



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Facultad de Ciencias Experimentales

Trabajo Fin de Grado

Especies invasoras en humedales y ríos de la Cuenca Mediterránea: estado de la cuestión

Alumno: Rodríguez Quesada, Adrián

julio, 2021



Trabajo Fin de Grado

**Especies invasoras en
humedales y ríos de la Cuenca
Mediterránea: estado de la
cuestión**

Alumno: Adrián Rodríguez Quesada

Jaén, julio, 2021

1. RESUMEN.....	Pág.3
2. ABSTRACT.....	Pág.3
3. INTRODUCCIÓN.....	Pág.4
3.1. Antecedentes	
3.2. Objetivo del estudio	
4. METODOLOGÍA.....	Pág.6
5. RESULTADOS.....	Pág.7
5.1. Resultados búsqueda bibliográfica.....	Pág.7
5.2. Invertebrados invasores en la Cuenca Mediterránea.....	Pág.9
5.3. Vertebrados invasores en la Cuenca Mediterránea.....	Pág.11
5.4. Plantas invasoras en la Cuenca Mediterránea.....	Pág.12
5.5. Principales vías de introducción.....	Pág.13
5.6. Principales lugares de procedencia.....	Pág.14
6. DISCUSIÓN.....	Pág.16
7. CONCLUSIONES.....	Pág.21
8. BIBLIOGRAFÍA.....	Pág.22
ANEXO I.....	Pág.26

1. RESUMEN

La presencia de Especies Exóticas Invasoras (EEI) es la segunda causa más importante de pérdida de biodiversidad en el mundo según la UICN. Además, supone un gasto anual para los países miembros de la Unión Europea de billones de euros. Si a esto se le añade que la Cuenca Mediterránea es uno de los puntos calientes de biodiversidad más importantes del planeta por su elevado número de endemismos, se debería dar prioridad a estudiar y trabajar sobre este aspecto y se necesitaría la colaboración de todos los países miembros. En este trabajo de revisión, se recoge información de 31 especies invasoras presentes en la Cuenca Mediterránea repartidas en invertebrados, vertebrados y plantas, así como sus principales vías de introducción y sus principales lugares de procedencia. Además, se muestran las principales medidas de gestión y/o erradicación que se están llevando a cabo actualmente. La información se obtuvo a través de una revisión sistemática en la base de datos de la *Web of Science* siguiendo la metodología PRISMA.

2. ABSTRACT

The presence of Invasive Alien Species (IAS) is the second most important cause of biodiversity loss in the world according to the IUCN. In addition, it represents an annual expense for the member countries of the European Union of billions of euros. Furthermore, the Mediterranean Basin is one of the most important “hotspots” on the planet due to its high number of endemisms, priority should be given to studying and working on this aspect and the collaboration of all member countries would be needed. In this study, 31 invasive species present in the Mediterranean Basin are collected, divided into invertebrates, vertebrates and plants, as well as their main routes of introduction and their main places of origin. In addition, it can be seen the main management and/or eradication measures that are currently carried out. All this information was obtained through a systematic review in the Web of Science database following the PRISMA methodology.

3. INTRODUCCIÓN

3.1. Antecedentes

Actualmente, uno de los grandes problemas que afronta la biodiversidad mundial es la presencia de Especies Exóticas Invasoras (EEI), considerada por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) como la segunda mayor causa de pérdida de esta propia biodiversidad tras la destrucción de hábitats. Como consecuencia, además de afectar al correcto funcionamiento de las redes tróficas tras desplazar a especies autóctonas y crear un desequilibrio en el ecosistema, causa una enorme pérdida económica y provoca grandes costes para controlar y gestionar a este tipo de especies, Muñoz-Mas (2020). Además, en muchas ocasiones se ven favorecidas por las perturbaciones que ocurren en el medio ambiente y aguantan peores condiciones que las especies autóctonas, por lo que la artificialización humana aumenta las posibilidades de la presencia de EEI, Navratil et al. (2021). Sin embargo, no se trata solo de estas perturbaciones sino que el ser humano ha introducido tanto accidentalmente como intencionadamente, debido a su rentabilidad o disfrute, este tipo de especies como se verá más adelante. Un dato importante a tener en cuenta es que existen efectos sinérgicos entre el cambio climático y la presencia de estas especies invasoras, Carosi et al. (2021). Aunque cada vez haya más concienciación sobre este tema, todavía existe una falta de gestión al respecto sobre las EEI, cada vez más necesaria, Navratil et al. (2021). Para ello, es necesario conocer la distribución de estas especies para comprender su dinámica de dispersión y prevenir nuevas invasiones y para predecir y reducir los impactos indeseables, Zganec et al. (2020).

Entre los ecosistemas más impactados negativamente por estas EEI encontramos a las aguas continentales, ya que ecosistemas acuáticos y ribereños son altamente vulnerables a EEI, sobre todo cuando se someten a algún tipo de perturbación inducida por la actividad humana, Aguiar & Ferreira (2013). Como ya se ha dicho, estos tipos de ecosistemas están cada vez más afectados por perturbaciones provocadas por el ser humano y, sin embargo, presentan una gran importancia ya que ofrecen una gran variedad de servicios ambientales, sociales y económicos, Mayoral et al. (2018), por lo que se debería actuar con mayor incidencia sobre estos

ecosistemas. En aguas dulces, la manipulación de las comunidades de peces ha dado lugar a comunidades de peces alteradas, en muchas ocasiones debido a la introducción de especies invasoras para la pesca deportiva, que desplazan a las especies autóctonas, De Santis et al. (2021). Otro aspecto importante de este tipo de aguas es que los macroinvertebrados acuáticos invasores han tenido un gran impacto sobre las especies nativas y los procesos ecosistémicos llevados a cabo en este tipo de hábitats y muestran una disminución considerable de su diversidad vegetal, Lastrucci et al. (2017). Este artículo de revisión se centra en los humedales de la Cuenca Mediterránea, cuyo término proviene de la palabra inglesa “wetland”, término definido en el Convenio de Ramsar (1971) incluyendo “una amplia variedad de hábitat tales como pantanos, turberas, llanuras de inundación, ríos y lagos, y áreas costeras tales como marismas, manglares y praderas de pastos marinos, pero también arrecifes de coral y otras áreas marinas cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros, así como humedales artificiales tales como estanques de tratamiento de aguas residuales y embalses”, Secretaría de la Convención de Ramsar (2013), aunque aclarar que se tuvo en cuenta principalmente las aguas continentales.

También hay que añadir que el área de estudio de este proyecto se centra en la Cuenca Mediterránea. Esta abarca territorios europeos, asiáticos y africanos, ocupa unos 2.300.000 km² y es considerada como uno de los puntos más importantes de biodiversidad del planeta debido al elevado número de endemismos que presenta. La falta de un marco común para evaluar los posibles riesgos que pueden plantear las especies acuáticas invasoras en Europa se considera una brecha clave, Brundu (2015), por lo que estudiar las especies potenciales de convertirse en EEI en las próximas décadas es de gran importancia, ya que de 66 especies no establecidas aún en la Unión Europea, 8 presentan un riesgo muy alto, 40 presentan un riesgo alto y 18 especies un riesgo medio, Roy et al. (2019). Por el contrario, en la Península Ibérica se ha experimentado una disminución o estabilización en la tasa de aparición de EEI en los últimos años, Muñoz-Mas (2020).

Como ya se ha mencionado anteriormente, la presencia de Especies Exóticas Invasoras (EEI) conlleva unas enormes pérdidas económicas, una alteración de las diferentes redes ecológicas y alimenticias y la destrucción del hábitat en el que están presentes. Por ello, es de gran importancia plantear una serie de medidas con el fin

de disminuir e incluso acabar con los problemas ocasionados, por este tipo de especies, ya mencionados. La Unión Europea estima que la presencia de Especies Exóticas Invasoras causa una pérdida de billones de Euros a la economía europea cada año, European Commission (s.f.). Además, se necesita de la coordinación de todos los países miembros, ya que estas especies no entienden de fronteras y trabajar de forma individual puede provocar que todo lo que se haya invertido sea en vano si en un determinado período de tiempo vuelven a aparecer las especies erradicadas.

3.2. Objetivo del estudio

En este trabajo de revisión se pretende conocer el estado de conocimiento actual sobre las invasiones biológicas en la región mediterránea en general y en los humedales mediterráneos en particular. Para ello, se expondrán las principales Especies Exóticas Invasoras (EEI) de los grupos de invertebrados, vertebrados y plantas, así como las principales vías de introducción de estas especies, los principales lugares de procedencia y las medidas de gestión y/o erradicación planteadas o llevadas a cabo en la actualidad.

4. METODOLOGÍA

En este proyecto se llevó a cabo una revisión sistemática de una lista de artículos científicos siguiendo el método PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analyses), Moher et al. (2009). Esta revisión se lleva a cabo en tres fases: una primera de selección de artículos tras la mencionada búsqueda, una segunda de cribado de los artículos y una tercera de revisión de los artículos más importantes y extracción de la información.

La base de datos que se utilizó para realizar este trabajo de revisión fue la base de datos de *Web of Science*. Las búsquedas realizadas por orden de ejecución fueron las siguientes:

1. "invasive species" AND "mediterranean".
2. "invasive alien species" AND "mediterranean".
3. "invasive alien species" AND "mediterranean wetlands".
4. "invasive alien species" AND "mediterranean basin".
5. "alien fish" AND "mediterranean".
6. "*Micropterus salmoides*" AND "mediterranean".
7. "invasive alien species" AND "impacts" AND "mediterranean".
8. "european legislation" AND "alien species".
9. "*Gambusia holbrooki*" AND "mediterranean".
10. "invasive alien species" AND "management" AND "mediterranean".
11. "*Mustela vison*" AND "mediterranean".
12. "*Trachemys scripta*" AND "mediterranean".
13. "*Oxyura jamaicensis*" AND "mediterranean".

