

## 3. Impacto potencial del cambio climático sobre la distribución las especies exóticas invasoras en Aragón

---

Responsable:

Belinda Gallardo <belinda@ipe.csic.es>

### 3.1 Introducción

El **cambio climático y las invasiones biológicas** son dos de los motores de transformación global con mayor impacto sobre la biodiversidad (Walther et al., 2009). Ambos están relacionados con una importante merma en bienes y servicios ambientales fundamentales tales como el control natural de plagas, la polinización de cultivos o la estabilización del ciclo del agua (MEA 2005). Es más, estos dos motores de cambio no actúan por separado sino que interaccionan a gran escala, con consecuencias ecológicas y socio-económicas difíciles de predecir.

En **España** hay constancia de unas 1.500 especies exóticas (no todas necesariamente invasoras, es decir con impacto negativo) en el medio natural, las cuales acarrear un coste medio anual de 13 millones de € (Angulo et al., 2021).

Por sus características geográficas y climáticas, **Aragón** no es un territorio especialmente proclive a las invasiones biológicas. No obstante, podemos encontrar 6 del Top 10 de las especies exóticas invasoras más costosas en España según Angulo et al. (2021): el picudo rojo (*Rhynchophorus ferrugineus*), visón americano (*Neovison vison*), avispón asiático (*Vespa velutina*), la caña (*Arundo donax*), uña de gato (*Carpobrotus edulis*) y el cardenche (*Cylindropuntia rosea*). Dos más, el camalote o jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y el caracol manzana (*Pomacea* spp.), se encuentran en comunidades autónomas vecinas y tienen un alto riesgo de llegar Aragón. Sin un plan estratégico para prevenir y contener su llegada, es de prever que los costes se disparen a medida que las especies exóticas invasoras expanden su distribución en respuesta al calentamiento global. España ha mostrado su firme voluntad de atajar este problema fijando la lucha contra las especies exóticas invasoras estableciendo en el capítulo 7 del Real Decreto 630/2013: "*la prohibición genérica de su posesión, transporte, tráfico y comercio de ejemplares vivos o muertos, de sus restos o propágulos, incluyendo el comercio exterior*". En la práctica, son las

comunidades autónomas las responsables de implementar esta regulación. Para ello, los responsables de tomar decisiones necesitan información clara sobre qué especies son más dañinas y qué áreas son más vulnerables a su invasión bajo escenarios de cambio climático. En este contexto, los **objetivos de este capítulo** son:

1. Realizar un diagnóstico básico acerca del nivel de invasión en la región de Aragón en comparación con otras zonas limítrofes y sus perspectivas futuras a corto plazo,
2. Evaluar el efecto potencial del cambio climático sobre la expansión a medio y largo plazo (2050) de un número representativo de especies exóticas invasoras en Aragón,
3. En base a la información anterior, realizar un análisis de amenazas y fortalezas de Aragón frente al cambio global.

## 3.2 Resultados

### *Estado, evolución y perspectivas de futuro de las especies exóticas invasoras en Aragón*

¿Cuáles son las especies exóticas invasoras más preocupantes en la actualidad?

Para contestar esta pregunta, recabamos información detallada acerca del riesgo asociado a 49 especies exóticas invasoras ya presentes en Aragón (Tabla 1). Nos centramos en este caso en especies reguladas por la legislación vigente en Europa (Listado de la Unión, 11 especies), España (Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras, 47 especies) y/o Aragón (Planes de regulación de bivalvos y cangrejos, 35 especies). En general domina el listado los animales vertebrados acuáticos (18 especies) y las plantas terrestres (14 especies).

*Tabla 1: Especies exóticas invasoras presentes en Aragón y que están reguladas por la legislación Europea, nacional o regional. En sombreado rojo los animales, en verde las plantas y en morado los protistas.*

<b>Especie</b>	<b>Regulación</b>	<b>Especie</b>	<b>Reg.</b>
Alburno, <i>Alburnus alburnus</i>	ES/ AR	Salvelino, <i>Salvelinus fontinalis</i>	ES/ AR
Pez gato, <i>Ameiurus melas</i>	ES/ AR	Lucioperca, <i>Sander lucioperca</i>	ES/ AR
Cangrejo australiano, <i>Cherax destructor</i>	ES/ AR	Gardí, <i>Scardinius erythrophthalmus</i>	ES/

