



**Facultad de Veterinaria  
Universidad Zaragoza**



# Trabajo Fin de

Autor/es

Director/es

Facultad de Veterinaria



## ÍNDICE

<b>1. RESUMEN/ABSTRACT .....</b>	<b>3</b>
<b>2. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>4</b>
<b>3. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS.....</b>	<b>5</b>
<b>4. METODOLOGÍA .....</b>	<b>6</b>
<b>5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>6</b>
<b>5.1 ICTIOFAUNA DE LA CUENCA DEL EBRO.....</b>	<b>6</b>
5.1.1 Especies autóctonas.....	6
5.1.2 Especies exóticas invasoras.....	10
<b>5.2 EFECTOS DE LA INTRODUCCIÓN DE ESPECIES PISCÍCOLAS INVASORAS.....</b>	<b>18</b>
5.2.1 Impacto sobre las poblaciones de peces nativos.....	18
5.2.1.1 Depredación y competencia.....	18
5.2.1.2 Cruzamientos genéticos .....	20
5.2.1.3 Transmisión de patógenos .....	20
5.2.2 Impacto socio-económico .....	21
<b>5.3 OTRAS AMENAZAS PARA LAS ESPECIES FLUVIALES.....</b>	<b>21</b>
5.3.1 Modificación y destrucción del hábitat .....	21
5.3.2 Contaminación de las aguas.....	23
5.3.3 Cambio climático.....	23
5.3.4 Sobre pesca .....	24
5.3.5 Pesca deportiva.....	24
<b>5.4 MEDIDAS DE CONTROL Y ERRADICACIÓN.....</b>	<b>25</b>
<b>5.5 LEGISLACIÓN QUE REGULA LAS ESPECIES EXÓTICAS INVASORAS .....</b>	<b>28</b>
<b>6. CONCLUSIONES .....</b>	<b>30</b>
<b>7. VALORACIÓN PERSONAL.....</b>	<b>31</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>31</b>

## **1. RESUMEN**

Los ecosistemas acuáticos continentales son particularmente vulnerables a las invasiones biológicas. Muchas de las especies autóctonas se encuentran amenazadas o en peligro de extinción debido a los impactos que provocan las especies invasoras, a la degradación y fragmentación de los sistemas fluviales y a la sobreexplotación de los recursos hídricos.

Los peces invasores compiten por el espacio y el alimento, depredan a otras especies, se hibridan con los autóctonos e introducen parásitos y enfermedades, provocando extinciones, pérdidas genéticas y alterando los ecosistemas acuáticos. La mayoría de estas introducciones ilegales se realizaron en el siglo XX y se produjeron con el fin de promover la pesca deportiva.

Actualmente, la labor de la legislación es prohibir la posesión, transporte y comercio de ejemplares vivos de especies exóticas invasoras y regular su proliferación mediante acciones de control y erradicación. Entre las técnicas que se emplean para controlar este problema, destacan el uso de la rotenona, la pesca eléctrica o el uso de redes.

## **ABSTRACT**

Continental aquatic ecosystems are particularly vulnerable to biological invasions. Many of the native species are threatened or endangered due to the impacts caused by invasive species, the degradation and fragmentation of river systems and the overexploitation of water resources.

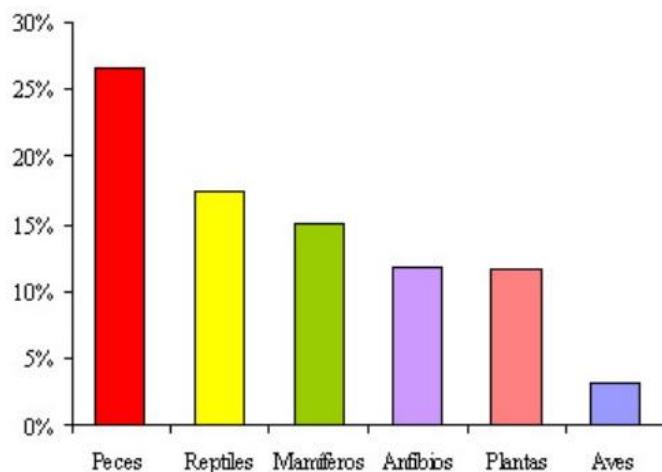
Invading fish compete for space and food, prey on other species, hybridize with the native and introduce parasites and diseases, causing extinctions, genetic losses and altering aquatic ecosystems. Most of these illegal introductions were in the 20<sup>th</sup> century and were produced in order to promote sport fishing.

Currently, the work of the legislation is to prohibit the possession, transport and trade of live specimens of invasive alien species and regulate their proliferation through control and eradication actions. Among the techniques that are used to control this problem, the use of rotenone or fishing equipments (electrofishing, nets...).

## 2. INTRODUCCIÓN

En primer lugar, es necesario definir qué es una especie exótica invasora (EEI). El *Real Decreto 1628/2011* define EEI como: “Especie exótica que se introduce o establece en un ecosistema o hábitat natural o seminatural, y que es un agente de cambio y amenaza para la diversidad biológica nativa, ya sea por su comportamiento invasor, o por el riesgo de contaminación genética”.

Se considera que la introducción de especies alóctonas es junto con la pérdida de hábitats naturales una de las principales causas de extinción de especies animales en los últimos siglos (Doadrio y Aldeguer, 2007). Entre las causas que explican el éxito de las EEI, podemos diferenciar entre aquéllas que tienen que ver con las características del ecosistema receptor y las que son propias de la especie invasora, que les permiten competir con el resto de especies y dominar sobre ellas. En nuestro país se puede apreciar un incremento continuado de especies exóticas en todos los grupos taxonómicos, tanto de plantas como de animales. Tal y como podemos observar en la Figura 1, los datos más recientes revelan proporciones alarmantes de especies invasoras en algunos grupos, como es el caso de los peces de agua dulce (Castro et al., 2004).



**Figura 1.** Porcentaje de especies invasoras en distintos grupos de organismos de la España peninsular. Elaborado a partir de Vilà et al. (2001) y de Elvira y Almodóvar (2001). El grupo de los peces solo incluye las especies de agua dulce (Castro et al., 2004).

Como indican Kolar y Lodge (2001), los ecosistemas acuáticos son especialmente vulnerables ya que muchas de las especies acuáticas nativas tienen poco poder de dispersión y están restringidas a pequeños cuerpos de agua. Además, por su mayor fragilidad, los

ecosistemas dulceacuícolas se ven especialmente alterados por estas introducciones (Doadrio y Aldeguer, 2007).

La ictiofauna de los sistemas fluviales constituye un recurso natural renovable de gran importancia, tanto ecosistémica como social, por lo que representa un recurso de alto valor ambiental (Habit et al., 2002). Tal y como afirma Bechara (1993), los peces representan el eslabón trófico superior de las cadenas alimentarias de la mayoría de los sistemas fluviales. De esta forma, la fauna íctica es el reflejo de toda la comunidad acuática, ya que su riqueza y composición específica, así como su diversidad, son indicadores de una alta o baja calidad ambiental del ecosistema fluvial (Habit et al., 2002). La introducción de peces piscívoros como el lucio, la perca americana o el siluro provocan no solo efectos a nivel poblacional, sino también cambios en la composición de especies y estructura trófica de la comunidad acuática (García-Berthou et al., 2015).

Por otro lado, las introducciones de especies alóctonas son una de las principales causas de amenaza para la integridad genética de las especies nativas de peces. Moyle et al. (1986) denominaron a este impacto “*efecto Frankenstein*” ya que las consecuencias de las introducciones (aún las bien intencionadas) suelen ser negativas y difícilmente predecibles. Los posibles beneficios que podrían generar (pesca, acuicultura extensiva, control de la vegetación) no compensan las pérdidas de biodiversidad en el ecosistema acuático (Doadrio y Aldeguer, 2007).

### **3. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS**

La realización de este trabajo de fin de grado sobre la introducción de especies de peces invasores en la cuenca del río Ebro, se debe al papel tan importante que desarrolla la ictiofauna en los ecosistemas acuáticos. La introducción y proliferación de especies invasoras es una de las principales causas de pérdida de biodiversidad y ha perjudicado notablemente a las especies autóctonas de nuestros ríos.

El principal objetivo de este trabajo ha sido la elaboración de una revisión bibliográfica con el fin de conocer mejor la fauna íctica, autóctona y alóctona, que habita en la cuenca del Ebro, documentarme sobre los impactos que producen actualmente las especies exóticas en dicha cuenca y sobre las medidas de control y erradicación que se han puesto en marcha, incluyendo aquellos aspectos legislativos que regulan su presencia.

#### **4. METODOLOGÍA**

Este trabajo consiste en una revisión bibliográfica. La información necesaria para la realización de la misma procede de libros especializados y artículos científicos relacionados con el tema principal.

