** en el marco del estudio que desarrolló en 2009 "*Estudio sobre la presencia de la almeja asiática (*Corbicula fluminea*) en la cuenca hidrográfica del río Guadiana y nuevos datos sobre náyades autóctonas*".



**Ilustración 27.** Ubicación de los resultados del "*Estudio sobre la presencia de la almeja asiática (*Corbicula fluminea*) en la cuenca hidrográfica del río Guadiana y nuevos datos sobre náyades autóctonas*". Fuente: Anhídra S. L. (2009).

Es necesario señalar que, la localidad de muestreo estuvo situada en el cauce del río Guadiana, **aguas abajo de la desembocadura del Lácara**, por lo que los resultados obtenidos no muestran exactamente la situación de la almeja asiática en el cauce fluvial del Lácara.



**Cuenca: Río Guadiana**

**UTM: (30 S) 191176**

**4309442**



**Río Guadiana**

**(Torremayor, Badajoz)**

**Fecha de muestreo: 10 julio 2009**

#### RESULTADOS DEL MUESTREO

|                           |                                                                                         |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Corbicula fluminea</i> | <b>POSITIVO</b>                                                                         |
| Náyades autóctonas        | <i>Potomida littoralis</i> (restos), <i>Anodonta anatina</i> y<br><i>Unio delphinus</i> |

#### OBSERVACIONES

- Se muestrea al Suroeste de Torremayor, aguas abajo de la desembocadura del río Lácara.
- En este tramo, el río es poco profundo y el lecho es de grava y cantos rodados.
- Se encuentra un único ejemplar vivo de *Corbicula fluminea*, 6 ejemplares de *Unio delphinus* y 2 de *Anodonta anatina*, y numerosas valvas vacías de *Corbicula* y *Unio* y también de *Potomida littoralis*.





Ilustración 28. Realización de muestreos en el río Lácara. Fuente: Anhidra S. L. (2009).

#### Punto de muestreo 34: Río Guadiana (Torremayor, Badajoz):

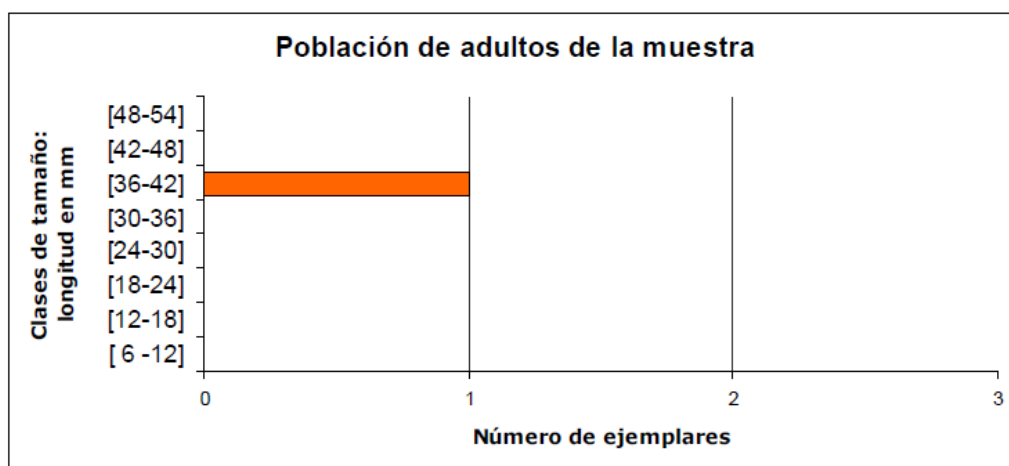
#### Resumen de mediciones de los ejemplares vivos de *Corbicula fluminea* hallados.

Número de ejemplares de la muestra: ..... 1

Longitud máxima: ..... 40,19 mm

Peso total de la muestra: ..... 23,00 g

Peso medio: ..... 23,00 g

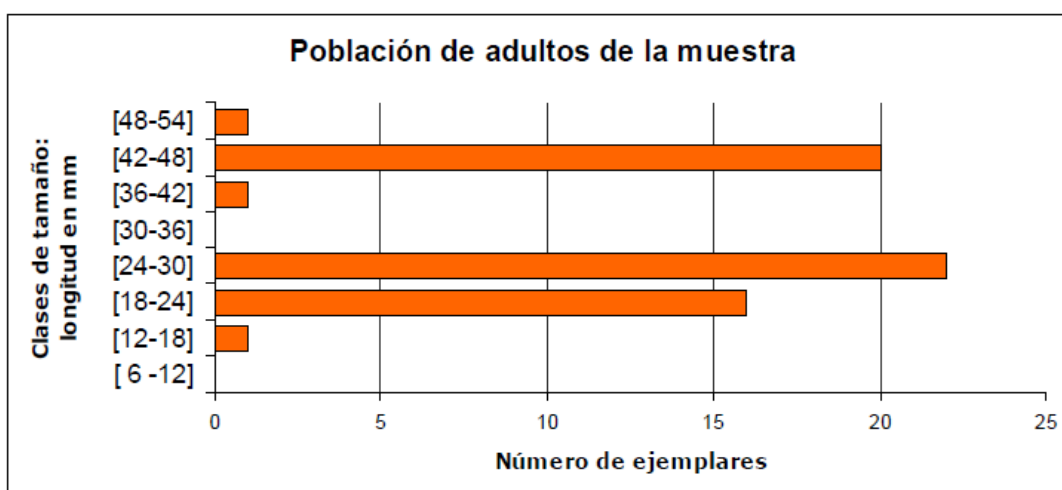


Población de ejemplares vivos

### Punto de muestreo 34: Río Guadiana (Torremayor, Badajoz):

#### Resumen de mediciones de los ejemplares muertos de *Corbicula fluminea*.

Número de ejemplares de la muestra: ..... 61  
 Longitud máxima: ..... 43,58 mm  
 Longitud mínima: ..... 17,16 mm  
 Longitud media: ..... 27,97 mm  
 Mediana: ..... 26,94 mm  
 Longitud modal: ..... [24-30] mm  
 Desviación estándar: ..... 6,20  
 Peso total de la muestra: ..... sin medida  
 Peso medio: ..... sin medida



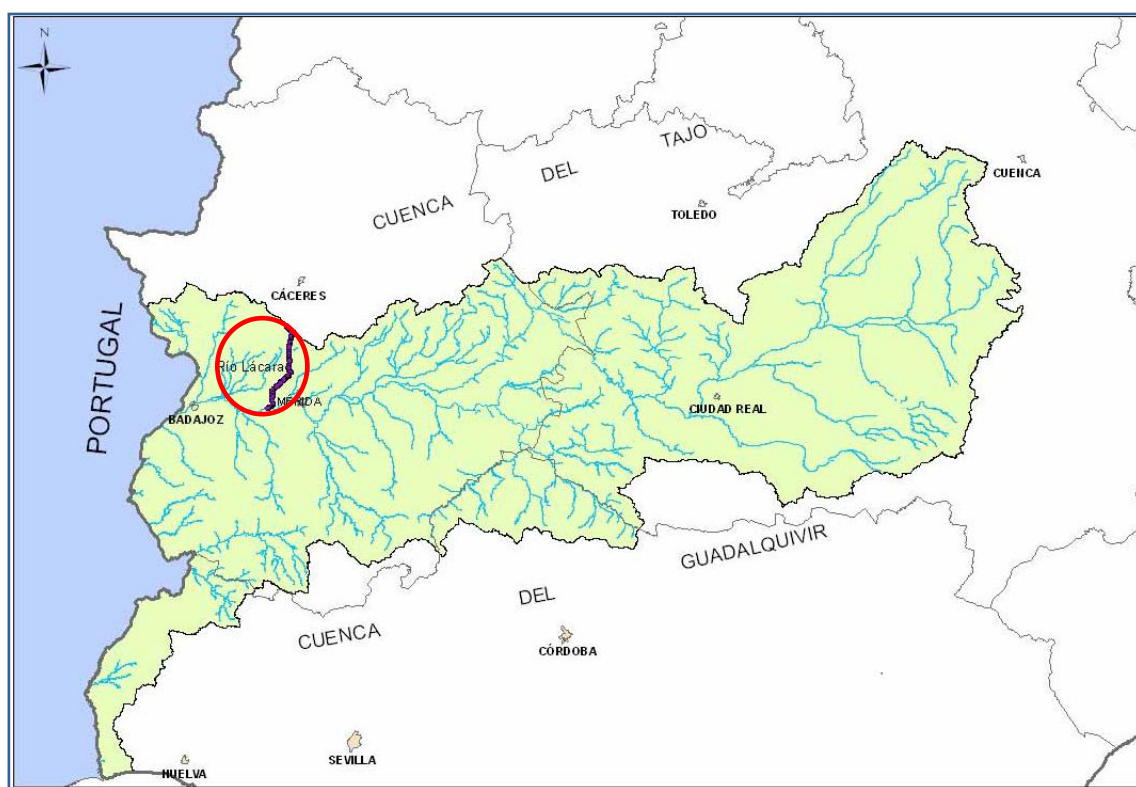
Población de ejemplares muertos

### 3.3. PROPUESTAS DE ENSAYOS EN EL RÍO LÁCARA.

#### **3.3.1. Introducción.**

Una vez descritas las experiencias desarrolladas en el marco del estudio y control de la almeja asiática en la cuenca hidrográfica del Guadiana, se presenta en este apartado una propuesta para el ensayo de nuevos métodos con el objeto de poder erradicar esta especie de modo más efectivo y que suponga un menor impacto sobre el medio.

En concordancia con lo establecido en el Proyecto INVASEP, en el que se refleja la existencia de individuos de esta especie en diferentes puntos del río Lácara, los trabajos que se presentan tendrán como ámbito geográfico el **Lugar de Importancia Comunitaria “Riviera del Lácara”**.



**Ilustración 29. Ámbito de la Demarcación Hidrográfica del Guadiana y localización del Río Lácara.**



El objeto de este bloque es describir una serie de ensayos, buscando en todo momento aquellos de mayor efectividad con el menor impacto para la biodiversidad.

La propuesta de ensayos de métodos de control de la almeja asiática en el río Lácara se estructura en varios apartados en función de las características del medio donde se realizarán posteriormente los mismos. De este modo, se proponen ensayos en los siguientes escenarios:

- Medio natural (cauce del río Lácara).
- Sistemas artificiales confinados (infraestructuras de riego y/o captaciones de agua).
- Balsas artificiales con presencia de almeja asiática.

En los siguientes apartados se lleva a cabo la descripción de las diferentes propuestas, atendiendo a la descripción del procedimiento a seguir, las condiciones que deben darse para la óptima realización de los ensayos así como de los recursos humanos y materiales necesarios.

### ***3.3.2. Propuesta de ensayos en el medio natural (cauce del río Lácara).***

#### **3.3.2.1. Técnicas propuestas.**

En el propio cauce del río Lácara se propone la realización de tres ensayos distintos para probar su efectividad en la eliminación de la almeja asiática, siendo los que se indican a continuación:

- 1. Ensayo con mantas o esteras bentónicas.** En una zona acotada con presencia de almeja asiática se instalarán mantas o esteras bentónicas para probar su efectividad en la eliminación del bivalvo.



2. **Ensayo con equipo de succión.** Como en el caso anterior, se acotará y delimitará un tramo con presencia conocida de almeja asiática para proceder a la extracción de las mismas con un equipo de succión (bombas de succión, mangueras, personal, etc.).
3. **Ensayo con rastrillos de marisqueo profesional.** Nuevamente, se acotará y delimitará una zona con presencia de almeja asiática donde se realizará la recolección y retirada de almejas asiáticas mediante el empleo de rastrillos de marisqueo profesional.

#### 3.3.2.2. Procedimiento a seguir para los ensayos en el medio natural.

##### 3.3.2.2.1. Ensayo con mantas o esteras bentónicas.

Se propone acotar y delimitar una zona con presencia conocida de almeja asiática dentro del cauce del río. La superficie de la zona acotada será de unos 50 m<sup>2</sup>. En cualquier caso, la extensión final de la zona a tratar se determinará en campo y dependerá de las características morfológicas del cauce y de la extensión de la población de almejas a tratar. En esta zona se colocarán, primeramente y sobre las colonias de almejas, esteras de material biodegradable (fibra de coco o yute) que servirán para corregir irregularidades del sustrato y ayudar a una mejor fijación de las mantas bentónicas impermeables. Sobre las esteras biodegradables se situarán las mantas de PVC impermeables a los gases. Por último, sería recomendable colocar sobre estas mantas otras esteras biodegradables que servirán para dar protección a las mantas impermeables frente a la corriente y a la posible abrasión sufrida por los materiales en suspensión. Las esteras, tanto las biodegradables como las de PVC, se instalarán desenrollándolas a favor de la corriente, y se fijarán al sustrato con varillas metálicas u otro material pesado que permita su inmovilización.

Se instalarán 6 esteras de 9 m<sup>2</sup> cada una y, siguiendo el modelo de ensayo propuesto por Wittmann et al. (2012), se irán retirando consecutivamente a los 4 (1ª estera), 7 (2ª), 14 (3ª), 21 (4ª), 28 (5ª) y 56 (6ª) días. Al retirar cada estera se tomarán 5 muestras aleatorias con cilindro de PVC



(cores) en el sedimento ocupado por cada una de ellas (n total= 30m muestras: 5 muestras x 6 esteras). En estas muestras se comprobará la mortalidad inducida que se ha conseguido en la población de almejas en cada período de tiempo. Normalmente, para el cálculo de la mortalidad de la población se consideran como “vivas” aquellas almejas que mantienen las valvas cerradas y “muertas” las que presentan las valvas abiertas y restos de tejido o el perióstraco intacto. Medias conchas o conchas sin perióstraco no se consideran muertas por el tratamiento, sino que la muerte ocurrió en un momento anterior a la aplicación del mismo.

Es recomendable hacer un seguimiento de las condiciones físico-químicas del agua retenida bajo las esteras, especialmente el oxígeno disuelto y la temperatura. Para ello, será necesario instalar tubos que permitan la toma de muestras con jeringa (Ilustración 30).



**Ilustración 30.** La toma de muestra se realiza con la ayuda de una jeringa que se inserta en un tubo fino por donde se extrae la muestra de fondo. Fuente: Lake George Asian Clam Eradication Project <http://www.stoptheasianclam.info/>.

El seguimiento del oxígeno disuelto en el agua retenida bajo las esteras y la temperatura de la misma permitirá conocer la evolución temporal de estas variables y saber en qué momento se consiguen las condiciones de hipoxia o anoxia, fundamental para inducir la muerte de la población de almejas.

Al finalizar el ensayo se estimará la tasa de mortalidad inducida por el tratamiento y se anotará el tiempo empleado en la realización del ensayo como estima del esfuerzo de tratamiento. El desarrollo del ensayo debe estar supervisado para que se cumplan todas las exigencias de seguridad y ambientales.