Como en este trabajo se pretendió reflejar el estado actual en el que se encuentra el problema en cuestión de una forma clara y sencilla, la selección de artículos se centró a partir del año 2010, reduciendo así la cantidad de artículos por búsqueda y facilitando la extracción de la información.

Posteriormente, a la hora de recopilar la información, se elaboró una base de datos en las que se resumió toda la información obtenida con las siguientes entradas: tipos de organismos, principales vías de introducción y principales lugares de origen.

5. RESULTADOS

5.1. Resultados búsqueda bibliográfica

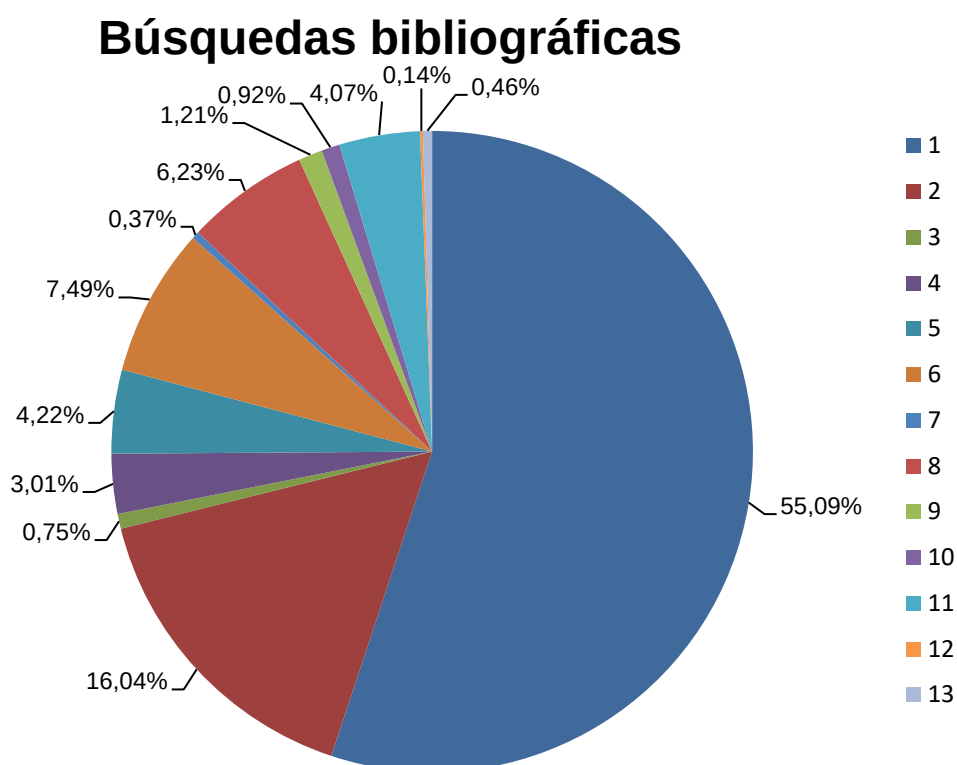
Una vez llevada a cabo la búsqueda bibliográfica en la base de datos ya citada y aplicado el criterio de cribado para facilitar la extracción de información, se obtuvieron los siguientes resultados por búsqueda:

Tabla 5.1 *Número de referencias encontradas en búsquedas bibliográficas realizadas con distintas combinaciones de palabras claves*

invasive species	x												
mediterranean	x	X			X	x	x		x	x	x	x	x
invasive alien species		X	x	x			x			x			
mediterranean wetlands			x										
mediterranean basin				x									
alien fish					X								
micropterus salmoides						x							
impacts							x						
europaean legislation								x					
alien species								x					
Gambusia holbrooki									x				
management										x			
<i>Mustela vison</i>											x		
<i>Trachemys scripta</i>												x	
<i>Oxyura jamaicensis</i>													X
Resultados	1920	559	26	105	261	13	217	42	32	142	5	16	1

En la tabla 5.1 se muestran las combinaciones utilizadas en las diferentes búsquedas bibliográficas en la base de datos de *Web of Science*, así como el número de artículos que se obtuvieron por búsqueda. Por ejemplo, en la búsqueda número 3 (“invasive alien species” AND “mediterranean basin”) se obtuvieron 105 entradas.

Figura 5.1 Resultados de la búsqueda bibliográfica



En la figura 5.1 se muestran las diferentes cargas de artículos por búsqueda expresadas en porcentajes, enumeradas en el mismo orden que aparecen en la metodología.

Además, en el Anexo I se muestran las diferentes categorías a las que pertenecen las diferentes entradas que se encontraron tras realizar cada una de de las búsquedas mencionadas anteriormente.

5.2. Invertebrados invasores en sistemas acuáticos mediterráneos

Existe una serie de invertebrados que están causando enormes daños a la flora y fauna nativa de la Cuenca Mediterránea. De estas, las tres especies de crustáceos proceden de América del Norte y el resto de Asia, Oceanía, África y Eurasia (tabla 5.2). Además, las vías de introducción de este grupo son la gastronomía, el uso como especie control, el comercio, la acuicultura, la pesca y el transporte (tabla 5.2).

Tabla 5.2 *Invertebrados invasores en humedales y ríos de la Cuenca Mediterránea.*

Nombre científico	Taxón	Introducción I	Introducción II	Procedencia
<i>Pacifastacus leniusculus</i> (Cangrejo señal)	Artrópodo crustáceo	Gastronomía	Especie control	América del Norte
<i>Procambarus clarkii</i> (Cangrejo americano)	Artrópodo crustáceo	Comercio	Gastronomía	América del Norte
<i>Faxonius limosus</i>	Artrópodo crustáceo	Acuicultura	-	América del Norte
<i>Aedes albopictus</i> (Mosquito tigre)	Artrópodo insecto	Transporte	-	Asia
<i>Potamopyrgus antipodarum</i> (Caracol del cieno)	Molusco gasterópodo	Pesca	Acuicultura	Oceanía
<i>Corbicula fluminea</i> (Almeja de río asiática)	Molusco bivalvo	Transporte	Gastronomía	Asia, África y Oceanía
<i>Dreissena polymorpha</i> (Mejillón cebra)	Molusco bivalvo	Transporte	-	Eurasia

En la tabla 5.2 se muestran los principales invertebrados invasores en humedales y ríos de la Cuenca Mediterránea junto con su taxón, sus principales vías de introducción y su lugar o sus lugares de procedencia.

5.3. Vertebrados invasores en sistemas acuáticos mediterráneos

En el caso de los vertebrados, la mayoría de especies invasoras en la Cuenca Mediterránea son peces y el lugar de procedencia predominante es América del Norte, aunque podemos encontrar una especie de Asia y otra de Eurasia (tabla 5.3). Las vías de introducción de estas especies son la pesca, la gastronomía, el uso como ornamental, el uso como especie control, el transporte y el comercio (tabla 5.3).

Tabla 5.3 *Vertebrados invasores en humedales y ríos de la Cuenca Mediterránea*

Nombre científico	Taxón	Introducción I	Introducción II	Procedencia
<i>Ictalurus punctatus</i> (pez gato punteado)	Pez	Pesca	-	América del Norte
<i>Perca fluviatilis</i> (Perca de río)	Pez	Pesca	-	Eurasia
<i>Cyprinus carpio</i> (Carpa)	Pez	Pesca	Gastronomía	Eurasia
<i>Micropterus salmoides</i> (Perca americana)	Pez	Pesca	-	América del Norte
<i>Gambusia holbrooki</i> (Gambusia)	Pez	Ornamental	Especie control	América del Norte
<i>Lepomis gibbosus</i> (Pez sol)	Pez	Ornamental	Pesca	América del Norte
<i>Pseudorasbora parva</i> (Pseudorasbora)	Pez	Transporte	-	Asia
<i>Lithobates catesbeiana</i> (Rana toro)	Anfibio	Gastronomía	-	América del Norte
<i>Trachemys scripta</i> (Galápago americano)	Reptil	Comercio	-	América del Norte
<i>Oxyura jamaicensis</i> (Malvasía canela)	Ave	Ornamental	-	América del Norte
<i>Mustela vison</i> (Visón americano)	Mamífero	Comercio	-	América del Norte

En la tabla 5.3 se muestran los principales vertebrados invasores en humedales y ríos de la Cuenca Mediterránea, junto con su taxón, sus principales vías de introducción y su lugar de procedencia.

5.4. Plantas invasoras en sistemas acuáticos mediterráneos

En el caso de las plantas, la mayor parte de la literatura encontrada habla de las 13 especies recogidas en la tabla 5.4. La mayoría de estas especies fueron introducidas con fines ornamentales aunque también se producen introducciones debido a la agricultura, el transporte y el uso medicinal. Además, estas especies proceden de Asia, América tropical, América del Sur, África y Mares tropicales (tabla 5.4).