Los libros y artículos utilizados han sido obtenidos del Centro de Documentación del Agua y del Medio Ambiente de Zaragoza (CDAMAZ), de la biblioteca de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de Zaragoza, de metabuscadores (Alcorze), de bases de datos especializadas (PubMed, Google académico y Web Of Science), de revistas científicas (Ecosistemas, Journal of Fish Biology, Trends in Ecology and Evolution, etc.). La legislación seleccionada para el trabajo ha sido obtenida de la página web del Boletín Oficial del Estado (<https://www.boe.es>).

Las citas bibliográficas extraídas de los libros y artículos han sido referenciadas mediante el estilo de citación “APA”, cuyo método de cita breve (autor/es, fecha) permite al lector identificar la fuente y localizarla posteriormente en el apartado de referencias bibliográficas.

#### **5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

##### **5.1 ICTIOFAUNA DE LA CUENCA DEL EBRO**

###### **5.1.1 Especies autóctonas**

**Tabla 1.** Principales especies autóctonas que habitan en la Cuenca del río Ebro (Durán, 2009).

<b>Familia</b>	<b>Especie</b>	<b>Nombre vulgar</b>
<b>Acipenseridae</b>	<i>Acipenser sturio</i>	Esturión
<b>Anguillidae</b>	<i>Anguilla anguilla</i>	Anguila
<b>Atherinidae</b>	<i>Atherina boyeri</i>	Pejerrey
<b>Balitoridae</b>	<i>Barbatula barbatula</i>	Lobo de río
<b>Blenniidae</b>	<i>Salaria fluviatilis</i>	Fraile o Blenio
<b>Clupeidae</b>	<i>Alosa fallax</i>	Saboga
<b>Cobitidae</b>	<i>Cobitis calderoni</i>	Lamprehuella
	<i>Cobitis palúdica</i>	Colmilleja
<b>Cyprinodontidae</b>	<i>Aphanius iberus</i>	Fartet
<b>Gasterostidae</b>	<i>Gasterosteus gymnurus</i> ( <i>Gasterosteus aculeatus</i> )	Espinoso
<b>Petromyzontidae</b>	<i>Petromyzon marinus</i>	Lamprea marina
<b>Cyprinidae</b>	<i>Barbus graellsii</i> ( <i>Luciobarbus graellsii</i> )	Barbo de Graells

	<i>Barbus haasi</i>	Barbo colirrojo
	<i>Chondrostoma arcasii</i> ( <i>Achondrostoma arcasii</i> )	Bermejuela
	<i>Chondrostoma miegii</i> ( <i>Parachondrostoma miegii</i> )	Madrilla
	<i>Gobio lozanoi</i> ( <i>Gobio gobio</i> )	Gobio
	<i>Phoxinus phoxinus</i> ( <i>Phoxinus bigerri</i> )	Piscardo
	<i>Squalius laietanus</i>	Bagre
<b>Salmonidae</b>	<i>Salmo trutta</i>	Trucha común
<b>Valenciidae</b>	<i>Valencia hispanica</i>	Samarugo

Según el *Real Decreto 139/2011*, las seis especies de peces que habitan en la cuenca del Ebro y que están incluidas en el Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y en su caso, en el Catálogo Español de Especies Amenazadas quedan reflejadas en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Principales especies piscícolas amenazadas en la cuenca del río Ebro.

Nombre científico	Nombre común	Categoría
<i>Petromyzon marinus</i>	Lamprea marina	<b>En peligro de extinción</b>
<i>Acipenser sturio</i>	Esturión	<b>En peligro de extinción</b>
<i>Achondrostoma arcasii</i>	Bermejuela*	----
<i>Aphanius iberus</i>	Fartet	<b>En peligro de extinción</b>
<i>Valencia hispanica</i>	Samarugo	<b>En peligro de extinción</b>
<i>Salaria fluviatilis</i>	Fraile	<b>Vulnerable</b>

\* La bermejuela está incluida en el Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial pero no en el Catálogo Español de Especies Amenazadas.

○ **Esturión**

Es una especie de gran talla que puede alcanzar los 3,5 metros de longitud y 300 kilogramos pudiendo vivir hasta un centenar de años. El cuerpo es alargado de sección pentagonal y con una aleta caudal heterocerca. No presenta escamas y el cuerpo está cubierto con pequeños dentículos y cinco filas de placas óseas (Figura 2). Presenta cuatro barbillas y un hocico prominente. El dorso es marrón o gris oscuro más pálido sobre los costados y el vientre blanco (Doadrio, 2001).

El área de distribución de esta especie se extiende por el nordeste del océano Atlántico, mar Mediterráneo y mar Negro. El esturión era una especie común en los grandes ríos de la península Ibérica, hay citas de los ríos Miño, Duero, Tajo, Guadiana, Guadalquivir,

Júcar, Turia y Ebro. Actualmente es una especie rara en los ríos de la península Ibérica y mares adyacentes. La última cita es del año 1992 en el río Guadalquivir (Salvador, 2017).

La desaparición del esturión de nuestros ríos se debe en gran medida a la explotación pesquera. Fernández-Pasquier (2000) afirma que la pesca de esturiones para la factoría de caviar de Coria del Río desde 1932 llevó a cabo la eliminación de la población reproductora, que desapareció en 1970. Otras amenazas para el esturión fueron la construcción de barreras (presas) que impedirían la migración de los adultos a los lugares de freza, la extracción de grava en los lugares de freza, la disminución de los caudales de los ríos, la eutrofización del tramo final de los ríos, la contaminación por residuos urbanos y fábricas y la introducción de especies alóctonas (Salvador, 2008).



**Figura 2.** Esturiones de la piscifactoría de Les (Valle de Arán). Fuente: Imanol Ruiz-Zarzuela.

- **Fraile o blenio**

Es un pez de pequeño tamaño que no suele superar los 9 centímetros. El cuerpo está desprovisto de escamas y las aletas dorsal y anal son largas y recorren la mayor parte del cuerpo. Encima del ojo hay un pequeño tentáculo filiforme y la boca presenta dientes sobre las dos mandíbulas, con caninos muy desarrollado. En los machos (Figura 3) hay una cresta cefálica muy desarrollada durante el período de celo. La coloración es muy variable, con tendencia a presentar unas bandas trasversales oscuras (Doadrio et al., 2011).

Especie de distribución mediterránea excepto Túnez, Libia y Egipto (Salvador, 2017). En España se ha constado su presencia en las cuencas de los ríos Ebro, Júcar, Bullen, Fluvia, Verde y Guadiana, desapareciendo de la albufera de Valencia y probablemente del río Segura (Doadrio, 2001). Durante los últimos 50 años su área de distribución en Cataluña se ha reducido en un 75% (Salvador, 2017). Existe una aceptable población distribuida por el valle medio del Ebro. Al norte alcanza zonas de la Hoya de Huesca (cuenca del Flumen) y de los Monegros, donde vive induso en los canales de regadío (Viñuales, 2001).

La principal amenaza del fraile es la expansión de especies exóticas que depredan los adultos y los frezaderos. En la cuenca del Ebro se ha realizado un estudio que confirma que la extracción de grava de los ríos supone una de las causas más importante del declive del fraile, ya que se destruyen los lugares de freza (Doadrio, 2001).



**Figura 3.** Macho de fraile del río Matarraña (cuenca del Ebro). Fuente: Ignacio Doadrio.

- **Anguila**

Es una especie de tamaño medio que puede alcanzar 1,5 metros de longitud total y 6 kilogramos de peso (Doadrio, 2001). Piel recubierta de mucosa con pequeñas escamas alargadas hendidas. Coloración variable, ya que el dorso puede ofrecer tonalidades negruzcas, verdosas o amarillentas, mientras que la zona ventral es blanquecina o amarillenta (Figura 4). Presentan una mandíbula inferior prominente con respecto a la superior, ambas mandíbulas están provistas de dientes. Los ojos son pequeños y redondos y se hipertrofian al madurar sexualmente (Doadrio et al., 2011).

Se distribuye por las costas del Atlántico norte, desde Escandinavia hasta Marruecos, por sus ríos y afluentes. En España se encuentra presente en todas las cuencas hidrográficas aunque muy limitada por la presencia de grandes presas, habiendo desaparecido de la mayor parte del Ebro, Duero, Tajo y Guadiana (Gómez-Juaristi y Salvador, 2017).

La sobre pesca en las desembocaduras de los ríos es un factor muy importante en el declive de la especie (Doadrio et al., 2011). La contaminación de los estuarios es también un factor negativo para la supervivencia de esta especie (Doadrio, 2001).