Para el tratamiento con mantas bentónicas se necesitará el siguiente material:

- Mantas orgánicas biodegradables de fibra de coco o similar (fibra de yute) (Recomendable). 12 unidades.
- Mantas bentónicas impermeables a los gases (EPDM rubber o PVC). 6 unidades.
- Varillas metálicas u otro material pesado para fijar las mantas al fondo. 40 unidades.
- Material para extracción de muestras de agua bajo las esteras: tubos instalados en cada estera para extraer la muestra de agua- 6 unidades (1 unidad por cada estera); jeringa para extracción de muestra de agua- 1 unidad.
- Termómetro- 1 unidad, y oxímetro- 1 unidad, portátiles.

#### *3.3.2.2.2. Ensayo con equipo de succión.*

Como en el caso de las mantas bentónicas, se acotará y delimitará un tramo con presencia conocida de almeja asiática para proceder a la extracción de las mismas con un equipo de succión (bombas de succión, mangueras, personal, etc.). La superficie de la zona acotada será de unos 50 m<sup>2</sup>. En cualquier caso la extensión final de la zona a tratar se determinará en campo y dependerá de las características morfológicas del cauce y de la extensión de la población de almejas a tratar. Previo a las labores de succión se realizará un estudio del tramo para determinar la profundidad que alcanzan las almejas en el sustrato. De este estudio se derivará la profundidad hasta la cual hay que realizar la succión del sedimento.



Para evitar una excesiva turbidez del agua durante las labores de succión de sedimentos, se colocará una cortina de doble capa alrededor de la zona sujeta a tratamiento, siempre que las condiciones del medio lo permitan (velocidad de corriente, profundidad del tramo, etc.). La doble capa se usa como sistema de seguridad, evitando que el material en suspensión se traslade a otras zonas, disminuyendo la expansión del sedimento en suspensión. Idealmente las cortinas deben permanecer en la zona de actuación hasta que, una vez finalizada la labor de succión, la transparencia del agua en el interior de las mismas sea igual a la del exterior. Esta doble cortina perimetral debe estar instalada antes de que empiecen a ejecutarse las labores de succión. Idealmente las cortinas deben permanecer en la zona de actuación hasta que, una vez finalizada la labor de succión, la transparencia del agua en el interior de las mismas sea igual a la del exterior. Esta doble cortina perimetral debe estar instalada antes de que empiecen a ejecutarse las labores de succión.

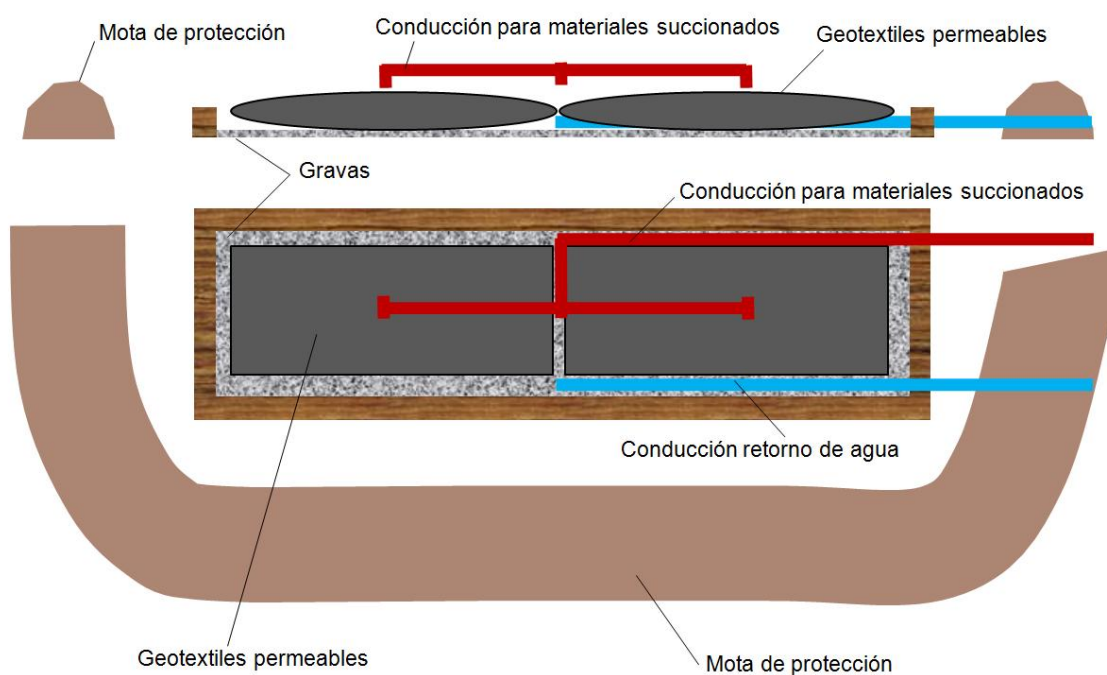
La labor de succión se realizará con el empleo de un sistema de bombeo y con tuberías de succión con las que se irán extrayendo los materiales del fondo del cauce (lodos, almejas, limos, etc.).

Se estimará el volumen de sedimentos que se extraerán en función de la superficie ocupada por la zona sujeta a tratamiento y la profundidad hasta la que se realizará la succión del sedimento. Una vez conocido el volumen de sedimentos a retirar, se construirá una cubeta anexa al cauce donde se depositarán los materiales de succión para posteriormente trasladarlos a un vertedero autorizado. La cubeta se construirá con revestimiento de plástico y se rellenará con gravas (Ilustración 31). El material succionado se evacuará sobre la cubeta y dentro de unas bolsas de geotextiles (*Geotextile dewatering tubes*) fabricadas con materiales permeables que retienen los materiales sólidos provenientes de la succión (almejas, arenas, limos, arcillas, etc.). El agua contenida en los sedimentos se retornará a la masa de agua a través de conducciones desde las cubetas. Junto a las cubetas de acumulación de sedimentos es recomendable construir una pequeña mota reforzada con balas de paja para que actúe a modo de muro de contención frente a un posible derrame de lodos. Una vez que se haya eliminado toda el agua contenida en los sedimentos, los sedimentos



secos, junto con las almejas, se transportarán a un vertedero autorizado. Al finalizar las labores de succión se procederá a la restauración ambiental de las cubetas.

Una vez finalizadas las labores de succión se estimará la biomasa y número de individuos de almejas que se ha succionado por cada  $\text{m}^3$  de lodos extraídos y por cada  $\text{m}^2$  de superficie tratada. Además, se anotará el tiempo empleado en la realización del ensayo como estima del esfuerzo de tratamiento. El desarrollo del ensayo debe estar supervisado para que se cumplan todas las exigencias de seguridad y ambientales.



**Ilustración 31. Perfil y planta de la cubeta de depósito de materiales de succión. Fuente: Elaboración propia.**

### 3.3.2.2.3. Ensayo con rastrillos de marisqueo profesional.

Se acotará y delimitará una zona con presencia de almeja asiática donde se realizará la recolección y retirada de almejas asiáticas mediante el empleo de rastrillos de marisqueo profesional. La



superficie de la zona acotada será de unos 50 m<sup>2</sup>. En cualquier caso la extensión final de la zona a tratar se determinará en campo y dependerá de las características morfológicas del cauce y de la extensión de la población de almejas a tratar.

La labor de rastrilleo se llevará a cabo en contra del sentido de la corriente circulante, cubriendo la totalidad de la zona acotada. Es necesario señalar que este ensayo deberá llevarse a cabo en un tramo vadeable.

Al finalizar las labores de rastrilleo se estimará la biomasa y número de individuos de almejas que se han extraído por cada m<sup>2</sup> de superficie tratada. Además, se anotará el tiempo empleado en la realización del ensayo como estima del esfuerzo de tratamiento. El desarrollo del ensayo debe estar supervisado para que se cumplan todas las exigencias de seguridad y ambientales.

#### 3.3.2.3. Condiciones necesarias para la realización de los ensayos en el medio natural.

Los tramos fluviales seleccionados para la realización de los ensayos propuestos deben cumplir unas condiciones ambientales para poder llevar a cabo los ensayos propuestos.

A continuación, se exponen los condicionantes ambientales asociados a cada tipo de ensayo propuesto.

##### 3.3.2.3.1. Condiciones para el ensayo con mantas o esteras bentónicas.

El tramo fluvial seleccionado para realizar el ensayo de eliminación de almejas asiáticas con esteras o mantas bentónicas debe presentar una serie de condicionantes respecto a los siguientes factores:

- **Época del año:** La época del año para la realización del ensayo debe ser el verano. En esta época los caudales son bajos y las probabilidades de eventos de crecidas son también bajas. En estas circunstancias se evita que las esteras sufran daños por crecidas repentinas y



la instalación de las mismas se realiza con mayor facilidad. Además, las altas temperaturas del agua en verano favorecen que se produzcan condiciones de anoxia bajo las esteras que determinarán una mayor tasa de mortalidad de la población de almejas.

- **Tipo de flujo y velocidad de la corriente.** El tramo seleccionado para la realización del ensayo debe presentar un flujo tipo laminar y una velocidad de corriente baja, no superior a unos 0,20-0,25 m/s. Un flujo turbulento y una velocidad elevada dificultan la instalación de las mantas, además, se pueden generar daños en las mismas debido a la abrasión provocada por las partículas arrastradas por el agua.
- **Tipo de sustrato.** El sustrato es un factor importante a tener en cuenta a la hora de seleccionar el tramo donde llevar a cabo el ensayo con mantas bentónicas. Es conveniente que el sustrato sea de granulometría fina, preferiblemente gravas finas, arenas, limos y/o arcillas. Con este tipo de sustratos se consigue una alta efectividad de las mantas, ya que se generan intensas condiciones de anoxia bajo las esteras que inducirán una elevada tasa de mortalidad en la población de almejas.
- **Profundidad del tramo.** Se debe seleccionar un tramo poco profundo donde realizar el ensayo. Se propone que el tramo en cuestión presente una profundidad media no superior a 75 cm.

#### 3.3.2.3.2. Condiciones para el ensayo con equipo de succión.

La aplicación de esta metodología no requiere unas condiciones tan restrictivas como en el caso de las esteras bentónicas. Por ello, las condiciones que se presentan a continuación deben entenderse como una recomendación más que como unos condicionantes de obligado cumplimiento. En general, estas recomendaciones son similares a los condicionantes necesarios para el caso del ensayo con esteras betónicas:



- **Época del año.** La época del año más adecuada para la realización del ensayo con el equipo de succión asistida es la primavera avanzada/verano. Como en el caso anterior, es conveniente evitar momentos en los que las crecidas son más probables (otoño, invierno y la primavera temprana). Con caudales estabilizados y no elevados se facilitan las labores de succión.
- **Tipo de flujo y velocidad de la corriente.** Para facilitar las labores de succión es preferible seleccionar un tramo con flujo laminar y una velocidad de corriente baja, no superior a unos 0,30 m/s. Un flujo turbulento y una velocidad elevada dificultan las labores de succión.
- **Tipo de sustrato.** Un tramo con sustrato fino es referible a uno con sustrato más grueso. Los fondos con sustratos finos (arenas, limos y/o arcillas) son más fáciles de tratar con el método de succión.
- **Profundidad del tramo.** Las labores de succión deben llevarse a cabo preferentemente en un tramo de escasa profundidad. Al igual que en el caso de las esteras bentónicas, se propone que el tramo en cuestión presente una profundidad media no superior a 75 cm.

Además de lo expuesto anteriormente, las características del tramo seleccionado para ser tratado mediante el empleo de la succión deben permitir la construcción de la cubeta de depósito de materiales de succión (almejas, arenas, limos, arcillas, etc.) en una zona próxima al lugar de tratamiento.

#### 3.3.2.3.3. Condiciones para el ensayo con rastrillo de marisqueo profesional.

El tramo seleccionado para realizar el ensayo con rastrillo de marisqueo profesional debe cumplir una serie de condiciones respecto a los siguientes factores:



- **Época del año.** Como en los casos anteriores, la época del año más adecuada para la realización de este ensayo es la primavera avanzada/verano. Evitando las épocas en que son más probables las crecidas en el río (otoño, invierno y la primavera temprana) se conseguirán buenas condiciones para realizar las labores de rastrilleo.
- **Tipo de flujo y velocidad de la corriente.** El tramo donde realizar este ensayo debe presentar un flujo laminar y una velocidad de corriente baja, no superior a unos 0,25 m/s.
- **Tipo de sustrato.** Será necesario que el tramo seleccionado presente un fondo con sustrato fino, dado que el rastrillo de marisqueo está diseñado para operar en fondos arenosos.
- **Profundidad del tramo.** Las labores de rastrilleo deben llevarse a cabo preferentemente en un tramo de escasa profundidad. Se propone que el tramo en cuestión presente una profundidad media no superior a 100 cm.

### **3.3.3. Propuesta de ensayo en sistemas artificiales confinados (infraestructuras de riego y/o captaciones de agua).**

#### 3.3.3.1. Técnicas propuestas.

En sistemas artificiales confinados (captaciones de agua y/o infraestructuras de riego contaminadas por almeja asiática) se propone realizar **ensayos con biobalas (biobullets)**. Alternativamente al ensayo anterior podrán realizarse ensayos con molusquicidas de compuestos de cobre (o derivados) o de compuestos de amonio (o derivados).



3.3.3.2. Procedimiento a seguir para los ensayos en sistemas artificiales confinados (infraestructuras de riego y/o captaciones de agua).

*3.3.3.2.1. Ensayo con biobalas (biobullets).*

En estudios previos se ha puesto de manifiesto que este tipo de técnica de control puede conseguir tasas de mortalidad de almejas muy elevadas (próximas al 100% de la población) en sistemas confinados. El mecanismo de acción de las biobalas consiste en la encapsulación de un ingrediente activo tóxico en partículas microscópicas de material comestible. Como ingredientes activos se pueden emplear distintas alternativas, por ejemplo cloruro de potasio, ácido acético, ácido cítrico e hidróxido de calcio.

En campo se determinará el método de administración, la dosis y el tiempo de aplicación de las biobalas que dependerá, entre otros factores, del tipo y las características del sistema donde se aplique y de la densidad de almejas que albergue en su interior. Una posibilidad puede ser la administración de las biobalas utilizando una bomba centrífuga con sistema venturi, controlando la dosis de producto administrado mediante un alimentador vibratorio (Coote Vibratory, UK).