Especie	Regulación	Especie	Reg.
Almeja asiática, <i>Corbicula fluminea</i>	ES/ AR	Siluro, <i>Silurus glanis</i>	ES/ AR
Polilla del boj, <i>Cydalima perspectalis</i>	AR	Avispa asiática, <i>Vespa velutina</i>	EU/ ES
Carpa, <i>Cyprinus carpio</i>	ES/	Rata gris, <i>Rattus norvegicus</i>	EU/ ES/ AR
Mejillón Cebra, <i>Dreissena polymorpha</i>	ES/ AR	Rata negra, <i>Rattus rattus</i>	EU/ ES/ AR
Lucio, <i>Esox lucius</i>	ES/ AR	Cerdolí, <i>Sus srofa</i>	EU/ ES/ AR
Gambusia, <i>Gambusia holbrooki</i>	ES/ AR	Galápago de Florida, <i>Trachemys scripta</i>	EU/ ES/
Hormiga de jardines, <i>Lasius neglectus</i>	EU/ ES	Pita, <i>Agave americana</i>	ES/
Pez sol, <i>Lepomis gibbosus</i>	ES/ AR	Ailanto, <i>Ailanthus altissima</i>	ES/ AR
Hormiga argentina, <i>Linepithema humile</i>	EU/ ES	Miraguano, <i>Araujia sericifera</i>	ES/
Caracol trompeta, <i>Melanoides tuberculatus</i>	ES/	Helecho de agua, <i>Azolla filiculoides</i>	ES/ AR
Perca americana, <i>Micropterus salmoides</i>	ES/ AR	Budleya, <i>Buddleja davidii</i>	ES/ AR
Visón americano, <i>Neovison vison</i>	ES/ AR	Hierba de la Pampa, <i>Cortaderia selloana</i>	ES/ AR
Cotorra argentina, <i>Myiopsitta monachus</i>	ES/ AR	<i>Cylindropuntia spp.</i>	ES/
Trucha Arcoiris, <i>Onchorynchus mykiss</i>	ES/	Viña del Tibet, <i>Fallopia baldschuanica</i>	ES/ AR
Malvasía canela, <i>Oxyura jamaicensis</i>	EU/ ES/ AR	Pataca, <i>Helianthus tuberosus</i>	ES/ AR
Cangrejo señal, <i>Pacifastacus leniusculus</i>	EU/ ES/ AR	Tabaco de jardín, <i>Nicotiana glauca</i>	ES/
Perca de río, <i>Perca fluviatilis</i>	ES/ AR	Chumbera, <i>Opuntia spp</i>	ES/ AR
Caracol del Cieno, <i>Potamopyrgus antipodarum</i>	ES/ AR	Vinagrera, <i>Oxalis pes-caprae</i>	ES/ AR
Cangrejo rojo, <i>Procambarus clarkii</i>	EU/ ES/ AR	Senecio del Cabo, <i>Senecio inaequidens</i>	ES/ AR
Cotorra de Kramer, <i>Psittacula krameri</i>	ES/ AR	Retama de olor, <i>Spartium</i>	ES/ AR

Especie	Regulación	Especie	Reg.
		<i>junceum</i>	
Picudo rojo, <i>Rhynchophorus ferrugineus</i>	ES/	Moco de roca, <i>Didymosphenia geminata</i>	EU/ ES/ AR
Rutilo, <i>Rutilus rutilus</i>	ES/ AR		

Los servicios ecosistémicos más frecuentemente afectados por estas 49 especies incluyen impactos en la diversidad de especies nativas, seguidos por los efectos sobre la salud humana, y sobre la producción de alimentos. En la Tabla 2 se incluyen algunos ejemplos representativos de especies exóticas invasoras presentes en Aragón con impacto en cada uno de los 16 servicios ecosistémicos.

Tabla 2: Principales impactos sobre los servicios ecosistémicos de las 49 especies exóticas invasoras (EEI) presentes en Aragón reguladas por la legislación vigente. Además del número total de especies con impacto en cada servicio, se incluyen algunos ejemplos (nombre común) representativos.