**Figura 4.** Ejemplar de anguila del río Guadiaro (Cádiz). Fuente: Ignacio Doadrio.

### 5.1.2 Especies exóticas invasoras

**Tabla 3.** Principales especies exóticas que habitan en la Cuenca del río Ebro (Durán, 2009).

Familia	Especie	Nombre vulgar
<b>Centrarchidae</b>	<i>Lepomis gibbosus</i>	Pez sol*
	<i>Micropterus salmoides</i>	Perca americana*
<b>Esocidae</b>	<i>Esox lucius</i>	Lucio*
<b>Ictaluridae</b>	<i>Ameiurus melas</i>	Pez gato negro*
	<i>Ictalurus punctatus</i>	Pez gato punteado*
<b>Percidae</b>	<i>Perca fluviatilis</i>	Perca de río*
	<i>Sander lucioperca</i>	Lucioperca*
<b>Poeciliidae</b>	<i>Gambusia holbrooki</i>	Gambusia*
<b>Cyprinidae</b>	<i>Abramis bjoerkna</i>	Brema blanca
	<i>Alburnus alburnus</i>	Alburno*
	<i>Carassius auratus</i>	Pez rojo y carpín
	<i>Cyprinus carpio</i>	Carpa*
	<i>Rutilus rutilus</i>	Rutilo*
	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	Escardino*
	<i>Tinca tinca</i>	Tenca
<b>Salmonidae</b>	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Trucha arcoíris*
	<i>Salvelinus fontinalis</i>	Savelino*
<b>Siluridae</b>	<i>Silurus glanis</i>	Siluro*

\* Especies que aparecen reflejadas en el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras.

- **Carpa**

Es un ciprínido de gran tamaño que a menudo supera los 70 centímetros de longitud. La boca es terminal y protráctil, con cuatro barbillas sensoriales situadas dos a cada lado. Los flancos de tonos dorados se oscurecen hacia el dorso (Figura 5). La aleta dorsal es larga y con un primer radio fuerte y aserrado, es de color más oscuro que el del resto de las aletas (Doadrio et al., 2011). Dentro de la especie se han establecido diferentes variedades: carpa

común, carpa espejo o real (con pocas escamas y muy grandes), carpa cuero (con la piel más dura y sin escamas) (Durán, 2009).

La carpa común ha sido una de las primeras especies traslocadas por acción humana. Los primeros cultivos de esta especie con fines alimentarios, probablemente, provengan de China donde es tradicional criar carpas en los campos de arroz. En el siglo I los romanos extendieron, gradualmente, por toda Europa la especie desde sus localizaciones naturales del Danubio. Las introducciones más frecuentes se han producido en aguas templadas de todo el mundo como pescado para alimentación humana. También se ha introducido como pez ornamental tras seleccionarse variedades a tal efecto (Capdevila-Argüelles et al., 2011a).

En Aragón se distribuye a lo largo de todo el eje del Ebro, también en los tramos medios y bajos de sus afluentes, al igual que en los embalses siempre que no sean de aguas muy frías. Se pueden citar el Gállego, Ésera, Cinca, Aragón, Jalón, Guatizalema, Queiles, Aranda, Guadalupe y Matarraña entre otros (Zapater y Blanco, 2010).

Esta especie es considerada como perjudicial no por depredación sino por la alteración de los hábitats donde es introducida. Por sus hábitos de remover el fondo produce turbidez, aumentando el fósforo, cambiando la composición del fitoplancton y disminuyendo los macrófitos (Doadrio y Aldeguer, 2007).



**Figura 5.** Ejemplar de carpa. Fuente: Ignacio Doadrio.

- **Trucha arcoíris**

La trucha arcoíris es un salmónido procedente de una región Norteamericana que se extiende junto al Pacífico, desde el Sur de Alaska hasta la baja California mexicana. Su nombre proviene de una franja irisada de tono violáceo que se extiende a lo largo de la línea lateral, franja que suele estar ausente en los individuos jóvenes (Capdevila-Argüelles et al., 2011a). Es una especie de talla media que en libertad no suele pasar de 50 cm de longitud total. Tiene un

aspecto semejante a la trucha común, pero con la cabeza un poco más pequeña. Tanto el cuerpo como las aletas adiposa y caudal están moteados con pequeñas manchas negras (Figura 6) (Doadrio et al., 2011).

Fue introducida en España a finales del siglo XIX en todas las cuencas hidrográficas. En Aragón se distribuye por los tramos medios-altos de ríos, arroyos y barrancos entre los que se puede citar las cuencas del Aragón, Gállego, Cinca, Flumen, Isuela, Guatizalema, Queiles, Aranda, Piedra, Guadalope, Matarraña, Guadalaviar y Turia entre otras (Zapater y Blanco, 2010).

En España, constituye la principal especie continental criada en condiciones intensivas para su engorde y posterior consumo. Los países donde se cultiva más esta especie son Irán con 163.325 toneladas (el 20,1 % del total mundial), Turquía con 104.355 Tm (12,8 %), Noruega con 87.774 Tm (10,8 %), Chile con 84.607 Tm (10,4 %) y Perú con 52.246 Tm (6,4 %). Otros países relevantes son EEUU, China, Italia, Dinamarca, Francia y Rusia, pero es una especie producida en 79 países distribuidos por los cinco continentes. La producción de trucha arco iris en España en 2017 se estimó en 17.984 Tm, un 1,4 % más que en el año anterior. Las principales regiones productoras son Castilla y León, Galicia y Andalucía; Aragón ocupa el sexto lugar con una producción aproximada de 1.100 Tm (APROMAR, 2018).



**Figura 6.** Ejemplares de trucha arcoíris del río Piedra (cuenca del Ebro). Fuente: Imanol Ruiz-Zarzuela.

- **Alburno**

El alburno tiene un cuerpo alargado y comprimido lateralmente y un pedúnculo caudal largo y estrecho. La coloración es plateada con las aletas muy poco pigmentadas (Figura 7).

Existe dimorfismo sexual, teniendo los machos las aletas pectorales, ventrales y anal más largas y el cuerpo en general más alargado (Doadrio et al., 2011).

Fue introducido ilegalmente en España en la década de los 90 del siglo pasado, con fines deportivos. La intención era que sirviera de alimento o “pez pasto” para otras especies de más interés como el black-bass, el lucio o el siluro. Los primeros ejemplares capturados en España corresponden al río Noguera-Ribagorzana, de la cuenca hidrográfica del Ebro, pero se ha extendido por numerosos ríos de las cuencas del Norte peninsular (Capdevila-Argüelles et al., 2011a).

Se distribuye por buena parte de Aragón en embalses, canales y ríos, siendo más abundante en tramos medios y bajos y más raro en aguas de media montaña (Zapater y Blanco, 2010).

Su alta fecundidad y gran espectro en cuanto al número de presas le hace un potencial competidor con otros cíprinidos. La hibridación del alburno con otras especies de cíprinícolas es frecuente (Doadrio y Aldeguer, 2007).



**Figura 7.** Ejemplar de alburno del río Estena (cuenca del Guadiana). Fuente: Ignacio Doadrio.

- **Pez gato negro**

La coloración del pez gato es marrón muy oscura casi negra en el dorso aclarándose hacia la región ventral que es amarillenta (Figura 8). El tamaño máximo conocido en Norteamérica es de 60 centímetros y 3,5 kilogramos de peso, pero en España no se conocen ejemplares mayores de 30 centímetros (Doadrio et al., 2011). Presenta 4 pares de barbillones negruzcos: 1 en los orificios nasales, 1 en la mandíbula superior y 2 en la inferior (Capdevila-Argüelles et al., 2011a).

Fue introducido deliberadamente para la pesca deportiva en varios países europeos a finales del siglo XIX. Al no existir un pez de características homólogas a éste, ha colonizado los

ambientes de aguas estancadas en ríos con facilidad. Se introdujo en España a principios del siglo XX en el Lago de Bañolas (Girona) (Capdevila-Argüelles et al., 2011a).

En Aragón se distribuye principalmente por el río Ebro y sus galachos asociados, en especial aguas abajo de la ciudad de Zaragoza. También se ha detectado en algunos canales y acequias de regadío como el Canal Imperial, el Canal de Tauste y la acequia de Pina de Ebro (Zapater y Blanco, 2010).



**Figura 8.** Ejemplar de pez gato del río Arga (cuenca del Ebro). Fuente: Ignacio Doadrio.

- **Lucio**

Se trata de un pez que supera con frecuencia los 70 centímetros, pudiendo llegar a sobrepasar un metro de longitud y 25 kilogramos de peso. Es de color verdoso, con manchas amarillentas que rompen la uniformidad de los flancos. La boca es una de sus características más llamativas, es de gran tamaño, ancha, aplanada y recubierta por fuertes dientes. La aleta dorsal se sitúa en la parte posterior del cuerpo, cerca de la aleta caudal y opuesta a la anal (Doadrio et al., 2011).

Especie de distribución circumpolar, que se encuentra en el hemisferio norte; su área se extiende por el norte de América, Europa y norte de Asia (Salvador, 2017). Fue introducido desde Francia, con fines deportivos, en España en el año 1949, manteniendo poblaciones en la mayor parte de las cuencas de la Península (Capdevila-Argüelles et al., 2011a).

En Aragón se distribuye por el eje del Ebro y tramos bajos y de desembocadura de sus principales afluentes; vive fundamentalmente en embalses (salvo en los de aguas de alta montaña). Está presente en el río Ebro (galacho de la Alfranca, embalses de Mequinenza y Ribarroja) y en las subcuenca del Gállego, Cinca y Noguera Ribagorza (Zapater y Blanco, 2010).



