



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL GUADIANA O.A.



GrupoTragsa

Análisis coste-beneficio de la gestión, control y posible erradicación de las especies invasoras del camalote y del nenúfar mejicano en la cuenca del río Guadiana

Elementos de aprendizaje para el análisis coste-beneficio de la gestión, control y erradicación de otras especies invasoras en la cuenca del río Guadiana



Marzo de 2022



Análisis coste-beneficio de la gestión, control y posible erradicación de las especies invasoras del camalote y del nenúfar mejicano en la cuenca del río Guadiana

Índice

1	Introducción.....	1
1.1	Las especies exóticas invasoras y sus efectos económicos	1
1.2	Objeto del estudio.....	2
2	Especies exóticas invasoras en la cuenca del río Guadiana.....	4
2.1	Especies exóticas invasoras presentes en la cuenca del río Guadiana	4
2.2	Especies exóticas invasoras con alta probabilidad de introducción en la cuenca del río Guadiana	8
2.3	Los efectos de las especies exóticas invasoras en la cuenca del río Guadiana	10
3	Elementos de los análisis coste-beneficio: aspectos a considerar	12
3.1	Costes: medidas para la gestión, control y posible erradicación de especies exóticas invasoras....	12
3.2	Beneficios: las pérdidas evitadas gracias a la gestión, control y posible erradicación de especies exóticas invasoras.....	14
3.3	Otros parámetros de los análisis coste-beneficio.....	23
4	Conclusiones de los análisis coste-beneficio de especies exóticas invasoras	26
5	Referencias bibliográficas	28

Análisis coste-beneficio de la gestión, control y posible erradicación de las especies invasoras del camalote y del nenúfar mejicano en la cuenca del río Guadiana

1 Introducción

1.1 Las especies exóticas invasoras y sus efectos económicos

En los últimos veinte años ha emergido una conciencia, tanto en el plano académico como político y, en el mejor de los casos, también ciudadano, sobre la problemática asociada a la presencia de especies exóticas invasoras, esto es, especies que, debido a sus especiales características y/o a la modificación del ecosistema hospedador, consiguen implantarse fuera de su área original de distribución con tanto éxito que llegan a afectar al entorno que las acoge.

De hecho, esta conciencia emergente no se origina tanto por la simple existencia de especies en ecosistemas ajenos a su distribución original sino por la capacidad de algunas de estas especies alóctonas de convertirse en agente de cambio, amenazando a la diversidad biológica nativa y, en su caso, generando problemas sobre la economía, la salud y, en general, el bienestar de la sociedad. Una parte importante de los cultivos o de las especies utilizadas para jardinería, por ejemplo, son especies exóticas, pero la incapacidad de gran parte de ellas para establecerse en los ecosistemas sin intervención humana hace que no puedan considerarse un agente de cambio, quedando por ello estas especies alejadas de la problemática asociada a las especies exóticas invasoras.

En definitiva, las especies exóticas invasoras lo son por los efectos que ocasiona su presencia más que por el hecho de que sean especies alóctonas. Estos efectos pueden tener una incidencia muy directa sobre la actividad económica (presencia masiva de plantas en cauces que dificultan la navegabilidad o la pesca comercial), por lo que la presencia de la especie captará rápidamente la atención de la sociedad, pero también pueden existir efectos menos evidentes (entre los más comunes, la alteración de los equilibrios ecológicos del entorno) o, incluso, efectos positivos (ictiofauna exótica de interés para la pesca deportiva). La legislación nacional y comunitaria establecen la obligatoriedad de las administraciones públicas de actuar frente a la presencia de especies exóticas invasoras, pero existe tanto margen en la definición de esta actuación, en la concreción de su naturaleza y/o de su intensidad, que las administraciones públicas necesitan de más información para adecuar su actuación a las características de la invasión. -

De forma adicional, vivimos en un entorno de escasez de recursos (restricciones presupuestarias) y diversidad de objetivos y necesidades (usos del agua, distintas especies exóticas invasoras, etc.), por lo que no es posible hacer todo con la máxima intensidad, a veces ni siquiera con la intensidad necesaria. De este entorno de restricciones nace la necesidad de ordenar prioridades, escalar actuaciones y, en definitiva, tomar de decisiones respecto a qué, cómo y dónde se hace, decisiones que serán tan acertadas como buena sea la información sobre la que se basan. En este sentido, y sin vocación de exclusividad, con la intención de que sea un criterio más a tener en cuenta, la ciencia económica proporciona herramientas de indudable valor para informar este tipo de decisiones que las administraciones competentes han de tomar en relación con las especies exóticas invasoras. De hecho, la legislación ya establece la necesidad de actuar contra las especies exóticas invasoras sin tener en cuenta un criterio económico, por lo que la ciencia económica no tendría por qué informar sobre si actuar o no (aunque lo puede hacer y puede resultar interesante escuchar su voz) y sí en relación, por ejemplo, a sobre qué especies conviene actuar primero o sobre qué combinación de medidas permiten alcanzar mejor, o más pronto, o de forma más segura, determinado objetivo.

La utilización de herramientas proporcionadas por la ciencia económica para informar la toma de decisiones es una práctica ampliamente consolidada, establecida incluso normativamente desde distintas

Análisis coste-beneficio de la gestión, control y posible erradicación de las especies invasoras del camalote y del nenúfar mejicano en la cuenca del río Guadiana

instituciones: por ejemplo, la Comisión Europea, mediante el Reglamento (UE) N° 1303/2013¹, establece la obligatoriedad de realizar un “análisis coste-beneficio, incluidos un análisis económico y financiero y una evaluación de riesgos” para que un “gran proyecto” (coste subvencionable superior a 50 o 75 millones de euros, dependiendo del tipo de proyecto) pueda ser aprobado. Aunque esta obligación se establece para estos grandes proyectos, su presencia explícita en la legislación comunitaria no puede sino entenderse como un potente indicador del potencial de estas herramientas económicas para informar la toma de decisiones; de forma adicional, la *Gobernanza y estrategias para la lucha contra las especies invasoras en la cuenca del Guadiana* (CHG, 2021a) reconoce la utilidad de los estudios de coste/beneficio y su capacidad de informar a la toma de decisiones.

Además, la práctica del análisis coste-beneficio, especialmente en su perspectiva social, precisa de herramientas complementarias propias de la ciencia económica, como los distintos métodos de valoración económica de cambios en la calidad ambiental (costes evitados/inducidos, precios hedónicos, valoración contingente, etc.) que permiten incorporar al análisis coste-beneficio efectos, ya sean positivos o negativos, que, por no ser objeto de intercambio en los mercados, correrían serio peligro de no ser tenidos en cuenta en el proceso de toma de decisiones.

En definitiva, existen suficientes motivos para incorporar al proceso de toma de decisiones estas herramientas proporcionadas por la ciencia económica, no tanto para que se erijan como criterio principal en dicho proceso de toma de decisiones sino por su capacidad para completarlo, para incorporar al análisis elementos quizás olvidados o no tenidos en cuenta adecuadamente.

1.2 Objeto del estudio

En este entorno institucional y académico de preocupación alrededor de la extensión de las especies exóticas invasoras en distintos ecosistemas, del impacto económico que producen y de la necesidad e interés de tomar decisiones informadas al respecto, la Confederación Hidrográfica del Guadiana encargó a Tragsatec la realización del estudio *Análisis coste-beneficio de la gestión, control y posible erradicación de las especies invasoras del camalote y del nenúfar mejicano en la cuenca del río Guadiana*. Este encargo abordará la problemática de dos especies exóticas invasoras concretas (camalote y nenúfar mejicano) en el río Guadiana desde una perspectiva económica, recopilando y analizando los costes en los que se ha incurrido y los beneficios que se derivan de su gestión, control y posible erradicación y ofreciendo información y criterios respecto a la racionalidad económica de las acciones realizadas hasta la fecha y de las acciones a realizar en el futuro para alcanzar, en el mejor de los casos, la erradicación de estas dos especies en la cuenca del río Guadiana.

A efectos prácticos, en encargo se ha dividido en tres informes distintos, a saber:

- Revisión de antecedentes: análisis coste-beneficio y gestión, control y erradicación de especies invasoras.
- Análisis coste-beneficio de la gestión, control y posible erradicación del camalote y del nenúfar mejicano en la cuenca del río Guadiana.

¹ Reglamento (UE) N° 1303/2013 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 17 de diciembre de 2013, por el que se establecen disposiciones comunes relativas al Fondo Europeo de Desarrollo Regional, al Fondo Social Europeo, al Fondo de Cohesión, al Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural y al Fondo Europeo Marítimo y de la Pesca, y por el que se establecen disposiciones generales relativas al Fondo Europeo de Desarrollo Regional, al Fondo Social Europeo, al Fondo de Cohesión y al Fondo Europeo Marítimo y de la Pesca, y se deroga el Reglamento (CE) no 1083/2006 del Consejo

Análisis coste-beneficio de la gestión, control y posible erradicación de las especies invasoras del camalote y del nenúfar mejicano en la cuenca del río Guadiana

- Elementos de aprendizaje para el análisis coste-beneficio de la gestión, control y erradicación de otras especies invasoras en la cuenca del río Guadiana.

En este tercer informe del encargo se pretenden exponer aquellos **recursos, criterios e información** que pudieran resultar útiles para, en el futuro, realizar análisis de las **actuaciones de gestión, control y posible erradicación** en relación a **otras especies exóticas invasoras**, ya sea de aquellas ya instaladas en la cuenca del río Guadiana (almeja asiática, briozoos, pez chino, helecho de agua, caracol del cieno y elodea africana) como de otras sobre las que se ha identificado un riesgo relevante de que pudieran aparecer en el futuro (mejillón cebra, caracol manzana y *Luwidgia sp.*).

De esta forma, en el **capítulo 2** se identifican, en primer lugar, las **especies exóticas invasoras** ya presentes y, en segundo lugar, aquellas sobre las que se ha identificado un riesgo significativo de que se extiendan hasta la cuenca del río Guadiana. En esta identificación se procede a una descripción somera de cada especie y de su historia en relación con su presencia en la **cuenca del río Guadiana** o en sus proximidades, centrandó concretamente la exposición en aquellos impactos que genera o que puede generar.

Posteriormente, una vez identificadas estas especies y los efectos que su actual o futura presencia pudieran ocasionar, se procederá en el **capítulo 3** a extraer los **recursos, criterios e información** que pudieran tener mayor relevancia de entre lo aprendido en la realización del análisis coste-beneficio de la gestión, control y gestión del camalote y de la estimación de los beneficios derivados de la gestión del nenúfar mejicano. En este capítulo se hará un recorrido sobre cada uno de los efectos que estas especies exóticas invasoras pudieran generar, aprovechando lo aprendido sobre cada uno de ellos durante la redacción del segundo informe del encargo.

Por último, en el **capítulo 4** se recogerán las **principales conclusiones** que pueden extraerse de este tercer informe que puedan resultar relevantes a la hora de abordar futuros análisis sobre actuaciones de gestión, control y posible erradicación de especies exóticas invasoras ya presentes o susceptibles de aparecer en el futuro en la cuenca del río Guadiana.

Análisis coste-beneficio de la gestión, control y posible erradicación de las especies invasoras del camalote y del nenúfar mejicano en la cuenca del río Guadiana

2 Especies exóticas invasoras en la cuenca del río Guadiana

Tal y como se establece en el artículo 64 de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, la inclusión de una especie en el **Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras** conmina al Ministerio y a las comunidades autónomas a la **elaboración de “estrategias que contengan las directrices de gestión, control o posible erradicación de las especies”** incluidas en dicho catálogo, “*otorgando prioridad a aquellas especies que supongan un mayor riesgo para la conservación de la fauna, flora o hábitats autóctonos amenazados*”. Dentro de este marco legislativo, la Confederación Hidrográfica del Guadiana elaboró en 2016 el documento *Gobernanza y estrategias para la lucha contra las especies invasoras en la cuenca del Guadiana* (CHG, 2016), actualizado recientemente (CHG, 2021a): en él se identifican las especies exóticas invasoras presentes en la cuenca del río Guadiana y aquellas que mayor potencial tienen de implantarse en la misma, centrándose posteriormente en las estrategias de lucha de especies exóticas invasoras concretas, como el camalote (Anexo II de CHG, 2016 y 2021b).

A escala nacional, existe la *Estrategia de gestión, control y posible erradicación del camalote* (*Eichhornia crassipes*) (MITECO, 2019), aunque no existe un documento equivalente para el nenúfar mejicano, debido a la mayor prioridad que ha sido otorgada a la primera especie respecto a la segunda, por su extensa presencia en los ecosistemas españoles y por los daños que genera.

El análisis coste-beneficio realizado en un informe anterior del presente encargo² presenta una evaluación de las **actuaciones pasadas y futuras** realizadas y previstas para la **gestión, control y posible erradicación del camalote** (*Eichhornia crassipes*), así como una **identificación y evaluación de los beneficios** que se generarían por la **gestión, control y posible erradicación del nenúfar mejicano** (*Nymphaea mexicana*). Existen, no obstante, otras especies exóticas invasoras en la cuenca que, no habiendo generado aún efectos tan importantes como los de estas especies (y, en especial, como los del camalote), son susceptibles en el futuro de precisar medidas concretas, para cuya definición y rentabilidad puede informar el ejercicio realizado sobre la gestión del camalote y del nenúfar mejicano.