Durante la realización del ensayo y al finalizar el mismo se realizará un monitoreo con el fin de obtener las tasas de mortalidad inducida que se consiguen. En filtros convenientemente instalados en las conducciones de agua del sistema tratado se contabilizarán los ejemplares vivos, agonizantes y conchas recientemente vacías. Los bivalvos vivos son aquellos que cierran o mantienen cerradas sus valvas en respuesta a un ligero golpe en la concha. Los individuos agonizantes no cierran sus valvas en respuesta al golpe y representan los mejillones que han muerto recientemente. Las conchas recientemente vacías son aquellas en las que el contenido tisular del mejillón se ha perdido, pero en las que todavía se aprecia un perióstraco brillante y un nácar iridiscente. Como en los ensayos anteriores, se anotará el tiempo empleado en la realización del mismo como estima del esfuerzo de tratamiento. El desarrollo del ensayo debe estar supervisado para que se cumplan todas las exigencias de seguridad y ambientales.



El material que se precisa para el tratamiento con biobalas en sistemas artificiales confinados es el siguiente:

- Biobalas en polvo
- Sistema de dosificación del producto
- Filtros para el conteo de ejemplares

#### 3.3.3.3. Condiciones necesarias para los ensayos en sistemas artificiales confinados

No se precisan condiciones especiales para la realización del ensayo con biobalas en sistemas artificiales confinados (infraestructuras de riego y/o captaciones de agua). Tan sólo debe asegurarse que la infraestructura seleccionada debe albergar una población de almejas asiáticas en su interior. Por otra parte, el ensayo con biobalas deberá llevarse a cabo fuera del período en que la infraestructura seleccionada esté en funcionamiento, por ejemplo, al concluir la temporada de riego.

#### *3.3.4. Propuesta de ensayo en balsas artificiales con presencia de almeja asiática.*

##### 3.3.4.1. Técnicas propuestas.

Los ensayos experimentales de control que se proponen en este tipo de medios son:

1. **Ensayo con mantas o esteras bentónicas.** Se propone cubrir el fondo de la balsa con mantas bentónicas impermeables a los gases.
2. **Ensayo con biobalas (biobullets).** Se propone aplicar un tratamiento con biobalas en otra balsa de características similares a la anterior.

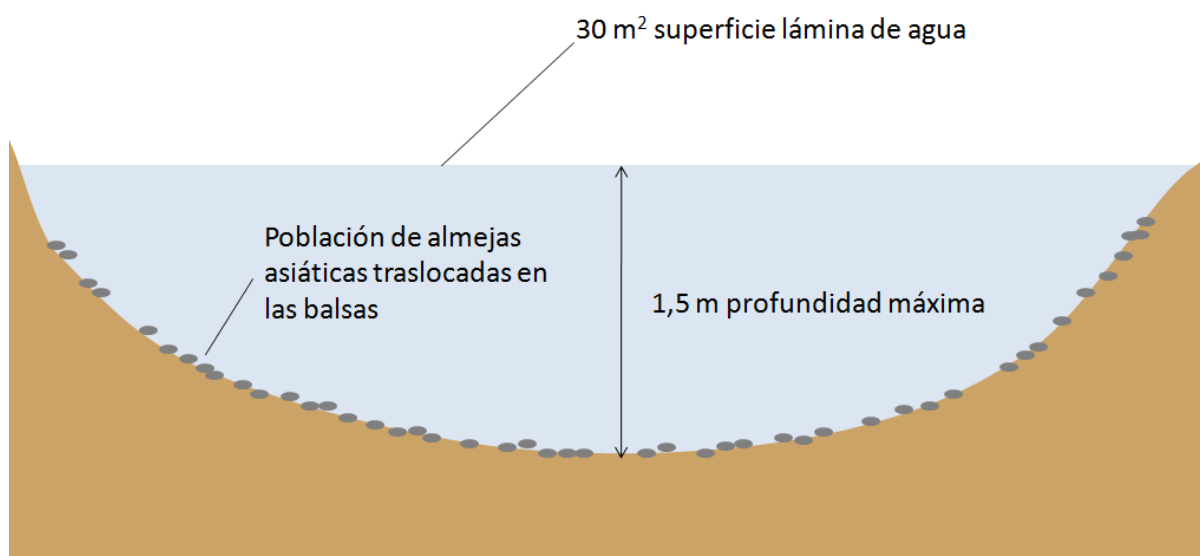


3.3.4.2. Procedimiento a seguir para los ensayos en balsas artificiales con presencia de almeja asiática.

*3.3.4.2.1. Construcción de balsas y traslocación de una población de almejas asiáticas.*

En el caso de que no existan balsas artificiales (por ejemplo, balsas de riego) en las que poder realizar los ensayos, se propone la construcción de dos balsas de unos 30 m<sup>2</sup> de superficie de lámina de agua y de 1,5 m de profundidad máxima (Ilustración 32). En estas balsas se traslocarán ejemplares de almeja asiática en un número similar para ambos cuerpos de agua que se diseminarán uniformemente por el fondo de las cubetas. Una vez traslocadas las almejas deberá transcurrir un período de tiempo de unas 2 semanas antes de comenzar con los ensayos para que la población se estabilice.

El desarrollo de estos trabajos debe estar supervisado para que se cumplan todas las exigencias de seguridad y ambientales. Al finalizar los ensayos deberán aplicarse técnicas de bioingeniería para la mejora e integración ambiental de estas balsas.



**Ilustración 32. Esquema de balsa artificial con almejas asiáticas traslocadas. Fuente: Elaboración propia.**

#### 3.3.4.2.2. Ensayo con mantas o esteras bentónicas.

En una de las balsas construidas se cubrirá todo el fondo con mantas bentónicas impermeables a los gases. En principio no será necesario utilizar esteras biodegradables, o bien estas se emplearán sólo en el caso de que el fondo de la cubeta sea muy irregular. Si fuera necesario, las esteras se instalarán con la ayuda de buceadores profesionales en las zonas más profundas de la balsa y se fijarán al fondo con varillas metálicas.

Las esteras permanecerán instaladas 30-35 días. Una vez transcurrido el período de tratamiento, se retirarán las esteras y se deberá realizar un muestreo para comprobar la mortalidad inducida que se ha conseguido en la población de almejas. Este muestreo se llevará a cabo tal y como se ha explicado anteriormente y con la ayuda de los buceadores profesionales en el caso de que fuera necesario.

Este proceso deberá repetirse hasta que se consiga la tasa de mortalidad fijada por la dirección técnica del proyecto. Al finalizar el ensayo se estimará la tasa de mortalidad inducida por el tratamiento y se anotará el tiempo empleado en la realización del ensayo como estima del esfuerzo de tratamiento. El desarrollo del ensayo debe estar supervisado para que se cumplan todas las exigencias de seguridad y ambientales.

Para el tratamiento con mantas bentónicas se necesitará el siguiente material:

- Mantas bentónicas impermeables a los gases (EPDM rubber o PVC).
- Mantas orgánicas biodegradables de fibra de coco o similar (fibra de yute) (sólo si el fondo es muy irregular).
- Varillas metálicas u otro material pesado para fijar las mantas al fondo.



#### 3.3.4.2.3. *Ensayo con biobalas (biobullets).*

En otra de las balsas se aplicará un tratamiento con biobalas para analizar su efectividad en este tipo de cuerpos de agua.

En campo se determinará el método de administración, la dosis y el tiempo de aplicación de las biobalas. Al finalizar el ensayo se realizará un muestreo con el fin de obtener las tasas de mortalidad inducida que se consiguen. Este muestreo se llevará a cabo con la ayuda de buceadores profesionales que realizarán los conteos de almejas muertas por el tratamiento.

El material que se precisa para el tratamiento con biobalas en balsas artificiales es el siguiente:

- Biobalas en polvo
- Sistema de dosificación del producto

3.3.4.3. Condiciones necesarias para los ensayos en balsas artificiales con presencia de almeja asiática.

##### 3.3.4.3.1. *Condiciones para el ensayo con mantas o esteras bentónicas.*

El ensayo con esteras bentónicas en las balsas artificiales no precisa de ningún condicionante especial, ya que las características morfológicas necesarias que deben cumplir dichas balsas para llevar a cabo los ensayos en condiciones óptimas están determinadas en la propuesta de diseño de las mismas. Tan sólo debe apuntarse que es preferible realizar estos tratamientos en primavera/verano, momento en el que, como se ha comentado con anterioridad, la temperatura del agua es más elevada y, por tanto, se facilita la generación de episodios de anoxia bajo las esteras que determinarán una elevada tasa de mortalidad de la población de almejas.



#### *3.3.4.3.2. Condiciones para el ensayo con biobalas (biobullets).*

Como en el caso anterior, no se precisan condiciones especiales para la realización del ensayo con biobalas. No obstante, es aconsejable realizar dichos ensayos en los meses de primavera/verano ya que, debido al aumento de la temperatura del agua, se incrementa el metabolismo de las almejas y la tasa de filtración. Esto conlleva que la ingestión del producto activo sea mayor y, por tanto, se consigan mayores tasas de mortalidad en la población.

### 3.4. SELECCIÓN DE PUNTOS IDÓNEOS PARA LA REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS.

Atendiendo a la determinación de los puntos idóneos para la realización de los ensayos, se ha considerado de interés la realización de un estudio encaminado a la caracterización ecológica del río Lacara, al objeto de identificar la posible existencia de "zonas sensibles" que pudieran limitar la ejecución de los ensayos propuestos en el medio natural, es decir, el río Lácara y los embalses asociados. La información arrojada en este estudio ha sido tomada en consideración a la hora de determinar las condiciones que deben cumplir las zonas donde aplicar los ensayos, al objeto de minimizar el posible impacto ambiental sobre los lugares de mayor sensibilidad ambiental.

Del estudio realizado se deduce la inexistencia de zonas en el área de estudio que pudieran presentar limitaciones ambientales para la realización de los ensayos; así mismo, cabe destacar que las técnicas propuestas en ambientes naturales han sido las menos agresivas desde el punto de vista ecológico, planteándose el empleo de aquellas técnicas de mayor impacto (métodos químicos) en ambientes artificiales y/o confinados.

No obstante, en la exposición de cada una de las técnicas propuestas, se incluye una descripción de las condiciones ambientales que deben darse para la óptima realización de los ensayos, dejando



abierta la posibilidad, a la hora de ejecutar los mismos, de seleccionar aquellos puntos más adecuados para la aplicación de las técnicas que definitivamente se vayan a ensayar, atendiendo a su viabilidad técnica, económica y ambiental en el contexto específico de actuación.





## BLOQUE 4

Anejo documental: caracterización ecológica del río Lácara.



“Determinación experimental de técnicas para el control y eliminación de las poblaciones de almeja asiática en la Cuenca del Guadiana”.







## 4. ANEJO DOCUMENTAL: CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA DEL RÍO LÁCARA.

### 4.1. CARACTERIZACIÓN JERÁRQUICA DEL RÍO ESTUDIADO

La caracterización geomorfológica del cauce del río Lácara, se ha llevado a cabo mediante un esquema jerárquico de los distintos factores que influyen en la configuración de los hábitats fluviales, siguiendo la metodología propuesta por Marta González del Tánago y Diego García de Jalón.

#### 4.1.1. Ecoregión.

El nivel de "ecoregión" define zonas geográficas que representan grupos o asociaciones geográficas conteniendo ecosistemas funcionales similares, tal y como define Bailey (1983).

Las ecoregiones así definidas representan una primera clasificación de un amplio territorio, a escala nacional, donde debido a diferencias de clima, relieve y pasado geológico, se pueden diferenciar distintas formaciones vegetales y paisaje, en los cuales a su vez se pueden agrupar tipos de ecosistemas diferentes.

Para la caracterización de la ecoregión se ha seguido el trabajo más reciente de Rivas Martínez et al. (2002).

La zona objeto de estudio forma parte de la Región Mediterránea, dentro de dicha Región pertenece a la Subregión Mediterránea Occidental, a su vez se encuentra enclavada dentro de la Provincia Mediterránea Ibérica Occidental y por último, pertenece a la Subprovincia biogeográfica Luso-Extremadurensis.

Toda la zona objeto del presente Estudio se sitúa en el Piso Mesomediterráneo, donde la temperatura media anual oscila entre 13 y 17 °C; la temperatura media de las mínimas del mes



más frío varía entre -1 y -4 °C; y la temperatura media de las máximas de mes más frío se sitúa entre los 9 y 14 °C.

Con relación a la vegetación potencial de la zona estudiada, la Subprovincia Luso-Extremadurensis ocupa un territorio donde se reconocen la serie mesomediterránea luso-extremadurensis y bética subhúmedo-húmeda del alcornoque y la serie mesomediterránea luso-extremadurensis silicícola de la encina.

#### **4.1.2 Cuenca vertiente**

La caracterización de la cuenca vertiente se ha realizado sobre la base de su geología y a su tamaño. La geología es un factor determinante de las condiciones de infiltración y retención de agua en la cuenca, mientras que el tamaño de la cuenca está relacionado con numerosos aspectos de su comportamiento hidrológico y con la magnitud de los caudales.

##### 4.1.2.1 Geología.

El río Lácara tiene su origen en la Sierra de San Pedro, de carácter hespérico. Atraviesa una banda de rañas pliocenas situadas meridionalmente a los relieves, y cruza la llanura de depósitos neógenos, situados al norte del río Guadiana, desembocando entre las gleras de los aluviones modernos.

##### 4.1.2.2 Tamaño de la cuenca.

La clasificación según la Directiva Marco de Agua (DMA) en función de la superficie de la cuenca será:

- Muy grande (>10.000 km<sup>2</sup>)



- Grande (10.000-1.000 km<sup>2</sup>)
- Mediana (1.000-100 km<sup>2</sup>)
- Pequeña (<100 km<sup>2</sup>)

La cuenca del río Lácara ocupa una superficie de 427 km<sup>2</sup>, por tanto correspondería a una cuenca mediana. Además, la geología de la cuenca es arcillosa.

#### ***4.1.3 Segmento fluvial.***

##### 4.1.3.1 Régimen de caudales.

El régimen del caudal se divide en:

- Permanente
  - Precipitaciones
  - Aguas Subterráneas
- No Permanente
  - Temporal
  - Efímero

Se trata de un cauce que presenta un régimen de caudales temporal, además está regulado por dos embalses: Horno Tejero y Los Canchales.

**Horno Tejero** se encuentra situado en la cabecera del río Lácara, justo aguas arriba de la localidad de Cordobilla de Lácara. La cerrada se ubica aprovechando la topografía de los primeros relieves paleozoicos de la Sierra de San Pedro, entre las provincias de Badajoz y Cáceres. Se trata de una presa de materiales sueltos, de escollera con núcleo ancho e impermeable de arcillas de





hasta 27 metros de altura y 287 metros de longitud en coronación, proyectada con una gran capacidad de almacenamiento ( $24,4 \text{ hm}^3$  para una aportación media de  $8 \text{ hm}^3$ ) y de laminación de las avenidas procedentes de esa cabecera, del orden de  $75 \text{ km}^2$  de una parte de la citada Sierra de San Pedro, que delimita la cuenca del Guadiana de la del Tajo. Además de laminar avenidas que afectaban a la propia localidad de Cordobilla y a Torremayor, el agua del embalse se destina al abastecimiento y, eventualmente, para apoyos puntuales al regadío.