**Figura 9.** Ejemplar de lucio del río Salor (cuenca del Tajo). Fuente: Ignacio Doadrio.

- **Perca americana o black-bass**

Alcanza unos 30-40 centímetros, aunque pueden incluso superar estos tamaños, conociéndose ejemplares de 97 centímetros y 10 kilogramos de peso. El cuerpo es de color verdoso (Figura 10), comprimido lateralmente y con una aleta dorsal muy desarrollada y dividida en dos partes. La boca es grande y tiene dientes en las mandíbulas y en la lengua (Doadrio et al., 2011).

Fue introducido desde Estados Unidos por toda Europa a principios del S. XX (al igual que en otras partes del mundo) (Zapater y Blanco, 2010). En España se introdujo con fines deportivos en el año 1955, habiéndose aclimatado bien en la mayoría de los embalses y tramos lentos de nuestros ríos (Capdevila-Argüelles et al., 2011a).

Se distribuye ampliamente por muchos embalses españoles y numerosos embalses de la cuenca del Ebro, tanto en el río Ebro como en los de la mayor parte de sus afluentes (Zapater y Blanco, 2010).



**Figura 10.** Ejemplar de perca americana del río Albaida (cuenca del Júcar). Fuente: Ignacio Doadrio.

- **Lucioperca**

Es un pez de tamaño grande cuyos ejemplares adultos suelen medir entre 40 y 70 centímetros con un peso de 1-2 kilogramos. El cuerpo es alargado con una cabeza grande

armada de fuertes dientes y maxilar largo (Figura 11). El dorso es verdoso con bandas transversales y una muy conspicua en la base de la aleta caudal (Doadrio et al., 2011).

Fue introducido ilegalmente en aguas ibéricas (embalse de la Cuerda del Pozo, provincia de Soria) en los años 90 para la pesca deportiva, se aclimató con rapidez y en apenas una década se extendió por la mayoría del Noreste español (Capdevila-Argüelles et al., 2011a).

En Aragón, la primera captura corresponde al embalse de Mequinenza en 1990. Se conoce su presencia en los embalses de cabecera del río Cinca (Mediano y El Grado), en el embalse de Santa Ana (Noguera Ribagorzana), en los embalses de Valdabra y Torrollón, en el embalse de La Tranquera (Río Piedra) y en los embalses de Mequinenza y Ribarroja en el río Ebro (Zapater y Blanco, 2010).



**Figura 11.** Ejemplar de lucioperca del río Ebrillos (cuenca del Duero). Fuente: Ignacio Doadrio.

- **Gambusia**

Tiene la cabeza ancha y aplastada dorsalmente, la boca súpera y ligeramente oblicua. El dorso y los flancos son de color variado, que va desde el verdoso hasta el parduzco o grisáceo, con escamas bordeadas de oscuro. El vientre es blanquecino y las aletas son blanquecinas o blanco amarillentas, con puntos negros en forma de bandas transversales en la dorsal y la caudal. Longitud total hasta 4 centímetros en machos y 7 centímetros en hembras (Moreno y Ruiz, 2017). Presentan un acusado dimorfismo sexual, siendo las hembras de mayor tamaño que los machos y con el vientre más dilatado (Figura 12) (Doadrio et al., 2011).

Introducida al menos en 31 países de los 5 continentes con fines ornamentales y para controlar, indirectamente, diversas enfermedades propagadas por mosquitos. Se introdujo en España en 1921 para combatir el paludismo, aunque según diversas fuentes parece ser que ya en el año 1919, la Dirección General de Sanidad junto con el Instituto Español de Oceanografía la importaron como agente de control biológico de huevos y larvas de mosquitos vectores del paludismo (Capdevila-Argüelles et al., 2011a).

En Aragón se distribuye por muchas lagunas, balsas, estancas y charcas de áreas bajas, no ocupando generalmente los cauces principales. Ampliamente distribuido en el río Ebro y en sus canales y acequias asociados (Zapater y Blanco, 2010).

Doadrio y Aldeguer (2007) pusieron de manifiesto el comportamiento agresivo de la gambusia frente a los alevines y juveniles de dos de las especies ibéricas más amenazadas en la actualidad, el samarugo y el fartet.



**Fuente 12.** Hembra de gambusia del río Voltoya (cuenca del Duero). Fuente: Ignacio Doadrio.

○ **Siluro**

Pez de gran talla que suele alcanzar los 2,5 metros de longitud total y más de 100 kilogramos de peso (Doadrio et al., 2011). La cabeza es grande, ancha y aplanada, con seis barbillones bucales, dos largos y móviles en la mandíbula superior y cuatro más pequeños en la inferior, la piel no tiene escamas y está recubierta de abundante mucosidad. La coloración en su dorso es azul negruzca, parda o verdosa (Figura 13); los flancos son más claros, con color jaspeado y el vientre, blanco con reflejos rojizos (Carol y García-Berthou, 2017).

Es una especie originaria del este de Europa, Asia central y Asia menor. Es una especie en expansión por su introducción como especie objeto de pesca. En España fue introducida de forma ilegal en la cuenca del Ebro en 1974, concretamente en el embalse de Mequinenza-Ribarroja aparentemente procedente del Danubio (Doadrio et al., 2011). También aparece a lo largo de todo el eje del río Ebro y en sus afluentes principales, canales y acequias asociados como el Canal Imperial o el Canal de Tauste (Zapater y Blanco, 2010).

El siluro presenta una alimentación oportunista, es un depredador voraz y agresivo que a lo largo de su crecimiento modifica su régimen alimentario. En la fase postlarval la dieta es planctófaga, en la fase juvenil se centra en invertebrados y en la adulta sobre todo en peces y cangrejos, aunque se puede alimentar de ranas, roedores y aves acuáticas de forma ocasional. El impacto ecológico de esta especie sobre la biota nativa es todavía poco conocido. Es

probable un impacto considerable en los cíprinidos autóctonos de la península. La abundancia de aves acuáticas, especialmente las anátidas, es significativamente menor en embalses con siluros, lo que sugiere un impacto ecológico directo o bien que las aves han aprendido a evitar las zonas donde se ha introducido esta especie (Carol y García-Berthou, 2017).



Figura 13. Ejemplar de siluro en un acuario. Fuente: Florenci Vallès.

## **5.2 EFECTOS DE LA INTRODUCCIÓN DE ESPECIES PISCÍCOLAS INVASORAS**

### **5.2.1 Impacto sobre las poblaciones de peces nativos**

Los peces introducidos compiten por el espacio y el alimento, depredan o se hibridan con los autóctonos, introducen parásitos y enfermedades, alteran los procesos ecológicos y reducen la calidad ambiental (Elvira, 1997).

#### **5.2.1.1 Depredación y competencia**

Las especies introducidas suelen tener efectos negativos sobre las nativas que se resumen, a grandes rasgos, en competencia por los mismos recursos ecológicos o la depredación (Zapater y Blanco, 2010). En este sentido, la depredación es uno de los mecanismos de impacto de las especies invasoras más conocido. En la península ibérica, han sido introducidos varios peces piscívoros, fundamentalmente para la pesca deportiva (García-Berthou et al., 2015). Ejemplos conocidos son el siluro, el pez gato, el lucio, el black-bass, la lucioperca, etc., todos ellos son grandes predadores que en general se alimentan de otros peces más pequeños (Zapater y Blanco, 2010).

Tal y como indican Riberio y Leunda (2012), la introducción de estos peces piscívoros ha tenido un gran impacto sobre la fauna nativa de la Península, ya que sus poblaciones han evolucionado sin esta presión depredadora y por tanto están poco adaptadas a ella. En algunos casos, las especies nativas pueden responder adecuadamente a especies invasoras nuevas por ser estas similares a otros depredadores o competidores nativos existentes, lo que se conoce como preadaptación por coincidencia (*coincidental preadaptation*) (García-Berthou et al.,

2015). Sin embargo, normalmente las especies que sirven de presa son incapaces de reconocer y responder a un nuevo depredador o competidor (Sih et al. 2010).

Como consecuencia, según Vinyoles et al. (2007) se ha producido un declive de peces nativos, fundamentalmente en embalses y sus inmediaciones, lo que ha tenido el efecto colateral de la introducción ilegal de especies “pasto” como el alburno. Estos peces se han introducido con la intención de ser utilizados como cebo de pesca o para servir como alimento de los depredadores superiores (Zapater y Blanco, 2010). Desafortunadamente, estas nuevas introducciones también suponen una seria amenaza para la fauna nativa (García-Berthou et al., 2015).

El alburno ha desplazado a los cíprinídos nativos como la madrilla o la bermejuela, por su mayor capacidad reproductiva, competencia por los recursos existentes y la adaptación tanto a aguas lentas como moderadamente corrientes (Zapater y Blanco, 2010).

La gambusia es uno de los peces más invasores de las aguas continentales mediterráneas y del mundo en general. Se ha demostrado experimentalmente que la competencia por los recursos y la agresión de la gambusia tiene efectos en los comportamientos alimentarios y reproductivos, el uso de hábitat, y la supervivencia de dos ciprinodontiformes en peligro de extinción endémicos de la Península: el fartet y el samarugo. También afecta a las especies nativas por depredación en juveniles de otras especies (aunque esto es difícil de demostrar) y por competencia por los recursos. La gambusia se muestra a menudo más voraz que las especies nativas y disminuye la tasa de alimentación de éstas (García-Berthou et al., 2015).