En el presente epígrafe se procede a **identificar otras especies exóticas invasoras**, diferenciando entre las ya presentes en la cuenca del río Guadiana y las que tienen una alta probabilidad de introducción en la misma, y, especialmente, los **efectos que producen o pudieran producir sobre el ecosistema y sobre la economía de la zona**. A partir de esta identificación, en posteriores capítulos se reconocerán **metodologías, procedimientos, fuentes de información e, incluso, resultados** del análisis coste-beneficio realizado previamente sobre la gestión del camalote y de la identificación y cálculo de los beneficios de la gestión del nenúfar mejicano que pudieran ser de aplicación a la gestión de estas otras especies exóticas invasoras.

2.1 Especies exóticas invasoras presentes en la cuenca del río Guadiana

Además del camalote (*Eichhornia crassipes*) y del nenúfar mejicano (*Nymphaea mexicana*), en la cuenca del río Guadiana se encuentran presentes otras especies exóticas invasoras, a saber: la **almeja asiática** (*Corbicula fluminea*), los **briozoos**, el **pez chino** (*Pseudorasbora parva*), el **helecho de agua** (*Azolla filiculoides*), el **caracol del cieno** (*Potamopyrgus antipodarum*) y la **elodea africana** (*Lagarosiphon major*)

² *Análisis coste-beneficio de la gestión, control y posible erradicación del camalote y del nenúfar mejicano en la cuenca del río Guadiana*

Análisis coste-beneficio de la gestión, control y posible erradicación de las especies invasoras del camalote y del nenúfar mejicano en la cuenca del río Guadiana

(CHG, 2021a). Cuatro de estas especies están incluidas en el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras (almeja asiática, pez chino, helecho de agua y caracol del cieno), aunque no se ha publicado hasta la fecha para ninguna de ellas una estrategia de gestión, control y posible erradicación.

La **almeja asiática** es una almeja pequeña, originaria de Asia meridional e introducida de forma accidental en la década de los 70 en Portugal y, desde allí, extendida a España, estando también presente en América y en otros países europeos: la primera cita en la Península Ibérica data de 1980 (Mouthon, 1981, en Pérez-Quintero, 2008) y localizándose por primera vez en la cuenca del río Guadiana en la Ribera Grande, afluente del río Guadiana, en 1988 (Pérez-Quintero, 1990; Pérez-Quintero, 2008). Desde entonces, ha continuado su avance aguas arriba, habiéndose localizado a principios del presente siglo ya en el embalse de Montijo (Pérez-Bote y Fernández, 2008).

Para la calificación de una especie exótica como invasora, a tenor de la definición de especie exótica invasora establecida en el artículo 3 de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, modificada por la Ley 33/2015, de 21 de septiembre, resulta tan relevante el origen foráneo de la misma como los efectos que puede tener sobre la diversidad biológica nativa. En este sentido, la literatura cita la **enorme capacidad de modificación del ecosistema** que tiene la almeja asiática, entrando en competencia tanto por el alimento (elevada tasa de filtración) como por el espacio con especies de bivalvos autóctonos (Sousa *et al.*, 2008; Lucy *et al.*, 2012; Haubrock *et al.*, 2022). La capacidad de transformación de la almeja asiática también se manifiesta en algunos efectos beneficiosos para el ecosistema (su elevada tasa de filtración puede mejorar la claridad del agua y frenar procesos de eutrofización), pero son los **efectos sobre las infraestructuras hidráulicas** los que hacen emerger de forma más evidente la preocupación alrededor de la presencia de esta especie: Haubrock *et al.* (*op. cit.*) ofrecen datos en relación con daños de la especie en **instalaciones de generación de energía eléctrica** en Estados Unidos, donde la especie lleva mucho más tiempo instalada, mientras que Rosa *et al.* (2011) constata que en Portugal la principal **afectación** es al **regadío**. Más allá de estos impactos identificados por la literatura en ámbitos geográficos más o menos alejados de la cuenca del Guadiana, también existen informes sobre los efectos de la almeja asiática en el propio río Guadiana: esta especie altera de forma alarmante los ecosistemas en los que está presente, además de ocasionar problemas de obturación en las tuberías de regadío como consecuencia del cúmulo de ejemplares adultos de la especie (CHG, 2009).

En definitiva, puede concluirse que la almeja asiática produce, fundamentalmente, modificaciones sustanciales de los ecosistemas en los que se establece y problemas de obstrucción y taponamiento de infraestructuras hidráulicas (generación de energía eléctrica, regadíos, abastecimiento urbano e industrial, etc.)³.

Por su parte, el **helecho de agua** se encuentra presente en la Península Ibérica desde hace un siglo y, en España, desde mediados del siglo pasado (García-Murillo *et al.*, 2007), siendo las citas en el sur de España muy recientes, del año 2000. Dentro de la denominación de helecho de agua suelen incluirse múltiples especies del género *Azolla* de muy difícil distinción, aunque se ha concluido que la especie presente en la Península Ibérica es la *Azolla filiculoides* Lam. (Salvo, 1990; Pereira *et al.*, 2001, ambos citados por *ibid.*), procedente de América del Sur (McConnachie *et al.*, 2003).

El rápido crecimiento de esta planta (un crecimiento diario del 15%, o un período de cuatro o cinco días en el que se dobla su biomasa) (García-Murillo *et al.*, *op. cit.*) hace que pueda llegar a formar extensas

³ https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-especies/corbiculaflumineamuller1774_tcm30-436578.pdf

Análisis coste-beneficio de la gestión, control y posible erradicación de las especies invasoras del camalote y del nenúfar mejicano en la cuenca del río Guadiana

manchas flotantes, **dificultando el intercambio gaseoso entre el agua y el aire** e impidiendo el normal desarrollo de las plantas y algas sumergidas (*ibid.*). De nuevo, también se citan problemas relacionados con el uso del agua, como su **afectación al regadío** o a los **usos recreativos** (*ibid.*). En el año 2020 se produjeron explosiones poblacionales de la especie en algunos puntos del río Guadiana, que causaron fuertes **alarmas sociales** (CHG, 2021a).

De nuevo, la capacidad de modificación del ecosistema y sus efectos sobre determinados usos del agua son las principales preocupaciones ocasionadas por la presencia de *Azolla filiculoides* Lam. en un curso de agua⁴; ciertas características de esta especie son muy similares a las del camalote o del nenúfar mejicano (planta flotante, rápido crecimiento, etc.), por lo que es de esperar efectos también muy similares.

Sin embargo, la presencia del **pez chino** (*Pseudorasbora parva*) en la cuenca del Guadiana tiene repercusiones diferentes, especialmente desde el punto de vista de impacto económico. Procedente del este de Asia (Japón, Corea, China oriental, etc.), se conoce su presencia en España desde 2002 en la cuenca del Ebro y desde 2010 en la cuenca del Guadiana, concretamente en el río Alcollarín (Aparicio *et al.*, 2012), que cruza la Zona Regable de Orellana y desemboca en el río Rucas en las proximidades de Don Benito. Los últimos datos apuntan a la rápida extensión de la especie en el tramo medio del río Guadiana, citándose en el año 2019 su presencia a la altura del embalse de Montijo (CHG, 2021a).

Los **efectos** de esta especie se manifestarían no tanto sobre determinadas actividades económicas sino **sobre el ecosistema acuático**: es una especie que presenta una elevada tasa reproductiva, es portador de un parásito intracelular eucariota (*Sphaerotecum destruens*) que impide el crecimiento y reproducción de otros peces y depreda vorazmente sobre huevos, alevines y ejemplares de especies piscícolas autóctonas (CHG, 2021a). En lugares donde está existe aprovechamiento de la **acuicultura**, la presencia de esta especie puede llegar a producir **importantes pérdidas económicas** (Musil *et al.*, 2014; van der Veer y Nentwig, 2014), pero en la cuenca del río Guadiana sus efectos se manifestarán, según avanza su expansión —actualmente, según CHG (*op. cit.*) se encuentra en plena expansión por la cuenca media del Guadiana—, en la **ictiofauna**. De esta forma, en la medida en la que la salud de la ictiofauna pueda sufrir repercusiones, además de sobre la ecología de los cauces afectados, en la **pesca deportiva**, el pez chino también podría llegar a repercutir sobre esta actividad recreativa.

Por su parte, la Confederación Hidrográfica del Guadiana, fruto de los trabajos de *Inspección periódica de infraestructuras hidráulicas en la cuenca del Guadiana para prevenir la entrada de especies exóticas invasoras*, informó sobre la presencia en la cuenca de **brizozoos**, pequeños organismos coloniales que reciben el nombre común de “animales musgo” por el aspecto que adquiere la colonia con su crecimiento; en concreto, se ha detectado la presencia del género *Plumatella*, especie que tantos daños causa sobre las infraestructuras de riego del bajo Guadalquivir (CHG, 2021a).

La presencia de estos organismos parece explicarse por su llegada en el agua de los tanques de lastre de las embarcaciones (Kipp *et al.*, 2010), en los que se conservan los estatoblastos, forma de reproducción y de resistencia de la especie que se mantienen latentes durante décadas.

Los efectos de estos organismos se materializan de forma especialmente intensa en la **obstrucción de instalaciones e infraestructuras de riego** y en el **incremento de costes de mantenimiento y limpieza** de las mismas, aunque no pueden descartarse también **efectos sobre la biodiversidad**: en este

⁴ https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-especies/azollaspp_tcm30-439630.pdf

Análisis coste-beneficio de la gestión, control y posible erradicación de las especies invasoras del camalote y del nenúfar mejicano en la cuenca del río Guadiana

sentido, Scott y terHorst (2019) concluyen que pueden aparecer relaciones ecológicas positivas o inhibidoras con las especies de la comunidad y que el balance neto de las mismas dependerán del contexto ambiental y de la comunidad ecológica.

Otra de las especies exóticas invasoras presentes en la cuenca del río Guadiana es el denominado **caracol del cieno** (*Potamopyrgus antipodarum*), cuya primera cita data del año 2003 en el Canal de Orellana (Bech-Taberner y Altamiras-Roset, 2003) y donde se confirmó su presencia en 2019 y 2020 dentro de los trabajos de inspección de especies exóticas invasoras llevados a cabo por la Confederación Hidrográfica del Guadiana (CHG, 2021a).

La especie, originaria de los lagos de Nueva Zelanda y de sus islas litorales, es un pequeño gasterópodo con una alta tasa reproductiva, motivos principales del éxito de su expansión: su tamaño le permite ser transportado accidentalmente por los humanos sin ser advertido y las hembras pueden llegar a tener descendencia sin ser fecundada por un macho⁵ (*ibid.*). El éxito de su colonización parece asociado a las características del entorno en el que aparece: es un exitoso colonizador de espacios vacíos, típicos de etapas tempranas del proceso ecológico de sucesión, pero encuentra más dificultades para su implantación en comunidades nativas intactas (Alonso y Castro-Díez, 2008). Esto podría explicar su presencia en el Canal de Orellana, un entorno ampliamente modificado por la acción humana (especialmente, vertidos de materia orgánica y eutrofización y corrientes con velocidades no muy elevadas), aunque la literatura advierte de que los ecosistemas más naturalizados tampoco se encuentran totalmente fuera de peligro (Alonso y Castro-Díez, *op. cit.* y 2015); de hecho, algunos estudios más recientes indican que serían los ecosistemas menos intervenidos los más proclives a la invasión por parte de esta especie (Geist *et al.*, 2022).

En definitiva, no existe mucha información, o incluso la que existe es contradictoria, sobre los impactos de la especie en la estructura y funcionamiento de los **ecosistemas acuáticos** que invade (Alonso y Castro-Díez, 2008 y 2015; Geist *et al.*, 2022), sin duda debido a la rápida expansión que está teniendo la especie en los últimos años. En cualquier caso, la literatura consultada **no** ha mencionado **impactos** directos sobre **actividades económicas**, aunque sin duda la alteración de los ecosistemas que parece capaz de producir esta especie merece una especial atención.

La última de las especies exóticas invasoras que la Confederación Hidrográfica del Guadiana menciona como ya presente en su cuenca hidrológica es la **elodea africana** (*Lagarosiphon major*) (CHG, 2021a), una planta acuática del sur de África que fue citada por primera vez en la cuenca en el año 2010 (Sánchez Gullón *et al.*, 2010). Esta especie se encuentra incluida en la Lista de Especies Exóticas Invasoras pre-ocupantes para la Unión (CHG, *op. cit.*), aunque no ha sido incluida a fecha de redacción del presente informe (marzo de 2022) en el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras.