El embalse de **Los Canchales** está situado también sobre el río Lácara y a caballo entre los términos municipales de Mérida y Montijo. Está situada en un contexto geológico complejo, sobre la única alineación con cierto resalte topográfico de la zona que generan unas calizas marmóreas, tectonizadas, brechificadas, afectadas por metamorfismo de contacto y, para que nada les falte karstificadas. A ello se añaden pequeños asomos graníticos de un macizo intrusivo que se extiende al norte del emplazamiento, el relleno del valle fluvial del río a base de acarreos muy permeables y, finalmente, una capa de relleno limoarcillosos sobre una zona de cuevas generadas en el tramo de oscilación de los niveles freáticos (unos cuatro metros de espesor). Esta presa era imprescindible para el abastecimiento de Montijo y otras localidades de las Vegas Bajas, para laminar las avenidas del río Lácara y para evitar daños en Torremayor. Es una presa de gravedad, de 239 metros de longitud en coronación y 31 metros de altura sobre cimientos, a base de hormigón vibrado en los bloques del aliviadero y de la pequeña margen derecha, y hormigón compactado en la amplia margen izquierda. Inicialmente tenía una capacidad de embalse ( $14,55 \text{ hm}^3$ ) pequeña para las aportaciones del río ( $36 \text{ hm}^3$ ). Se diseñó y se construyó para aumentarla hasta  $40 \text{ hm}^3$ . Además de laminar las avenidas del río Lácara y, por supuesto, el uso principal para abastecimiento de agua a Montijo y comarca, no debemos olvidar que, desde que comenzó a recibir agua, se ha convertido en una zona de enorme interés para la avifauna.

Por último, destacar que la posibilidad de obtención de aguas subterráneas, parece a priori, ciertamente escasa debido a los grandes afloramientos de materiales paleozoicos (pizarras, cuarcitas, arcillas, etc.) prácticamente impermeables. Por otra parte, en donde no existen estos



sedimentos paleozoicos, se encuentran grandes macizos graníticos, que de cara a la captación de aguas subterráneas pueden considerarse como impermeables.

#### 4.1.3.2 Morfología fluvial

##### 4.1.3.2.1 Tipo de Valle.

Según el Índice RQI (metodología para valorar la estructura dinámica de las riberas fluviales con base hidrológica y geomorfológica), se considera un Valle Tipo 2: Valle relativamente abierto, con inclinación de las laderas vertientes inferior a 45°; surcadas por una red de afluentes, a menudo con elevada densidad de drenaje, pero sin configurar una llanura de inundación en el cauce principal. Sinuosidad del río ligada al relieve o a procesos fluviales. En este caso concreto, se trata del tipo 2.b: Valle bastante abierto, con inclinación de las laderas vertientes inferior a 15°, a menudo con cultivos agrícolas.

Los materiales del lecho del río son de origen mixto (coluvial y aluvial) en función de la estabilidad de las orillas, con evidencia de redistribución fluvial y formación de rápidos y remansos.

##### 4.1.3.2.2 Morfología del Cauce del río.

Según la clasificación de Rosgen (1996), la morfología fluvial puede ser:

- Tipo B: Cauces de tramos altos y medios de montaña de mediana altitud.
- Tipo C: Cauces de piedemonte.
- Tipo D: Cauces ramificados.
- Tipo E: Cauces de llanura, meandriformes.
- Tipo G: Cauces encajonados, con proceso de incisión.



Se trata de un río Tipo C, los cuales se caracterizan por discurrir en valles tipo 2. El trazado del cauce suele ser más o menos sinuoso, en función de la sinuosidad del valle, sin que el propio río describa meandros fluviales. En el caso concreto del río Lácara, se han observado dos subtipos:

- Cr: se observan con frecuencia afloramientos rocosos en el lecho confiriéndole mayor estabilidad al perfil longitudinal.
- Cc: se trata de tramos canalizados generalmente mediante dragados cuando la granulometría del sustrato lo permite y exista cota suficiente.

| TIPO DE RÍO | COEFICIENTE DE ENCAJONAMIENTO | RATIO ANCHURA/PROFUNDIDAD | SINUSIDAD | PENDIENTE | DESCRIPCIÓN                                                                                             |
|-------------|-------------------------------|---------------------------|-----------|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| C           | >2,2                          | >12                       | >1,4      | <0,02     | Cauces de poca pendiente, meandriformes, con rápidos y remansos y llanuras de inundación bien definidas |

Tabla 12. Tipo de cauce según la clasificación de Rosgen (1996)

#### 4.1.4 Vegetación

##### 4.1.4.1 Vegetación actual

La zona de estudio se encuentra dentro de la región florística mediterránea, cuyo rasgo climático diferencial es la presencia de un periodo neto de sequía.

La vegetación presente está estrechamente ligada a la cuenca del río Lácara, es decir, se trata de formaciones riparias asentadas sobre sustratos areno-silíceos o arcilloso-básicos.

En la zona de cabecera, el río Lácara discurre entre dehesas de alcornoques, estando su vegetación formada principalmente saucedas de *Salix salviifolia*, acompañada de otras especies del género *Salix*, entre los que destacan *Salix atrocinerea*, *Salix sellicana* y *Salix purpurea*.





Aunque también es común que la vegetación climácica ejerza de vegetación de ribera y se encuentre acompañada de especies con mayor carácter higrófilo (juncos, zarzas, brezos, etc....).



Ilustración 33. Sauceda de *Salix salviifolia* en el río Lácara.

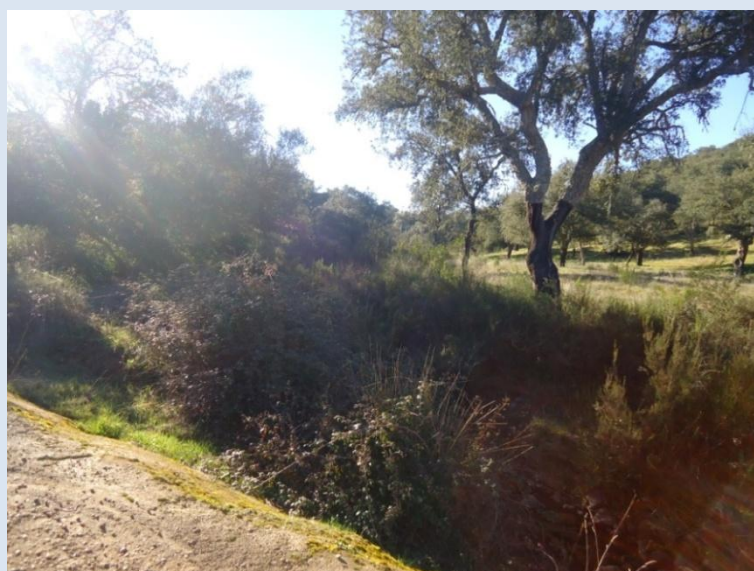


Ilustración 34. Vegetación climácica del río Lácara.



A medida que el río Lácara discurre en dirección sur los alcornocales son sustituidos por encinares y su vegetación riparia está constituida por fresnedas termófilas, compuestas por: fresno (*Fraxinus angustifolia*), olmo (*Ulmus minor*), sauces (*Salix salviifolia*, *Salix atrocinerea*), álamo (*Populus alba*), rosal silvestre (*Rosa canina*), zarzamora (*Rubus ulmifolius*), majuelo (*Crataegus monogyna*), adelfa (*Nerium oleander*) y tamujo (*Flueggea tinctoria*).



**Ilustración 35. Río Lácara aguas debajo de la presa de Los Canchales**

En la cola del embalse de Los Canchales, destaca la presencia de tamujares en mezcla con adelfas.

Sin embargo, cuando el río Lácara discurre a través de las vegas bajas del Guadiana, una de las zonas agrícolas más importantes de la provincia de Badajoz, se encuentra sometido a numerosas presiones antrópicas (ocupación del Dominio Público Hidráulico, presencia de especies alóctonas, quemadas continuadas, procesos eutróficos debido a la presencia de fertilizantes, etc....), lo que determina la vegetación que existente: eucaliptos, cañas, enneas, zarzas y numerosas especies alóctonas invasoras (*Acer negundo*, *Gleditsia triacanthos* y *Robinia pseudoacacia*, entre otras).



**Ilustración 36. Río Lácara a su paso por las vegas bajas del Guadiana**

#### 4.1.4.2 Vegetación potencial.

Según el "Mapa de Series de Vegetación de España (Madrid, 1987) de Rivas Martínez, en el entorno del río Lácara, el tipo de vegetación predominante es la compuesta por las siguientes series: Serie mesomediterránea luso-extremadurenses y bética subhúmedo-húmeda del alcornoque y la Serie mesomediterránea luso-extremadurenses silicícola de la encina.

**Serie mesomediterránea luso-extremadurenses y bética subhúmedo-húmeda del alcornoque,** ocupa amplias áreas en Extremadura, Sierra Morena andaluza y Portugal. En tales territorios se imbrica con frecuencia, con la serie mesomediterránea de la carrasca 24c: *Pyro-Querceto rotundifoliae sigmetum*. En el areal de la serie de los alcornocales son comunes los madroñales (*Phillyreo-Arbutetum*) que faltan generalmente en las etapas marginales o sustituyentes de los carrascales (24c), salvo en biotopos compensados edáficamente en agua por escorrentías o acuíferos cercanos. También resulta diagnóstico en estos deslindes entre alcornocales y encinares la existencia o ausencia de brezales (*Ericion umbellatae*) y la composición florística de los jarales o jaral-brezales (*Ulici-Cistion*) en los que ciertas especies como *Cistus populifolius*, *Lavandula luisieri*





y *Lavandula viridis* muestran su óptimo en las etapas primocolonizadoras o muy degradadas de la serie de los alcornoques.

### ETAPAS DE REGRESIÓN DE LA SERIE LUSO-EXTREMADURENSE DEL ALCORNOQUES

|                         |                                                                                                                 |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nombre de la serie      | Luso-extremadurenses del alcornoques                                                                            |
| Árbol dominante         | <b><i>Quercus suber</i></b>                                                                                     |
| Nombre fitosociológico  | <i>Sanguisorbo agrimonoidis-Querceto suberis sigmetum</i>                                                       |
| I. Bosque               | <i>Quercus suber</i><br><i>Sanguisorba agrimonoides</i><br><i>Paeonia broteroi</i><br><i>Luzula forsteri</i>    |
| II. Matorral denso      | <i>Arbustus unedo</i><br><i>Erica arborea</i><br><i>Phillyrea angustifolia</i><br><i>Adenocarpus telonensis</i> |
| III. Matorral degradado | <i>Erica umbellata</i><br><i>Halimium ocymoides</i><br><i>Calluna vulgaris</i><br><i>Lavandula luisieri</i>     |
| IV. Pastizales          | <i>Agrostis castellana</i><br><i>Festuca ampla</i><br><i>Airopsis tenella</i>                                   |

**Serie mesomediterránea luso-extremadurenses silicícola de la encina**, se corresponde en su etapa madura a un bosque esclerófilo en el que con frecuencia existe el piruétano o peral silvestre (*Pyrus bourgaeana*), así como en ciertas navas y umbrías, alcornoques (*Quercus suber*) o quejigos (*Quercus faginea*, subsp. *broteri*). El uso más generalizado de estos territorios, donde predominan los suelos silíceos pobres, es el ganadero; por ello los bosques primitivos han sido tradicionalmente adehesados a base de eliminar un buen número de árboles y prácticamente todos los arbustos del sotobosque. Paralelamente, un incremento y manejo adecuado del ganado, sobre todo del lanar, ha ido favoreciendo el desarrollo de ciertas especies vivaces y anuales (*Poa bulbosa*, *Trifolium glomeratum*, *Trifolium subterraneum*, *Bellis annua*, *Bellis perennis*, *Erodium botrys*, etc), que con el tiempo conforman en los suelos sin hidromorfía temporal



asegurada un tipo de pastizales con aspecto de céspedes tupidos de gran valor ganadero, que se denominan majadales (*Poetalia bulbosae*). En las etapas preforestales, marginales y sustitutivas de la encina son comunes las coscoja (*Quercus coccifera*) y otros arbustos perennifolios que forman las maquias o altifruticedas propias de la serie (*Hyacinthoido hispanicae-Quercetum cocciferae*), en las cuales el madroño (*Arbustus unedo*) es un elemento escaso.

#### ETAPAS DE REGRESIÓN DE LA SERIE LUSO-EXTREMADURENSE SILICÍCOLA DE LA ENCINA

|                           |                                                                                                                       |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Nombre de la serie</b> | Luso-extremadurensis silicícola de la encina                                                                          |
| Árbol dominante           | <b><i>Quercus rotundifolia</i></b>                                                                                    |
| Nombre fitosociológico    | <i>Pyro bourgaeanae-Querceto rotundifoliae sigmetum</i>                                                               |
| I. Bosque                 | <i>Quercus rotundifolia</i><br><i>Pyrus bourgaeana</i><br><i>Paeonia broteroi</i><br><i>Doronicum plantagineum</i>    |
| II. Matorral denso        | <i>Phillyrea angustifolia</i><br><i>Quercus coccifera</i><br><i>Cytisus multiflorus</i><br><i>Retama sphaerocarpa</i> |
| III. Matorral degradado   | <i>Cistus ladanifer</i><br><i>Genista hirsuta</i><br><i>Lavandula sampaiana</i><br><i>Halimium viscosum</i>           |
| IV. Pastizales            | <i>Agrostis castellana</i><br><i>Psilurus incurvus</i><br><i>Poa bulbosa</i>                                          |

Con respecto al río Lácara, de no haberse producido la actividad humana, debería llevar en sus márgenes, bosques de hoja caduca y foliación estival conocidas como aestisilvas atlánticas o bosques de ribera. Son los denominados bosques de verano, que en las regiones europeas de clima atlántico (Gran Bretaña, Francia, Alemania....) son la vegetación potencial no sólo de los márgenes de los ríos, sino de cualquier tipo de suelo seco.

Dentro del dominio general del bosque esclerófilo mediterráneo, las aestisilvas pueden aparecer de manera natural en las montañas y en las orillas de los ríos. En el primer caso, la altitud trae consigo una variación del clima que determina una menor sequía estival (mediterraneidad); en el segundo, la humedad edáfica compensa la falta de humedad climática que se produce durante el estío.

El grado de proximidad a las aguas, y la capacidad de retención hídrica de los suelos, están directamente relacionados con los distintos tipos de vegetación potencial del río Lácara, el cual queda englobado, siguiendo siempre la clasificación de Rivas Martínez (1987), en la serie denominada *Geomegaserias Riparias Mediterráneas y de Regadíos*.