La trucha arcoíris, frecuentemente utilizada para repoblar aguas donde se practica la pesca intensiva, es un salmónido con unos requerimientos muy similares a la trucha común con la que compite por el hábitat y el alimento, además de transmitir enfermedades y dificultar la recolonización de algunos tramos de río por la especie nativa (Zapater y Blanco, 2010).

La perca americana ha sido introducida ampliamente por todo el mundo y actualmente está considerada una de las 100 especies invasoras más dañinas a escala global, igual que la gambusia, el salvelino americano o la carpa. Un rasgo muy llamativo de la perca americana durante su desarrollo es el fuerte cambio ontogénico de su dieta, lo que le permite explotar distintos recursos tróficos dependiendo de su talla/edad. Además Almeida et al. (2012) afirman que muestra una amplia plasticidad trófica, pudiendo capturar presas muy diferentes

respecto a su área de distribución original, lo que le confiere una gran capacidad adaptativa a nuevos hábitats y facilita su fuerte carácter invasor en aguas ibéricas. Debido a su abundancia y amplia distribución, la perca americana ha provocado un gran impacto sobre la fauna nativa y endémica de la península ibérica, siendo responsable de fuertes descensos e incluso extinciones locales (García-Berthou et al., 2015).

#### **5.2.1.2 Cruzamientos genéticos**

Los impactos genéticos de las especies invasoras según Lockwood et al. (2007) se definen como alteraciones en la estructura genética de las especies nativas y pueden ser directos o indirectos. El principal impacto directo es la hibridación, es decir, el cruce entre especies distintas o entre individuos de linajes o poblaciones genéticamente distintas. Los impactos indirectos, tal y como indican Parker et al. (1999), incluyen cambios en los patrones de selección natural o del flujo de genes dentro de poblaciones nativas.

La principal consecuencia negativa de la hibridación es la pérdida de diversidad genética y la pérdida de poblaciones localmente adaptadas (Vilà et al., 2008).

La hibridación por introducción de poblaciones incide de forma muy particular en las poblaciones de salmonídos, gran parte de las poblaciones mediterráneas de trucha común están hibridadas con poblaciones adaptadas a la cría en cautividad procedentes del centro de Europa (Doadrio y Aldeguer, 2007). La hibridación entre las truchas comunes autóctonas y alóctonas se ha podido demostrar por medio de marcadores genéticos (Elvira, 1997).

Muy importante pero mucho menos estudiada que la introgresión de salmonídos es la hibridación interespecífica de ciprínidos. Muchas especies de ciprínidos europeos producen híbridos, a veces fértiles. La hibridación entre especies nativas de ciprínidos ibéricos y especies introducidas o traslocadas parece uno de los ejemplos de muchos efectos potenciales importantes con todavía pocas evidencias publicadas (García-Berthou et al., 2015).

#### **5.2.1.3 Transmisión de patógenos**

La introducción de patógenos o parásitos de animales también causa a menudo efectos en cascada sobre todo el ecosistema acuático (Vilà et al., 2008).

Asociado a las introducciones de peces se han identificado numerosos agentes parasitarios, principalmente gusanos platelmintos. Se ha observado el aumento de la prevalencia de dichos agentes en los peces nativos (Vilà et al., 2008). La morbilidad de *Ligula*

*intestinalis* parece haber aumentado con la introducción del alburno (Giraldo et al., 2016). El copépodo *Lernaea cyprinacea*, llamado “gusano ancla”, se ha transmitido desde la carpa común y el carpín a algunos cíprinidos ibéricos (García-Berthou et al., 2015).

La acuicultura y todas aquellas actividades relacionadas con la gestión de la pesca pueden introducir un riesgo potencial en la transmisión de organismos patógenos sobre poblaciones piscícolas naturales no expuestas, ya que un gran número de enfermedades tienen como principal vector de transmisión el movimiento o el comercio de huevos embrionados o de peces vivos sin ningún tipo de certificación y/o de restricción sanitaria (Quintana, 2001; Ruiz-Zarzuela, 2003). En este sentido, se hace necesario el establecimiento de controles sanitarios periódicos y la puesta en marcha de programas de vigilancia epidemiológica sobre estas poblaciones con el fin de evitar la proliferación y la diseminación de nuevos agentes patógenos (Ruiz-Zarzuela, 2003).

#### **5.2.2 Impacto socio-económico**

Las especies exóticas invasoras, además de infligir graves impactos en los ecosistemas, alteran también sus funciones, procesos y servicios de los que depende el bienestar humano. Mientras que el impacto ecológico es el más documentado, hay escasa información sobre su impacto socio-económico (costes directos e indirectos) (Capdevila-Argüelles et al., 2011).

Recientes estudios llevados a cabo en el contexto de la Unión Europea han proporcionado una primera cuantificación económica del impacto de las especies exóticas invasoras estimado en torno a 12.000 millones de euros al año. No obstante, esta cifra no refleja la realidad siendo una estimación significativa de la misma. Del mismo modo, la información disponible sobre los costes que las especies exóticas invasoras están causando en España es escasa y dispersa y, como en el caso europeo, se trata de una infravaloración de la realidad que tampoco contempla los costes derivados de la perdida de los servicios de los ecosistemas (Capdevila-Argüelles et al., 2011).

### **5.3 OTRAS AMENAZAS PARA LAS ESPECIES FLUVIALES**

#### **5.3.1 Modificación y destrucción del hábitat**

Aparicio et al. (2000) encontraron que el principal factor que afecta a las poblaciones de peces nativos es la alteración del hábitat. Estos autores observaron en varias cuencas españolas del Mediterráneo que los ríos mejor conservados tenían una mayor proporción de especies nativas de peces y una mayor integridad en la comunidad que los cursos de agua

donde se había producido una alteración del medio y donde se encontraban menos formas nativas (Giraldo et al., 2016).

La regulación de los caudales mediante la construcción de embalses (Figura 14) modifica la composición y el funcionamiento de los sistemas fluviales, sobre todo aguas abajo de las presas (Doadrio, 2001). La homogenización del hábitat en un embalse, la disminución del flujo y los nuevos usos que genera, como la pesca, favorecen la introducción y proliferación descontrolada de especies exóticas (Zapater y Blanco, 2010).



**Figura 14.** Presa del embalse de Santa Ana (río Noguera Ribagorzana). Fuente: Lorena Cristófol Franco.

La construcción de embalses y azudes ha constituido también grandes impedimentos para los peces migratorios como el esturión y la anguila que ven imposibilitados sus desplazamientos previos a la freza debido a la infranqueabilidad de estas barreras (Doadrio, 2001). Así, desde la década de 1960 no se han pescado más esturiones en el río Ebro y las anguilas han disminuido mucho su área de distribución (Zapater y Blanco, 2010).

La alteración de la vegetación de la ribera, debida normalmente a la puesta en cultivo de los terrenos fértiles de las vegas de los ríos y en menor medida a la urbanización de las mismas, supone una reducción de la disponibilidad de refugios en las orillas y una menor productividad de micro y macroinvertebrados debido a la ausencia de esta vegetación (Zapater y Blanco, 2010).

Las extracciones de gravas modifican los lechos y perfiles de los ríos, privando a muchas especies de peces de refugios y zonas de freza importantes. Se atribuye a esta causa la disminución de las poblaciones de las especies bentónicas, así como el descenso en el éxito reproductivo de los salmonidos (Zapater y Blanco, 2010).

### **5.3.2 Contaminación de las aguas**

En general, los vertidos que sufren los ríos suelen ser de tipo industrial, urbano o agrícola (Zapater y Blanco, 2010).

Los vertidos urbanos aportan en nutrientes de naturaleza orgánica al agua, cuando se degrada la materia orgánica se produce un alto consumo de oxígeno disuelto y se producen situaciones de hipoxia o incluso anoxia en las masas de agua afectadas (Doadrio, 2001). Si aumenta el contenido en fósforo y nitrógeno, las aguas pueden sufrir problemas de eutrofia. La eutrofia causa dificultades en la reproducción de los peces (Zapater y Blanco, 2010). Los vertidos de origen urbano son puntuales y fácilmente tratables mediante depuración (Doadrio, 2001).

Los vertidos industriales aportan contaminantes muy diversos según el tipo de empresa que los produce: cianuros, detergentes, aluminio, ácido sulfúrico, etc. Al igual que en el caso anterior, los vertidos de origen industrial son puntuales y localizables, lo que facilita la adopción de medidas correctoras (Doadrio, 2001).

Algunas empresas, tras la refrigeración de su maquinaria con agua de un río cercano, devuelven las aguas varios grados más calientes que cuando las tomaron. Esto puede provocar, además de la disminución del punto de saturación del oxígeno disuelto en el agua, un grave incremento de la propagación de enfermedades, ya que el aumento de la temperatura del agua disminuye las defensas de los peces y propicia el desarrollo de agentes patógenos (Doadrio, 2001).