La elodea africana se reproduce velozmente de forma vegetativa, invadiendo de forma agresiva el medio y desplazando a la vegetación acuática autóctona (Sánchez Gullón *et al.*, *op. cit.*). Sus **efectos**, tanto sobre el **ecosistema** como sobre **las infraestructuras hidráulicas**, son muy similares a los de otras plantas exóticas invasoras presentes también en la cuenca del río Guadiana que se comportan de forma similar, como el camalote o el nenúfar mejicano: además de ocasionar **impactos sobre las especies o sus po-**

⁵ https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-especies/potamopyrgusantipodarumgray1843_tcm30-436589.pdf

Análisis coste-beneficio de la gestión, control y posible erradicación de las especies invasoras del camalote y del nenúfar mejicano en la cuenca del río Guadiana

blaciones, hábitats y ecosistemas, su capacidad de formar masas flotantes densas puede hacer bloquear **sistemas hidráulicos**, así como dificultar el **paso de embarcaciones** y limitar las **actividades recreativas** como nadar y pescar (CHG, *op. cit.*).

En definitiva, las especies exóticas invasoras presentes actualmente en la cuenca del río Guadiana, además del camalote y del nenúfar mejicano, tendrían efectos especialmente sobre la ecología de los cursos fluviales, existiendo además impactos sobre determinadas actividades económicas (producción de energía eléctrica, regadío, etc.) y recreativas (pesca deportiva) que, como se vio en el análisis coste-beneficio de la gestión, control y posible erradicación del camalote y del nenúfar mejicano en la cuenca del río Guadiana, pueden llegar a alcanzar magnitudes considerables.

2.2 Especies exóticas invasoras con alta probabilidad de introducción en la cuenca del río Guadiana

Más allá de las especies presentes actualmente en la cuenca del río Guadiana (camalote, nenúfar mejicano, almeja asiática, helecho de agua, briozoos, pez chino, caracol del cieno y elodea africana), la dinámica de expansión de algunas otras especies y la proximidad geográfica de sus citas sugieren el riesgo de que otras especies exóticas invasoras tengan el potencial de aparecer en la cuenca del río Guadiana.

CHG (2021a) menciona en concreto tres especies con potencial riesgo de introducción en la cuenca del río Guadiana: el **mejillón cebra**, el **caracol manzana** y ***Luwidgia sp.***, las dos primeras incluidas en el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras. La presencia de estas especies en otras cuencas hidrográficas de la Península Ibérica permite identificar los posibles efectos que su presencia podría ocasionar en la cuenca del río Guadiana y, con ello, proporcionar argumentos para la vigilancia y las medidas de detección temprana que actualmente ya desarrolla la Confederación Hidrográfica del Guadiana.

El **mejillón cebra** (*Dreissena polymorpha*), originario de los mares Negro y Caspio, fue localizado por primera vez en España, en el tramo bajo del río Ebro, en 2001 y en estos veinte años ya se ha extendido a ocho comunidades autónomas: Andalucía, Aragón, Cataluña, Castilla y León, La Rioja, Comunidad Foral de Navarra, País Vasco o Euskadi y Comunidad Valenciana (CHG, 2016 y 2018). Sólo un año después, en 2002, los importantes daños que generó la especie en muchas infraestructuras ya llamaron la atención sobre las repercusiones que tendría la presencia de la especie, confirmándose la seriedad de la invasión a finales de 2006 (Rodríguez-Labajos *et al.*, 2009). A partir de 2005 comienzan a producirse citas en otras cuencas como la del Júcar y la del Segura (MARM, 2009), constatándose de esta forma la extensión de este bivalvo a otras cuencas hidrográficas.

La elevada tasa de reproducción de la especie hace que colonice rápidamente los ambientes en los que logra establecerse, produciendo una **fuerte transformación del ecosistema** a partir de la alteración de la cadena trófica y de su competencia con bivalvos autóctonos (*ibid.*); sin embargo, son los **daños a infraestructuras hidráulicas** los efectos más conocidos, con afectaciones a **plantas de generación de energía eléctrica, sistemas de riego y abastecimiento urbano** (*ibid.*; Rodríguez *et al.*, 2017; Haubrock *et al.*, 2022), llegando a afectar también al **turismo** en caso de la acumulación de individuos muertos⁶.

⁶ https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-especies/dreissenapolymorphapallas1771_tcm30-436580.pdf

Análisis coste-beneficio de la gestión, control y posible erradicación de las especies invasoras del camalote y del nenúfar mejicano en la cuenca del río Guadiana

La importancia de los efectos que esta especie provoca y su rápida extensión a distintas cuencas del este, del norte y recientemente también del sur de España provocó que se aprobara en el año 2007 una estrategia para el control de la especie (MARM, 2009). El objetivo de esta estrategia nacional es controlar a la especie en los lugares ya colonizados (su erradicación se presume ya imposible, salvo en masas de agua cerradas) e impedir o limitar su expansión.

La especie no ha sido detectada en la cuenca del río Guadiana, estableciéndose desde el año 2007 un sistema de vigilancia para detectar larvas planctónicas de la especie, que posteriormente fue integrado en una estrategia más amplia de lucha contra el mejillón cebra (CHG, 2018), con medidas de prevención para reducir el riesgo de entrada de la especie (entre las que se integra el sistema de vigilancia mencionado anteriormente como medida de detección precoz) y con una propuesta de actuaciones en caso de que se detecte en la cuenca.

Por su parte, el **caracol manzana** (*Pomacea insularum*) fue citado por primera vez en Europa en el año 2009 en el Delta del Ebro: entre agosto y septiembre ya había colonizado la mitad de los canales de la zona norte del delta, así como el cauce principal del río Ebro (López *et al.*, 2010, en Joshi y Vélez, 2017). La invasión se había extendido por 9 500 hectáreas cinco meses después, provocando daños graves sobre las cosechas de arroz.

Esta especie, originaria de América del Sur, es muy voraz y generalista, capaz de alimentarse de un gran número de plantas vasculares pero que muestra especial predilección por los **arrozales** (CHG, 2016). Además de estos **daños a la agricultura** y, en especial, a las cosechas de arroz, y de su impacto sobre los **ecosistemas de zonas húmedas** en los que se instala, el caracol manzana es huésped temporal del nematodo *Angiostrongylus catonensis*, que puede ocasionar meningitis en humanos⁷ si se consume mal cocinado.

La existencia de esta especie en el Delta del Ebro y su afiliación al cultivo del arroz, junto con su uso como especie ornamental de acuarios, hace que su expansión a otras zonas de la Unión Europea en la que se cultiva arroz (como podrían ser las Zonas Regables de Montijo y de Lobón en la cuenca del río Guadiana) sea moderadamente probable (MARM, 2011); es considerado un organismo nocivo en términos de sanidad vegetal, pero, como se ha comentado anteriormente, su voracidad hace que no sólo genere daños importantes sobre los cultivos, y especialmente sobre el arroz, sino sobre otros elementos de la ecología de los humedales.

Por último, la detección de ***Luwidgia sp.*** en la vecina cuenca del Tajo, en el río Salor (afluente por la izquierda del río Tajo), hace que desde la Confederación Hidrográfica del Guadiana se preste especial atención a esta especie (CHG, 2021a), para que su detección temprana en caso de instalarse en la cuenca facilite su gestión. Esta planta enraiza en el lecho de la masa de agua desde donde extiende tallos que se ramifican hasta alcanzar la superficie, con una parte aérea que sobresale con una floración amarilla de gran tamaño (*ibid.*). De nuevo, esta morfología y la rápida reproducción vegetativa confluyen para configurar un comportamiento invasor muy agresivo: el rápido crecimiento de su biomasa llega a modificar las **condiciones físico-químicas del agua** (como la presencia de oxígeno disuelto), además de alterar las **comunidades vegetales autóctonas** y produciendo una merma muy importante de la biodiversidad

⁷ https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-especies/familiaampullariidaengelmfmknuh_tcm30-436584.pdf

Análisis coste-beneficio de la gestión, control y posible erradicación de las especies invasoras del camalote y del nenúfar mejicano en la cuenca del río Guadiana

en los sistemas naturales afectados. De forma adicional, puede causar problemas a la **navegación fluvial** y **aprovechamientos pesqueros**, al llegar a formar diques vegetales en ríos y canales⁸ (*ibid.*).

Más allá de los riesgos asociados a la potencial aparición de estas especies en la cuenca del río Guadiana, la literatura consultada, además de los resultados del análisis coste-beneficio de la gestión, control y posible erradicación del camalote y del nenúfar mejicano en la cuenca del río Guadiana, las tareas de vigilancia que desarrolla la Confederación Hidrográfica del Guadiana para el conocimiento temprano de la aparición de estas especies en su ámbito de actuación serán siempre más coste-efectivas que las acciones a realizar una vez las mismas llegaran a instalarse de forma estable en la cuenca.

2.3 Los efectos de las especies exóticas invasoras en la cuenca del río Guadiana

De la relación de especies exóticas invasoras presentes en la cuenca del río Guadiana o susceptibles de instalarse en la misma expuesta en páginas anteriores, y de la identificación de efectos que las mismas ocasionan o podrían llegar a ocasionar, pueden extraerse algunas conclusiones.

En primer lugar, **todas estas especies exóticas invasoras** tienen en común su capacidad de **transformación del ecosistema** en el que se instalan, llegando a alterar significativamente la diversidad biológica y las condiciones abióticas que lo sostiene y, con ello, el **funcionamiento del ecosistema**. Esta transformación se basa en la modificación de las condiciones abióticas del ecosistema (oxígeno disuelto en el agua, insolación, competencia por el espacio, etc.) y/o en la alteración de las cadenas tróficas; en definitiva, la proliferación sin control de estas especies provocaría una modificación prácticamente total de los ecosistemas que los acogen, entornos fluviales y riparios bajo protección en muchas ocasiones como espacios protegidos Red Natura 2000 que podrían llegar a perder las razones de dicha protección.

Lamentablemente, estos efectos tan comunes a las especies exóticas invasoras tienen una **incorporación compleja al marco de un análisis coste-beneficio**, debido a la dificultad de traducir los cambios en el funcionamiento de los ecosistemas a variaciones de bienestar social. Como se desarrollará en páginas posteriores, una aproximación, sin duda parcial, a la valoración económica de estos cambios en la diversidad biológica puede basarse en los **costes de oportunidad** de la conservación de los espacios protegidos que la acogen, más allá de otras aproximaciones específicas relacionadas con los usos del agua y de estos espacios (abastecimiento urbano, agrícola e industrial, actividades recreativas, etc.), relacionados en ocasiones con la propia diversidad biológica pero que pueden abordarse mediante otras metodologías complementarias.

Estos otros efectos que podrían denominarse económicos son también muy generales a las especies exóticas invasoras, aunque pueden mencionarse dos especies (pez chino y caracol del cieno) cuya presencia no tendría efectos directos sobre las actividades económicas que se desarrollan en la cuenca del río Guadiana.

Entre estos **efectos económicos** cabe mencionar la **obstrucción de infraestructuras hidráulicas**, que puede asociarse tanto a especies vegetales (helecho de agua, elodea africana y *Luwidgia sp.*) como animales (almeja asiática, briozoos y mejillón cebrá) de las identificadas en páginas anteriores. La magnitud de los efectos económicos de estas especies dependerá de los **usos del agua** que pudieran verse afectados: la existencia de **agricultura de regadío** tendría importantes repercusiones sobre la economía de

⁸ https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-especies/ludwigiaspp_tcm30-439699.pdf

Análisis coste-beneficio de la gestión, control y posible erradicación de las especies invasoras del camalote y del nenúfar mejicano en la cuenca del río Guadiana

la zona, sin olvidar que estas especies podrían llegar a comprometer el **aprovechamiento hidroeléctrico** que pudiera estar presente o, incluso, complicar o encarecer el **abastecimiento urbano e industrial** en caso de verse afectadas infraestructuras relacionadas con estos usos.

Por último, los efectos del caracol manzana sobre los **cultivos de arroz** se deben directamente al consumo que el animal hace de este cultivo en las etapas más tempranas de crecimiento, llegando a afectar gravemente a las cosechas de este cereal. En la cuenca del río Guadiana existen cultivos de arroz, por lo que la irrupción de esta plaga en la cuenca afectaría a la productividad de los arrozales.

Análisis coste-beneficio de la gestión, control y posible erradicación de las especies invasoras del camalote y del nenúfar mejicano en la cuenca del río Guadiana

3 Elementos de los análisis coste-beneficio: aspectos a considerar

Una vez identificadas las especies exóticas invasoras presentes o susceptibles de instalarse en la cuenca del río Guadiana y los efectos que podrían causar, a continuación se procede a realizar algunos comentarios que emanan del análisis coste-beneficio de la gestión, control y posible erradicación del camalote y de la estimación de beneficios sobre la gestión del nenúfar mejicano realizado en una fase previa del encargo y que resultarán útiles tanto para la gestión de estas otras especies exóticas invasoras como, en su caso, para futuros análisis coste-beneficio de esta gestión.

3.1 Costes: medidas para la gestión, control y posible erradicación de especies exóticas invasoras

En un análisis coste-beneficio de la gestión, control y posible erradicación de especies exóticas invasoras, las partidas de coste se corresponderán con los recursos que la entidad competente deberá destinar para ejecutar las medidas de gestión, control y posible erradicación de las mismas.