Servicio ecosistémico	Num. EEI	Ejemplos
<b>Diversidad local</b>	37	<i>El visón americano depreda sobre especies protegidas como el cangrejo autóctono, el desmán, diversos anfibios y peces. La malvasía canela se hibrida con la malvasía cabeciblanca, especie globalmente amenazada. El galápagos de Florida compite y desplaza a los galápagos autóctonos ya que es más voraz y agresivo, y depreda sobre una amplia variedad de invertebrados, peces, anfibios y crustáceos.</i>
<b>Salud humana</b>	21	<i>El lucio puede transmitir el parásito Diphyllobothrium latum. El consumo de tabaco de jardín es altamente tóxico pudiendo causar incluso parada respiratoria. Las picaduras de la avispa asiática pueden resultar alérgicas. El helecho de agua favorece la proliferación de mosquitos transmisores de enfermedades (mosca negra, mosquito tigre). El moco de roca causa irritaciones y conjuntivitis.</i>
<b>Cultivo o ganado</b>	18	<i>El picudo rojo daña a las palmeras ornamentales. Las cotorras se alimentan de fruta y hortalizas, pudiendo dañar cultivos. El senecio del cabo es tóxico y disminuye el valor forrajero. El cerdolí o las ratas afectan a los cultivos y puede causar daños también a la ganadería.</i>
<b>Recreación y turismo</b>	13	<i>Peces como el salvelino y el gardí transforman los delicados lagos oligotróficos del Pirineo depredando sobre los microcrustáceos, lo que favorece el crecimiento de algas y aumento de la turbidez. Un efecto similar lo producen la carpa y el helecho de agua. El moco de roca afecta al uso de masas de agua para baño y otras actividades acuáticas.</i>
<b>Purificación</b>	7	<i>Los peces y plantas invasoras afectan a la calidad del agua aumentando la</i>

Servicio ecosistémico	Num. EEI	Ejemplos
(suelo, agua)		<i>turbidez y concentración de nutrientes.</i>
<b>Provisión de agua</b>	6	<i>Las especies bio-incrustadoras como el <b>mejillón cebra</b> y la <b>almeja asiática</b> taponan las tuberías y sistemas de riego interrumpiendo el suministro de agua.</i>
<b>Inspiración estética</b>	6	<i>Especies que modifican el paisaje como la <b>vinagrera</b> o el <b>moco de roca</b> afectan a nuestro sentido de pertenencia.</i>
<b>Recursos silvestres</b>	4	<i>El <b>cerdolí</b> afecta a la provisión de numerosos recursos silvestres (frutos del bosque, raíces, setas)</i>
<b>Recursos forestales</b>	3	<i>La <b>polilla del boj</b> es un defoliador que afecta al boj, sobre todo en tierras bajas.</i>
<b>Polinización</b>	3	<i>El <b>avispón asiático</b> depreda sobre himenópteros, particularmente la abeja de la miel que juega un importante papel en la polinización.</i>
<b>Regulación clima</b>	2	<i>Las <b>plantas y árboles invasores</b> afectan a la capacidad de regular el clima.</i>
<b>Ruido</b>	1	<i>Los ruidos de las <b>cotorras</b> son especialmente molestos.</i>
<b>Erosión</b>	1	<i>La <b>vinagrera</b> incrementa el riesgo de erosión especialmente en zonas áridas.</i>

### ¿Cuál es la evolución reciente en la llegada de especies exóticas invasoras?

La progresión en el número de especies exóticas invasoras que llegan a Aragón refleja un aumento importante en la década de 1990 y 2000, que registraron 10 nuevas citas en cada caso (Fig. 1). Esta curva mantiene una tendencia creciente, es decir, no se aprecia una estabilización en el número de especies exóticas invasoras que se detectan en la comunidad en los últimos años, si bien es cierto que la regulación al respecto es relativamente reciente y por tanto sus efectos pueden tardar en detectarse. Es más, de las 53 especies exóticas invasoras preocupantes para la región en 2012 (Guerrero and Jarne, 2014), 7 de las 25 especies de animales ya han sido detectados, mientras que de las 28 especies de plantas preocupantes, tan solo se han detectado 2.

En cuanto a las vías de introducción, dominan el transporte de materiales como suelo o vegetación, que puede estar contaminado con propágulos de la especie invasora, seguido del comercio de plantas ornamentales, y el transporte a través de vías acuáticas (Fig. 2).