Los vertidos agrícolas son generalmente difusos (no aparecen en un punto concreto). Estos vertidos aportan sustancias como pesticidas, plaguicidas y abonos que envenenan y eutrofizan los cauces (Zapater y Blanco, 2010).

### **5.3.3 Cambio climático**

Las alteraciones bajo los efectos del cambio climático previstas en los diferentes modelos influirán en la biología y distribución de los seres vivos, provocando alteraciones en la interacción entre especies, favoreciendo la expansión de especies invasoras y plagas, aumentando el impacto de las perturbaciones, cambiando la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas y perturbando la habilidad competitiva de las diferentes especies (Capdevila-Argüelles et al., 2011b).

El cambio climático predicho para España se expresará con una tendencia general al aumento de la temperatura media con una estación cálida más prolongada y unos inviernos más suaves, además de la disminución de las precipitaciones dando lugar a descensos importantes en los recursos hídricos. Para el horizonte de 2030, se calculan disminuciones medias de aportaciones hídricas, en régimen natural, entre un 5 y un 14%, mientras que para el 2060 se prevé una reducción global media de los recursos hídricos del 17%. El cambio climático hará que parte de los ecosistemas acuáticos continentales españoles pasen de ser permanentes a estacionales y algunos desaparecerán. Se reducirá la biodiversidad de muchos de ellos y se alterarán sus ciclos biogeoquímicos (Ribera y Martínez, 2007).

Estos cambios pueden generar nuevas oportunidades para que especies exóticas expandan su rango actual de distribución. Es esperable que especies que actualmente ven limitada su distribución debido a un clima relativamente severo tengan más oportunidades para establecerse y llegar a ser invasoras bajo condiciones más favorables o debido a que especies nativas se vean perjudicadas por los cambios en el clima (Capdevila-Argüelles et al., 2011b).

#### **5.3.4 Sobre pesca**

Según Avery y Hunt (1981), la presión pesquera excesiva puede reducir la abundancia de reproductores a niveles tan bajos que el número de nuevos juveniles incorporados anualmente sea insuficiente para renovar la población (Doadrio, 2001).

En Aragón la sobre pesca no es fácil de documentar, sin embargo hasta la década de 1950 la pesca de angulas era común en muchos ríos (Zapater y Blanco, 2010).

Una característica de las poblaciones de trucha común sometidas a pesca deportiva es el descenso o incluso la ausencia de peces de clases de edad superiores, debido a las extracciones de los ejemplares de tamaños grandes a lo largo de los períodos de pesca sucesivos, que tiene como consecuencia el descenso de la población reproductora (Doadrio, 2001). La instauración de cupos y tamaños mínimos de pesca intenta paliar este problema, aunque no lo resuelve por completo (Zapater y blanco, 2010).

#### **5.3.5 Pesca deportiva**

En la España actual en la que prácticamente nadie pesca "por necesidad", lo que entendemos por pesca deportiva se refiere a una actividad de tipo lúdico, en ocasiones acompañada por un componente gastronómico, pero que poco tiene que ver con la pesca de

tiempos pasados. La pesca deportiva explota un recurso natural que, si bien es de carácter claramente renovable, necesita hoy en día de una regulación que, limitando las extracciones a lo soportable por el ecosistema, asegure la conservación de las especies y de los propios ecosistemas. Resulta evidente que, además de actuar selectivamente sobre determinadas clases de edad, la pesca extrae de la población unos efectivos que no pueden ser inmediatamente reemplazados de forma natural, por lo que el volumen poblacional se ve reducido durante la temporada de pesca (Doadrio, 2001).

La gestión de la pesca deportiva en España, desde años atrás, ha carecido de criterios ambientales, basándose, en muchos de sus aspectos, en la introducción de especies exóticas de carácter ictiófago. A su vez, la concesión de permisos para la realización de introducciones de estas especies en cotos gestionados por asociaciones de pescadores deportivos es una práctica común. Por desgracia, aficionados a la pesca deportiva todavía realizan introducciones ilegales de especies ictiófagas, sin ser conscientes de los peligros que ello conlleva (Oliva-Paterna et al., 2007).

#### **5.4 MEDIDAS DE CONTROL Y ERRADICACIÓN**

La prevención de la introducción de especies exóticas invasoras es mucho más rentable y preferible para el medio ambiente que las medidas de lucha que puedan tomarse una vez que dichas especies se hayan introducido y establecido (Lorenzo y González, 2014).

Para construir un sistema de prevención eficaz, los servicios de inspección fronteriza y las medidas de cuarentena constituyen un elemento de vital importancia. Hay que tener en cuenta las posibles vías de entrada a través de las cuales se produce la introducción de especies exóticas. Los puestos de control fronterizo y de cuarentena tienen que ser seleccionados cuidadosamente y dotados de los suficientes medios, materiales y recursos humanos (personal entrenado específicamente) para poder desarrollar dichas tareas de control. La función básica de estos sistemas es interceptar e impedir la entrada al territorio nacional de especies indeseadas (Capdevila-Argüelles et al., 2006).

La prevención se hace también mediante el seguimiento de las especies en campo. Los técnicos y agentes ambientales tienen que estar preparados para la identificación de posibles nuevas introducciones.

Si la barrera de la prevención no es suficiente o falla y se introduce una especie invasora en un territorio, la mejor opción es la detección precoz y la puesta en marcha de

acciones de respuesta rápida. Estas acciones, en la medida de lo posible, deberían ir enfocadas a la erradicación de la especie (Lorenzo y González, 2014).

La erradicación generalizada de las especies invasoras es una tarea inmensa, quimérica incluso a largo plazo y ello hace necesario el planteamiento de una estrategia de prioridades. Estas prioridades deberían orientarse a la identificación de los lugares que por su interés y por la viabilidad de dichas acciones deberían centrar los primeros esfuerzos (Giraldo et al., 2016).

La existencia de métodos más o menos comprobados de control de especies exóticas invasoras no debe en ningún caso ser una justificación para no aplicar todas las medidas preventivas disponibles y profundizar en el conocimiento de otras nuevas que permitan controlar efectivamente la introducción, tanto involuntaria como intencionada (Capdevila-Argüelles et al., 2006).

Los métodos de control se dividen en tres grupos:

- **Control físico**

Incluye métodos mecánicos de retirada, como la captura de animales, pero también alteraciones del medio físico en el que viven las especies, como sería la alteración de factores como el pH o la salinidad. Las alteraciones de los factores físicos del hábitat tienen el gran problema de que también pueden eliminar a todas las demás especies. Por lo tanto, su uso está limitado a grandes concentraciones de especies invasoras que excluyen a las especies nativas en esa zona (Capdevila-Argüelles et al., 2006).

La pesca eléctrica (Figura 15) permite aturdir a los peces mediante una pequeña descarga. Una de sus mayores utilidades reside en que también genera contracciones involuntarias en los músculos de los peces que hace que se aproximen y puedan ser capturados. En general es una técnica que permite la captura *in vivo* (Capdevila-Argüelles et al., 2006), aunque es prácticamente imposible extinguir completamente una población con este método (Giraldo et al., 2016).



**Figura 15.** Pesca eléctrica en el río Ebro a su paso por Flix (Tarragona). Fuente: Miguel Ángel Peribáñez López.

La pesca deportiva podría convertirse en un medio que facilitase el control de las especies invasoras, pero reducir la población de estas especies que presentan interés deportivo no parece *a priori* que sea un objetivo realista mediante esta vía. El Tribunal Supremo a través de la *sentencia 637/2016* exige el sacrificio de todas las especies exóticas que se pesquen y se prohíbe la repoblación con las mismas. La “pesca con muerte” de especies invasoras de interés deportivo es hoy por hoy una quimera, no aceptada por la mayoría de los pescadores deportivos (Giraldo et al., 2016).

El trampeo de vertebrados acuáticos es otro método de control, se realiza mediante redes (Figura 16) de diferente tipo, nasas o garlitos. Estas pueden estar totalmente sumergidas o permitir una cámara de aire (Capdevila-Argüelles et al., 2006).



**Figura 16.** Redes de pesca usadas para el estudio censal de las comunidades de peces en el embalse de Mequinenza (Monteoliva, 2008).

- **Control químico**

Aunque existen tratamientos químicos capaces de matar a cualquier ser vivo, la especificidad suele ser bastante baja. Sólo deberían usarse estos métodos cuando no exista alternativa y extremando las precauciones.

El envenenamiento de vertebrados considerados una “plaga” ha tenido y tiene consecuencias desastrosas en el medio ambiente debido a la transmisión de los productos tóxicos a través de la cadena trófica (Capdevila-Argüelles et al., 2006).

La rotenona es un tóxico de origen vegetal que intoxica a todos los seres vivos que se encuentran en el agua, por lo que debe emplearse solo en condiciones muy controladas, en masas de agua cerradas y en las que no haya especies de peces que no se quiera afectar, ya que no hace distinciones (Giraldo et al., 2016).