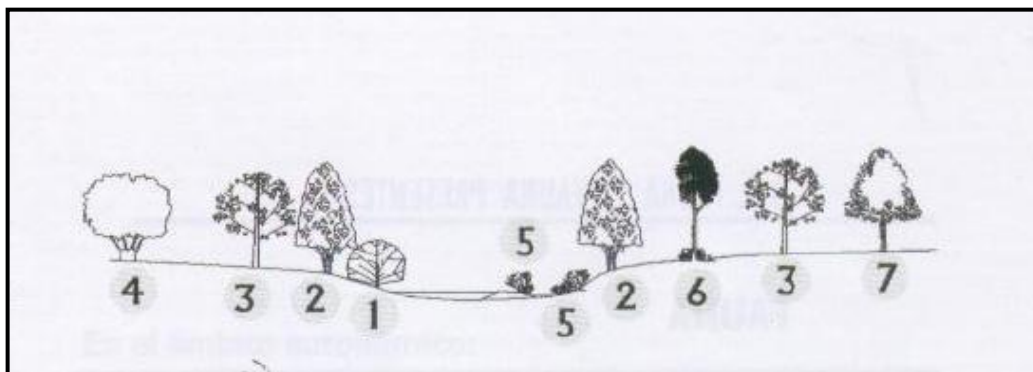
La vegetación que cabe esperar en la orilla de este río va a estar influenciada por la profundidad del suelo en que se desarrolle y, por lo tanto, por el historial de presencia vegetal en las orillas. Dicho de otro modo, las orillas que a lo largo del tiempo hayan permanecido protegidas de la erosión propia del río, presentarán ahora condiciones más propicias para el desarrollo de las comunidades arbóreas. Además, las comunidades ya asentadas han tenido la oportunidad evolucionar hacia una situación más próxima al clímax ecológico.

En los márgenes de las riberas a las que se refiere el presente estudio, la vegetación potencial está formada por bosques riparios; es decir, bosques caducifolios desarrollados junto a los cursos de agua con una notable hidromorfía.

Los factores condicionantes para el desarrollo de los bosques de ribera se pueden resumir en la temporalidad del curso de agua, en particular por su mayor o menor salinidad. En estos bosques riparios, las especies arbóreas más importantes son el fresno (*Fraxinus angustifolia*) y diversas mimbreras (*Salix salviifolia*).



En zonas alejadas de la cabecera, además de fresnos y mimbreras, dichas formaciones se van enriqueciendo con especies cada vez más termófilas como las majuelos (*Crataegus monogyna*), adelfas (*Nerium oleander*) y tamujos (*Flueggea tinctoria*).



**Ilustración 37. Zonificación transversal de una ribera potencial**

1. Sauces
2. Alisos
3. Fresnos
4. Vegetación climatófila
5. Tamujos
6. Chopos
7. Olmos

A veces se pueden encontrar zonas intensamente perturbadas, generalmente por tratarse de enclaves con plantaciones de eucaliptos (*Eucalyptus camaldulensis*). En estas formaciones adquieren gran relevancia los zarzales (*Rubus ulmifolius*), cañaverales y tifales.

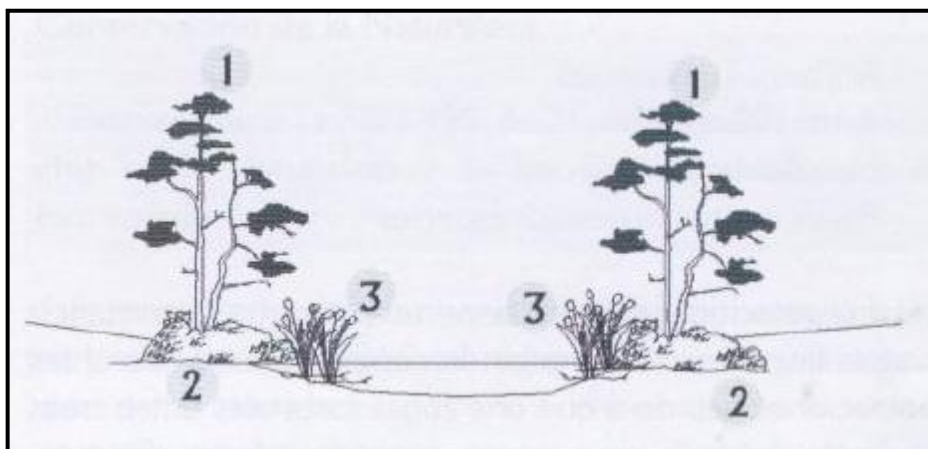


Ilustración 38. Ribera perturbada por especies alóctonas

1. Eucaliptos
2. Zarzales
3. Tifales

A continuación, se tratan distintas formaciones vegetales que cabría esperar que se desarrollase en el área de estudio si no hubiese intervención humana, representa, por tanto, el estado óptimo o climático de un espacio natural. De modo que el conocimiento de la vegetación potencial es importante para conocer el grado de regresión de la vegetación actual, anteriormente descrita respecto al óptimo.

- **Saucedas:**

Las saucedas salvifolias son formaciones de talla mediana dominada por arbustos o pequeños árboles que ocupan áreas cercanas al cauce de los cursos medios y bajos de los ríos. El dominio florístico es de *Salix salviifolia*, acompañada por otras especies del género *Salix* entre los que destacan *S. atrocinerea*, *S. x sellicana* y *S. purpurea*, así como de algunos fanerófitos *Fraxinus angustifolia* y *Ulmus minor*, que salpican la sauceda y conforman un estrato arbóreo superior que en numerosas ocasiones rompe la estructura de forma redondeada y continua que constituye la línea de sauces. En un estrato inferior acompañan a los sauces un conjunto de rosáceas espinosas tales como zarzas (*Rubus ulmifolius*) y espinos (*Crataegus monogyna*) a modo de orla de la



saucedas. Otras especies compañeras en el estrato herbáceo son *Brachypodium sylvaticum*, y *Clematis campaniflora* y *Vitis sylvestris* plantas comunes entre las trepadoras. No suelen formar galerías de gran extensión, sino que presentan fragmentos de pequeña a mediana longitud siendo muy escasas las bandas continuas de sauces de gran longitud o extensión. Ocupan la primera banda de vegetación riparia, en la zona en la que la acción de las crecidas del cauce y la inmersión prolongada toman mayor importancia. Ocupan estas zonas debido a su enorme capacidad de rebrote y adaptación para enraizar en estos ambientes. Entran en contacto con las alisedas mesomediterráneas o con las fresnedas luso-extremadurenses hacia los márgenes de las riberas y con los tamujares en una banda hacia el interior del cauce. Desde el punto de vista florístico, son relativamente pobres en Extremadura, debido a las adversas condiciones ecológicas que imponen las severas fluctuaciones en el nivel de las aguas.

- **Fresnedas:**

Las fresnedas luso-extremadurenses constituyen bosques de galería dominados por *Fraxinus angustifolia*, con la representación esporádica de otros fanerófitos de carácter ripario como olmos (*Ulmus minor*), sauces (*Salix salviifolia*, *S. atrocinerea*) y álamos (*Populus nigra*, *P. alba*). Bajo este dosel arbóreo vegetan especies arbustivas tales como *Rosa canina*, *Rubus ulmifolius*, *Flueggea tinctoria*, y herbáceas, entre las que destacan los geófitos *Arum italicum* y *Ranunculus ficaria*. A diferencia de las alisedas, las fresnedas dejan penetrar más luz, por lo que presentan un sotobosque más rico en especies heliófilas. Sus etapas seriales están formadas por los zarzales, que constituyen como orla arbustiva una maraña en ocasiones impenetrable. En el estrato herbáceo se pueden identificar comunidades graminoides, tales como vallicares, y otras dominadas por leguminosas y gramíneas hemicriptofíticas. Estas formaciones herbáceas aparecen junto a juncales de junco churrero que se extienden en ocasiones por zonas alejadas de la ribera y que constituyen un lugar muy apreciado para el ganado. Se asientan en los bordes de los cursos de agua y en algunos fondos de valle con suelos frescos y nivel freático elevado. Constituyen una formación de carácter silicícola, con buen desarrollo sobre sustratos arenosos y pobres en





carbonatos, que ocupa cauces localizados en los tramos medios de los ríos sobre terrazas cuaternarias. Ocupan suelos con hidromorfía temporal y marcada desecación estival en los horizontes superiores. Desde el punto de vista florístico tienen interés las comunidades herbáceas asociadas a estas fresnedas: vallicares de *Agrostis castellana*, gramadales con dominio de herbáceas cundidoras como *Cynodon dactylon*, *Trifolium spumosum* o *Panicum repens* y juncuales churreros con *Scirpoides holoschoenus*, *Mentha suaveolens* o *Briza minor*.

Las fresnedas aparecen de forma fragmentaria en Extremadura, principalmente en el noroeste de la provincia de Badajoz, siendo especialmente reseñables las riberas del río Lácara; es decir, es la formación vegetal más representativa de este río.

- **Tamujares:**

Los tamujares se distribuyen en toda Extremadura, más comúnmente en Badajoz y en algunos puntos del sur de Cáceres. Aparecen en mosaico o bien en mezcla con adelfares, puesto que ambas especies comparten su nicho ecológico, sobre los suelos poco profundos y desecados por un fuerte estiaje. Se encuentran dominadas fisionómicamente por el tamujo (*Flueggea tinctoria*), apareciendo la adelfa (*Nerium oleander*) en las estaciones más favorables para esta. Al tamujo le acompañan diferentes especies espinosas como el majuelo (*Crataegus monogyna*) y diferentes zarzamoras (*Rubus spp.*), así como fanerófitos inermes típicos de las comunidades permanentes del territorio extremeño, tales como *Fraxinus angustifolia* y *Salix salviifolia*. También son comunes las plantas trepadoras como *Smilax aspera*, *Clematis campaniflora* o *Bryonia dioica*, que conforman el estrato lianoide. Durante la otoñada y el invierno el tamujar adquiere un aspecto característico: el tamujo pierde la hoja y toma importancia el color rojizo de sus ramas, creando un paisaje muy peculiar en la que esta formación aparece como una banda ondulante y continua que serpentea a lo largo del cauce conformando una ribera de coloración muy característica salpicada de arbustos siempreverdes como las propias adelfas. Estos matorrales no presentan etapas de sustitución propiamente dicha, pero sí comunidades compañeras encabezadas por



herbazales subnitrófilos y esciófilos, pastizales hemicriptofíticos o majadales y en algunas ocasiones pastizales efímeros del orden *Brometalia*.

#### 4.1.4.3 Conservación de las formaciones y especies forestales amenazadas.

La vegetación natural del área mediterránea ha sido profundamente alterada por las actividades humanas durante la segunda mitad del Holoceno. El territorio extremeño no ha sido una excepción a este proceso, ya que el incremento demográfico y la creciente demanda de recursos naturales durante el último milenio han supuesto una alteración generalizada de las formaciones vegetales originales.

En lo referente a los bosques y ciertas formaciones arbóreas abiertas, los enclaves estrictamente naturales son en la práctica inexistentes, aunque se conservan áreas continuas que han sido escasamente alteradas o que se han recuperado con cierto grado de “naturalidad” después de su alteración en el pasado. En estas áreas se conservan formaciones forestales relativamente extensas de especies dominantes en áreas de montaña, de especies arbóreas de óptimo eurosiberiano que hoy se consideran amenazadas. La conservación de estas formaciones forestales y especies amenazadas es una obligación derivada de la Directiva de Hábitats 92/43/CEE y del Decreto 37/2001, de 6 de marzo, por el que se regula el Catálogo Regional de Especies Amenazadas de Extremadura y que determina que, para las especies incluidas en el mismo, deberán elaborarse planes de recuperación, conservación del hábitat, manejo y reintroducción.

Las formaciones forestales propias de las riberas (arbóreas y arbustivas) incluidas en la lista de hábitats forestales de la Directiva presentes en el área de estudio según un criterio preliminar amplio son las siguientes:





- **92AO:** Bosques galería de *Salix alba* y *Populus alba*.
- **92DO:** Galerías y matorrales ribereños termomediterráneos (*Nerio-Tamaricetea* y *Securinegion tinctoriae*).

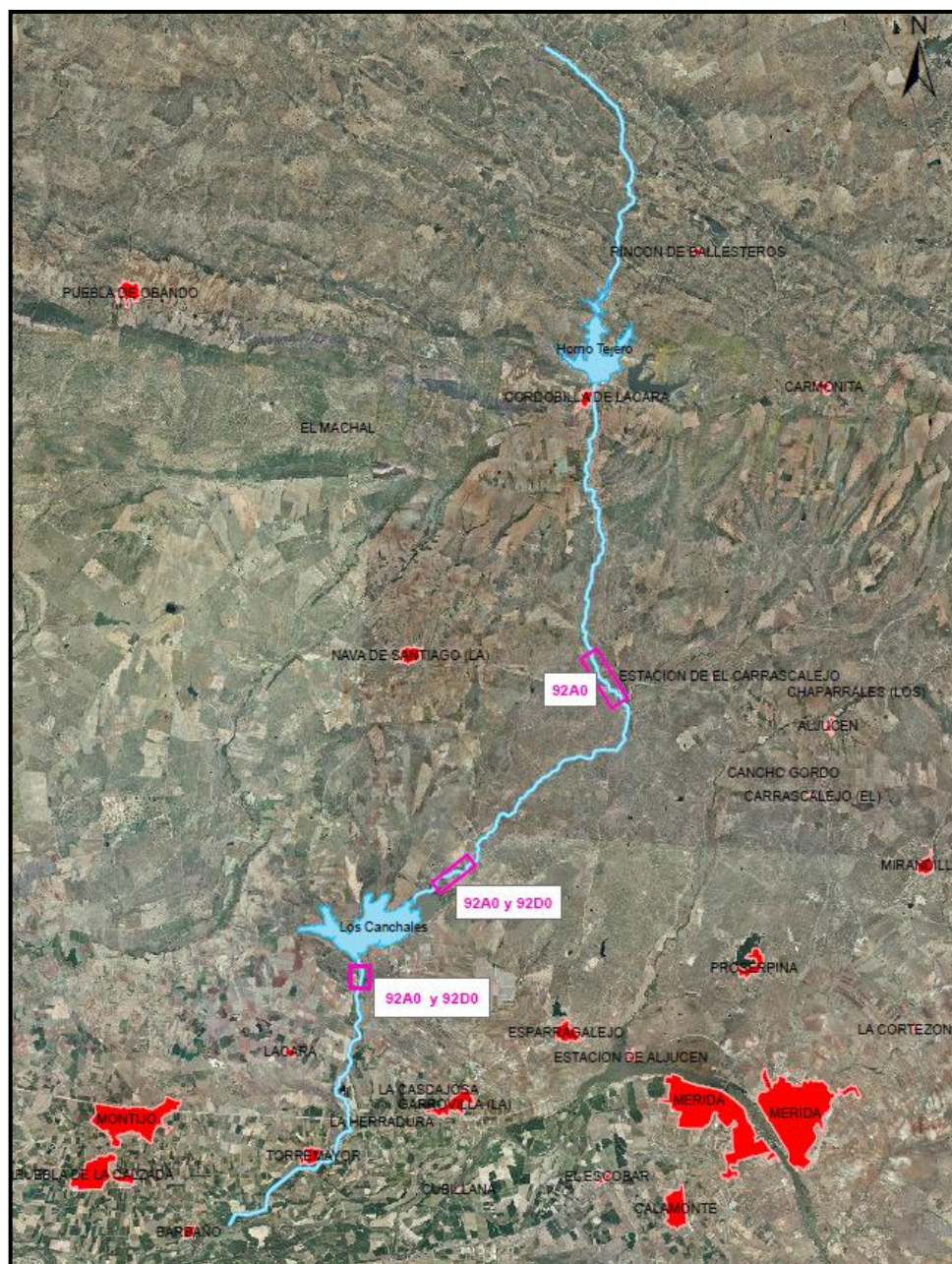


Ilustración 39. Distribución de los hábitats de interés comunitario existentes en el río Lácara.