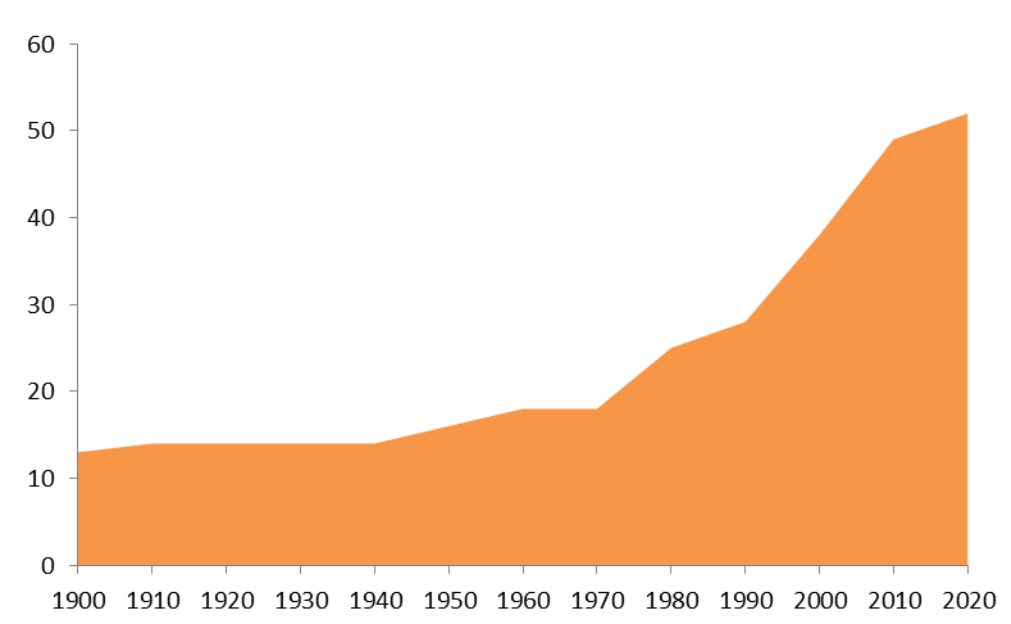


Fig. 1: Número acumulado de especies exóticas invasoras reguladas por la legislación vigente (Europea/Nacional/Regional) introducidas en Aragón en los s. XX y XXI.

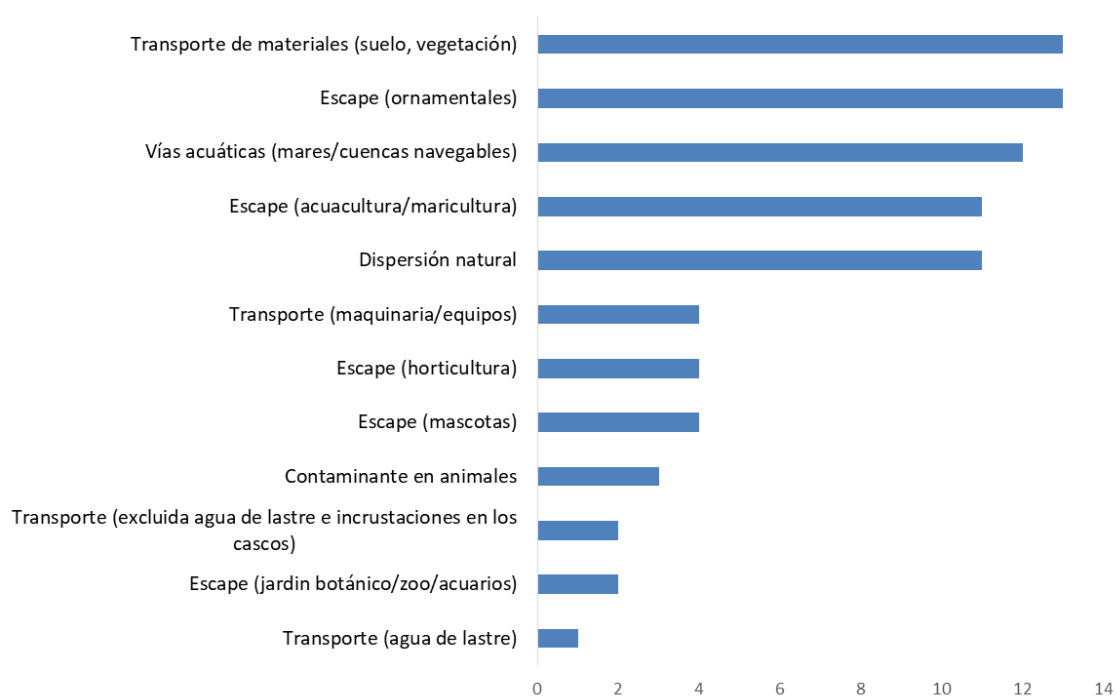


Fig. 2: Vías de introducción de las 49 especies exóticas invasoras reguladas por la legislación vigente (Europea/Nacional/Regional) presentes en Aragón. Las barras representan el número total de especies que utilizan cada vía. La clasificación de vías de entrada según el Comité de Flora y Fauna Silvestres (2021).