- **Control biológico**

El control biológico induce el uso de enemigos naturales (depredadores, agentes patógenos y sus toxinas), de sustancias de origen biológico y la alteración de procesos biológicos (Capdevila-Argüelles et al., 2006).

El uso de agentes biológicos debe someterse a rigurosos análisis de riesgos, ya que se trata, por lo general, de especies potencialmente invasoras. La dependencia predador-presa o parásito-huésped debe ser muy específica. Además, las medidas para evitar que el agente biológico se extienda fuera del área de trabajo deben de ser estrictas, ya que la acción que es deseable en una zona, puede no serlo en otra. En este sentido, los vertebrados que se han utilizado para controlar especies invasoras raramente han tenido éxito y, de hecho, se han convertido a su vez en invasores. Entre las especies empleadas con este fin está la gambusia (Capdevila-Argüelles et al., 2006).

## **5.5 LEGISLACIÓN QUE REGULA LAS ESPECIES EXÓTICAS INVASORAS**

El Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras se creó y articuló por primera vez en España a través del *Real Decreto 1628/2011*, de 14 de noviembre. Aun siendo una norma con un recorrido jurídico espacial reducido, ha tenido sin embargo en su corta vida grandes cambios y modificaciones que lo convierten en una norma polémica y contestada por los dos sectores los colectivos de cazadores y pescadores, y los colectivos de organizaciones ambientalistas.

En el año 2013, se promulgó el *Real Decreto 630/2013*, de 2 de agosto, por el que se regula el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras, que derogó el *Real Decreto 1628/2011* (Giraldo et al., 2016). Fue modificado en buena parte por la oposición de los pescadores de carpa y trucha arcoíris, las empresas que se benefician de esta actividad y por algunos gobiernos autonómicos (García-Berthou et al., 2015).

La *sentencia del Tribunal Supremo 637/2016* anuló la exclusión del Catálogo de Especies Exóticas Invasoras de seis especies que figuraban en el Catálogo anterior (aprobado por el *Real Decreto 1628/2011*), por estimar que su exclusión o bien carece de justificación suficiente, o bien contradice determinados preceptos de la *Ley 42/2007*, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad (Lozano, 2016). Dicha sentencia, creó una nueva realidad jurídica en relación a las especies piscícolas invasoras objeto de pesca al incluir en el Catálogo Nacional de Especies Exóticas Invasoras la trucha arcoíris y la carpa (Giraldo et al., 2016).

El pasado 20 de Julio, entró en vigor la *Ley 7/2018*, de modificación de la *Ley 42/2007*, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. Algunos de los fragmentos más significativos que incorpora dicha ley son los siguientes:

#### Preámbulo:

*“La sentencia del Tribunal Supremo ha generado una gran preocupación por sus efectos económicos y sociales ya que, además de implicar la prohibición genérica de posesión, transporte, tráfico y comercio de ejemplares vivos de varias especies que son objeto de aprovechamiento piscícola o cinegético, supuso la imposibilidad de la práctica de caza y pesca deportivas de las especies catalogadas, salvo en el marco de campañas de control y erradicación”.*

*“En la modificación de la ley se seguirá considerando que las especies exóticas invasoras para las que exista suficiente información científica deberán ser catalogadas, pero se permitirá que en aquellas áreas ocupadas antes de 2007, año en que se promulgó la primera regulación de esta materia, se podrán utilizar todas las modalidades de caza y pesca para su control o erradicación. Por el contrario, fuera de esas áreas queda prohibido el aprovechamiento de pesca o caza deportivas, como forma de desincentivar las sueltas ilegales que se han seguido produciendo”.*

*“Por otra parte, y con el fin de disminuir la presión de pesca sobre los tramos con trucha autóctona, se podrá permitir la suelta de truchas arcoíris en tramos concretos y con*

*plenas garantías de que sus poblaciones no podrán asentarse, ya que sólo se permitirá la suelta de ejemplares sin ninguna capacidad reproductiva”.*

## **6. CONCLUSIONES**

Tras realizar esta revisión bibliográfica sobre la introducción de peces invasores y con toda la información leída sobre el tema, las conclusiones obtenidas son las siguientes:

- Debería haber una mayor protección sobre los peces autóctonos de la península, ya que muchas especies se encuentran en peligro de extinción, con poblaciones en grave declive debido a los impactos de las especies invasoras, a la degradación y alteración de los sistemas fluviales y a la sobreexplotación de los recursos hídricos.
- La pesca deportiva y los escapes de peces de las piscifactorías son las principales vías de introducción de ictiofauna alóctona en la cuenca del Ebro.
- Deberían realizarse más campañas de sensibilización social, especialmente entre el colectivo de los pescadores, con el fin de difundir una mayor concienciación del grave problema que causan las especies invasoras y para evitar que se sigan introduciendo; en este sentido, las medidas de formación podrían constituir un pilar esencial.
- Las medidas de control y erradicación deberían ser más realistas y eficaces y habría que mejorar la vigilancia en el cumplimiento de la normativa existente en materia de especies exóticas invasoras.

## **CONCLUSIONS**

After carrying out this bibliographic review about the introduction of invasive fish and with all the information read, the conclusions obtained are the following:

- There should be more protection over the native fish of the peninsula, because many species are in danger of extinction, with populations in serious decline due to the impacts of the invasive species, the degradation and alteration of the fluvial systems and the overexploitation of water resources.
- Sport fishing and the escapes of fish from fish farms are the main ways of the introduction of non-native ichthyofauna in the Ebro basin.
- More social sensitization campaigns should be carried out, especially among the fishermen's collective, in order to raise awareness of the serious problem caused by invasive species and to prevent their further introduction; in this sense, training measures could be an essential pillar.

- Control and eradication measures should be more realistic and effective and monitoring compliance of the existing legislation about invasive alien species should be improved.

## 7. VALORACIÓN PERSONAL

La elección de este trabajo de fin de grado se debe a que siempre me han parecido muy interesantes las especies acuáticas, en especial los peces, y sus peculiares comportamientos y realizarlo me ha ayudado a aprender más sobre ellos y a conocer mejor los graves problemas que causan las especies invasoras sobre los ecosistemas fluviales.

A parte de haber aprendido sobre el tema expuesto, este trabajo me ha permitido mejorar mis habilidades reuniendo, gestionando y filtrando gran cantidad de información, utilizando buscadores científicos y redactando con rigor científico. También me ha servido para aprender a referenciar artículos y libros en un texto, a diseñar una bibliografía y a mejorar mi comprensión lectora en otros idiomas, ya que algunos de los artículos utilizados están escritos en inglés.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Almeida, D., Almodóvar, A., Nicola, G.G., Elvira, B., Grossman, G.D. (2012). Trophic plasticity of invasive juvenile largemouth bass *Micropterus salmoides* in Iberian streams. *Fisheries Research*, 113: 153-158.
- Aparicio, E., Vargas, M. J., Olmo, J. M., & de Sostoa, A. (2000). Decline of native freshwater fishes in a Mediterranean watershed on the Iberian Peninsula: a quantitative assessment. *Environmental Biology of Fishes*, 59: 11-19.
- Asociación Empresarial de Acuicultura de España (APROMAR). (2018). La acuicultura en España. Ministerio de agricultura y pesca. 94 pp.
- Asensio, R. y Markina, F.A. (1995). Aspectos sociales de la pesca deportiva. Hojas divulgadoras, 4/94. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 32 pp.
- Avery, E.L. y Hunt, R.L. (1981). Populations dynamics of wild brown trout and associated sport fisheries in four Central Wisconsin streams. Wisconsin Department of Natural Resources, Technical Bulletin, 121, 26 pp.
- Bechara, J. (1993). El papel de los peces en el control de la estructura de las comunidades bénicas de ecosistemas lóticos. En: *Conferencia de limnología*. Boltovskoy, A. y H. López (Eds.). Instituto de Limnología Dr. R.A. Ringuelet. La Plata, 143-157.