La literatura reconoce que dichas medidas comienzan antes de que las especies exóticas invasoras aparezcan en un territorio: biólogos y gestores generalmente están de acuerdo en que una respuesta eficiente a las invasiones biológicas requiere priorizar las medidas para prevenir la llegada de una especie potencialmente invasora, la gestión a tiempo de las incursiones y la gestión efectiva de aquellas ya establecidas (Pysek *et al.*, 2020). De esta forma, la **primera medida** que una Administración competente en la gestión de especies exóticas invasoras ha de ejecutar, dentro del ámbito de sus competencias, sería la de **prevenir** la llegada de especies potencialmente invasoras. En este sentido, la Confederación Hidrográfica del Guadiana se dotó de una *Estrategia contra el mejillón cebra en la cuenca del Guadiana* (CHG, 2018), identificando además el riesgo de que otras especies puedan asentarse en la cuenca hidrográfica.

Por otra parte, Muller *et al.* (2021) enuncia una serie de afirmaciones en relación con la gestión de especies exóticas invasoras (*ibid.*, pág. 255):

- Cuanto **antes comience la erradicación** y/o **más contenida** sea la **presencia** de la especie, **más bajos serán los costes**.
- La **erradicación es más cara que otras alternativas**, como la no intervención a corto plazo, pero es **más barata que los impactos a largo plazo de la no intervención** o de programas de control.
- La **prevención** de la entrada de especies exóticas invasoras será **más barata a largo plazo que la erradicación**.

Las dos primeras afirmaciones han sido confirmadas en el análisis coste-beneficio de las medidas de gestión, control y posible erradicación del camalote realizado en el marco del presente encargo. En primer lugar, en términos de rentabilidad financiera, la no erradicación del camalote, es decir el mantenimiento de las actividades de control de las mismas, supondría incurrir siquiera en unos pocos menos beneficios que si se lograra erradicar cuanto antes la especie: la erradicación en 2042 supondría una rentabilidad financiera de 26,43 M€₂₀₂₁, mientras que estos beneficios ascenderían a 26,15 M€₂₀₂₁ si el horizonte de erradicación se extendiera hasta 2061 (de continuar esta tendencia, estos beneficios netos tienden a cero), además de verse incrementados los costes si se extendiera el horizonte de erradicación (desde 128,51 M€₂₀₂₁ a 144,52 M€₂₀₂₁). Por otra parte, la rentabilidad social de las medidas de gestión, control y posible erradicación del camalote es claramente positiva, es decir, en términos sociales, los costes de la erradicación son menores que los impactos de la no intervención.

Análisis coste-beneficio de la gestión, control y posible erradicación de las especies invasoras del camalote y del nenúfar mejicano en la cuenca del río Guadiana

La tercera de las afirmaciones no ha podido corroborarse en el análisis coste-beneficio mencionado en relación con la gestión del camalote, al existir ya un escenario en el que esta especie estaba asentada en la cuenca del río Guadiana. No obstante, existiendo en el caso del mejillón cebrá una estrategia para evitar su implantación (CHG, 2018), no resultaría complicado confrontar los costes asociados a la misma con los beneficios que se derivarían de evitar su introducción, aprovechando los criterios, metodologías y aproximaciones que se han presentado y ejecutado en el análisis coste-beneficio de la gestión, control y posible erradicación del camalote y en la estimación de beneficios asociados a la gestión del nenúfar mejicano y que se expondrán en el capítulo 3.2 del presente informe.

En este sentido, y tal y como se comentó en páginas anteriores, la inclusión de una especie en el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras insta al Ministerio competente y a las comunidades autónomas a elaborar estrategias de gestión, control y posible erradicación, en orden de prioridad atendiendo al riesgo que la especie suponga para la fauna, la flora o los hábitats autóctonos amenazados. Existe, pues, un mandato legal en relación con la actuación de las Administraciones Públicas en relación con la gestión de las especies exóticas invasoras que inhabilita la opción de no intervención como alternativa viable.

Este **mandato legal** podría suponer una mayor conveniencia de la realización de un **análisis coste-eficiencia**, en el que se escoge la alternativa con menores costes que permite alcanzar determinado objetivo, frente a un análisis coste-beneficio, en el que se escoge la alternativa que de la que mayores beneficios netos se obtenga. Sin embargo, **existen distintos elementos que favorecen** la opción de realizar un **análisis coste-beneficio** en el marco de la gestión de las especies exóticas invasoras.

En primer lugar, este **mandato legal** se encuentra **matizado** por la capacidad de la Administración de “[otorgar] *prioridad a aquellas especies que supongan un mayor riesgo para la conservación de la fauna, la flora o hábitats autóctonos amenazados*”. Para la inclusión de una especie en el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras se tendrá en cuenta **la amenaza que suponga la especie** “*para las especies autóctonas, los hábitats o los ecosistemas, la agronomía o para los recursos económicos asociados al uso del patrimonio natural*”. Un **análisis coste-beneficio** permite **informar ambos elementos**: si bien la legislación no establece la obligatoriedad de realizar un análisis coste-beneficio para la inclusión de una especie en ese Catálogo, su ejecución puede informar *a posteriori*, siquiera a modo informativo, **del balance entre los costes de gestión, control y posible erradicación de la especie** y los beneficios de dicha gestión, es decir, la **amenaza** para los ecosistemas, la agronomía y los recursos naturales asociados al patrimonio natural.

En segundo lugar, de los tres grandes métodos empleados tradicionalmente para la gestión, control y posible erradicación de especies exóticas invasoras (control físico o mecánico, control químico y control biológico) (Hussner *et al.*, 2017; Pysek *et al.*, 2020), las **restricciones legales** hacen que únicamente uno pueda en realidad considerarse como **una alternativa viable: el control físico o mecánico** (recogida manual o mecánica de ejemplares, pesca eléctrica, etc.). En la Unión Europea existen fuertes restricciones al uso de herbicidas y agentes de control biológico para gestionar a las plantas acuáticas exóticas e invasoras (Sanz Elorza *et al.*, 2004; Téllez *et al.*, 2008; Pratt *et al.*, 2013; Hussner *et al.*, *op. cit.*; MITECO, 2019); adicionalmente, la recogida mecánica se ha demostrado como el método más efectivo para especies flotantes como el camalote (Laranjeira y Nadais, 2008, en Hussner *et al.*, *op. cit.*).

Ante la ausencia de alternativas de gestión, la oportunidad de un análisis coste-eficiencia desaparece, permitiendo el análisis coste-beneficio al menos conocer la rentabilidad financiera y/o social de las medidas. Se podría reconocer la **posibilidad de plantear distintas opciones de recogida mecánica** (manual, mecanizada, desde el agua o desde la orilla, etc.); en la realidad, **estas alternativas** dentro de los medios mecánicos de gestión de especies exóticas invasoras **se escogen con base en criterios de capacidad, posibilidad de acceso y/o tecnología disponible**. En definitiva, las restricciones en relación

Análisis coste-beneficio de la gestión, control y posible erradicación de las especies invasoras del camalote y del nenúfar mejicano en la cuenca del río Guadiana

con la disponibilidad real de medidas alternativas de gestión, control y posible erradicación de especies exóticas invasoras reducen, cuando no eliminan, las posibilidades de realizar un análisis coste-eficacia, otorgando al **análisis coste-beneficio** un papel **protagonista** a la hora de informar sobre la rentabilidad financiera o económica y social de las medidas de gestión, control y posible erradicación de especies exóticas invasoras.

De entre las especies exóticas invasoras presentes en la actualidad en la cuenca del río Guadiana, pueden identificarse *a priori* algunas para las que podrían identificarse sinergias en cuanto a las medidas de gestión, control y posible erradicación, aunque pueden existir diferencias más o menos sutiles que exijan de actuaciones concretas para especies concretas; el camalote, el nenúfar mejicano, helecho de agua y elodea africana podrían gestionarse empleando medidas muy similares, actuaciones que podrían aplicarse también a *Luwidgia sp.* en el caso de que se constatará su presencia en la cuenca hidrográfica.

Algo similar podría plantearse en relación con una especie ya existente en la cuenca del río Guadiana (la almeja asiática) y otra que no ha sido localizada pero sobre la que puede afirmarse que existe un riesgo significativo de que irrumpa en ella (mejillón cebra). El histórico de actuaciones en relación con el mejillón cebra en la cuenca del río Ebro (Pérez y Chica, 2006 y Laboratorio de Ensayos Técnicas, S.A., 2007, por citar dos ejemplos) permite identificar medidas que podrían aplicarse a la gestión de la almeja asiática en la cuenca del río Guadiana y, en caso de que irrumpiese el mejillón cebra, también de ésta última, pudiéndose generar también sinergias entre las medidas de gestión, control y posible erradicación de ambas especies.

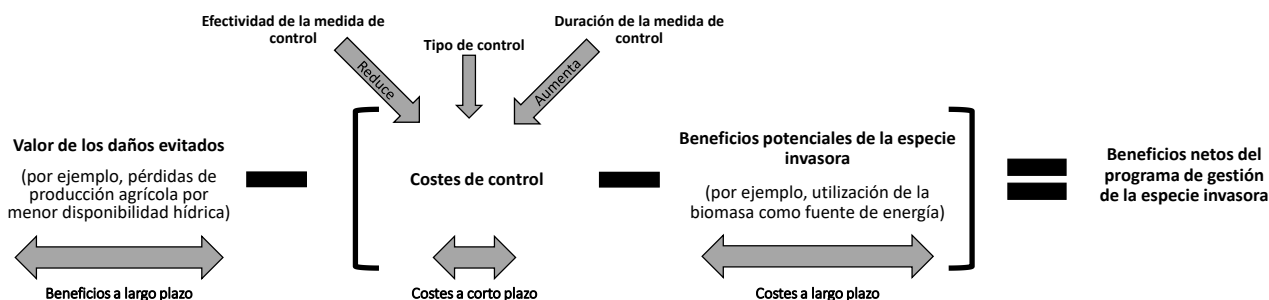
Por su parte, las medidas de gestión, control y posible erradicación del pez chino parecen más complicadas, máxime teniendo en cuenta la rápida expansión de la especie desde su primera detección en el año 2010: entre este año y 2018, la especie ha pasado del río Alcollarín hasta el río Guadiana, colonizando entre medias los ríos Rucas y Gargáligas (CHG, 2021a). El control de esta especie y su posible erradicación aumenta si se actúa en las primeras etapas de la invasión, pero si la especie se establece en un área amplia puede resultar difícil, si no imposible, su erradicación (Aparicio *et al.*, 2012). Los efectos de esta especie, como se comentó en páginas anteriores, se circunscriben a daños a la diversidad biológica y, por extensión, a la pesca deportiva, siempre que los hábitos depredadores sobre las puestas de especies de interés para esta práctica recreativa lleguen a afectar a estas especies y, con ello, a la práctica de este deporte.

3.2 Beneficios: las pérdidas evitadas gracias a la gestión, control y posible erradicación de especies exóticas invasoras

Siguiendo el esquema del cálculo del beneficio neto de los programas de gestión de especies invasoras planteado en la Figura 1, los beneficios asociados a la gestión, control y posible erradicación de especies exóticas invasoras (beneficios a largo plazo en la Figura 1) se identifican como el valor de los daños evitados, esto es, como el valor de aquellos beneficios o ingresos que se verían reducidos en caso de presencia incontrolada de especies exóticas invasoras.

Análisis coste-beneficio de la gestión, control y posible erradicación de las especies invasoras del camalote y del nenúfar mejicano en la cuenca del río Guadiana

Figura 1. Cálculo del beneficio neto de los programas de gestión de especies invasoras.



Fuente: Elaboración propia a partir de Hanley y Roberts (2019).

Desde una **perspectiva financiera**, los daños evitados harían referencia a los **ingresos** a los que la **Confederación Hidrográfica del Guadiana** habría de renunciar ante la ausencia de control de determinada especie exótica invasora: debido a la afectación a la agricultura de regadío o a la producción de energía hidroeléctrica, por mencionar dos ejemplos, la Confederación dejaría de ingresar determinada cantidad del canon de regulación y de utilización del agua y del canon de aprovechamiento hidroeléctrico, respectivamente, cese de ingresos que se computaría como beneficios en el correspondiente análisis coste-beneficio.

Por su parte, desde una **perspectiva económica o social**, los daños evitados han de extenderse a cualquier elemento o actividad económica que pudiera verse afectada por la presencia sin control de la especie exótica invasora correspondiente: desde las repercusiones que este tipo de especies tienen sobre la **diversidad biológica** hasta cómo se verían afectadas determinadas **actividades económicas** como la **agricultura de regadío** o la **producción hidroeléctrica**, pasando por otras afectaciones como las que pudieran producirse sobre las **actividades recreativas** (pesca deportiva, piragüismo, etc.).

Gran parte de estos aspectos, tanto desde el punto de vista financiero como social, han sido abordados durante la elaboración del análisis coste-beneficio de la gestión, control y posible erradicación del camalote y del cálculo de los beneficios asociados al control del nenúfar mejicano. A partir de esta experiencia, se procede en las siguientes páginas a extraer conclusiones respecto a recursos, criterios e información disponible para la incorporación de estos beneficios en futuros análisis coste-beneficio de la gestión de otras especies exóticas invasoras.