Tabla 5.4 *Plantas invasoras en humedales y ríos de la Cuenca Mediterránea.*

Nombre científico	Taxón	Introducción I	Introducción II	Procedencia
<i>Arundo donax</i> (Caña común)	Magnoliophyta Gramineae	Agricultura	-	Asia
<i>Eichhornia crassipes</i> (Jacinto de agua)	Magnoliophyta Pontederiaceae	Ornamental	-	América tropical
<i>Azolla filiculoides</i> (Helecho de agua)	Pteridophyta Azollaceae	Ornamental	Transporte	América tropical
<i>Cortaderia selloana</i> (Plumero de la pampa)	Magnoliophyta Gramineae	Ornamental	-	América del Sur
<i>Sargassum muticum</i> (Sagarzo japonés)	Phaeophyta Sargassaceae	Transporte	-	Asia
<i>Ailanthus altissima</i> (Árbol del cielo)	Magnoliophyta Simaroubaceae	Ornamental	-	Asia
<i>Ricinus communis</i> (Ricino)	Magnoliophyta Euphorbiaceae	Ornamental	Medicinal	África
<i>Cyperus alternifolius</i> subsp. <i>flabelliformis</i> (Papiro)	Magnoliophyta Cyperaceae	Ornamental		África
<i>Erigeron Karvinskianus</i>	Magnoliophyta Asteraceae	Ornamental	Medicinal	América tropical
<i>Salvinia natans</i> (Acordeón de agua)	Pteridophyta Salviniaceae	Ornamental	-	América del Sur
<i>Caulerpa taxifolia</i> (Alga asesina)	Chlorophyta Caulerpaceae	Ornamental	Transporte	Mares tropicales
<i>Fallopia japonica</i> (Hierba nudosa japonesa)	Magnoliophyta Polygonaceae	Ornamental	-	Asia
<i>Fallopia sachalinensis</i>	Magnoliophyta Polygonaceae	Ornamental	-	Asia

En la tabla 5.4 se muestran las principales plantas invasoras en humedales y ríos de la Cuenca Mediterránea, junto con su taxón, sus principales vías de introducción y su lugar de procedencia.

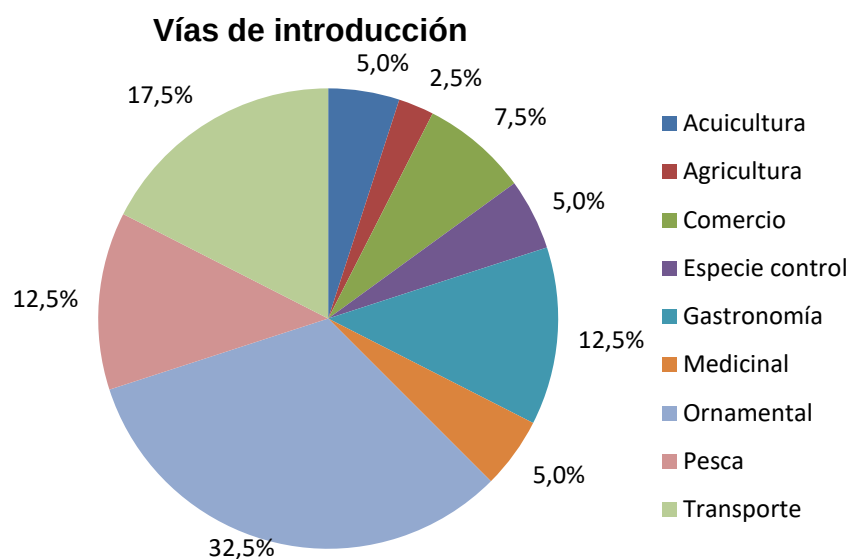
5.5. Principales vías de introducción

A la hora de evitar que se produzcan nuevas introducciones de Especies Exóticas Invasoras, es importante conocer cómo llegaron por primera vez a la Cuenca Mediterránea, ya que en muchas ocasiones estas especies pueden introducirse de forma accidental en el nuevo territorio a ocupar pero en otras ocasiones, este proceso se produce de forma intencionada y conociendo este dato, se puede evitar que aparezcan en nuevos territorios en un futuro o se pueden estudiar los mecanismos por los que son introducidas para ejercer una mayor regulación y evitar los daños ocasionados por estas especies en los ecosistemas y la pérdida económica que supone.

Tras analizar la literatura encontrada en este trabajo de revisión, concluimos que las principales vías de introducción son: la acuicultura, la agricultura, el comercio, el uso de la EEI como especie control, la gastronomía, el uso medicinal, el uso ornamental, la pesca y el transporte.

Asimismo, a partir de esta información se obtuvo un gráfico en el que se representan estas vías de introducción para una comprensión más clara y visual utilizando porcentajes, en relación con el total de vías de introducción de las diferentes especies estudiadas:

Figura 5.2 Principales vías de introducción de EEI en la Cuenca Mediterránea.



En la figura 5.2 se representan en porcentajes la importancia de cada vía de introducción, donde cada fragmento representa una vía diferente especificada en la leyenda.

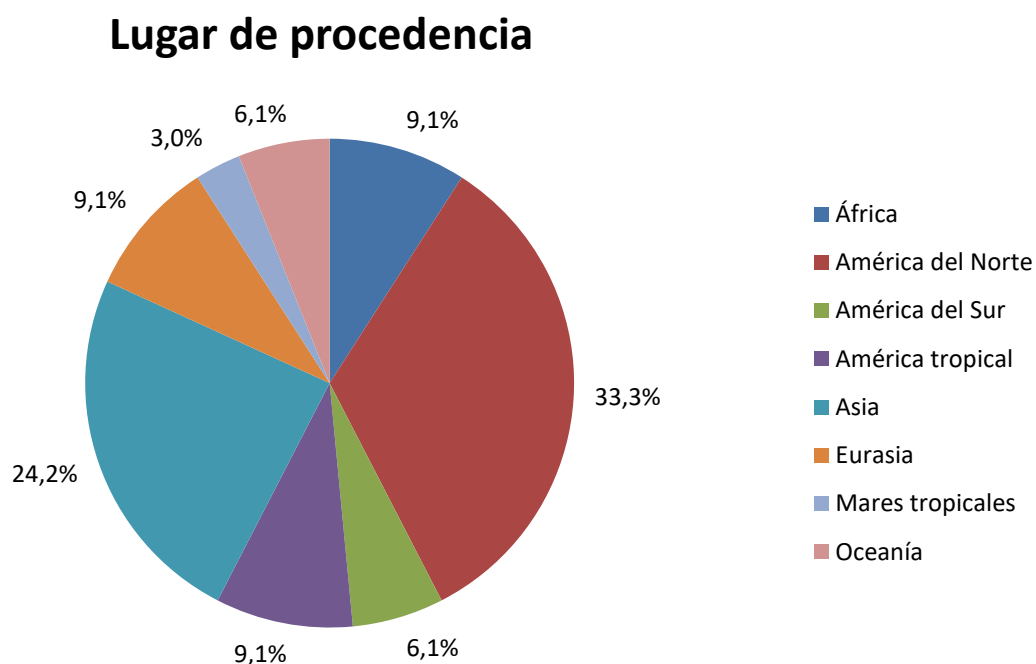
5.6. Principales lugares de procedencia

Otro aspecto importante a la hora de estudiar cada una de las Especies Exóticas Invasoras (EEI), es su lugar de origen, es decir, dónde se distribuye de forma natural, ya que este factor puede ayudar a plantear una serie de medidas para disminuir los daños que producen o estudiar lugares susceptibles a ser invadidos, conociendo los requerimientos bióticos y abióticos que necesitan en sus lugares de origen para vivir y expandirse.

Además, decir que en este caso se generalizaron los diferentes lugares de origen para tener una visión más clara de los resultados, siendo utilizados los siguientes: África, América del Norte, América del Sur, América tropical, Asia, Eurasia, Mares tropicales y Oceanía.

Tras analizar los datos se obtuvo la siguiente gráfica que muestra los principales lugares de origen de los que proceden las Especies Exóticas Invasoras (EEI) estudiadas en este proyecto expresando los resultados en porcentajes, mostrando qué tanto por ciento de especies proceden de un lugar determinado:

Figura 5.3 *Principales lugares de origen de las EEI de la Cuenca Mediterránea*



En la figura 5.3 se representan los principales lugares de origen de las diferentes especies estudiadas en porcentajes, donde cada fragmento representa un lugar diferente especificado en la leyenda.

6. DISCUSIÓN

Tras realizar la revisión bibliográfica llevada a cabo en este proyecto, se ha encontrado información sobre 31 Especies Exóticas Invasoras presentes en la Cuenca Mediterránea, distinguiéndose entre especies de invertebrados, especies de vertebrados y especies de plantas.

Tras el análisis de estos trabajos se pueden dilucidar diversos motivos por lo que estas especies presentan una gran capacidad de invasión:

- Algunas especies presentan unos requerimientos ecológicos muy poco exigentes en comparación con otras especies autóctonas, Mayoral et al. (2018).

- Presentan una tasa reproductiva elevada, Brundu (2015).

- Unas ejercen efectos alelopáticos sobre otras como *Ailanthus altissima* según el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (www.miteco.gob.es/es/).

- Tienen una capacidad importante de desplazar especies autóctonas, Escoriza et al. (2021).

- Según el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (www.miteco.gob.es/es/), algunas especies de flora como *Cyperus alternifolius* subsp. *flabelliformis* presentan mecanismos de resistencia como rizomas que dificultan su erradicación.

- Tienen un crecimiento rápido, Brundu (2015).

- Pueden hibridarse con especies autóctonas como es el caso de la invasora *Oxyura jamaicensis* que se hibrida con la especie autóctona *Oxyura leucocephala*, Munoz-Fuentes et al. (2013).

- Presentan una fácil dispersión, Brundu (2015).

- Según el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (www.miteco.gob.es/es/), algunas son un vector importante de transmisión de enfermedades como *Aedes albopictus*.

-Ejercen depredación sobre otras especies que comparten el mismo territorio y destruyen el hábitat donde viven algunas especies como es el caso de *Micropterus salmoides* según el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (www.miteco.gob.es/es/).

Dentro del grupo de los invertebrados, los bivalvos *Dreissena polymorpha* (mejillón cebra) y *Corbicula fluminea* (almeja de río asiática) se encuentran entre las especies más recurrentes en los estudios sobre especies invasoras debido a los efectos negativos que tienen sobre los ecosistemas que ocupan, causando una alta cantidad de pérdidas económicas, Florencio et al. (2019). De hecho, se puso en marcha un proyecto cofinanciado por la Junta de Andalucía y la Unión Europea, denominado INVAREGA, que tiene como fin frenar el impacto en los sistemas de riego de estas dos especies invasoras y briozoos de agua dulce también invasores. Estas EEI amenazan con frenar e incluso revertir la modernización del regadío.