- Capdevila-Argüelles, L., Iglesias, A., Orueta, J.F. y Zilleti, B. (2006). Especies exóticas invasoras: diagnóstico y bases para la prevención y el manejo. Organismo autónomo parques nacionales. Ministerio de medio ambiente. 288 pp.
- Capdevila-Argüelles, L., Zilleti, B. y Suárez Álvarez, V.A. (2011a). Manual de las especies exóticas invasoras de los ríos y riberas de la cuenca hidrográfica del Duero. Confederación Hidrográfica del Duero. 216 pp.
- Capdevila-Argüelles, L., Zilleti, B. y Suárez Álvarez, V.A. (2011b). Cambio climático y especies exóticas invasoras en España. Diagnóstico preliminar y bases de conocimiento sobre impacto y vulnerabilidad. Documento de síntesis. Oficina Española de Cambio Climático, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 17 pp.
- Carol, J. y García-Berthou, E. (2017). Siluro – *Silurus glanis*. En: *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles*. Sanz, J. J. y García-Berthou, E. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid.
- Carol, J., Benejam, L., Benito, J. y García-Berthou, E. (2009). Growth and diet of European catfish (*Silurus glanis*) in early and late invasion stages. *Fundamental and Applied Limnology*, 174: 317-328.
- Castro, P., Valladares, F. y Alonso, A. (2004). La creciente amenaza de las invasiones biológicas. *Ecosistemas*, 13: 61-68.
- Doadrio, I. (Ed.). (2001). Atlas y libro rojo de los peces continentales de España. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente–Museo Nacional de Ciencias Naturales. 376 pp.
- Doadrio, I. y Aldeguer, M. (2007). La invasión de especies exóticas en los ríos. Estrategia Nacional de Restauración de Ríos. MARM. Informe técnico. 124 pp.
- Doadrio, I., Perea, S., Garzón-Heydt, P. y González, J.L. (2011). Ictiofauna continental española. Bases para su seguimiento. Madrid: Dirección General de Medio Natural y Política Forestal. MARM. 616 pp.
- Durán, C. (2009). Guía de campo. Peces de la Cuenca del Ebro. Confederación Hidrográfica del Ebro. 52 pp.
- Elvira B. (1997). Impacto y control de los peces exóticos introducidos en España. Conservación, recuperación y gestión de la ictiofauna continental ibérica, 1: 139-151.
- Elvira, B. y Almodóvar, A. (2001). Freshwater fish introductions in Spain: facts and figures at the beginning of the 21st century. *Journal of Fish Biology*, 59: 323-331.
- Fernández-Pasquier, V. (2000). Atlantic sturgeon *Acipenser sturio* L., 1758 in the Guadalquivir River, Spain: A further contribution to its recent population dynamics and present decline. Pp. 109-116. En: Elvira, B., Almodóvar, A., Birstein, V. J., Gessner, J., Holcik, J., Lepage, M, Rochard, E. (Eds.). *Symposium on Conservation of the Atlantic Sturgeon Acipenser sturio L., 1758 in Europe* (Madrid and Seville, Spain, 6 – 11 September 1999). *Boletín Instituto Español de Oceanografía*, 16 (1-4). 253 pp.

- García-Berthou, E., Almeida, D., Benejam, L., Magellan, K., Bae, M.-J., Casals, F. y Merciai, R. (2015). Impacto ecológico de los peces continentales introducidos en la península ibérica. *Ecosistemas*, 24: 36-42.
- Giraldo, J., Santiago, J.M., Gil, E., González, C. y Zamora, J. (2016). Informe científico, socioeconómico y jurídico ambiental, sobre la realidad de las especies de peces exóticas invasoras en España y las implicaciones en la pesca deportiva debidas a la sentencia 637/2016 especies-invasoras del tribunal supremo. Asesoría de proyectos ambientales y sociales (ASPA). 150 pp.
- Gómez-Juaristi, M. y Salvador, A. (2017). Anguila –*Anguilla anguilla*. En: *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles*. Sanz, J. J. y García-Berthou, E. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid.
- Habit, E., González, S. y Victoriano, P. (2002). Alcances sobre el uso sustentable de la ictiofauna de sistemas fluviales. *Theoria*, 11: 15-20.
- Kolar, C.S., y Lodge, D.M. (2001). Progress in invasion biology: predicting invaders. *Trends in Ecology and Evolution*, 16: 199-204.
- Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. Boletín Oficial del Estado 299 de 14 de diciembre de 2007.
- Ley 7/2018, de 20 de julio, de modificación de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. Boletín Oficial del Estado 176 de 21 de julio de 2018.
- Lockwood, J.L., Hoopes, M.F. y Marchetti, M.P. (2007). *Invasion Ecology*. Blackwell Publishing, 466 pp.
- Lorenzo, I. y González, L.M. (2014). La importancia de la prevención, la formación y la divulgación en la gestión de EEI. *Ambienta*, 109:34-31.
- Lozano, B. (2016). El tribunal supremo amplía el catálogo de especies invasoras (sentencia de 16 de marzo de 2016). *Actualidad Jurídica Ambiental*, 56.
- Monteoliva, A. (2008). Aplicación de tecnologías acústicas en la detección y evaluación de poblaciones de peces y mejillón cebra en los embalses de la cuenca del Ebro. Tomo II: estudio censal de las comunidades de peces en el embalse de mequinenza. Ecohydros, S.L. 50 pp.
- Moreno-Valcárcel, R. y Ruiz-Navarro, A. (2017). Gambusia – *Gambusia holbrooki*. En: *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles*. Sanz, J. J., García-Berthou, E. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid.
- Moyle, P. B., Li, H. W. y Barton B. (1986). The Frankenstein effect: impact of introduced fishes on native fishes in North America. Pp. 415-426. En: R. H. Stroud (Ed.), *Fish Culture in Fisheries Management*. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.
- Oliva-Paterna, F.J., Andreu, A. y Torralva, M. (2007). Especies invasoras colonizan la Cuenca del Río Segura: El efecto Frankenstein. *Dugastella. Revista d'Observació i Estudi de la Natura*, 4: 63-68.

- Parker, I.M., Simberloff, D., Lonsdale, W.M., Goodell, K., Wonham, M., Kareiva, P.M., Williamson, M.H., Von Holle, B., Moyle, P.B., Byers, J.E., Goldwasser, L. (1999). Impact: toward a framework for understanding the ecological effects of invaders. *Biological Invasions*, 1: 3-19.
- Quintana, A. (2001). Riesgo sanitario asociado al comercio de animales acuáticos. Acuicultura y desarrollo sostenible. VIII Congreso Nacional de Acuicultura, 199-200 pp.
- Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas. Boletín Oficial del Estado 46 de 23 de febrero de 2011.
- Real Decreto 1628/2011, de 14 de noviembre, por el que se regula el listado y catálogo español de especies exóticas invasoras. Boletín Oficial del Estado 298 de 12 de diciembre de 2011.
- Real Decreto 630/2013, de 2 de agosto, por el que se regula el Catálogo español de especies exóticas invasoras. Boletín Oficial del Estado 185 de 3 de agosto de 2013.
- Ribeiro, F., Leunda, P.M. (2012). Non-native fish impacts on Mediterranean freshwater ecosystems: current knowledge and research needs. *Fisheries Management and Ecology*, 19: 142-156.
- Ribera, T. y Martínez, C. (2007). Número extraordinario sobre biodiversidad. Documentación administrativa, 278-279: 267-294.
- Ruiz-Zarzuela, I. (2003). Caracterización epidemiológica y sanitaria de las cuencas fluviales de la Comunidad Foral de Navarra. Tesis Doctoral. Departamento de Patología Animal de la Universidad de Zaragoza. Zaragoza. 188 pp.
- Salvador, A. (2008) Esturión – *Acipenser sturio*. En: *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles*. Carrascal, L. M., Salvador, A. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid.
- Salvador, A. (2017). Esturión – *Acipenser sturio*. En: *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles*. Sanz, J. J., García-Berthou, E. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid.
- Salvador, A. (2017). Fraile – *Salaria fluviatilis*. En: *Enciclopedia virtual de los Vertebrados Españoles*. Sanz, J. J., Oliva Paterna, F. J. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid.
- Salvador, A. (2017). Lucio – *Esox lucius*. En: *Enciclopedia virtual de los Vertebrados Españoles*. Sanz, J. J., García-Berthou, E. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid.
- Sentencia 637/2016, de 16 de marzo de 2016, de la Sala Tercera del Tribunal Supremo, que anula algunos extremos del Real Decreto 630/2013, de 2 de agosto, que regula el Catálogo español de especies exóticas invasoras. Boletín Oficial del Estado 146 de 17 de junio de 2016.
- Sih, A., Bolnick, D.I., Luttbeg, B., Orrock, J.L., Peacor, S.D., Pintor, L.M., Preisser, E., Rehage, J.S., Vonesh, J.R. (2010). Predator-prey naïveté, antipredator behavior, and the ecology of predator invasions. *Oikos*, 119: 610-621.

- Vilà, M., García-Berthou, E., Sol D. y Pino, J. (2001). Survey of the naturalized plants and vertebrates in peninsular Spain. *Ecología Mediterránea*, 27:55-67.
- Vilà, M., Valladares, F., Traveset, A., Santamaría, L. y Castro, P. (2008). *Invasiones biológicas*. Consejo superior de investigaciones científicas (CSIC). 215 pp.
- Vinyoles, D., Robalo, J.I., de Sostoa, A., Almodóvar, A., Elvira, B., Nicola, G.G., Fernández-Delgado, C., Santos, C.S., Doadrio, I., Sardà- Palomera, F., Almada, V.C. (2007). Spread of the alien bleak *Alburnus alburnus* (Linnaeus, 1758) (Actinopterygii, Cyprinidae) in the Iberian Peninsula: The role of reservoirs. *Graellsia*, 63: 101-110.
- Viñuales, E. (2001). Fauna vertebrada amenazada y extinguida del Alto Aragón. Instituto de Estudios Altoaragoneses. 100 pp.
- Zapater, M. y Blanco, J.L. (2010). Los peces de Aragón. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón. 145 pp.