Las especies forestales propias de las riberas incluidas en el Catálogo Regional de Especies Amenazadas en el área de estudio, definiendo además el estatus de los taxones, son las siguientes:

| Categoría           | Clase                            | Familia       | Especie                   |
|---------------------|----------------------------------|---------------|---------------------------|
| De interés especial | Angiospermae<br>(Dicotiledoneae) | Euphorbiaceae | <i>Flueggea tinctoria</i> |

Tabla 13. Especies incluidas en el Catálogo Regional de Especies Amenazadas.

Como puede observarse y mostrando especial interés en ello existen especies que, además de encontrarse amenazadas, están incluidas en la lista de hábitats forestales de la Directiva pero como formaciones vegetales, tratándose éste el caso de los tamujares y el tamujo, formación incluida en la Directiva Hábitats y especie forestal amenazada.

## 4.2. DESCRIPCIÓN DEL MEDIO

### 4.2.1. Climatología

La zona objeto de estudio se caracteriza por un clima Mediterráneo subtropical, siendo los valores medios de sus variables climáticas los que figuran en el siguiente cuadro:

| VARIABLE CLIMÁTICA                         | VALOR MEDIO |
|--------------------------------------------|-------------|
| Temperatura media anual.....               | 16° a 18 °C |
| Temperatura media mes más frío.....        | 6° a 10 °C  |
| Temperatura media mes más cálido.....      | 26° a 28° C |
| Duración media del período de heladas..... | 3 a 5 meses |



| VARIABLE CLIMÁTICA                   | VALOR MEDIO |
|--------------------------------------|-------------|
| E.T.P. media anual (mm).....         | 900 a 1.100 |
| Precipitación media anual (mm).....  | 400 a 800   |
| Déficit medio anual (mm).....        | 500 a 700   |
| Duración media del período seco..... | 4 a 7 meses |
| Precipitación del invierno.....      | 37 %        |
| Precipitación de primavera.....      | 28 %        |
| Precipitación de otoño.....          | 29 %        |
| Precipitación de verano.....         | 6 %         |

Tabla 14. Variables climáticas del ámbito del río Lácara.

Valores que, junto a los de las temperaturas extremas, definen, según la clasificación agroclimática de J. PAPADAKIS, unos inviernos tipo **Citrus o Avena** y unos veranos tipo **Algodón**.

Por lo que respecta al régimen de humedad, los índices de humedad, mensuales y anuales, la lluvia de lavado, la distribución estacional de la pluviometría, etc., lo definen como **Mediterráneo seco**.

En estas condiciones son posibles los siguientes cultivos: cereales para grano de invierno (trigo, cebada, avena, etc.) y primavera (arroz, maíz, sorgo, etc.), leguminosas para grano (judías, habas, lentejas, veza, almorta, etc.) en siembra otoñal o primaveral, tubérculos (patata, batata, etc.), cultivos industriales (remolacha azucarera, algodón, lino, girasol, soja, colza, tabaco, etc.), cultivos forrajeros (maíz, sorgo, fleo, dátilo, festuca, alfalfa, veza, tréboles, etc.), hortalizas de hoja o tallo (col, lechuga, espinaca), de fruto (sandía, melón, calabaza, berenjena, etc.), de flor (alcachofa, coliflor), raíces o bulbo (ajo, cebolla, puerro, zanahoria, etc.), cítricos (naranja, limonero, etc.), con ciertas limitaciones, frutales de pepita o hueso (manzano, peral, cerezo, ciruelo, etc.), de fruto seco (almendro, nogal, avellano), vid, olivo, etc.





En cuanto a la potencialidad agroclimática de la zona, queda comprendida entre los valores 10 y 20 del índice C.A de L. TURC en secano, y los valores 45 y 55 en regadío, lo que equivale a unas 6 a 12 Tm de M.S./Ha y año, en secano, y de 27 a 33 en regadío.

Según la significación fitoclimática de Allué Andrade, la zona se encuadra en el tipo (IV)<sub>4</sub> *Mediterráneo genuino, cálido, menos seco de inviernos cálidos* y en el tipo (IV)<sub>3</sub> *Mediterráneo subárido, cálido de estíos muy secos*.

#### 4.2.2. Fisiografía

La mayor parte de los terrenos forman parte de las penillanuras pizarrosas del Paleozoico Inferior. Esta penillanura se encuentra cortada por las elevaciones, también paleozoicas de la Sierra de San Pedro. A excepción de la zona de cabecera, los relieves son de poco valor; además al ser terrenos con pocas pendientes, el río Lácara en su curso bajo (aguas abajo del embalse de Los Canchales), presenta problemas de sedimentación y acumulación de lodos.

#### 4.2.3. Edafología

Los suelos típicos de la zona de estudio están formados por sedimentos fluviales recientes. Son suelos pobres en nutrientes y con un pH ligeramente ácido pero de excelentes propiedades físicas, textura areno-limosa, profundidad superior al metro, soltura y excelente aireación. Son suelos muy productivos en regadío.

Siguiendo la clasificación americana, los suelos pertenecen a los siguientes Órdenes: Inceptisol, Vertisol, Alfisol y Entisol.



- Los **Inceptisoles** son suelos medianamente evolucionado, presentando un perfil del tipo A/(B)/C en el que hay un horizonte Cambico (B) que presenta un moderado grado de evolución. Presentan moderada acidez en todo el perfil debido a su génesis, pues proceden de rocas ácidas. Se trata de suelos medianamente profundos, parcialmente cultivados, donde a veces la pendiente del terreno dificulta el cultivo.
- El perfil de los **Vertisoles** es de tipo ABC. El material original lo constituyen sedimentos con una elevada proporción de arcillas esmectítica, o productos de alteración de rocas que las generen. La alternación entre el hinchamiento y la contracción de las arcillas, genera profundas grietas en la estación seca y la superficie de presión y agregados estructurales en forma de cuña en los horizontes subsuperficiales. Se vuelven muy duros en la estación seca y muy plásticos en la húmeda. El labrado es muy difícil excepto en los cortos periodos de transición entre ambas estaciones. Con un buen manejo, son suelos muy productivos.
- Los **Alfisoles** presenta un horizonte eluvial ( $A_e$ ) en superficie debajo de un horizonte argílico  $B_t$  de gran espesor que reposa sobre sedimentos de cuarcita tipo raña, que al secarse se endurece fuertemente pero no se agrieta. El horizonte argílico  $B_t$ , presenta un gran desarrollo, con textura generalmente arcillosa. Puede aparecer el argílico con gran pedregosidad de cuarcitas, pero con ausencia de roca. Son por tanto suelos con perfil A/ $B_t$ /C, presentando un alto grado de desarrollo.
- Los **Entisoles** son suelos asentados sobre terrenos aluviales del Cuaternario con pedregosidad frecuente de cuarcita de tamaño variable y bien drenado. Son suelos de perfil A/C, de escasa profundidad, con muy bajo contenido en materia orgánica, eutróficos, de fuerte a moderadamente ácidos, totalmente descarbonatados y de textura franco-arenosa.



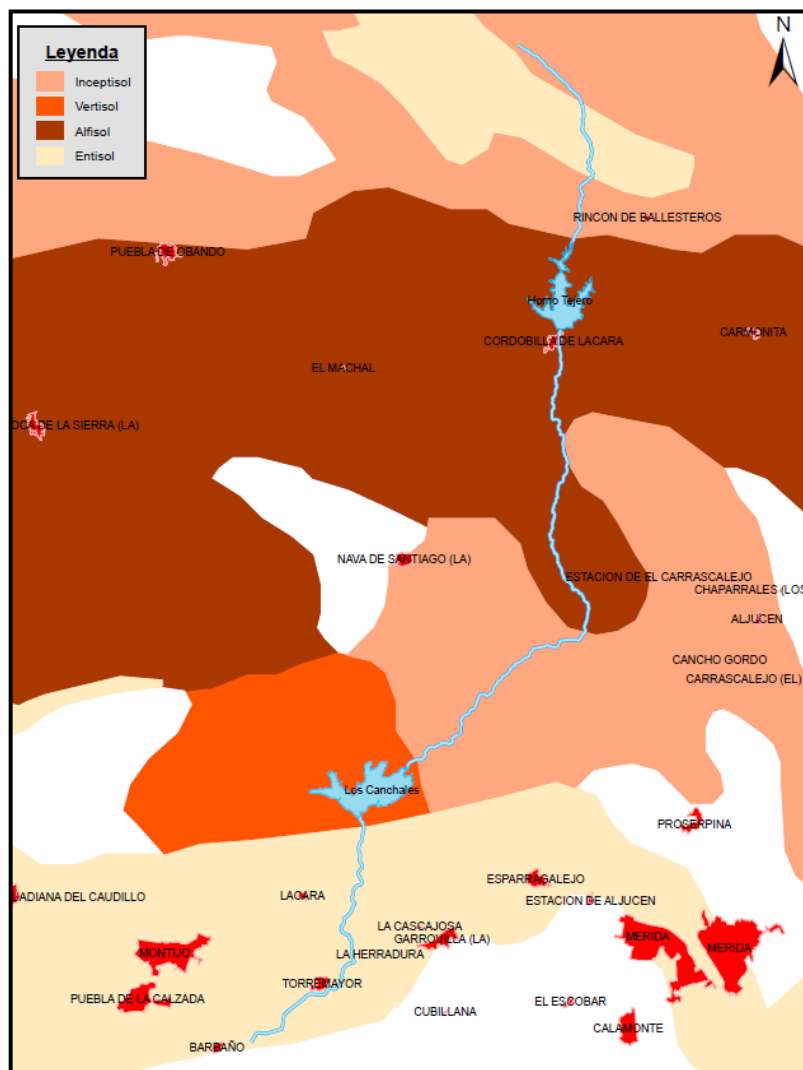


Ilustración 40. Tipos de suelo en el ámbito del Lácara.

#### 4.2.4. Usos del suelo.

El río Lácara discurre de Norte a Sur por los siguientes términos municipales: Cáceres, Cordobilla de Lácara, Mérida, Torremayor y Montijo. El uso del suelo por donde discurre dicho curso fluvial es mayoritariamente agrícola, aunque aparecen puntualmente otros tipos de usos.





En el tramo de cabecera (desde su nacimiento en las estribaciones de la Sierra de San Pedro hasta el embalse de Horno Tejero), destacan los usos forestales y ganaderos (dehesas de alcornoques). Hasta el embalse de Los Canchales, además de pastizales y dehesas en este caso de encinas, ya van apareciendo cultivos de secano. Sin embargo, aguas abajo del mencionado embalse, el Lácara discurre por una zona de cultivos de regadíos conocida como las vegas bajas del río Guadiana.

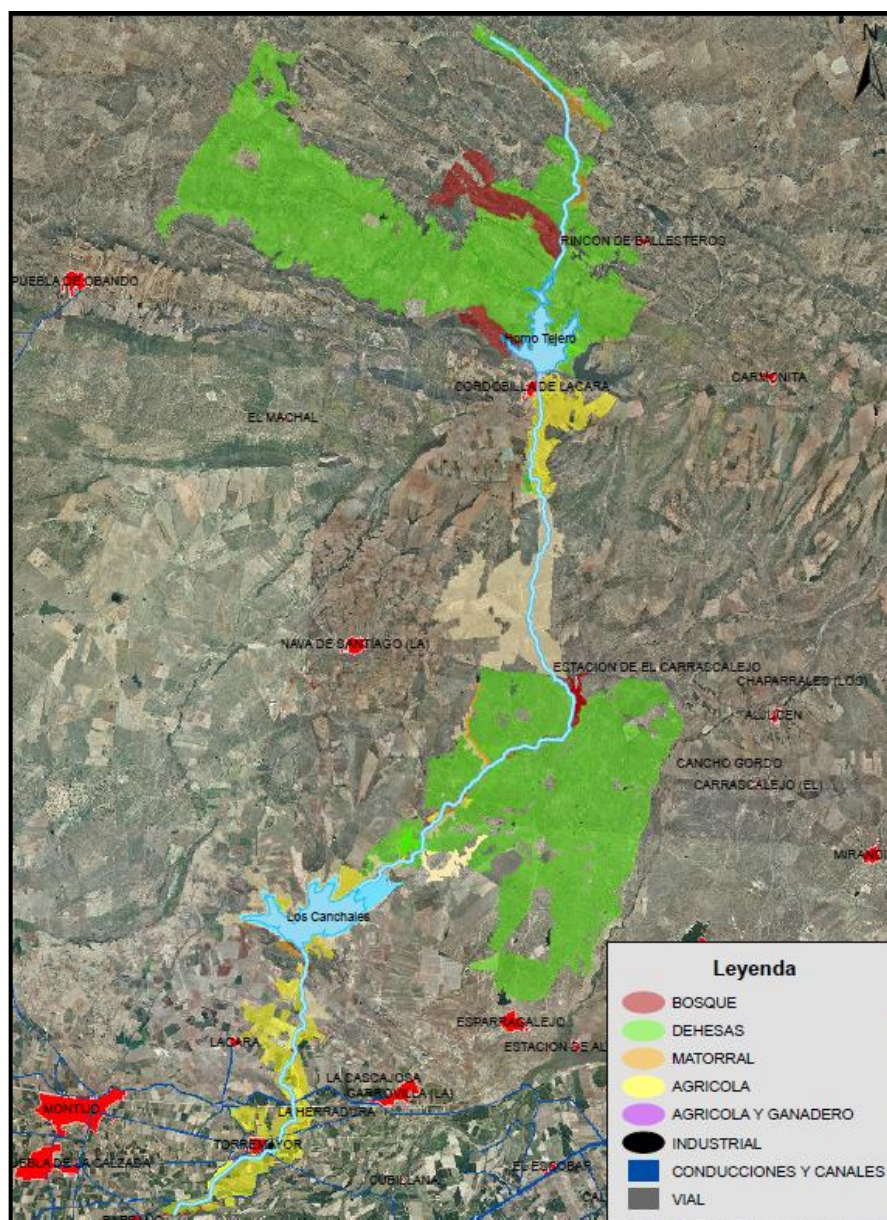


Ilustración 41. Usos del suelo en la zona del río Lácara.