Adicionalmente, identificamos un total de 55 especies exóticas invasoras todavía ausentes en Aragón pero presentes en las comunidades autónomas colindantes (Tabla 3). Destacan Cataluña, la Comunidad Valenciana y el País Vasco como zonas desde las cuales se pueden expandir especies invasoras hacia nuestra comunidad.

Tabla 3: Especies exóticas invasoras todavía no establecidas en Aragón pero presentes en comunidades autónomas vecinas. Se indica la legislación Europea, nacional o regional que las regula. En sombreado rojo se distinguen los animales, en verde las plantas y en morado los protistas.

Especie	Comunidad Autónoma donde está presente	Reg.
<b>Mosquito Tigre, <i>Aedes albopictus</i></b>	Cataluña y C. Valenciana	EU/ES
<b>Bengalí rojo, <i>Amandava amandava</i></b>	Cataluña	EU/ES/ AR
<b>Arruí, <i>Ammotragus lervia</i></b>	C. Valenciana	EU/ES/ AR
<b>Erizo pigmeo africano, <i>Atelerix albiventris</i></b>	Cataluña y C. Valenciana	EU/ES/ AR
<b>Chanchito, <i>Australoheros facetus</i></b>	Cataluña	ES
<b>Tortuga pintada, <i>Chrysemys picta</i></b>	Cataluña	EU/ES
<b>Hidroide estuarino, <i>Cordylophora caspia</i></b>	País Vasco, Cataluña y C. Valenciana	EU
<b>Codorniz japonesa, <i>Coturnix japonica</i></b>	C. León	EU
<b>Cangrejo chino, <i>Eriocheir sinensis</i></b>	País Vasco	EU/ES
<b>Estrildidos, <i>Estrilda spp.</i></b>	País Vasco, Cataluña y C. Valenciana	EU/ES/ AR
<b>Tejedores, <i>Euplectes spp.</i></b>	Cataluña y C. Valenciana	EU/ES/ AR
<b>Mercierella, <i>Ficopomatus enigmaticus</i></b>	Cataluña	ES
<b>Fúndulo, <i>Fundulus heteroclitus</i></b>	Cataluña	ES
<b>Mariquita asiática, <i>Harmonia axyridis</i></b>	País Vasco	ES/EU
<b>Ruiseñor del Japón, <i>Leiothrix lutea</i></b>	País Vasco, Cataluña y C. Valenciana	EU/ES/ AR
<b>Mejillón marrón, <i>Limnoperna securis</i></b>	Cataluña	ES
<b>Rana toro, <i>Lithobates catesbeianus</i></b>	C. León, País Vasco y Cataluña	EU/ES/ AR
<b>Dojo, <i>Misgurnus anguillicaudatus</i></b>	Cataluña	ES
<b>Aguacuajada, <i>Mnemiopsis leidyi</i></b>	Cataluña y C. Valenciana	ES
<b>Coipú, <i>Myocastor coypus</i></b>	Navarra, País Vasco y Cataluña	EU/ES/ AR
<b>Rata almizclera, <i>Ondatra zibethicus</i></b>	Navarra y País Vasco	EU/ES/ AR