3.2.1 Beneficios financieros: cánones, tarifas y otros impuestos

El Título IV del Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de junio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas identifica cuatro cánones y tasas que las Administraciones públicas competentes establecerán a los diferentes usuarios finales para repercutir los costes, incluidos los ambientales y del recurso, de los servicios relacionados con la gestión del agua:

- **Canon de utilización de los bienes del dominio público hidráulico.** Regulado mediante la Resolución de 5 de junio de 2018, de la Confederación Hidrográfica del Guadiana O.A., por la que se revisan los cánones de utilización de los bienes de dominio público hidráulico, se aplica sobre instalaciones, obras o servicios (puentes, viaductos, zonas recreativas, embarcaderos, pantalanés, etc.), incluyendo además el canon asociado a la declaración responsable para la práctica de la navegación recreativa en embalses y ríos. El artículo 112 del Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de junio, define los conceptos, condiciones, base imponible y tipo de gravamen, entre otros elementos, relativos a este canon.

Análisis coste-beneficio de la gestión, control y posible erradicación de las especies invasoras del camalote y del nenúfar mejicano en la cuenca del río Guadiana

- **Canon por utilización de las aguas continentales para la producción de energía eléctrica.** Este canon se cobra a los concesionarios de un aprovechamiento hidroeléctrico por su otorgamiento inicial y por el mantenimiento anual de la concesión hidroeléctrica. En el artículo 112bis del Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de junio, se establecen las condiciones alrededor de este canon, como por ejemplo que únicamente un 2% de lo recaudado será considerado un ingreso del Organismo de cuenca, es decir, únicamente un 2% de lo recaudado se correspondería con el beneficio asociado a este canon por la gestión de una especie exótica invasora que tuviera efectos sobre el cobro del mismo.
- **Canon de control de vertidos.** Este canon se establece en el artículo 113 del Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de junio, describiéndose en el Anexo IV del Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los títulos preliminar I, IV, V, VI y VII de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas el procedimiento de cálculo del mismo. En este procedimiento de cálculo no aparece ningún parámetro que pudiera tener relación con las especies exóticas invasoras, por lo que no habría de considerarse este canon como afectado por las mismas.
- **Canon de regulación y tarifa de utilización del agua.** Este canon, desarrollado en el artículo 114 del Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de junio, y regulado para la cuenca del río Guadiana por el Anuncio 5015/2021, del Boletín Oficial de la provincia de Badajoz, de resolución de la Confederación Hidrográfica del Guadiana sobre la aprobación del canon de regulación y tarifas de utilización del agua para el año 2022 en la zona occidental de la Cuenca Hidrográfica del Guadiana, grava a los beneficiarios por las obras de regulación de las aguas superficiales o subterráneas, compensando a la Administración estatal los costes de inversión y los gastos de explotación y conservación de tales obras.

Los **ingresos** que percibe la Confederación Hidrográfica del Guadiana por estos y otras tasas y cánones no relacionadas con la Ley de Aguas (tasa por dirección e inspección de obras, tasa de informes y otras actuaciones, etc.) suponen un **porcentaje muy relevante** de los ingresos del Organismo y, con ello, de los recursos económicos del mismo para el desempeño de sus funciones.

Tal y como se recoge en la Tabla 1, los ingresos por tasas suponen cerca del 50% de los ingresos totales de la Confederación Hidrográfica del Guadiana, siendo otro porcentaje similar recibido en forma de transferencias corrientes y de capital desde la Administración del Estado.

Gran parte de los ingresos por tasas se deben al **canon de regulación y tarifa de utilización del agua**, que llega a suponer prácticamente el **80%** de los ingresos por tasas y más de un tercio de los ingresos totales del Organismo; de esta forma, cualquier especie exótica invasora que implique un posible impacto sobre este canon será susceptible de afectar de forma significativa (siempre en función del efecto que tenga la especie sobre el cobro del canon) a las arcas de la Confederación Hidrográfica del Guadiana.

Los **otros dos cánones** que podrían verse afectados por la presencia de especies exóticas invasoras (de ocupación del dominio público hidráulico y de aprovechamiento hidroeléctrico) suponen un **porcentaje mucho menor** sobre los ingresos del Organismo (menos del 1% en el primer caso y del 3% en el segundo), por lo que una afectación a los mismos supondría un menor impacto sobre las arcas de la Confederación Hidrográfica del Guadiana.

Análisis coste-beneficio de la gestión, control y posible erradicación de las especies invasoras del camalote y del nenúfar mejicano en la cuenca del río Guadiana

Tabla 1. Información presupuestaria absoluta (en millones de euros, M€) y relativa de los ingresos de la Confederación Hidrográfica del Guadiana en relación con el canon de regulación y tarifa de utilización del agua, con el canon de ocupación y con el canon de aprovechamiento hidroeléctrico

	2017	2018	2021	2022
Ingresos totales de la CHG	61,40	58,58	57,37	60,44
Ingresos totales por tasas	30,19	27,31	26,13	29,62
<i>% ingresos por tasas sobre ingresos totales</i>	<i>49,16%</i>	<i>46,64%</i>	<i>45,54%</i>	<i>49,01%</i>
Ingresos por canon de regulación y tarifa de utilización del agua	23,86	21,50	20,75	22,50
<i>% canon regulación sobre ingresos por tasas</i>	<i>79,03%</i>	<i>78,74%</i>	<i>79,43%</i>	<i>75,96%</i>
<i>% canon regulación sobre ingresos totales</i>	<i>38,85%</i>	<i>36,72%</i>	<i>36,17%</i>	<i>37,22%</i>
Ingresos por canon de ocupación del dominio público hidráulico	0,20	0,20	0,28	0,39
<i>% canon ocupación sobre ingresos por tasas</i>	<i>0,66%</i>	<i>0,73%</i>	<i>1,05%</i>	<i>1,32%</i>
<i>% canon ocupación sobre ingresos totales</i>	<i>0,33%</i>	<i>0,34%</i>	<i>0,48%</i>	<i>0,65%</i>
Ingresos por canon de aprovechamiento hidroeléctrico	1,50	1,58	1,58	1,72
<i>% canon ocupación sobre ingresos por tasas</i>	<i>4,97%</i>	<i>5,77%</i>	<i>6,03%</i>	<i>5,79%</i>
<i>% canon ocupación sobre ingresos totales</i>	<i>2,44%</i>	<i>2,69%</i>	<i>2,75%</i>	<i>2,84%</i>

Fuente: Elaboración propia a partir de información presupuestaria recogida en la página web de la Confederación Hidrográfica del Guadiana.

En cualquier caso, este menor impacto potencial no exime de que los efectos de las especies exóticas invasoras sobre estos cánones sean incorporados a los correspondientes análisis coste-beneficio; la disponibilidad de información, y el coste-efectividad de su obtención, deberá gobernar esa decisión, induciendo a que el ejercicio de valoración sea siempre lo más completo posible en función de la información y de los recursos disponibles para ello.

3.2.2 Beneficios sociales: externalidades y beneficios de no mercado

Más allá de los efectos que la presencia de determinadas especies exóticas invasoras pudieran tener sobre los flujos de caja de la Confederación Hidrográfica del Guadiana, las mismas afectan también a

Análisis coste-beneficio de la gestión, control y posible erradicación de las especies invasoras del camalote y del nenúfar mejicano en la cuenca del río Guadiana

actividades y activos que inciden sobre el **bienestar de la sociedad**: la agricultura de regadío, las actividades recreativas o la conservación de la diversidad biológica son algunos de los beneficios sociales asociados a la gestión, control y posible erradicación de algunas especies exóticas invasoras.

Tras la experiencia adquirida en la elaboración del análisis coste-beneficio de la gestión, control y posible erradicación del camalote y en la estimación de los beneficios asociados a la gestión del nenúfar mejicano en la cuenca del río Guadiana, es posible identificar algunos recursos, criterios y fuentes de información para algunos de estos beneficios sociales, en concreto para aquellos que fueron abordados en los mencionados ejercicios: agricultura de regadío, actividades recreativas y conservación de la diversidad biológica.

3.2.2.1 OBSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURAS HIDRÁULICAS

Especies como el camalote y el nenúfar mejicano, pero también otras como el helecho de agua, la elodea africana, la almeja asiática y los briozoos, entre las especies actualmente presentes en la cuenca del río Guadiana, o *Luwidgia sp.* y el mejillón cebrá, de las susceptibles de irrumpir en la cuenca hidrográfica, tienen entre sus efectos la **obstrucción de las infraestructuras hidráulicas**, con lo que tiene de implicaciones en la provisión y el uso del agua para distintos usos.

El **procedimiento de cálculo** de estos beneficios por pérdidas evitadas por la obstrucción de infraestructuras hidráulicas **dependerá de los usos del agua** que existan en el ámbito geográfico de expansión que tenga o pudieran llegar a tener las especies mencionadas más arriba: básicamente, regadío, producción de energía eléctrica y abastecimiento urbano e industrial.

En el caso del análisis coste-beneficio de la gestión, control y posible erradicación del camalote en la cuenca del río Guadiana, el principal uso del agua en el tramo afectado por dicha especie es el **regadío**, por lo que se optó por estimar la **productividad** de una **hectárea** de **regadío** frente a una de **secano**, identificar la **superficie de cultivo afectada** y el **grado de afectación** a la misma para calcular la producción agrícola que se perdería en el caso de que se renunciara a hacer cualquier gestión de estas especies. Para estos cálculos:

- La **información económica** sobre cultivos puede extraerse del **Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación**⁹, que ofrece datos a lo largo de distintos años, para distintos cultivos, en diferentes regímenes de explotación (secano y regadío) y ámbito geográfico (distintas comunidades autónomas y a escala nacional). La desagregación por partidas de coste permite escoger aquellos costes relevantes para el análisis (por ejemplo, para un análisis coste-beneficio social no habría que incorporar al análisis las partidas redistributivas como impuestos, subvenciones, etc.).
- La **superficie de cada cultivo** afectada o potencialmente afectada por la obstrucción de las infraestructuras de riego puede obtenerse de los **Censos Agrarios**, que el Instituto Nacional de Estadística desarrolla cada 10 años. Sin embargo, el Censo Agrario de 2020 tiene prevista su publicación para el marzo de 2022, por lo que no pudo emplearse dicha fuente para el análisis coste-beneficio de la gestión, control y posible erradicación del camalote en la cuenca del río Guadiana. Como alternativa, se recurrió a la solicitud de datos a escala municipal sobre superficie de cultivos a la **Subdirección General de Análisis, Coordinación y Estadística del Minis-**

⁹ <https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/analisis-y-prospectiva/ECREA-Infornes-Agricolas.aspx>

Análisis coste-beneficio de la gestión, control y posible erradicación de las especies invasoras del camalote y del nenúfar mejicano en la cuenca del río Guadiana

terio de Agricultura, Pesca y Alimentación, que los dispone año a año: en el caso del comentado análisis coste-beneficio, se pudo contar con datos del año 2015, los más recientes para la provincia de Badajoz disponibles y revisados y considerablemente más actualizados que los que podría ofrecer el Censo Agrario de 2009.

- El **grado de afectación de la superficie de regadío** resultó ser el parámetro con mayor grado de incertidumbre de entre los necesarios para el cálculo de este beneficio. En el marco del análisis coste-beneficio de la gestión, control y posible erradicación del camalote en la cuenca del río Guadiana se optó por aplicar unos porcentajes de reducción de entre el 40% y el 95% (Jones, 2009), con una estimación central del 65%: es decir, la presencia sin control del camalote y del nenúfar mejicano supondría la renuncia al 65% de la superficie de regadío de las Zonas Regables de Montijo y de Lobón.
 - o Una **aproximación alternativa** a estos porcentajes de afectación es suponer que la presencia de determinada especie exótica invasora supondrá la **sustitución de unos cultivos por otros** más que la anulación del regadío. Por ejemplo, en situaciones de sequía se procede a renunciar al regadío de los cultivos anuales para garantizar el riego de los cultivos leñosos: de esta forma, el procedimiento podría variar con la identificación de esta superficie de cultivos anuales, aplicando posteriormente una productividad por hectárea en la que desaparecerían estos cultivos.

Por otra parte, en el área afectada por la presencia de camalote y de nenúfar mejicano en el río Guadiana no se localiza ninguna **planta hidroeléctrica** que pudiera verse afectada por estas especies, por lo que no se procedió a la consideración de este beneficio. En este caso, el **procedimiento de cálculo** podría enfocarse tanto desde la **renuncia** a un determinado **porcentaje de producción hidroeléctrica** como desde los **costes** en los que incurriría la concesionaria del salto para **mantener la producción hidroeléctrica**: la generalmente propiedad privada de estas instalaciones permite este segundo enfoque alternativo que no fue considerado en el caso de la obstrucción de infraestructuras de riego debido a la naturaleza pública de la provisión del agua de riego.

En el caso del **abastecimiento urbano e industrial**, el procedimiento de cálculo podría plantearse en términos de **coste de la alternativa** de proporcionar agua a los usuarios o, quizás preferiblemente, en términos de **sobrecoste necesario para proporcionar dicho recurso** a los usuarios ante la presencia de determinada especie exótica invasora en la zona (tratamiento contra olores y peor calidad del agua, limpieza de infraestructuras, etc.).