#### 4.2.5. Fauna

Con respecto a la **ictiofauna** que se puede encontrar en el río Lácara, destaca la presencia de Colmilleja (*Cobitis paludica*), Pardilla (*Iberochondrostoma lemmingii*), Lucio (*Esox lucius*), Pez sol (*Lepomis gibbosus*) y Gambusia (*Gambusia holbrooki*), entre otros.

Con respecto a la **herpetofauna**, cabe señalar la presencia de diversas especies: Gallipato (*Pleurodeles waltl*), Tritón jaspeado (*Triturus marmoratus*), Tritón ibérico (*Lissotriton boscai*), Sapo partero ibérico (*Alytes cisternasii*), Sapo de espuelas (*Pelobates cultripes*), Sapo común (*Bufo spinosus*), Sapo corredor (*Epidalea calamita*), Ranita meridional (*Hyla meridionalis*), Rana común (*Pelophylax perezi*), Galápago leproso (*Mauremys leprosa*), Lagartija colilarga (*Psammodromus algerus*), Lagarto ocelado (*Timon lepidus*), Lagartija ibérica (*Podarcis hispanica*), Culebra de escalera (*Rhinechis scalaris*), Culebra bastarda (*Malopolon monspessulanus*) y Culebra viperina (*Natrix maura*).

Por otro lado, respecto a la **avifauna** ligada a la vegetación de ribera y a las masas de agua: Ánade Real (*Anas platyrhynchos*), Ánade Friso (*Anas strepera*), Cormorán Grande (*Phalacrocorax carbo*), Garza Real (*Ardea cinerea*), Garceta Común (*Egretta garzetta*), Agachadiza Común (*Gallinago gallinago*), Rascón Europeo (*Rallus aquaticus*), Gallineta Común (*Gallinula chloropus*), Martín Pescador Común (*Alcedo atthis*), Chochín Común (*Troglodytes troglodytes*), Ruiseñor Común (*Luscinia megarhynchos*), Mirlo Común (*Turdus merula*), Ceta Ruiseñor (*Cettia cetti*), Curruca Cabecinegra (*Sylvia melanocephala*), Curruca Capirotada (*Sylvia atricapilla*), Curruca Zarcera (*Sylvia communis*), Curruca Carrasqueña (*Sylvia cantillans*), Mosquitero Común (*Phylloscopus collybita*), Mosquitero Musical (*Phylloscopus trochilus*), Herrerillo Común (*Cyanistes caeruleus*), Carbonero Común (*Parus major*), Carricero Común (*Acrocephalus scirpaceus*) y Carricero Tordal (*Acrocephalus arundinaceus*), entre otros.





Por último, dentro del grupo de los mamíferos destaca la presencia de Nutria (*Lutra lutra*).

#### 4.3. ESTACIONES DE MUESTREO

Existen dos estudios, uno realizado por el CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas) para el Ministerio de Medio Ambiente, *"Caracterización geomorfológica de la red fluvial del alto y medio Guadiana"*, y el otro *"Seguimiento de la ictiofauna continental en España"*, realizado por el CSIC (Museo Nacional de Ciencias Naturales), en los cuales se recogen datos del río Lácara obtenidos en diferentes puntos de muestreo.

El primero de ellos, punto de muestreo CEDEX, se sitúa en las inmediaciones del cruce de la carretera de Aljucén a la Nava de Santiago, coordenadas UTM (Huso 30): X (203731); Y (4326375). Las fechas de recogida de datos fueron las siguientes: 08/10/2004 y el 07/11/2004.



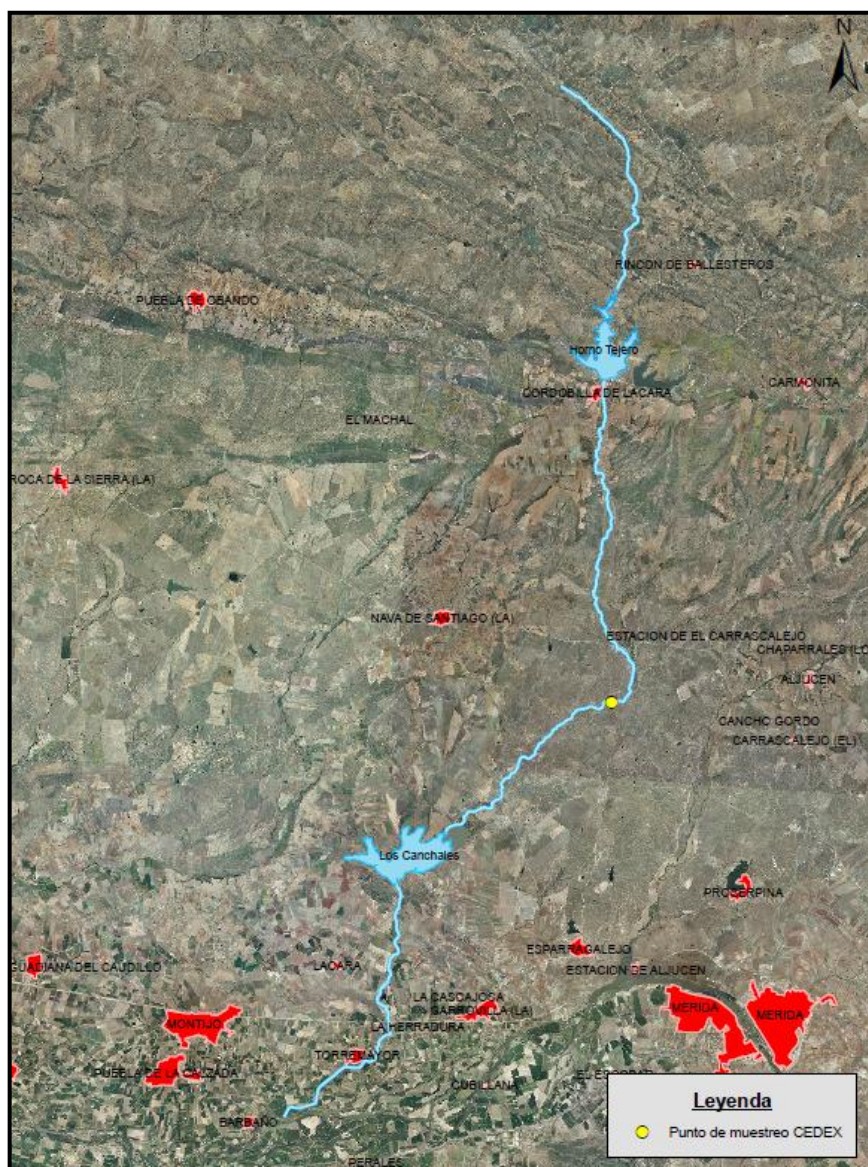


Ilustración 42. Ubicación de punto de muestreo CEDEX.

Los datos recogidos en el mencionado punto de muestreo, pasan a ser expuestos a continuación:

### 1. Aguas:

- Nivel de las aguas: bajo.
- Temperatura: 15,4 °C.





- Conductividad: 202  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

## 2. Sustrato:

- Tipo: gravilla (0,2-4 cm).

## 3. Morfología del cauce:

- Anchura máxima del cauce: 10 m.
- Profundidad máxima: 1,5 m.
- Pendiente ajustada: 2,26 %.
- Estado del cauce: cauce estrecho, alternando las pozas y los saltos de agua, con una estructura en "escalones" que abarcan toda la anchura del cauce controlada por la presencia de raíces de los fresnos de orilla. En el estiaje las pozas quedan formando charcas aisladas de aproximadamente 2 metros de anchura. Substrato del lecho muy uniforme en tamaño. Sistemas radicales descarnados en las orillas, mostrando un proceso de incisión del cauce principal, que queda relativamente descolgado de los arroyos laterales, con una diferencia de altura respecto a estos últimos en torno a 1 metro.

## 4. Condición de las riberas:

- Vegetación riparia: en la orilla, saucedada de *Salix atrocinerea* con zarzas y vides que trepan en el tronco de los fresnos que se acercan hasta las proximidades del agua. Más hacia el exterior, aparece una fresneda abierta con majuelos, conectada con dehesas de alcornoques. Son frecuentes los enclaves con una elevada densidad de trepadoras.
- Calidad ecológica de la ribera: regular.

## 5. Macroinvertebrados :

- No se tomaron muestras.





## 6. Observaciones:

- Presencia de Nutria.

Por otro lado, el punto de muestreo CSIC, se encuentra situado en las siguientes coordenadas UTM (Huso 29): X (722411); Y (4327580).

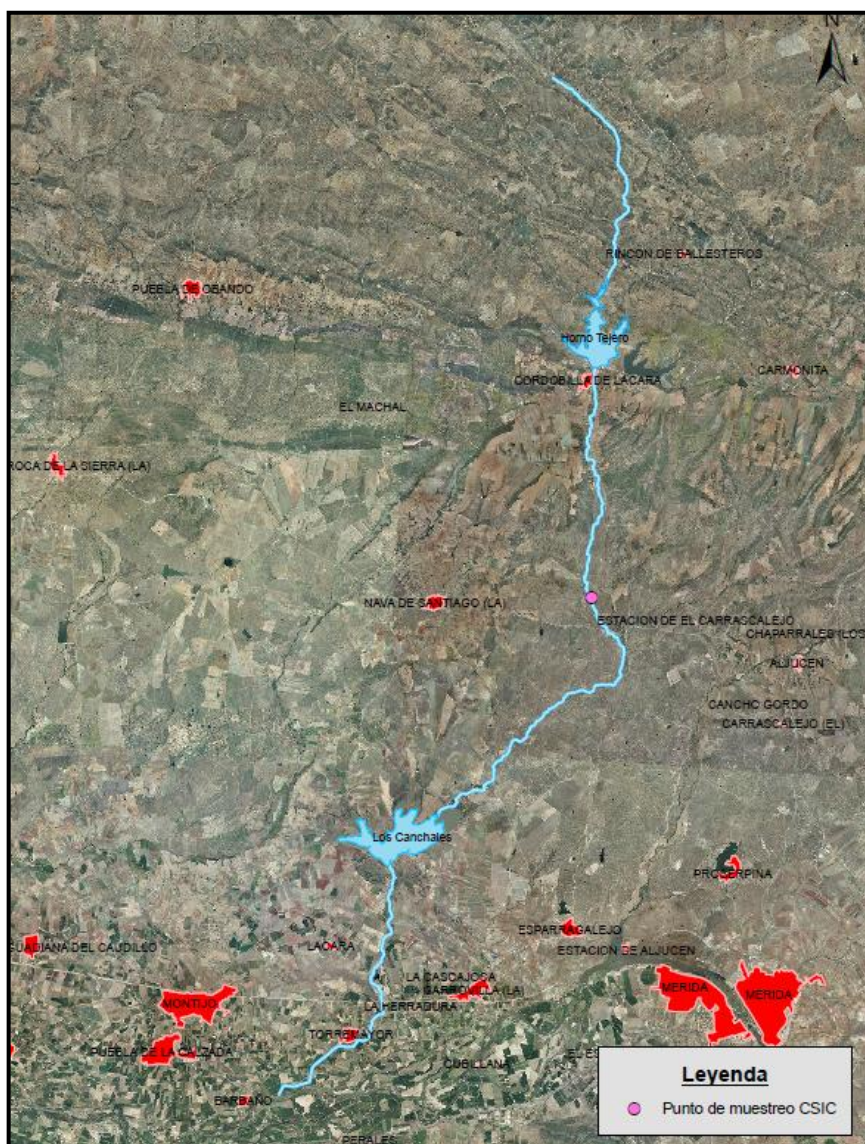


Ilustración 43. Ubicación de punto de muestreo del CSIC.





Los datos fueron recogidos a lo largo del 2009 y 2010, y son los que se exponen a continuación:

- 1. Vegetación de ribera:** el tramo muestreado ofrece unos niveles de calidad de la vegetación de ribera aceptable. Este río presenta en el tramo muestreado un cauce con una anchura en torno a los 10 metros, unas márgenes con pendientes muy marcadas y, velocidad media del agua muy baja (0,1 m/s, en 2009 prácticamente estancada). Bajo porcentaje de cubierta vegetal en la zona de ribera, donde no se observan árboles, pero si arbustos, entre los que cabe citar el majuelo (*Crataegus monogyna*), adelfa (*Nerium oleander*), tamujo (*Flueggea tinctoria*) y zarza (*Rubus sp.*). El canal del río no presenta modificaciones significativas, considerando en resumen que el grado de naturalidad del tramo es alto.
- 2. Vegetación acuática y macroinvertebrados:** indicadores biológicos de vegetación acuática y macroinvertebrados con valor moderado. En general, el tramo estudiado se caracteriza por la ausencia de algas y macrófitos y la presencia en baja densidad de perifiton y macroinvertebrados.
- 3. Características hidromorfológicas:** el valor de índice de hábitat fluvial refleja la existencia de una diversidad media. El sustrato está caracterizado por la presencia mayoritaria de arenas y limos y en menor grado cantos y gravas. Presenta altos niveles de sedimentación. Ocurrencia ocasional de rápidos, cauce sombreado con grandes claros. Escasez de elementos de heterogeneidad (troncos, ramas, etc.). Vegetación acuática fija, sumergida y emergente.
- 4. Características físicas y químicas del agua:** salvo los valores obtenidos de conductividad, el resto de parámetros estudiados, se ajustan a los esperados para un río en buen estado. En cuanto a la calidad del agua, parece ser buena, en los análisis





de 2009, ya que tan solo se encontraron en bajo nivel, trazas de fosfatos y en 2010, también en niveles bajos, aparecieron nitritos.

- 5. Ictiofauna y su hábitat:** tramo con presencia potencial de tres especies autóctonas. En 2009, solo se detectó la presencia de ejemplares adultos de Colmilleja (*Cobitis paludica*). En 2010, además de esta especie, se capturaron ejemplares adultos de Pardilla (*Iberochondrostoma lemmingii*) y la presencia de tres especies introducidas: Lucio (*Esox lucius*), Pez Sol (*Lepomis gibbosus*) y Gambusia (*Gambusia holbrooki*). Todos los ejemplares capturados mostraron un buen estado sanitario. El índice de calidad del hábitat para las poblaciones piscícolas presentó un valor subóptimo. Este tramo se caracteriza por una elevada abundancia de hábitat-refugios, grados de sedimentación y colmatación medios. Canal rectilíneo sin modificaciones significativas. Márgenes moderadamente inestables y vegetación de ribera de tipo arbustivo en algo más de la mitad del tramo estudiado.