Por otro lado, la especie *Faxonius limosus* es la especie de cangrejo más extendida de Europa y merma las poblaciones de cangrejos autóctonos por su alta capacidad de adaptarse a condiciones más desfavorables e incluso es resistente a una enfermedad fúngica causada por el oomiceto *Aphanomyces astaci*, siendo letal para el cangrejo de río europeo, Zorić et al. (2020).

Además, no solo se trata de problemas ecológicos y/o económicos, si no que representan un problema de salud pública. Esto ocurre con la especie *Aedes albopictus* (mosquito tigre), sobre cuyas poblaciones es necesario realizar un fuerte control, ya que transmite diferentes enfermedades parasitarias al ser humano como el Dengue, Chikungunya y la Fiebre del Nilo Occidental entre otras, según el Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico (www.miteco.gob.es/es/).

Dentro del grupo de los vertebrados, la gran mayoría de especies invasoras pertenecen al grupo de los peces y su introducción se debe principalmente a la pesca deportiva pero, además, el cambio climático favorece su establecimiento y expansión, Carosi et al. (2021). Estos peces invasores principalmente cambian la composición y estructura de las diferentes comunidades en las que se establecen mediante competencia y/o depredación como ocurre con las especies *Micropterus salmoides* (perca americana) y *Lepomis gibbosus* (pez sol), Haubrock (2019).

Por otro lado, la especie *Gambusia holbrooki* (gambusia) es considerada como una de las 100 especies invasoras más peligrosas a nivel global según la UICN. Según el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (www.miteco.gob.es/es/) se introdujo en numerosos territorios por su uso como ornamental pero también por su uso como especie control de diferentes enfermedades como es el caso del paludismo en España.

El comercio de mascotas también es responsable de la introducción de un buen número de vertebrados invasores. Uno de los casos más importantes y conocidos es el de la especie *Trachemys scripta* (galápago de Florida), considerado como uno de los reptiles invasores más extendidos del mundo y ejerce una fuerte competencia sobre determinadas especies pero en especial sobre *Mauremys leprosa*. La invasión comienza en hábitats muy alterados y desde estos, empieza a expandirse por otros hábitats menos alterados que normalmente están ocupados por especies nativas, Escoriza et al. (2021).

En el caso de las aves cabe destacar la invasión de *Oxyura jamaicensis* (malvasía canela), introducida en Europa a través de Reino Unido sobre la mitad del siglo pasado, de ahí se extendió a un gran número de países europeos, provocando graves problemas a las poblaciones autóctonas de *Oxyura leucocephala* debido a la hibridación que ocurre entre estas dos especies, mermando las poblaciones de esta segunda especie, Munoz-Fuentes et al. (2013).

Entre los mamíferos, mencionar a *Mustela vison* (visón americano) que también desplaza de forma significativa a algunas especies autóctonas como ocurre en la Península Ibérica con *Neomys anomalus* y *Arvicola sapidus*, Garcia-Diaz et al. (2013). Esta especie se empezó a introducir por su alto valor en la industria peletera y debido a diferentes escapes de individuos de esta especie, comenzó su expansión. Además, se trata de una especie que es reservorio del SARS-CoV-2, virus que causa la enfermedad de COVID-19, Manes et al. (2020).

Dentro del grupo de las plantas, hay que tener en cuenta la importancia de los ríos y la zoocoria como agentes de dispersión, Brundu (2015). Las especies *Ailanthus altissima*, *Arundo donax* y *Cortaderia selloana* están consideradas como invasoras en todo el mundo por su amplia extensión, Mayoral et al. (2018). Además, las floraciones de *Azolla filiculoides*, la obstrucción de arroyos por *Eichhornia crassipes*

y los extensos bancos de *Arundo donax* se encuentran entre los eventos más documentados producidos por estas especies acuáticas invasoras, debido a que pueden llegar a provocar la muerte a un gran número de peces por la falta de oxígeno tras la abundante acumulación de biomasa, Brundu (2015). Además, las diferentes EEI de este grupo pueden servir de alimento y refugio para otras especies invasoras.

Por último, en la revisión se incluyen las especies *Fallopia japonica*, considerada una de las 100 especies más invasivas del mundo según la UICN, originaria de Asia e introducida por su uso como ornamental, y *Salvinia natans*, cuyo género es considerado el invasor más extendido dentro del grupo de los hidrófitos, Mayoral et al. (2018), siendo originaria de América del Sur e introducida también por su uso como ornamental.

Como se ha dicho anteriormente, la presencia de EEI en la Cuenca Mediterránea causa enormes daños en los ecosistemas en los que se establecen y una gran pérdida económica, por lo que es de vital importancia el establecimiento de medidas urgentes para poder controlar la expansión de este tipo de especies e incluso llegar a erradicar ciertas poblaciones.

Para ello, la Unión Europea lanza el Reglamento 1143/2014 sobre Especies Exóticas Invasoras, por el que se prioriza la colaboración de los países miembros para una mejor actuación a la hora de eliminar estas especies de la Cuenca Mediterránea. En este reglamento, se distinguen tres tipos de medidas que siguen un orden determinado dependiendo de la gravedad de la situación, que son: medidas de prevención, medidas de detección temprana y erradicación rápida y medidas de gestión, European Commission (s.f.). Además, presentan un listado de las Especies Exóticas Invasoras que se pueden encontrar en los países miembros de la Unión Europea, así como un listado de especies potenciales a tener en cuenta en un futuro próximo.

Por ello, es importante priorizar medidas de prevención que otras medidas más drásticas ya que se invierte más dinero cuando la situación alcanza un determinado nivel de gravedad que cuando se previenen nuevas introducciones, Noar et al. (2021).

Las Organizaciones Nacionales de Protección de Plantas han implementado restricciones y una mayor regulación comercial para evitar la entrada de nuevas especies. De hecho, cuentan con sistemas de alerta temprana como *PestLens*, gracias a los cuales se encuentran al corriente de esta problemática y les ayuda a la hora de llevar a cabo nuevas medidas, Noar et al. (2021).

Un aspecto a tener en cuenta son las condiciones abióticas que necesitan tanto las especies nativas como las EEI para poder vivir en un determinado lugar. Esto se debe a que se pueden crear refugios naturales o artificiales para las especies nativas y que no experimenten un descenso de su población por el problema expuesto en este trabajo. Un ejemplo es la especie *Aphanius fasciatus* que encuentra refugios donde la salinidad es superior y donde especies invasoras como *Gambusia holbrooki* no puede vivir, Monti et al. (s.f.).

Otro método que se ha utilizado en numerosas ocasiones es la pesca intensiva y el uso de trampas para combatir la rápida expansión de estas especies, aunque se ha comprobado que un método no muy eficaz para eliminar este problema debido al problema ya citado de su rápida expansión, Haubrock (2019).

Un método que sí ha sido eficaz fue la reintroducción en algunos territorios de un depredador nativo como es *Anguilla anguilla* como especie depredadora de algunas especies invasoras como pueden ser *Micropterus salmoides*, *Lepomis gibbosus* y *Procambarus clarkii*, Haubrock (2019).

La eliminación a mano de ciertas especies de plantas invasoras, como es el caso de *Carpobrotus*, mediante técnicas de restauración ecológica han dado resultados muy positivos en relación a la biodiversidad del territorio en el que se realizan este tipo de técnicas, creando una serie de microhábitats que pueden ser ocupados por diferentes especies animales y vegetales, Braschi et al. (2021).

En los proyectos de restauración ecológica, en relación a mamíferos, predominan técnicas de erradicación, siendo las más frecuentes, en orden decreciente, el envenenamiento, la captura y la caza, dependiendo de la especie en cuestión, aunque pueden darse casos de fracasos en estos proyectos o reinvasiones, Capizzi (2020).

7. CONCLUSIONES

Aunque el número de trabajos sobre Especies Exóticas Invasoras en la Cuenca Mediterránea se ha incrementado en la última década, aún es necesario aumentar el número de estudios en relación a este tema ya que sigue siendo escaso en algunos grupos, como es el caso de la *Oxyura jamaicensis* que se encontró una sola entrada.

Dentro de las especies de invertebrados encontradas durante la revisión, se encuentra una gran variedad tanto de vías de introducción como de lugares de procedencia, destacando principalmente las tres especies de crustáceos procedentes de América del Norte.

En el caso de los vertebrados, se puede observar que la mayoría de las especies encontradas en la revisión pertenecen al grupo de los peces. Esto provoca que la principal vía de introducción de los vertebrados invasores en la Cuenca Mediterránea sea la pesca aunque también existen otras vías, principalmente basadas en el beneficio económico. En relación con el lugar de procedencia de cada especie, se puede observar que destaca principalmente América del Norte, como pasa con los invertebrados.

Entre las especies de plantas invasoras en la Cuenca Mediterránea, se puede encontrar un grupo muy variado, donde muchas comparten la misma vía de introducción, su uso como ornamental, por lo que se debería regular y vigilar la entrada de nuevas especies para que no vuelva a suceder como con el resto de especies recogidas en este estudio. Desde el punto de vista del lugar de procedencia, dentro de este grupo, destacan principalmente las plantas procedentes de Asia y América tropical.

Las medidas de prevención previstas para un futuro inmediato van dirigidas fundamentalmente a evitar la entrada de nuevas especies invasoras, ya que una vez establecidas supone un gasto económico muy elevado y no se asegura su eliminación total o su aparición en un futuro de nuevo. Otros métodos eficaces para luchar contra este problema son los sistemas de alerta temprana, la captura directa e indirecta de los diferentes individuos, la elaboración de refugios artificiales para que se puedan desarrollar las especies nativas y la utilización de ciertas especies que actúan como depredadoras sobre las diferentes EEI.