3.2.2.2 AGRICULTURA

El **caracol manzana**, especie exótica que en la actualidad no se encuentra presente en la cuenca del río Guadiana, es capaz de alimentarse de multitud de plantas vasculares, por lo que es susceptible de producir **daños a la agricultura no relacionados con la obstrucción de infraestructuras de riego**. En el Delta del Ebro, donde esta especie irrumpió en 2009, el caracol manzana tiene especial predilección por las plantas de arroz, especialmente en las etapas más tempranas del desarrollo del cultivo, pero tiene en general unos hábitos alimenticios muy generalista.

Para el cálculo de los beneficios asociados a la erradicación de esta especie, o a evitar la entrada de la misma en la cuenca del río Guadiana en la que aún no está presente, es posible utilizar los datos sobre **información económica** y sobre **superficies de cultivo** proporcionados por el **Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación**, tal y como han sido expuestos en el apartado anterior. No obstante, tam-

Análisis coste-beneficio de la gestión, control y posible erradicación de las especies invasoras del camalote y del nenúfar mejicano en la cuenca del río Guadiana

bién podría abordarse mediante el **coste de las medidas defensivas** que los agricultores deberían ejecutar para contener o erradicar la plaga, para lo que puede servir de orientación el *Plan Nacional de Contingencia de Pomacea spp* (MAPA, 2020).

3.2.2.3 ACTIVIDADES RECREATIVAS

Otros de los efectos que pueden provocar las especies exóticas invasoras es la reducción de la práctica de determinadas **actividades recreativas** que se desarrollan en los entornos que colonizan. En concreto, y en relación con el **camalote**, por ejemplo, su proliferación masiva tendría efectos sobre la **pesca deportiva**, los **deportes náuticos** y el **baño**; en el caso del **nenúfar mejicano**, su actualmente restringida distribución hace que sean estos efectos sobre las actividades recreativas (en concreto, **pesca deportiva** y **deportes náuticos**) los **más relevantes** en relación con esta especie.

Los efectos de las especies exóticas invasoras sobre la **pesca deportiva** pueden generarse, al menos, desde dos vertientes: la **ocupación física** del espacio (plantas flotantes, por ejemplo) impiden esta práctica (helecho de agua, elodea africana y *Luwidgia sp.*), mientras que la **transformación** que estas especies hacen **del ecosistema** puede comprometer la existencia de especies piscícolas relevantes para la pesca deportiva (helecho de agua, pez chino, elodea africana, *Luwidgia sp.*).

A partir de la información sobre **licencias de pesca** que proporcionan anualmente los **Anuarios de Estadística Forestal** del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico y de distintos **estudios de caracterización** de la **pesca deportiva** (Marta *et al.*, 2001, Pérez-Bote *et al.*, 2004 o OESA – Fundación Biodiversidad, 2019, por ejemplo), es posible proceder a estimar el impacto de las especies exóticas invasoras sobre esta práctica recreativa. Es necesario tener en cuenta que pueden existir **lugares alternativos cercanos** a los afectados por la presencia de especies exóticas invasoras para la práctica de esta actividad recreativa, por lo que puede resultar prudente hacer un dimensionamiento de estos efectos en función de la extensión de la especie exótica invasora y del entorno en el que se desarrolla. Por ejemplo, para el análisis coste-beneficio de la gestión, control y posible erradicación del camalote, se procedió a **dimensionar el impacto en relación con la extensión de la especie** (185 km del río Guadiana frente a 15 850 km de masas de aprovechamiento piscícola en Extremadura, según el Anuario de Estadística Forestal), para posteriormente **estimar el grado de afectación** sobre esos 185 km en función de las **características de los pescadores** (por ejemplo, el 50% de los pescadores recreativos se desplazan menos de 40 km, según Pérez-Bote y Roso, 2014) y de la **existencia de lugares alternativos** en esa distancia.

Además de este impacto sobre la pesca deportiva, es necesario mencionar, por su importancia local en algunos puntos y localidades, la **celebración de concursos de pesca** que pueden atraer varias veces al año a centenares de pescadores (algunos desde otros países) que pernoctan y se alimentan en las proximidades del lugar de celebración. Estos concursos de pesca pueden generar unos ingresos al sector turístico que se han estimado en el entorno de 1 millón de euros en Mérida y Badajoz: las **asociaciones de pesca** que organizan estos eventos pueden proporcionar información muy relevante al respecto. También puede considerarse la posibilidad de recabar información durante la celebración de uno de estos concursos de pesca, circulando una **encuesta** entre los participantes, contando con el apoyo de la organización del evento.

Otra de las actividades recreativas que pueden verse afectadas por la presencia de determinadas especies exóticas es la práctica de determinados **deportes náuticos**, como el **piragüismo**, la **vela** o cualquier otro tipo de embarcación recreativa. La afectación a este tipo de actividad recreativa se asociará generalmente a especies que se extiendan por la superficie de la lámina de agua, dificultando la navegación: helecho de agua, elodea africana y *Luwidgia sp.*, entre las especies mencionadas en anteriores capítulos.

Análisis coste-beneficio de la gestión, control y posible erradicación de las especies invasoras del camalote y del nenúfar mejicano en la cuenca del río Guadiana

En primer lugar, es necesario evaluar que en el espacio en el que se desarrolla la especie exótica invasora está permitido y se practican este tipo de deportes. En este sentido, en la **Resolución de 10 de agosto de 2020**, de la Confederación Hidrográfica del Guadiana, sobre limitaciones y condiciones al ejercicio de la navegación deportiva o de recreo en aguas continentales de la cuenca del río Guadiana se relacionan los embalses y tramos de ríos en los que está permitida la navegación deportiva y recreativa.

En segundo lugar, los efectos económicos de las especies exóticas invasoras sobre estas actividades dependerán de la cantidad de gente que las practican y del desembolso que hacen para hacerlo. Algunos de estos deportes exigen del registro de los deportistas en la correspondiente **federación**, mientras que en ocasiones la práctica de estos deportes se realiza desde **instalaciones específicas (clubes deportivos, clubes náuticos, etc.)** para cuyo uso se exige el pago de una cuota. La existencia de este tipo de instalaciones en una ubicación donde exista o pudiera existir en el futuro una especie exótica invasora con efectos sobre estas actividades será indicativo de una posible afectación, mientras que la consulta a los gestores de estas instalaciones sin duda puede considerarse como una fuente relevante de información en relación con el número de usuarios y con el gasto necesario para la práctica de la actividad.

Por otra parte, tanto la correspondiente federación como estas instalaciones específicas pueden conocer y aportar información en relación con la **celebración de campeonatos** u otros eventos sobre estas prácticas deportivas. Al igual que en el caso de los concursos de pesca, la organización de estos eventos puede verse comprometida por la presencia de determinadas especies exóticas invasoras, renunciándose de esta manera a la actividad económica que los mismos pueden generar en el lugar en el que se celebran.

Por último, la presencia de determinadas especies exóticas invasoras puede tener efectos sobre lugares destinados al **baño**, llegando incluso a la prohibición del mismo por motivos de seguridad. Por lo general, las mismas especies que impedirían o dificultarían la práctica de deportes náuticos (camalote, nenúfar mejicano, helecho de agua, elodea africana y *Luwigdia sp.*) tendrían también efectos sobre esta práctica recreativa.

Para conocer la coincidencia en el espacio entre la distribución de una especie exótica invasora y un lugar en el que esté permitido el baño puede consultarse el **sistema NÁYADE (Sistema de Información Nacional de Aguas de Baño)**¹⁰, que atiende a los criterios establecidos por el Real Decreto 1341/2007, de 11 de octubre, sobre la gestión de la calidad de las aguas de baño. En este mismo marco, y tal y como se establece en el Anexo III del Real Decreto 1341/2007, de 11 de octubre, se publican para cada zona de baño los respectivos perfiles de las aguas de baño, entre cuya información puede encontrarse una estimación o datos de afluencia a la zona de baño.

Los usuarios de estas zonas de baño incurren en costes para su disfrute, no tanto relacionados con una tarifa o entrada a las mismas (que pueden existir, pero no de forma mayoritaria) sino más en general en términos de **costes de viaje** (entre los que, en su caso, también se incluirían las tarifas o entrada a la zona de baño). En este sentido, la literatura ofrece algunos ejemplos sobre el coste de viaje para la práctica de esta actividad recreativa: en el caso de España, puede emplearse el coste de 13,39 €₂₀₀₆/mes (**17,05 €₂₀₂₁/mes**) propuesto por MARM (2008).

¹⁰ <https://nayadeciudadano.sanidad.gob.es/Splayas/ciudadano/ciudadanoVerZonaAction.do>

Análisis coste-beneficio de la gestión, control y posible erradicación de las especies invasoras del camalote y del nenúfar mejicano en la cuenca del río Guadiana

3.2.2.4 PÉRDIDAS EVITADAS POR DESTRUCCIÓN DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA

Todas las especies exóticas invasoras presentes en la actualidad en la cuenca del río Guadiana y aquellas susceptibles de irrumpir en ella tienen **efectos sobre la diversidad biológica**, generalmente debido a su **capacidad de alterar las condiciones abióticas del ecosistema fluvial** (reducción del intercambio de gases y de los niveles de oxígeno disuelto, de la insolación, etc.), por **competencia por el alimento o por el espacio** con especies autóctonas y por **depredación** de ejemplares, huevos y larvas y alevines de las especies nativas.

La traducción de estos **impactos sobre la diversidad biológica** a cambios en el bienestar social hace enfrentarse a la ciencia económica ante uno de los **retos recientes aún sin resolver**: ante aproximaciones tradicionales de la economía al valor económico de la biodiversidad (genética o de especies) en términos de uso directo (alimento o valores recreativos), de uso indirecto (fijación de carbono por parte de los bosques) y de existencia (especies emblemáticas), los enfoques más recientes de valoración de la diversidad biológica (en concreto, de diversidad de ecosistemas) se han abordado mediante el **método de valoración contingente, coste de viaje o ingresos por turismo**, además de mediante la estimación de los **costes de oportunidad** de la conservación de la diversidad biológica. Menos desarrollo tienen en la actualidad ejercicios orientados hacia la valoración de la diversidad funcional desde el enfoque de la biodiversidad y funcionamiento del ecosistema (*biodiversity and ecosystem functioning*) sobre biodiversidad y servicios de los ecosistemas (*biodiversity and ecosystem services*), que precisan de un diálogo entre las ciencias naturales (ecología) y las sociales (economía) aún por construir.

Ante estas dificultades respecto al impacto en el bienestar social de modificaciones en la calidad de los ecosistemas o de variaciones de la diversidad biológica, y teniendo en cuenta que determinados usos de la biodiversidad pueden ser abordados en un marco de análisis coste-beneficio atendiendo a los valores recreativos de determinadas especies (pesca deportiva, por ejemplo), el enfoque adoptado en el análisis coste-beneficio de la gestión, control y posible erradicación del camalote y en el cálculo de los beneficios derivados de la gestión del nenúfar mejicano respecto a las pérdidas evitadas por destrucción de la diversidad biológica es el de los **costes de oportunidad** de su conservación, esto es, la diversidad biológica se valora tanto como recursos económicos destina la sociedad a la conservación de esos ecosistemas.

Este enfoque resulta además también válido para incluir este tipo de beneficios en el análisis coste-beneficio social que pudiera plantearse para cualquier otra especie exótica invasora. Además, ha sido empleado por distintos estudios nacionales e internacionales, por lo que cuenta con **aval científico-técnico**, ofreciendo además la ventaja de otorgar una **estimación conservadora** del valor de la diversidad biológica: adoptando este enfoque metodológico, el analista puede afirmar que el valor de la diversidad biológica será con toda seguridad mayor que el estimado, esquivando de esta forma una sobreestimación de los beneficios asociados a las pérdidas evitadas por destrucción de la diversidad biológica que pudiera desvirtuar los resultados del análisis coste-beneficio social.

En la práctica, este método consiste en **identificar los espacios naturales protegidos** de todo tipo que pudieran verse afectados por la presencia de la especie exótica invasora estudiada (Parques Nacionales y Naturales, Monumentos Naturales, espacios protegidos Red Natura 2000, etc.) e identificar y extraer aquellos **costes de gestión** en los que se incurre **para la conservación de los mismos** (excluyendo partidas presupuestarias de reuniones y consultas públicas, divulgación, promoción uso público, etc.). Como se ha comentado anteriormente, estos recursos económicos que la sociedad destina para la conservación de estos espacios es una medida (conservadora, como se ha mencionado anteriormente) del bienestar social que se deriva de la conservación de los mismos, por lo que en la medida en la que las

Análisis coste-beneficio de la gestión, control y posible erradicación de las especies invasoras del camalote y del nenúfar mejicano en la cuenca del río Guadiana

especies exóticas invasoras modifiquen estos ecosistemas se podría llegar, en el extremo, a la pérdida de estos valores de conservación y a la descatalogación de estos espacios como protegidos.

La información relativa a costes de gestión puede localizarse generalmente en el correspondiente **servicio de espacios naturales protegidos de la Administración Autonómica**: en el caso de la Junta de Extremadura, existe el *Plan Director de Red Natura 2000*, que incluye los Planes de Gestión de las ZEPA y de las ZEC de donde pueden extraerse estos costes de gestión¹¹. En cualquier caso, también existe **información bibliográfica** sobre costes de gestión de espacios protegidos: especialmente relevante puede resultar en este sentido Moreno *et al.* (2013), que ofrece información al respecto desagregado por partidas de coste y ámbito autonómico de costes de gestión de la Red Natura 2000 reales y deseables.