#### 4.4. CONCLUSIONES

De todo lo anteriormente expuesto se deduce que, **el río Lácara presenta un estado ecológico aceptable**, sin embargo, no hay que olvidar que cuando atraviesa las vegas bajas del Guadiana es sometido a numerosas presiones antrópicas, motivo que determina la baja calidad que presenta en este tramo.







## BLOQUE 5

### Referencias



“Determinación experimental de técnicas para el control y eliminación de las poblaciones de almeja asiática en la Cuenca del Guadiana”.





## 5. REFERENCIAS

### 5.1. INDICE DE ILUSTRACIONES

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Ilustración 1. Archivo fotográfico de reconocimiento de la almeja asiática. Fuente: Confederación Hidrográfica del Guadiana .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 14 |
| Ilustración 2. Localización de <i>Corbicula fluminea</i> en la cuenca del río Guadiana. Fuente: elaboración propia.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 15 |
| Ilustración 3. Ejemplares de almeja asiática semienterrados en el sustrato. Fuente: Universidad de Santiago de Compostela. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 18 |
| Ilustración 4. Imágenes de las labores de control de plantas acuáticas invasoras mediante de la succión asistida con buceadores. Fuente: Lake Fairlee Association.....                                                                                                                                                                                                                                                                | 29 |
| Ilustración 5. Imágenes de las labores de control de plantas acuáticas invasoras mediante de la succión asistida con buceadores. Fuente: Lake Fairlee Association.....                                                                                                                                                                                                                                                                | 30 |
| Ilustración 6. Imágenes del proceso de succión para la eliminación de la almeja asiática. Arriba se observa el sistema de bombeo sobre una pequeña embarcación neumática. Abajo puede observarse las parcelas de geotextiles permeables donde se depositan los residuos de la succión (almejas, sedimento y agua) para, posteriormente, retirarlos a un vertedero autorizado. Fuente: Lake George Asian Clam eradication Project..... | 31 |
| Ilustración 7. Buceador dirigiendo la tubería de succión para retirar el sedimento, junto a las almejas y el agua. Fuente: Lake George Asian Clam Eradication Project (La fotografía ha sido tomada durante las labores llevadas a cabo en el lago Tahoe). ....                                                                                                                                                                       | 32 |
| Ilustración 8. Esquema de las labores de succión asistida. Fuente: elaboración propia.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 33 |
| Ilustración 9. Mantas o barreras bentónicas preparadas para su instalación. Fuente: Lake George Asian Clam Eradication Project <a href="http://www.stoptheasianclam.info/">http://www.stoptheasianclam.info/</a> . ....                                                                                                                                                                                                               | 38 |
| Ilustración 10. Mantas bentónicas cubriendo las zonas afectadas por almeja asiática en el lago George. Fuente: Lake George Asian Clam Eradication Project <a href="http://www.stoptheasianclam.info/">http://www.stoptheasianclam.info/</a> ...                                                                                                                                                                                       | 39 |
| Ilustración 11. Arriba: instalación de mantas o barreras bentónicas con buceadores profesionales. Abajo: mantas bentónicas y varillas metálicas antes de ser instaladas. Fuente: Lake George Asian Clam Eradication Project <a href="http://www.stoptheasianclam.info/">http://www.stoptheasianclam.info/</a> . ....                                                                                                                  | 40 |
| Ilustración 12. Evolución del oxígeno disuelto y la temperatura en el experimento de Wittmann et al. (2012) en el lago Tahoe. En gris oscuro se representa el oxígeno disuelto en la estación de control; la línea negra representa el oxígeno disuelto medido bajo las mantas bentónicas; en gris oscuro se muestra la temperatura del agua del lago. Fuente: Wittmann et al. (2012). ....                                           | 42 |



- Ilustración 13. Operación de toma de muestra de agua bajo las mantas para análisis de oxígeno disuelto, amonio y calcio. Puede observarse que la toma de muestra se realiza con la ayuda de una jeringa que se inserta en un tubo fino por donde se extrae la muestra de fondo. Fuente: Lake George Asian Clam Eradication Project <http://www.stoptheasianclam.info/>.....42
- Ilustración 14. Operaciones de retirada de mantas. Fuente: Lake George Asian Clam Eradication Project <http://www.stoptheasianclam.info/>.....43
- Ilustración 15. Operaciones de limpieza (izquierda) y enrollado de mantas (derecha) para su empleo posterior. Fuente: Lake George Asian Clam Eradication Project <http://www.stoptheasianclam.info/>.....44
- Ilustración 16. Abundancia media de almejas asiáticas en el lago Tahoe antes del tratamiento con mantas bentónicas (junio de 2010) y después de la retirada de las mantas (se incluyen cuatro momentos distintos: inmediatamente después de la retirada, tres meses después, 8 meses y 12 meses). Las barras de error representan el error estándar. Fuente: Wittmann et al. (2012). .....46
- Ilustración 17. Barco tradicional de pesca de arrastre utilizado para la eliminación de almejas asiáticas en el río Barrow (Irlanda). Fuente: <http://caisie.ie/> .....48
- Ilustración 18. Tamizado del sedimento recogido en el arrastre para separar las almejas asiáticas. Fuente: <http://caisie.ie/> .....49
- Ilustración 19. Imagen con microscopio electrónico de partículas de Biobullets (Biobalas). Fuente: BioBullet Ltd. <http://biobullets.com/products/#/> .....58
- Ilustración 20. Esquema mostrando la diferencia de comportamiento de un bivalvo al suministrarle una toxina libre (figura a) y la misma toxina encapsulada según la técnica de las Biobullets (Biobalas). Fuente: <http://zebramusselbiofouling.wikispaces.com/BioBullets> .....58
- Ilustración 21. Gráfico ilustrativo sobre la tasa de mortalidad que se consigue al aplicar el ingrediente activo (toxina) de forma libre y encapsulado (Biobalas). Fuente: modificado de <http://zebramusselbiofouling.wikispaces.com/BioBullets> .....59
- Ilustración 22. Mortalidad media (porcentaje de ejemplares agonizantes y vacíos en comparación con vivos) de mejillón cebra y almeja asiática tratados con dos formulaciones de Biobalas (SB1000 y SB2000). La barra azul señala el periodo de administración del producto para los dos tratamientos. Fuente: BioBullet Ltd. (2011).....62
- Ilustración 23. Localidades de muestreo de almeja asiática en la cuenca del Guadiana. Fuente: Anhidra S. L. (2009). .....95
- Ilustración 24. Imágenes de tamiz de muestreo de bivalvos (izquierda) y de draga con bandeja conteniendo el sustrato retenido en dicha draga. Fuente: Anhidra S. L. (2009). .....98
- Ilustración 25. Pesaje y medición de un individuo de *Anodonta anatina* en la desembocadura del río Lácara. Fuente: Anhidra S. L. ....99



|                                                                                                                                                                                                                                                                                               |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Ilustración 26. Personal realizando las labores de desinfección del material utilizado en el muestreo mediante el empleo del producto Ox-Virin. Fuente: Anhidra S. L.....                                                                                                                     | 100 |
| Ilustración 27. Ubicación de los resultados del " <i>Estudio sobre la presencia de la almeja asiática (Corbicula fluminea) en la cuenca hidrográfica del río Guadiana y nuevos datos sobre náyades autóctonas</i> ". Fuente: Anhidra S. L. (2009).....                                        | 101 |
| Ilustración 28. Realización de muestreos en el río Lácara. Fuente: Anhidra S. L. (2009).....                                                                                                                                                                                                  | 103 |
| Ilustración 29. Ámbito de la Demarcación Hidrográfica del Guadiana y localización del Río Lácara. ....                                                                                                                                                                                        | 105 |
| Ilustración 30. La toma de muestra se realiza con la ayuda de una jeringa que se inserta en un tubo fino por donde se extrae la muestra de fondo. Fuente: Lake George Asian Clam Eradication Project <a href="http://www.stoptheasianclam.info/">http://www.stoptheasianclam.info/</a> . .... | 108 |
| Ilustración 31. Perfil y planta de la cubeta de depósito de materiales de succión. Fuente: Elaboración propia. ....                                                                                                                                                                           | 111 |
| Ilustración 32. Esquema de balsa artificial con almejas asiáticas traslocadas. Fuente: Elaboración propia.....                                                                                                                                                                                | 118 |
| Ilustración 33. Sauceda de <i>Salix salviifolia</i> en el río Lácara. ....                                                                                                                                                                                                                    | 131 |
| Ilustración 34. Vegetación climácica del río Lácara. ....                                                                                                                                                                                                                                     | 131 |
| Ilustración 35. Río Lácara aguas debajo de la presa de Los Canchales .....                                                                                                                                                                                                                    | 132 |
| Ilustración 36. Río Lácara a su paso por las vegas bajas del Guadiana .....                                                                                                                                                                                                                   | 133 |
| Ilustración 37. Zonificación transversal de una ribera potencial.....                                                                                                                                                                                                                         | 137 |
| Ilustración 38. Ribera perturbada por especies alóctonas.....                                                                                                                                                                                                                                 | 138 |
| Ilustración 39. Distribución de los hábitats de interés comunitario existentes en el río Lácara.....                                                                                                                                                                                          | 142 |
| Ilustración 40. Tipos de suelo en el ámbito del Lácara.....                                                                                                                                                                                                                                   | 147 |
| Ilustración 41. Usos del suelo en la zona del río Lácara.....                                                                                                                                                                                                                                 | 148 |
| Ilustración 42. Ubicación de punto de muestreo CEDEX.....                                                                                                                                                                                                                                     | 151 |
| Ilustración 43. Ubicación de punto de muestreo del CSIC.....                                                                                                                                                                                                                                  | 153 |



## 5.2.ÍNDICE DE TABLAS.

|                                                                                                                                                                                                                                                                         |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 1. Rangos óptimos de temperaturas para la almeja asiática.....                                                                                                                                                                                                    | 19  |
| Tabla 2. Principales impactos de <i>Corbicula fluminea</i> .....                                                                                                                                                                                                        | 21  |
| Tabla 3. Costes económicos de las actividades realizadas en el lago George en el marco del proyecto de control y erradicación de la almeja asiática ( <i>Corbicula fluminea</i> ). Puede observarse el elevado coste relativo del tratamiento de succión asistida. .... | 36  |
| Tabla 4. Resultados obtenidos de los ensayos de toxicidad del polímero BULAB 6002 para la almeja asiática. ....                                                                                                                                                         | 72  |
| Tabla 5. Resultados obtenidos de los ensayos de toxicidad del polímero BULAB 6024 para la almeja asiática. ....                                                                                                                                                         | 73  |
| Tabla 6. Resultados obtenidos de los ensayos de toxicidad del polímero BULAB 5001 para la almeja asiática. ....                                                                                                                                                         | 73  |
| Tabla 7. Viabilidad de los métodos de control/erradicación: tratamientos físicos. ....                                                                                                                                                                                  | 82  |
| Tabla 8. Viabilidad de los métodos de control/erradicación: tratamientos químicos. ....                                                                                                                                                                                 | 83  |
| Tabla 9. Viabilidad de los métodos de control/erradicación: tratamientos biológicos.....                                                                                                                                                                                | 84  |
| Tabla 10. Viabilidad de los métodos de control/erradicación: métodos de gestión. ....                                                                                                                                                                                   | 84  |
| Tabla 11. Localidades de muestreo seleccionadas para la realización del estudio sobre distribución de almeja asiática y bivalvos autóctonos de la cuenca del Guadiana en 2009. Fuente: Anhidra S. L. (2009).....                                                        | 97  |
| Tabla 12. Tipo de cauce según la clasificación de Rosgen (1996) .....                                                                                                                                                                                                   | 130 |
| Tabla 13. Especies incluidas en el Catálogo Regional de Especies Amenazadas.....                                                                                                                                                                                        | 143 |
| Tabla 14. Variables climáticas del ámbito del río Lácara.....                                                                                                                                                                                                           | 144 |



### 5.3. BIBLIOGRAFÍA.

- Elliott P., and zu Ermgassen S.E. 2008. The Asian clam (*Corbicula fluminea*) in the River Thames, London, England. *Aquatic Invasions* Volume 3, Issue 1: 54-60.
- Bech M. y Altimiras J. 2003. Nuevas aportaciones al conocimiento de los moluscos actuales y del cuaternario en Extremadura: I. Malacofauna dulceacuícola. *Revista de Estudios Extremeños*, 59 (2): 837-870.
- Confederación Hidrográfica del Guadiana. 2002. Regionalización y caracterización de la calidad ecológica de la cuenca del Guadiana. Volumen II. Atlas del Río. Confederación Hidrográfica del Guadiana (CHG). Ministerio de Medio Ambiente. 276 pp.
- Pérez-Quintero J. C. 2008. Revision of the distribution of *Corbicula fluminea* (Müller, 1744) in the Iberian Peninsula. *Aquatic Invasions* 3 (3): 355-358.
- Pérez-Bote J. L., Fernández J. 2008. First record of the Asian clam *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) in the Guadiana River Basin (southwestern Iberian Peninsula). *Aquatic Invasions* 3: 87-90, <http://dx.doi.org/10.3391/ai.2008.3.1.14>.
- Pérez-Quintero J. C. 1990. Primeros datos sobre la presencia de *Corbicula fluminea* en España. I. Biometría. *Scientia Gerundensis* 16: 175-182.
- Pérez-Quintero J. C., Bech M., Huertas J. L. 2004. Los moluscos de las aguas continentales de la provincia de Huelva (SO España). *Iberus* 22: 19-31.
- Pérez-Quintero J. C. 2007. Diversity, habitat use and conservation of freshwater molluscs in the lower Guadiana River basin (SW Iberian Peninsula). *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 17: 485-501, <http://dx.doi.org/10.1002/aqc.796>.
- Mouthon J. 1981. Sur la présence en France et au Portugal de *Corbicula* (Bivalvia, Corbiculidae) originaire d'Asie. *Basteria* 45: 109-116.
- Anhidra S. L. 2009. Estudio sobre la presencia de la almeja asiática (*Corbicula fluminea*) en la cuenca hidrográfica del río Guadiana y nuevos datos sobre náyades autóctonas. Confederación Hidrográfica del Guadiana. 241 pp.
- Gustavo A. Darrigran y Dario Colauti, 1994. Potencial Control biológico del molusco invasor *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) en el Río de la Plata.





**DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DE TÉCNICAS PARA  
EL CONTROL Y ELIMINACIÓN DE LAS POBLACIONES  
DE ALMEJA ASIÁTICA EN LA CUENCA DEL GUADIANA**