8. BIBLIOGRAFÍA

- AGUIAR, F. C. F., y FERREIRA, M. T. (2013). Plant invasions in the rivers of the Iberian Peninsula, south-western Europe: A review. *Plant Biosystems – An International Journal Dealing with All Aspects of Plant Biology*, 147(4), 1107-1119.
- BARTOLO, A. G., TSIAMIS, K., y KUPPER, F. C. (2021). Identifying hotspots of non-indigenous species' high impact in the Maltese islands (Central Mediterranean Sea). *Marine Pollution Bulletin*, 164, 112016.
- BOMBI, P. (2020). Potential conflict extent between two invasive alien pests, *Rhynchophorus ferrugineus* and *Paysandisia archon*, and the native populations of the Mediterranean fan palm. *Journal for Nature Conservation*, 58.
- BRASCHI, J., TORRES, A., FADDA, S., BUISSON, E., y PONEL, P. (2021). Beetle assemblage dynamics after invasive ice plant (*Carpobrotus*) removal on a small Mediterranean island. *Restoration Ecology*, e13387.
- BRUNDU, G. (2015). Plant invaders in European and Mediterranean inland waters: Profiles, distribution, and threats. *Hydrobiologia*, 746(1), 61-79.
- CABI (2021). *Invasive Species Compendium*. Wallingford, UK: CAB International. www.cabi.org/isc
- CAPIZZI, D. (2020). A review of mammal eradications on Mediterranean islands. *Mammal Review*, 50(2), 124-135.
- CAROSI, A., GHETTI, L., y LORENZONI, M. (2021). The Role of Climate Changes in the Spread of Freshwater Fishes: Implications for Alien Cool and Warm-Water Species in a Mediterranean Basin. *Water*, 13(3), 347.
- Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras*. (s. f.). Recuperado 5 de julio de 2021, de <https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-especies/especies-exoticas-invasoras/ce-eei-catalogo.aspx>

- CUTAJAR, M., EVANS, J., BORG, J., ABELA, H., y SCHEMBRI, P. (2020). Distribution, abundance and colony size of the invasive coral *Oculina patagonica* de Angelis, 1908 (Cnidaria, Scleractinia) in Malta. *Bioinvasions Records*, 9(4), 737-744.
- DE SANTIS, V., DELMASTRO, G. B., VANETTI, I., BRITTON, J. R., y ZACCARA, S. (2021). Species composition of introduced and natural minnow populations of the *Phoxinus cryptic* complex in the westernmost part of the Po River Basin (north Italy). *Biological Invasions*, 23(3), 657-668.
- ESCORIZA, D., SUNYER, P., POCH, S., y BOIX, D. (2021). Habitat overlap and body condition in aquatic turtles: Are there additive effects between invasive and native species? *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 422, 2.
- EUROPEAN COMMISSION. (s. f.). Invasive Alien Species. Recuperado 2 de junio de 2021, de https://ec.europa.eu/environment/nature/invasivealien/index_en.htm
- FLORENCIO, M., LOBO, J. M., y BINI, L. M. (2019). Biases in global effects of exotic species on local invertebrates: A systematic review. *Biological Invasions*, 21(10), 3043-3061.
- FREYHOF, J., BALMA, G. A. C., y DELMASTRO, G. B. (2021). A small historic collection of freshwater fishes from Tunisia and Algeria. *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, 30(3), 193-200.
- GARCIA-DIAZ, P., AREVALO, V., VICENTE, R., y LIZANA, M. (2013). The impact of the American mink (*Neovison vison*) on native vertebrates in mountainous streams in Central Spain. *European Journal of Wildlife Research*, 59(6), 823-831.
- HAMIDA, C., y KARA, M. H. (2021). First Documented Record of the Atlantic Blue Crab *Callinectes Sapidus* Rathbun, 1896 from the Southwestern Mediterranean Coasts. *Crustaceana*, 94(3), 283-292.

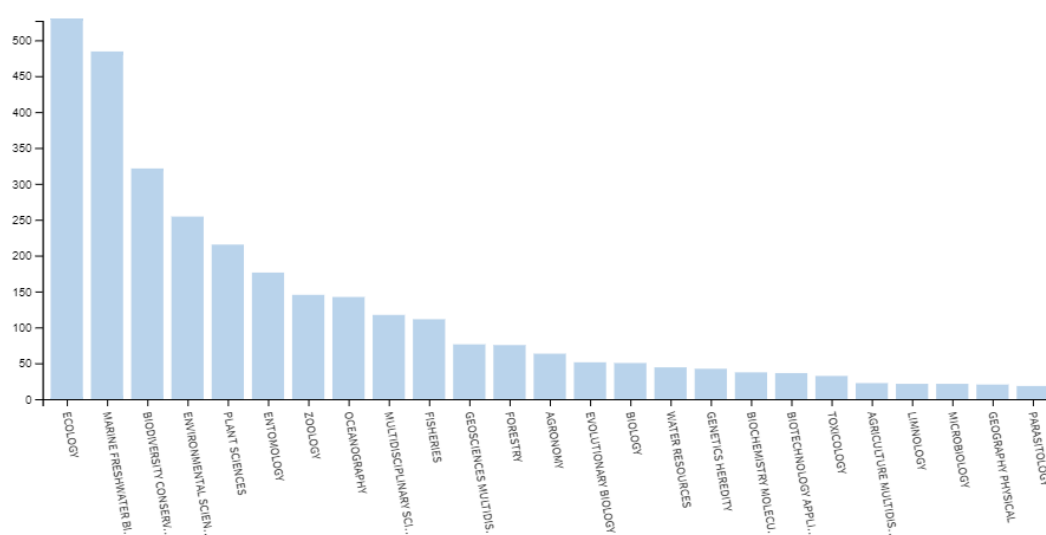
- HAUBROCK, P. (2019). Predicting the effects of reintroducing a native predator (European eel, *Anguilla anguilla*) into a freshwater community dominated by alien species using a multidisciplinary approach. *Management of Biological Invasions*, 10(1), 171-191.
- INNAL, D., TOCAN, B., GULLE, I., CAGLAN, D. C., DUGEL, M., y AVSAR, D. (2020). Diversity and Distribution of the Ichthyofauna in the Goksu River Estuary, Turkey. *Acta Zoologica Bulgarica*, 72(4), 667-676.
- LASTRUCCI, L., LAZZARO, L., DELL'OLMO, L., FOGGI, B., y CIANFERONI, F. (2017). Impacts of *Myriophyllum aquaticum* invasion in a Mediterranean wetland on plant and macro-arthropod communities. *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 152, 1-9.
- MANES, C., GOLLAKNER, R., y CAPUA, I. (2020). Could Mustelids spur COVID-19 into a panzootic. *Veterinaria Italiana*, 56(2), 65-66.
- MAYORAL, O., MASCIA, F., PODDA, L., LAGUNA, E., FRAGA, P., RITA, J., FRIGAU, L., y BACCHETTA, G. (2018). Alien Plant Diversity in Mediterranean Wetlands: A Comparative Study within Valencian, Balearic and Sardinian Floras. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 46(2), 317-326.
- MOHER, D., LIBERATI, A., TETZLAFF, J., y ALTMAN, D. G. (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Medicine*, 6(7), 6.
- MONTI, F., MARCELLI, M., FASTELLI, P., y FATTORINI, N. (s. f.). Pushed to the edge: Environmental factors drive ecological responses of *Aphanius fasciatus* when in sympatry with invasive *Gambusia holbrooki*. *Aquatic Conservation- Marine and Freshwater Ecosystems*.
- MUNOZ-FUENTES, V., GREEN, A. J., y JOSE NEGRO, J. (2013). Genetic studies facilitated management decisions on the invasion of the ruddy duck in Europe. *Biological Invasions*, 15(4), 723-728.
- MUÑOZ-MAS, R. (2020). Alien animal introductions in Iberian inland waters: An update and analysis. *Science of the Total Environment*, 10.

- NAVRATIL, O., BREKENFELD, N., PUIJALON, S., SABASTIA, M., BOYER, M., PELLA, H., LEJOT, J., y PIOLA, F. (2021). Distribution of Asian knotweeds on the Rhone River basin, France: A multi-scale model of invasibility that combines biophysical and anthropogenic factors. *Science of the Total Environment*, 763, 142995.
- NOAR, R. D., JAHANT-MILLER, C. J., EMERINE, S., y HALLBERG, R. (2021). Early Warning Systems as a Component of Integrated Pest Management to Prevent the Introduction of Exotic Pests. *Journal of Integrated Pest Management*, 12(1).
- ROY, H. E. *et al* (2019). Developing a list of invasive alien species likely to threaten biodiversity and ecosystems in the European Union. *Global Change Biology*, 25(3), 1032-1048.
- SECRETARÍA DE LA CONVENCION DE RAMSAR (2013). Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971), 6a. edición. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland (Suiza).
- ZENETOS, A., OVALIS, P., GIAKOUMI, S., KONTADAKIS, C., LEFKADITOU, E., MPAZIOS, G., SIMBOURA, N., y TSIAMIS, K. (2020). Saronikos Gulf: A hotspot area for alien species in the Mediterranean Sea. *Bioinvasions Records*, 9(4), 873-889.
- ZGANEC, K., LAJTNER, J., CUK, R., CRNCAN, P., PUSIC, I., ATANACKOVIC, A., KRALJ, T., VALIC, D., JELIC, M., y MAGUIRE, I. (2020). Alien macroinvertebrates in Croatian freshwaters. *Aquatic Invasions*, 15(4), 593-615.
- ZORIĆ, K., ATANACKOVIĆ, A., ILIĆ, M., CSÁNYI, B., y PAUNOVIĆ, M. (2020). The Spiny-cheek Crayfish *Faxonius limosus* (Rafinesque, 1817) (Decapoda: Cambaridae) Invades New Areas in Serbian Inland Waters. *Acta Zoologica Bulgarica*, 72, 623-627.