En el caso del análisis coste-beneficio de la gestión, control y posible erradicación del camalote y de la estimación de beneficios derivados de la gestión del nenúfar mejicano en la cuenca del río Guadiana, la existencia de cuatro espacios protegidos Red Natura 2000 en el territorio por el que se extienden estas especies permitió aplicar esta metodología, con resultados muy conservadores: estas pérdidas evitadas por destrucción de la diversidad biológica se cifró en menos de 50 000 €₂₀₀₁/año (en concreto, 47 419,92 €₂₀₀₁/año) para el camalote y de 22 164,03 €₂₀₂₁/año en el caso del nenúfar mejicano, por lo que se encontraría entre los beneficios sociales con una cuantía más modesta. Estos beneficios, no obstante, dependerán del territorio en el que se extiendan las especies exóticas invasoras a considerar en el análisis y del tipo de espacio natural protegido que se vea afectado, es decir, de la valoración que la sociedad otorgue a los ecosistemas afectados por la presencia de dichas especies.

De forma adicional, puede que **otras administraciones públicas** distintas al servicio de espacios naturales protegidos de la comunidad autónoma competente que también ejecuten medidas de conservación de la diversidad biológica. En el ámbito de las especies exóticas invasoras del **ámbito fluvial**, el correspondiente **Organismo de cuenca** puede incluir en su **planificación hidrológica** medidas relacionadas con la conservación de la diversidad biológica, que deberían incluirse también en el cálculo de los beneficios sobre la diversidad biológica de la gestión de especies exóticas invasoras.

3.3 Otros parámetros de los análisis coste-beneficio

Para la realización de un análisis coste-beneficio, además de identificar correctamente los costes y los beneficios de las alternativas identificadas como relevantes, es necesario tomar decisiones respecto al tratamiento del tiempo que pueden tener repercusiones importantes en el resultado final.

En este sentido, la **tasa de descuento** informa sobre las preferencias temporales del decisor o de la sociedad: se prefiere generalmente el consumo presente frente al consumo futuro, por razones como la impaciencia o el hecho de que somos mortales, pero también a la disminución de la utilidad marginal del consumo. En definitiva, para una renuncia al consumo en el presente, los individuos, y también la sociedad en su conjunto, exige una compensación: esa compensación se traduce en la mencionada tasa de descuento.

El valor de la tasa de descuento es distinto desde un punto de vista privado o social, existiendo también diferencias en el procedimiento de cálculo. En todo caso, siempre es posible recurrir a fuentes bibliográficas que estimen tasas de descuento financieras y sociales, aunque la adopción de un valor de forma

¹¹ http://extremambiente.juntaex.es/index.php?option=com_content&view=article&id=4434&Itemid=459

Análisis coste-beneficio de la gestión, control y posible erradicación de las especies invasoras del camalote y del nenúfar mejicano en la cuenca del río Guadiana

acrítica sin tener en cuenta el contexto en el que fue propuesto (época, contexto social y económico, ámbito geográfico, etc.) puede introducir elementos de distorsión en el análisis coste-beneficio.

En la Tabla 2 se muestran algunos valores de la **tasa de descuento financiera y social** propuestos por la Comisión Europea a lo largo de las últimas dos décadas, como muestra de los cambios que puede experimentar este parámetro aun manteniendo constante el ámbito geográfico (aunque en estos veinte años se hayan producido entradas y una salida de la Unión Europea), la entidad que las propone (la Unión Europea) y el objetivo para el que se propone (evaluación de proyectos financiables por distintos fondos europeos).

Tabla 2. Tasas de descuento financiera y tasas de descuento social establecidas por la Comisión Europea a lo largo de los años para su utilización en la evaluación de proyectos financiables por distintos fondos europeos.

Fuente	Tasa de descuento financiera (%)	Tasa de descuento social (%)
CE (2003)	6,0%	5,0%
EC (2008)	5,0%	3,5%
EC (2015)	4,0%	3,0%
EC (2021)	4,0%	3,0%

Fuente: Elaboración propia a partir de CE (2003), EC (2008), EC (2015) y EC (2021).

Teniendo en cuenta distintas fuentes en relación con la tasa de descuento financiera y social, en el análisis coste-beneficio de la gestión, control y posible erradicación del camalote y en la estimación de beneficios por la gestión del nenúfar mejicano se escogieron como estimaciones centrales **una tasa de descuento financiera del 4,00%** y una **tasa social de descuento del 2,11%**, presentando además otras tasas de descuento alternativas para el análisis de sensibilidad (ver Tabla 3).

Tabla 3. Valores propuestos de tasas de descuento para los análisis coste-beneficio financiero y social de la gestión, control y posible erradicación de otras especies exóticas invasoras

Tipo de tasa de descuento	Estimación conservadora	Estimación central	Estimación extrema
Financiera	5,00%	4,00%	3,00%
Social	3,00%	2,11%	1,00%

Fuente: Elaboración propia a partir de EC (2021) y Jessica Catalano¹².

Estas tasas de descuento pueden emplearse también para los análisis coste-beneficio financieros o sociales en relación con la gestión, control y posible erradicación de otras especies exóticas invasoras,

¹² https://indico.cern.ch/event/923801/contributions/4032234/attachments/2139064/3605165/FCCIS_Catalano.pdf

Análisis coste-beneficio de la gestión, control y posible erradicación de las especies invasoras del camalote y del nenúfar mejicano en la cuenca del río Guadiana

siempre que en el momento en el que quieran aplicarse no hayan cambiado de forma sustancial los contextos social y económico que influyen en dichas tasas de descuento.

En el análisis coste-beneficio de la gestión, control y posible erradicación del camalote en la cuenca del río Guadiana se estableció un **horizonte temporal** que variaba en función del **momento** en el que se consiguiera la **erradicación de la especie**: los costes de esta gestión se extenderían hasta el momento en el que se pudiera dar por erradicada la especie, momento en el que se decidió, como criterio conservador, detener el análisis aunque los beneficios de dicha erradicación se extenderían en el tiempo de forma indefinida.

De esta forma, se sugiere que para futuros análisis coste-beneficio de la gestión, control y posible erradicación de otras especies exóticas invasoras se proceda de igual forma, estableciendo una serie de medidas destinadas, si fuera posible, a la erradicación de la especie que definirían el horizonte temporal del análisis; **si la erradicación no fuera posible**, sería necesario plantear un **horizonte temporal infinito**, aplicando para ello, tanto para los costes como para los beneficios, el procedimiento de cálculo de **rentas perpetuas**: los costes y beneficios anuales se dividen por la tasa de descuento, obteniéndose de esta forma el valor actual (VAN) de este flujo continuo de costes y beneficios.

Análisis coste-beneficio de la gestión, control y posible erradicación de las especies invasoras del camalote y del nenúfar mejicano en la cuenca del río Guadiana

4 Conclusiones de los análisis coste-beneficio de especies exóticas invasoras

La Confederación Hidrográfica del Guadiana ha identificado la presencia de seis especies o grupos de especies exóticas invasoras en la cuenca del río Guadiana (almeja asiática, briozoos, pez chino, helecho de agua, caracol del cieno y elodea africana) y otras tres susceptibles de aparecer en el futuro, en virtud de su capacidad de propagación y de su presencia en entornos más o menos cercanos (mejillón cebra, caracol manzana y *Luwidgia sp.*).

Los resultados del análisis coste-beneficio de la gestión, control y posible erradicación del camalote han permitido confirmar, incluso teniendo en cuenta el criterio conservador con el que se abordó dicho análisis, algunas de las principales conclusiones aportadas por la literatura al respecto: por ejemplo, la **prevención** de la llegada de una especie será siempre **más barata** que la actuación contra la misma una vez ya está presente.

Por otra parte, ante la existencia de un **mandato legal** en relación con la gestión, control y posible erradicación de las especies exóticas invasoras, podría concluirse que resulta más útil un **análisis coste-eficiencia** que un análisis coste-beneficio. Sin embargo, las **escasas alternativas de gestión** de estas especies que permite la legislación (básicamente, la retirada mecánica de las mismas) y la **necesidad de priorizar** entre especies ante la existencia de varias de ellas en un mismo entorno hace que el **análisis coste-beneficio** se constituya como una **herramienta** plenamente **válida**.

Los **beneficios financieros**, es decir, aquellos que repercutirían sobre los flujos de caja de la Confederación Hidrográfica del Guadiana y, por extensión, del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, de la gestión, control y posible erradicación de especies exóticas invasoras aparecerán con **máxima intensidad** en caso de verse afectado el **canon de regulación y la tarifa de utilización del agua**, es decir, en el caso de que la especie en cuestión afecte a la **agricultura de regadío**. En caso de existir un **aprovechamiento hidroeléctrico** en la zona afectada por la presencia de una especie exótica invasora, podría verse afectado el **canon por utilización de las aguas continentales para la producción de energía eléctrica**, aunque el mismo supondría siempre un impacto menor sobre las arcas del Organismo. Finalmente, otras actividades, generalmente recreativas, que pudieran tener su impacto sobre el canon de utilización del dominio público hidráulico tendrían siempre un impacto muy menor sobre las arcas de la Confederación Hidrográfica del Guadiana.

En relación con los **beneficios sociales**, todas las especies exóticas invasoras presentes en la cuenca del río Guadiana o susceptibles de aparecer en la misma tienen o tendrán repercusiones sobre el **ecosistema fluvial**. La ciencia de la economía se enfrenta ante importantes retos en relación con la traducción de la transformación de los ecosistemas y del impacto sobre la diversidad biológica a efectos sobre el bienestar social. No obstante, el enfoque de los **costes de oportunidad** (no sólo de la Administración competente en la gestión de espacios naturales protegidos sino de cualquier otra que pudiera realizar acciones en beneficio de la conservación de la diversidad biológica) permite obtener una **estimación**, siquiera **conservadora**, del **impacto de la pérdida de diversidad biológica** sobre el bienestar de la sociedad.

Muchas de las especies presentes o susceptibles de aparecer en la cuenca del río Guadiana, ya sean especies vegetales (helecho de agua, elodea africana y *Luwidgia sp.*) o especies animales (almeja asiática, briozoos y mejillón cebra), generarán problemas de **obstrucción de infraestructuras hidráulicas** y, con ello, podrán generar importantes pérdidas económicas a la sociedad. La magnitud de estas pérdidas dependerá de los **usos del agua** que se den en la zona afectada por la presencia de determinada especie

Análisis coste-beneficio de la gestión, control y posible erradicación de las especies invasoras del camalote y del nenúfar mejicano en la cuenca del río Guadiana

exótica invasora: en el caso del camalote, por ejemplo, su presencia masiva generaría importantes efectos sobre la **agricultura de regadío**, mientras que el impacto sobre el **abastecimiento urbano e industrial** sería más contenido y no existiría ningún impacto sobre la **producción de energía eléctrica**.

Finalmente, algunas de estas especies tendrán también impacto sobre determinadas actividades recreativas. Aunque este impacto parece que tendría un impacto económico menor que otros mencionados en párrafos anteriores, en función de la coincidencia entre los lugares en los que se desarrollan estas actividades recreativas y la presencia de una especie exótica invasora que entre en conflicto con el desarrollo de estas actividades puede aparecer un impacto relevante.

Especies como el **helecho de agua**, la **elodea africana** y ***Luwidgia sp.***, al igual que el camalote y el nenúfar mejicano estudiados en un informe previo de este encargo, tendrían efecto sobre la **pesca recreativa**, sobre los **deportes náuticos** (piragüismo, vela, etc.) y sobre el **baño**; por otra parte, el **pez chino**, derivado de su capacidad de modificación del ecosistema (en concreto, por la depredación de puestas y alevines de especies con interés para la pesca deportiva), podría llegar a generar un daño a la **pesca recreativa**.

En relación con la **pesca recreativa** y con los **deportes náuticos**, estas especies exóticas invasoras pueden generar un impacto especialmente importante, respectivamente, sobre la celebración de **concursos de pesca** o de **campeonatos**, que pueden llegar a generar un ingreso relevante, que se vería comprometido por la presencia de estas especies exóticas invasoras, sobre el tejido turístico del municipio en el que se celebran.

Análisis coste-beneficio de la gestión, control y posible erradicación de las especies invasoras del camalote y del nenúfar mejicano en la cuenca del río Guadiana

5 Referencias bibliográficas

ALONSO, A. y CASTRO-DÍEZ, P. (2008) What explains the invading success of the aquatic mud snail *Potamopyrgus antipodarum* (Hydrobiidae, Mollusca)? *Hydrobiologia*, 614, 107-116.

ALONSO, A. y CASTRO-DÍEZ, P. (2015) El caracol acuático neozelandés del cieno (*Potamopyrgus antipodarum*): impactos ecológicos y distribución de esta especie exótica en la península ibérica. *Ecosistemas*, 24(1), 52-58.

APARICIO, E., PERIS, B., TORRIJOS, L., PRENDA, J., NIEVA, A. y PEREA, S. (2012) Expansion of the invasive *Pseudorasbora parva* (Cyprinidae) in the Iberian Peninsula: first record in the Guadiana River basin. *Cy-bium*, 36(4), 585-586.