ANEXO I

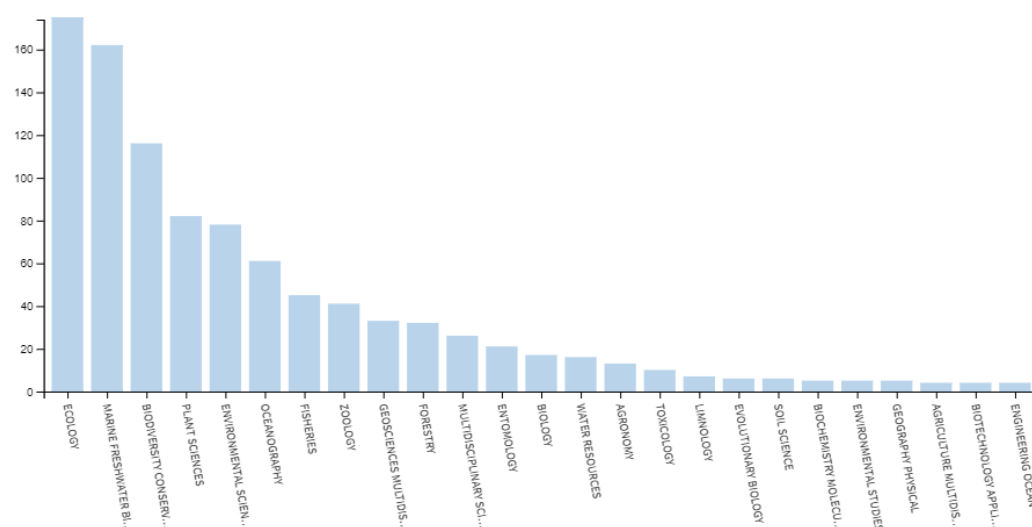
En este anexo se mostrarán las diferentes categorías a las que pertenecen los artículos encontrados tras las diferentes búsquedas bibliográficas, recogidas en las siguientes figuras:

Figura I.1 *Categorías de la primera búsqueda*



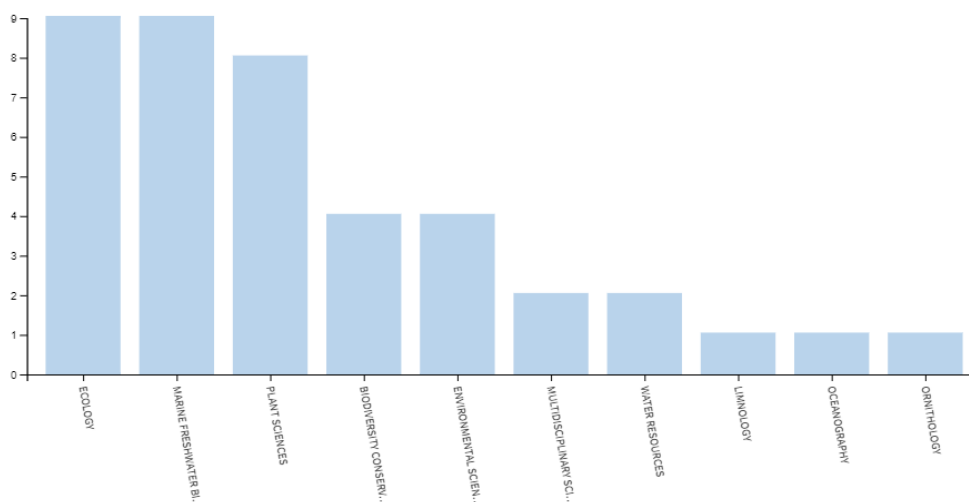
En la figura I.1 se muestran las categorías en las que se engloban los diferentes artículos encontrados tras la búsqueda “invasive species” AND “mediterranean”.

Figura I.2 *Categorías de la segunda búsqueda*



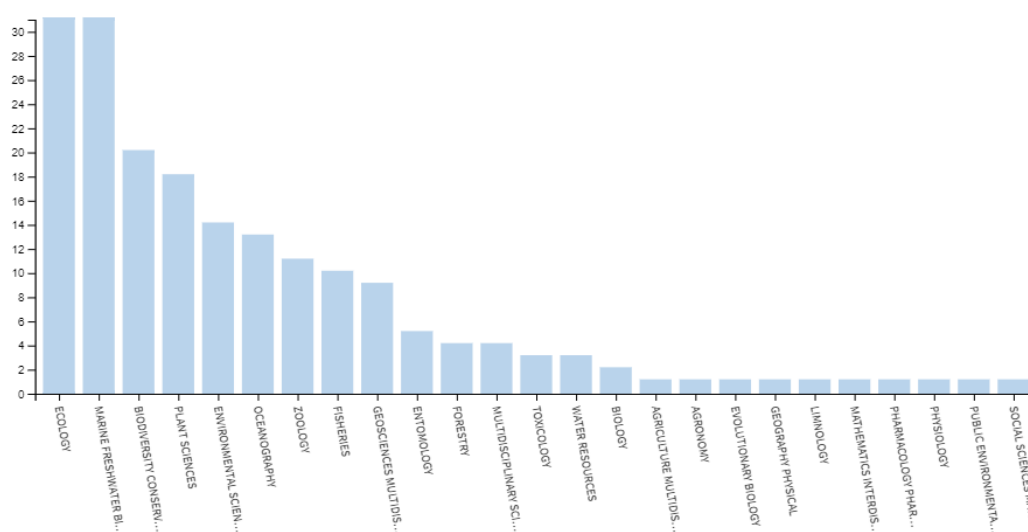
En la Figura I.2 se muestran las categorías en las que se engloban los diferentes artículos encontrados tras la búsqueda “invasive alien species” AND “mediterranean”.

Figura I.3 Categorías de la tercera búsqueda



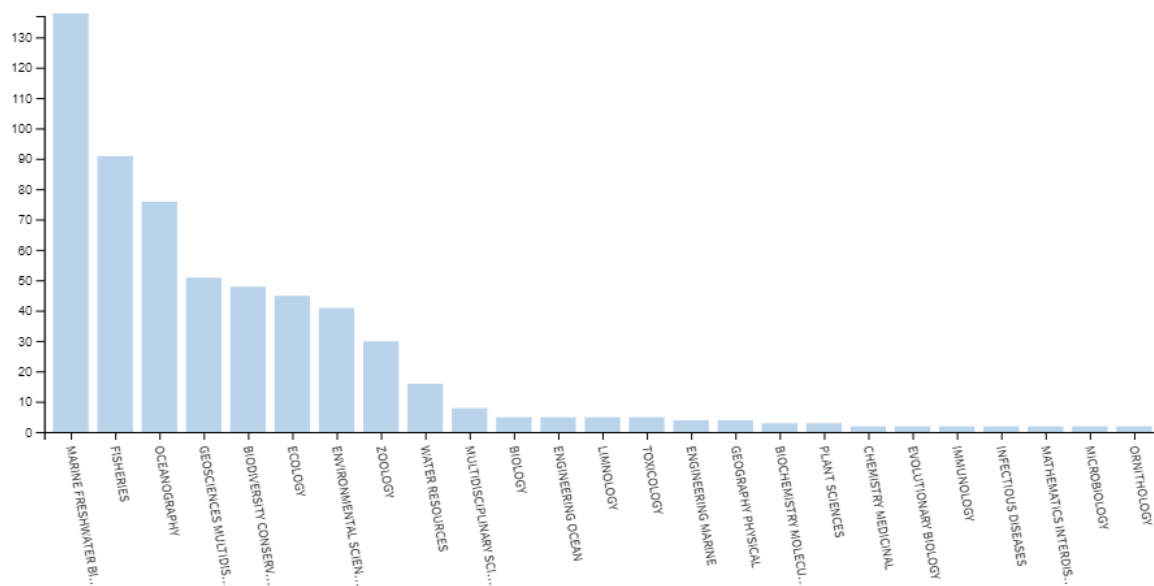
En la Figura I.3 se muestran las categorías en las que se engloban los diferentes artículos encontrados tras la búsqueda “invasive alien species” AND “mediterranean wetlands”.

Figura I.4 Categorías de la cuarta búsqueda



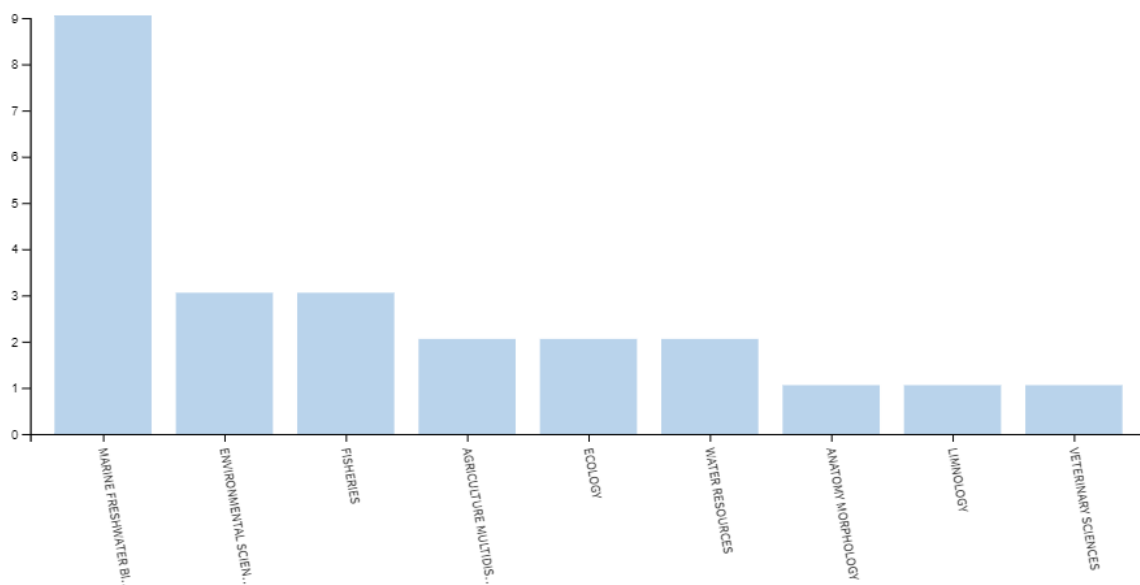
En la Figura I.4 se muestran las categorías en las que se engloban los diferentes artículos encontrados tras la búsqueda “invasive alien species” AND “mediterranean basin”.

Figura I.5 Categorías de la quinta búsqueda



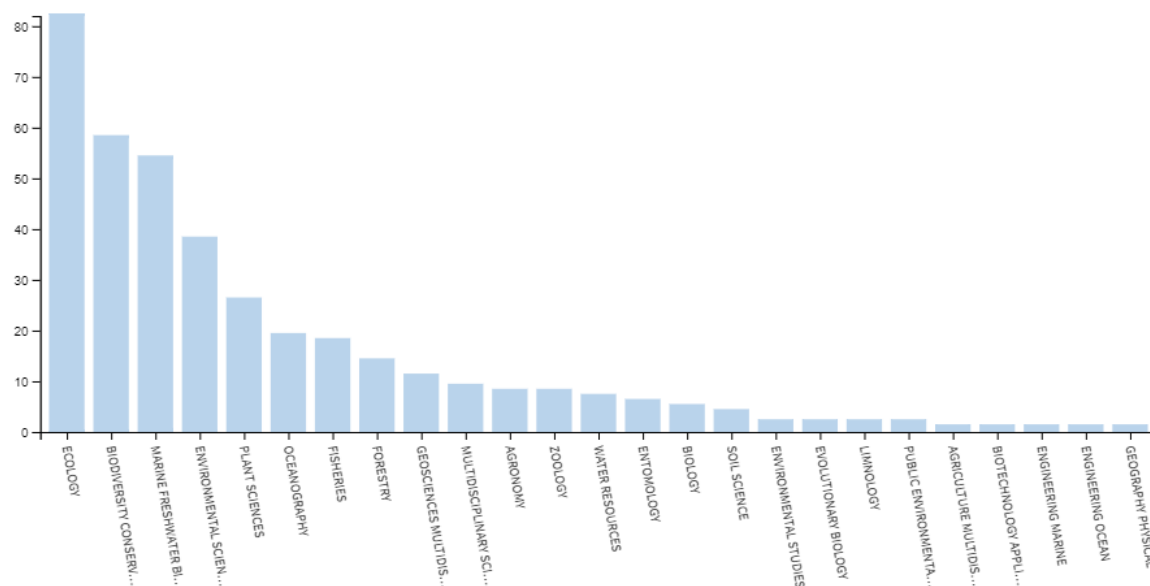
En la Figura I.5 se muestran las categorías en las que se engloban los diferentes artículos encontrados tras la búsqueda “alien fish” AND “mediterranean”.

Figura I.6 Categorías de la sexta búsqueda



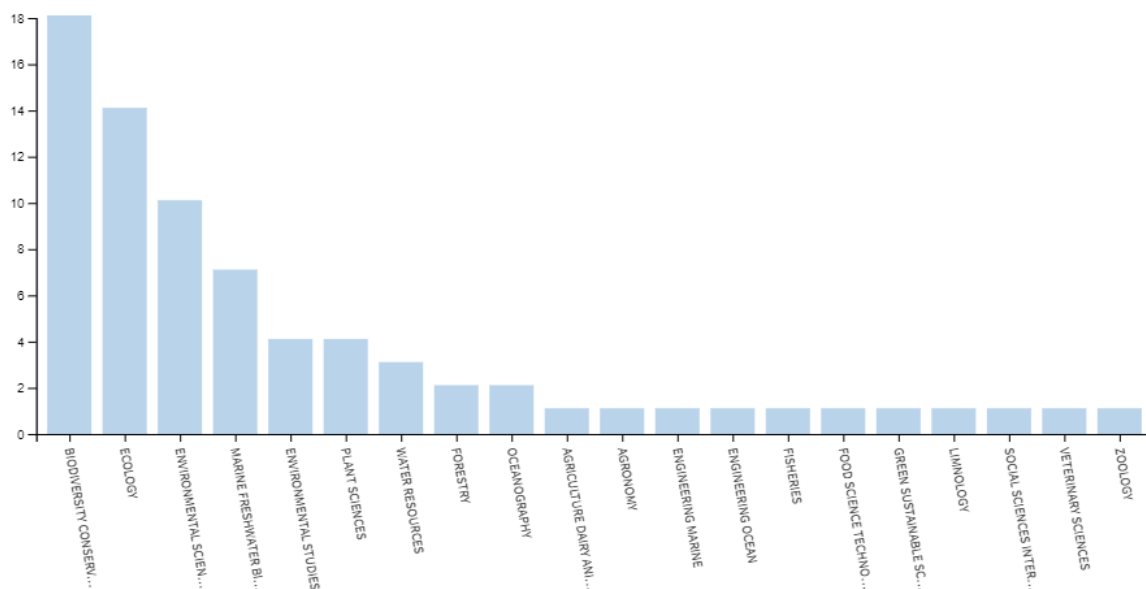
En la figura I.6 se muestran las categorías en las que se engloban los diferentes artículos encontrados tras la búsqueda “*Micropterus salmoides*” AND “mediterranean”.

Figura I.7 Categorías de la séptima búsqueda



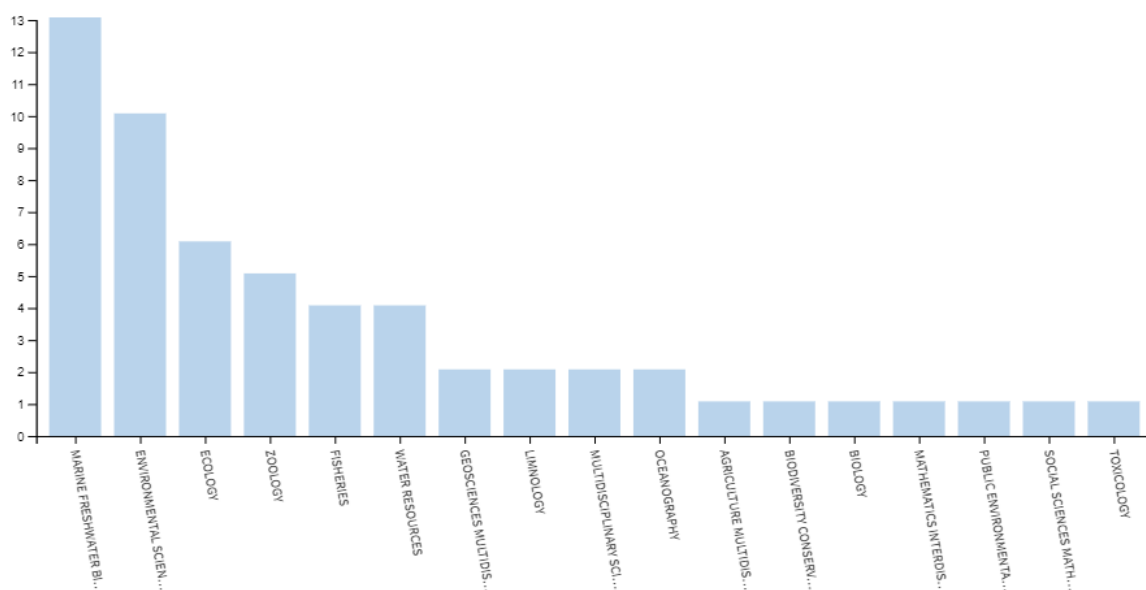
En la figura I.7 se muestran las categorías en las que se engloban los diferentes artículos encontrados tras la búsqueda “invasive alien species” AND “impacts” AND “mediterranean”.

Figura I.8 Categorías de la octava búsqueda



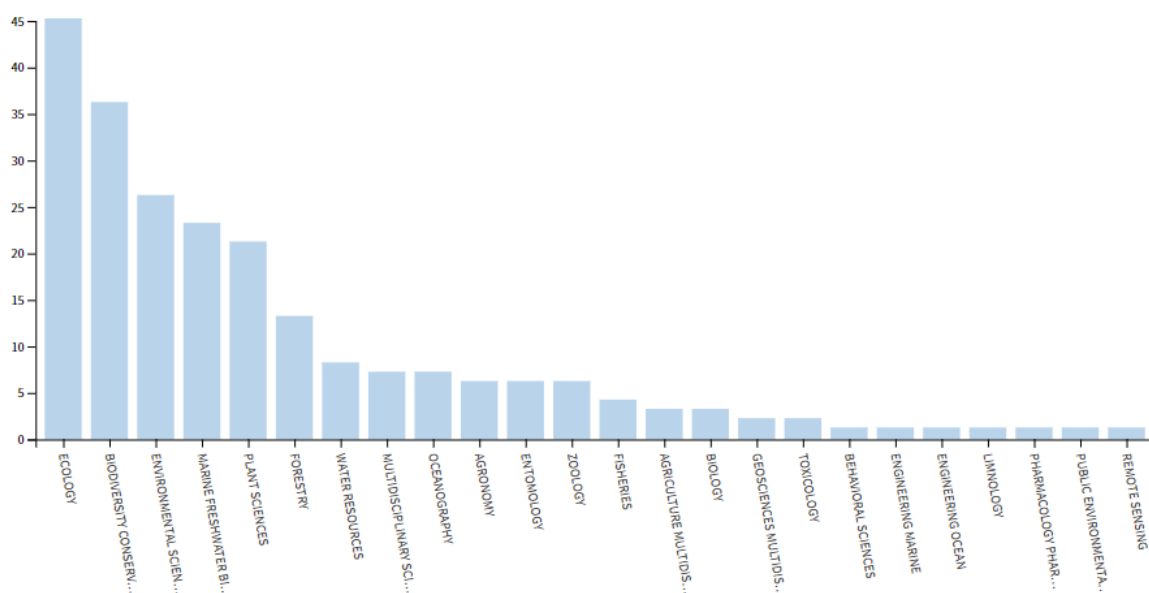
En la figura I.8 se muestran las categorías en las que se engloban los diferentes artículos encontrados tras la búsqueda “european legislation” AND “alien species”.