BECH-TABERNER, M. y ALTAMIRAS-ROSET, J. (2003) Nuevas aportaciones al conocimiento de los moluscos actuales y del cuaternario en Extremadura: I. Malacofauna dulceacuícola. *Revista de Estudios Extremeños*, 2, 837-870.

COMISIÓN EUROPEA (CE) (2003) *Guía del análisis costes-beneficios de los proyectos de inversión*. Elaborado por la Unidad responsable de la evaluación. DG Política Regional. Comisión Europea.

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL GUADIANA (CHG) (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 (CHG) (2016) *Gobernanza y estrategias para la lucha contra las especies invasoras en la cuenca del Guadiana*. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente.

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL GUADIANA (CHG) (2018) *Estrategia contra el mejillón cebra en la cuenca del Guadiana*. Ministerio para la Transición Ecológica.

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL GUADIANA (CHG) (2021a) *Gobernanza y estrategias para la lucha contra las especies invasoras en la cuenca del Guadiana. Revisión febrero 2021*. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL GUADIANA (CHG) (2021b) *Estrategia de lucha para el control de la especie *Eichhornia crassipes* en la cuenca del Guadiana*. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

EUROPEAN COMMISSION (EC) (2008) *Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects. Structural Funds, Cohesion Fund and Instrument for Pre-Accession*. Directorate-General for Regional Policy. European Commission.

EUROPEAN COMMISSION (EC) (2015) *Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects. Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014-2020*. Directorate-General for Regional and Urban Policy. European Commission.

Análisis coste-beneficio de la gestión, control y posible erradicación de las especies invasoras del camalote y del nenúfar mejicano en la cuenca del río Guadiana

EUROPEAN COMMISSION (EC) (2021) *Economic Appraisal Vademecum 2021-2027. General Principles and Sector Applications*. Directorate-General for Regional and Urban Policy. European Commission.

GARCÍA-MURILLO, P., FERNÁNDEZ-ZAMUDIO, R., CIRUJANO, S., SOUSA, A. y ESPINAR, J.M. (2007) The invasion of Doñana National Park (SW Spain) by the mosquito fern (*Azolla filiculoides* Lam). *Limnetica*, 26(2), 243-250.

GEIST, J.A., MANCUSO, J.L., MORIN, M.M., BOMMARITO, K.P., BOVEE, E.N., WENDELL, D., BURROUGHS, B., LUTTENTON, M.R., STRAYER, D.L. y TIEGS, S.D. (2022) The New Zealand mud snail (*Potamopyrgus antipodarum*): autoecology and management of a global invader. *Biological Invasions*, 1-34.

HANLEY, N. y ROBERTS, M. (2019) The economic benefits of invasive species management. *People and Nature*, 1, 124-137. <https://doi.org/10.1002/pan3.31>

HAUBROCK, P.J., CUTHBERT, R.N., RICCIARDI, A., DIAGNE, C. y COURCHAMP, F. (2022) Economic costs of invasive bivalves in freshwater ecosystems. *Diversity and Distributions*, 00, 1-12.

HUSSNER, A., STIERS, I., VERHOFSTAD, M.J.J.M., BAKKER, E.S., GRUTTERS, B.M.C., HAURY, J., VAN VALKENBURG, J.L.C. H., BRUNDU, G., NEWMAN, J., CLAYTON, J.S., ANDERSON, L.W.J. y HOFSTRA, D. (2017) Management and control methods of invasive alien freshwater aquatic plants: a review. *Aquatic Botany*, 136, 112-137.

JOSHI, R.C. y VÉLEZ, X. (2017) *The Rice Apple Snail in Spain: a review*. International Pest Control. <https://international-pest-control.com/>

KIPP, R., BAILEY, S.A., MACISAAC, H.J. y RICCIARDI, A. (2010) Transoceanic ship as vectors for nonindigenous freshwater bryozoans. *Diversity and Distributions*, 16, 77-83.

LABORATORIO DE ENSAYOS TÉCNICOS, S.A. (2007) *Mejillón cebrá: manual de control para instalaciones afectadas*. Confederación Hidrográfica del Ebro.

LARANJEIRA, C.M. y NADAIS, G. (2008) *Eichhornia crassipes* control in the largest Portuguese natural freshwater lagoon. *EPPO Bulletin*, 38, 487-495.

LÓPEZ, M.A., ALTABA, C.R., ANDREE, K.B. y LÓPEZ, V. (2010) First invasion of the apple snail *Pomacea insularum* in Europe. *Tentacle – The Newsletter of the IUCN/SSC Mollusk Specialist Group*, 18, 26-28.

LUCY, F.E., KARATAYEV, A.Y. y BURLAKOVA, L.E. (2012) Predictions for the spread, population density, and impacts of *Corbicula fluminea* in Ireland. *Aquatic Invasions*, 7(4), 465-474.

MARTA, P., BOCHECHAS, J. y COLLARES-PEREIRA, M.J. (2001) Importance of recreational fisheries in the Guadiana River Basin in Portugal. *Fisheries Management and Ecology*, 8, 345-354.

MCCONNACHIE, A.J., DE WIT, M.P., HILL, M.P. y BYRNE, M.J. (2003) Economic evaluation of the successful biological control of *Azolla filiculoides* in South Africa. *Biological Control*, 28, 25-32.

Análisis coste-beneficio de la gestión, control y posible erradicación de las especies invasoras del camalote y del nenúfar mejicano en la cuenca del río Guadiana

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE (MAPA) (2020) *Plan Nacional de Contingencia de Pomacea spp.* Dirección General de Sanidad de la Producción Agraria. Subdirección General de Sanidad e Higiene Vegetal y Forestal.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, Y MEDIO RURAL Y MARINO (MARM) (2008) *Valoración de los activos naturales de España.*

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO (MARM) (2009) *Estrategia nacional para el control del mejillón cebra (Dreissena polymorpha) en España.* Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Secretaría General Técnica. Centro de Publicaciones.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO (MARM) (2011) *Pest Risk Analysis on the Introduction of Pomacea insularum (d'Orbigny, 1835) into the EU.* Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid.

MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA (MITECO) (2019) *Estrategia de gestión, control y posible erradicación del camalote (Eichhornia crassipes).* Versión aprobada por la Comisión Estatal para el Patrimonio Natural y la Biodiversidad el 24 de enero de 2019 y por la Conferencia Sectorial de Medio Ambiente el 30 de septiembre de 2019.

MORENO, V., PICAZO, I., VÁZQUEZ-DODERO, I. e HIDALGO, R. (coords.) (2013) *Valoración de los costes de conservación de la Red Natura 2000 en España.* Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid.

MOUTHON, J. (1981) Sur la présence en France et au Portugal de Corbicula (Bivalvia, Corbiculidae) originaire d'Asie. *Basteria*, 45, 109-116.

MULLER, C., HOFSTRA, D. y CHAMPION, P. (2021) Eradication economics for invasive alien aquatic plants. *Management of Biological Invasions*, 12(2), 253-271.

MUSIL, M., NOVOTNÁ, K., POTUZÁK, J., HUDA, J. y PECHAR, L. (2014) Impact of topmouth gudgeon (*Pseudorasbora parva*) on production of common carp (*Cyprinus carpio*) – question of natural food structure. *Biologia*, 69(12), 1757-1769.

OESA – FUNDACIÓN BIODIVERSIDAD (2019) *La Pesca Recreativa Continental en España. Marco Jurídico y Caracterización.* Fundación Biodiversidad, Madrid, España.

PEREIRA, A.L., TEIXEIRA, G., SEVIANATEPINTO, I., ANTUNES, T. y CARRAPIÇO, F. (2001) Taxonomic re-evaluation of the Azolla genus in Portugal. *Plant Biosystematics*, 135: 285-294.

PÉREZ, L. y CHICA, C. (2006) *Estimación de los costes económicos de la invasión del mejillón cebra (Dreissena polymorpha) en la cuenca del Ebro.* Fundación Economía Aragonesa.

PÉREZ-BOTE, J.L. y 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.

Análisis coste-beneficio de la gestión, control y posible erradicación de las especies invasoras del camalote y del nenúfar mejicano en la cuenca del río Guadiana

PÉREZ-BOTE, J.L. y ROSO, R. (2014) Recreational Fisheries in Rural Regions of the South-Western Iberian Peninsula: A Case Study. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 14, 135-144.

PÉREZ-BOTE, J.L., ROSO, R. y PULA, H.J. (2004) Los hábitos de pesca en Extremadura: implicaciones en la gestión y conservación de la fauna piscícola. *Revista de Estudios Extremeños*, 50, 1241-1253.

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. (2008) Revision of the distribution of *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) in the Iberian Peninsula. *Aquatic Invasions*, 3(3), 355-358.

PRATT, C.F., SHAW, R.H., TANNER, R.A., DJEDDOUR, D.H. y VOS, J.G.M. (2013) Biological control of invasive non-native weeds: An opportunity not to be ignored. *Entomologische berichten*, 73(4), 144-154.

PYSEK, P., HULME, P.E., SIIMBERLOFF, D., BACHER, S., BLACKBURN, T.M., CARLTON, J.T., DAWSON, W., ESSL, F., FOXCROFT, L.C., GENOVESI, P., JESCHKE, J.M., KÜHN, I., LIEBHOLD, A.M., MANDRAK, N.E., MEYERSON, L.A., PAUCHARD, A., PERGL, J., ROY, H.E., SEEBENS, H., VAN KLEUNEN, M., VILÀ, M., WINGFIELD, M.J. y RICHARDSON, D.M. (2020) Scientists' warning on invasive alien species. *Biological Reviews*, 95, 1511-1534.

RODRÍGUEZ, D., MORALES, J., FLECHOSO, F., SÁNCHEZ, J.A., NEGRO, A. y LIZANA, M. (2017) On the Distribution and General Abundance of Non-Native Species Associated with the Ebro River (Castejón, Navarra, Ne Spain). *Russian Journal of Biological Invasions*, 8(2), 189-196.

RODRÍGUEZ-LABAJOS, B., BINIMELIS, R., MONTERROSO, I. y MARTÍNEZ-ALIER, J. (2009) *The arrival of Dreissena polymorpha y Silurus glanis in the Ebro River: Socio-economics of interlinked aquatic invasions*, en RODRIGUEZ-LEBAJOS, B., SPANGENBERG, J.H., MAXIM, L., MARTÍNEZ-ALIER, J., BINIMELIS, R., GALLAI, N., KULDNA, P., MONTERROSO, I., PETERSON, J. y UUSTAL, M. (eds.) *Assessing biodiversity risks with socio-economic methods: the ALARM experience*. PENSOFT Publishers.

ROSA, I.C., PEREIRA, J.L., GOMES, J., SARAIVA, P.M., GONÇALVES, F. y COSTA, R. (2011) The Asian clam *Corbicula fluminea* in the European freshwater-dependent industry: A latent threat or a friendly enemy? *Ecological Economics*, 70, 1805-1813.

SALVO, E. (1990) *Guía de los helechos de la Península Ibérica y Baleares*. Pirámide S.A. Madrid.

SÁNCHEZ GULLÓN, E., VERLOOVE, F. y PÉREZ CHISCANO, J. L. (2010) *Lagarosiphon major* (Ridley) Moss (Hydrocharitaceae) naturalizada en la cuenca baja del Guadiana (SW Península Ibérica). *Lagascalia*, 30, 489-492.

SANZ ELORZA M., DANA SÁNCHEZ E.D. y SOBRINO VESPERINAS E. (eds.) (2004) *Atlas de las Plantas Alóctonas Invasoras en España*. Dirección General para la Biodiversidad. Madrid, 384 pp.

SCOTT, Z.R. y TERHORST, C.P. (2019) The effect of an invasive bryozoan on community diversity and structure varies across two locations. *Community Ecology*, 20(3), 258-265.

Análisis coste-beneficio de la gestión, control y posible erradicación de las especies invasoras del camalote y del nenúfar mejicano en la cuenca del río Guadiana

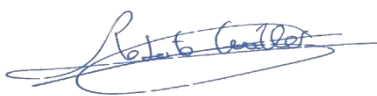
SOUSA, R., ANTUNES, C. y GHILHERMINO, L. (2008) Ecology of the invasive Asian clam *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) in aquatic ecosystems: an overview. *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology*, 44(2), 85-94.

TÉLLEZ, T.R., MARTIN DE RODRIGO, E., LORENZO, G., ALBANO, E., MORÁN, R. y SÁNCHEZ, J.M. (2008) The Water Hyacinth, *Eichhornia crassipes*: an invasive plant in the Guadiana River Basin (Spain). *Aquatic Invasions*, 3(1), 42-53.

VAN DER VEER y NENTWIG, W. (2015) Environmental and economic impact assessment of alien and invasive fish species in Europe. *Ecology of Freshwater Fish*, 24, 646-656.

A 14 de marzo de 2022

El Autor por TRAGSATEC



Fdo: Roberto Cuéllar Benito

La Responsable de los trabajos por TRAGSATEC

El Director de los trabajos



Fdo: María Isabel Picazo Gálvez

Fdo: Nicolás Cifuentes y de la Cerra