Figura I.9 Categorías de la novena búsqueda



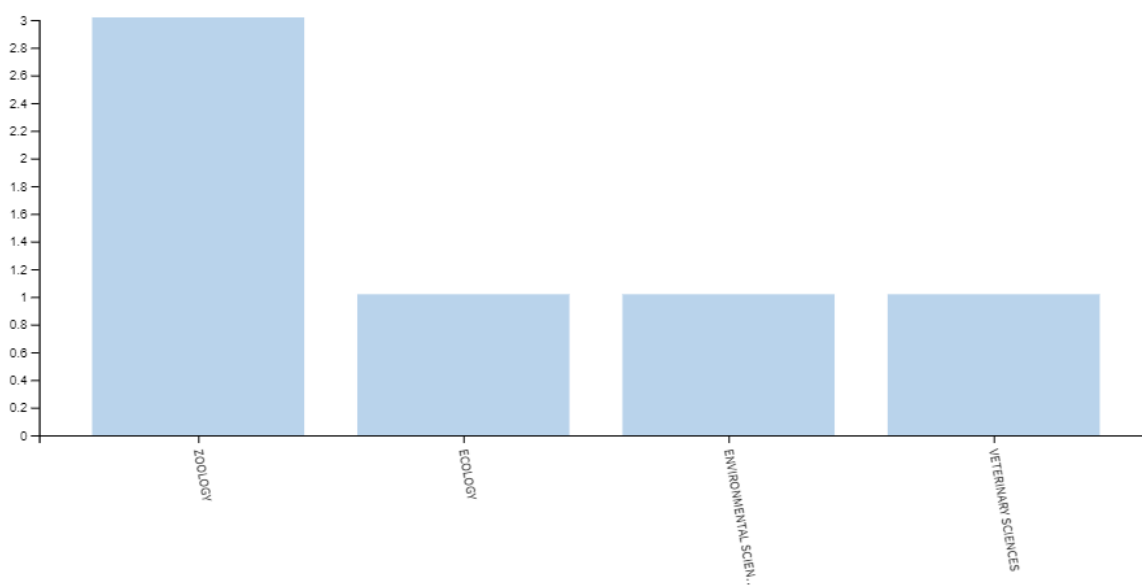
En la figura I.9 se muestran las categorías en las que se engloban los diferentes artículos encontrados tras la búsqueda “*Gambusia holbrooki*” AND “mediterranean”.

Figura I.10 Categorías de la décima búsqueda



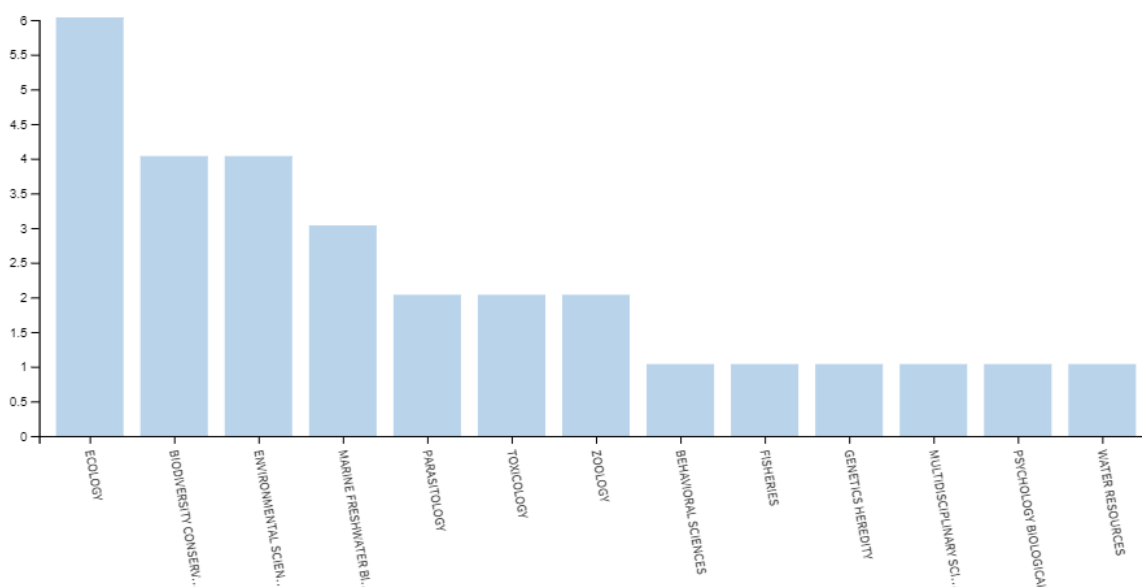
En la figura I.10 se muestran las categorías en las que se engloban los diferentes artículos encontrados tras la búsqueda “invasive alien species” AND “management” AND “mediterranean”.

Figura I.11 Categorías de la undécima búsqueda



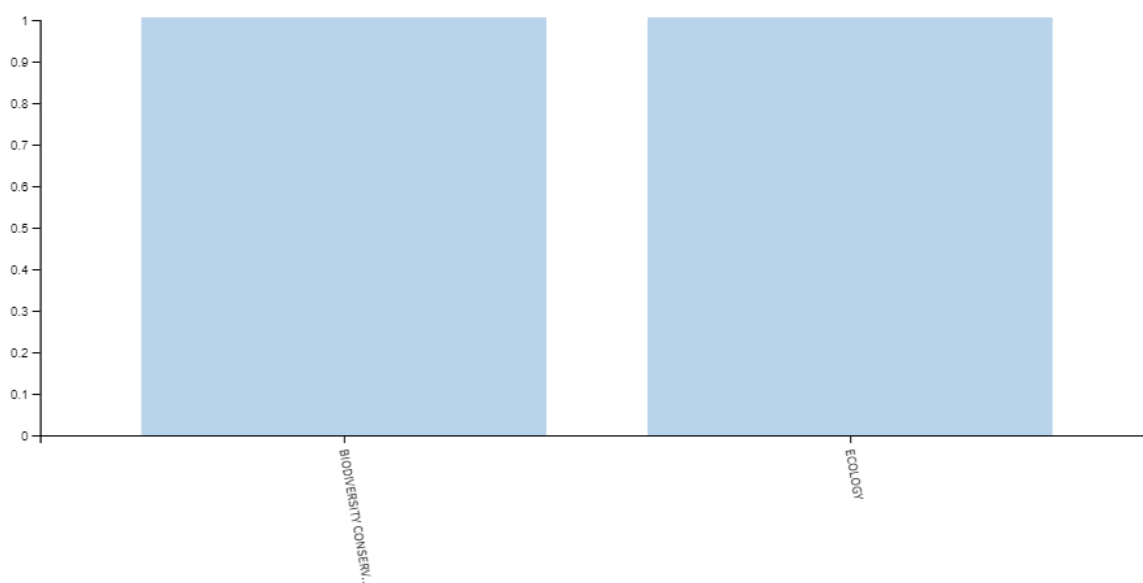
En la figura I.11 se muestran las categorías en las que se engloban los diferentes artículos encontrados tras la búsqueda “*Mustela vison*” AND “mediterranean”.

Figura I.12 Categorías de la duodécima búsqueda



En la figura I.12 se muestran las categorías en las que se engloban los diferentes artículos encontrados tras la búsqueda “*Trachemys scripta*” AND “mediterranean”.

Figura I.13 Categorías de la decimotercera búsqueda



En la figura I.13 se muestran las categorías en las que se engloban los diferentes artículos encontrados tras la búsqueda “*Oxyura jamaicensis*” AND “mediterranean”.

Las categorías que aparecen tras la búsqueda son las siguientes: *Agriculture Dairy Animal Science, Agriculture Multidisciplinary, Agronomy, Anatomy Morphology, Behavioral Sciences, Biochemistry Molecular Biology, Biodiversity Conservation, Biology, Biophysics, Biotechnology Applied Microbiology, Chemistry Medicinal, Ecology, Engineering Marine, Engineering Ocean, Entomology, Environmental Sciences, Environmental Studies, Evolutionary Biology, Fisheries, Food Science Technology, Forestry, Genetics Hereditary, Geography Physical, Geosciences Multidisciplinary, Green sustainable science technology, Immunology, Infectious Diseases, Limnology, Marine Freshwater Biology, Mathematics Interdisciplinary Applications, Medicine General Internal, Microbiology, Multidisciplinary Sciences, Oceanography, Ornithology, Parasitology, Pharmacology Pharmacy, Physiology, Plant Sciences, Public Environmental Occupational Health, Remote sensing, Social Sciences Interdisciplinary, Social Sciences Mathematical Methods, Soil Science, Toxicology, Veterinary Sciences, Water resources y Zoology.*