Especie	Comunidad Autónoma donde está presente	Reg.
Muflón, <i>Ovis musimon</i>	C. Mancha y C. Valenciana	EU/ES
Oruga perforadora, <i>Paysandisia archon</i>	Cataluña y C. Valenciana	ES
Tejedores, <i>Ploceus spp</i>	Cataluña	EU/ES/ AR
Caracol manzana, <i>Pomacea spp.</i>	Cataluña	ES/AR
Mapache, <i>Procyon lotor</i>	Navarra, País Vasco C. Mancha y C. Valenciana	EU/ES/ AR
Pseudorasbora, <i>Pseudorasbora parva</i>	Cataluña	EU/ES
Quelea común, <i>Quelea quelea</i>	Cataluña	EU/ES
Almeja china del cieno, <i>Sinanodonta woodiana</i>	Cataluña	ES
Tortola rosigrís, <i>Streptopelia roseogrisea</i>	C. Mancha, Cataluña y C. Valenciana	EU/ES
Hormiga fantasma, <i>Tapinoma melanocephalum</i>	Cataluña	ES
Ibis sagrado. <i>Threskiornis aethiopicus</i>	Cataluña	EU/ES
Triops, <i>Triops longicaudatus</i>	País Vasco, Cataluña y C. Valenciana	ES
Rana de uñas africana, <i>Xenopus laevis</i>	Cataluña	EU/ES/ AR
Mimosa, <i>Acacia dealbata</i>	País Vasco, C. León, Cataluña y C. Valenciana	EU/ES/ AR
Ambrosia, <i>Ambrosia artemisiifolia</i>	País Vasco y C. Mancha	EU/ES
Esparraguera, <i>Asparagus asparagoides</i>	C. Valenciana	ES
Bácaris, <i>Baccharis halimifolia</i>	País Vasco	ES
Broza de Brasil, <i>Egeria densa</i>	País Vasco, Cataluña y C. Valenciana	ES
Jacinto de agua, <i>Eichhornia crassipes</i>	Cataluña y C. Valenciana	EU/ES
Broza del Canada, <i>Elodea canadensis</i>	Cataluña y C. Valenciana	EU/ES/ AR
Hierba nudosa japonesa, <i>Fallopia japonica</i>	Navarra, País Vasco y Cataluña	EU/ES/ AR
Redondita de agua, <i>Hydrocotyle ranunculoides</i>	C. Valenciana	EU/ES
Ludwigia, <i>Ludwigia spp</i>	Cataluña y C. Valenciana	ES/AR
Rabo de gato, <i>Pennisetum villosum</i>	Cataluña y C. Valenciana	EU/ES/ AR
Lechuga de agua, <i>Pistia stratiotes</i>	País Vasco	ES
Acordeón de agua, <i>Salvinia spp.</i>	Cataluña y C. Valenciana	ES/AR
Espartina, <i>Spartina patens</i>	País Vasco, Cataluña y C. Valenciana	ES



Especie	Comunidad Autónoma donde está presente	Reg.
<b>Oreja de gato, <i>Tradescantia fluminensis</i></b>	País Vasco, Cataluña y C. Valenciana	ES/AR
<b>Alga roja, <i>Asparagopsis armata</i></b>	País Vasco, Cataluña y C. Valenciana	EU/ES
<b>Alga asesina, <i>Caulerpa racemosa</i></b>	C. Valenciana	ES
<b>Alga roja, <i>Lophocladia lallemandii</i></b>	C. Valenciana	ES
<b>Sargazo, <i>Sargassum muticum</i></b>	País Vasco	ES
<i>Womersleyella setacea</i>	Cataluña	ES

### ¿Qué efecto puede tener el cambio climático sobre la expansión de EEI en Aragón?

Para estimar el efecto del cambio climático sobre la probabilidad de introducción y expansión de especies invasoras en Aragón, utilizamos Modelos de Distribución de Especies (MDE) con 6 especies exóticas invasoras relevantes para Aragón:

- Presentes: hierba de la Pampa, visón americano y avispon asiático
- Ausentes: camalote, rabo de gato y coipú

Los MDE utilizan datos sobre las condiciones ambientales de los sitios actualmente invadidos por una especie a escala global para identificar las áreas que cumplen las mismas condiciones y por tanto pueden ser susceptibles a la invasión a medio o largo plazo. Dadas las limitaciones de tiempo, para este informe hemos contado con los datos y modelos utilizados en estudios previos del equipo de investigación, donde puede consultarse en detalle la metodología empleada (Gallardo y Capdevilla-Argüelles, 2011). La precisión de los MDE incluidos en este estudio es muy alta (TSS entre 0.84 y 0.92). En consecuencia, la sensibilidad del modelo, que mide el número de presencias correctamente clasificadas, asciende a 65-80% dependiendo de la especie.

El resultado principal de los MDE son mapas de idoneidad climática que reflejan cómo de similar es cada pixel de 1x1 km con respecto a las localidades invadidas por la especie en el resto del mundo. De este modo, valores superiores a 800, indican una elevada idoneidad climática, y por tanto probabilidad de establecimiento en caso de que la especie sea introducida. Por el contrario, valores en general menores a 200 indican baja probabilidad de establecimiento.

Los mapas de idoneidad climática se proyectan en el escenario presente, lo que vendría a representar el potencial de expansión de la especie a corto plazo; y también en un escenario de futuro que en este caso se corresponde con 2050 (que representa las condiciones

climáticas probables entre 2041 y 2060) y una tendencia de emisiones pesimista (*Representative Concentration Pathway*, RCP=8.5). La comparación entre las proyecciones presente y 2050 nos permite evaluar la tendencia, expansiva o contractiva, de la especie en Aragón.

En el caso de las 6 especies exóticas invasoras investigadas, las proyecciones de futuro muestran cambios considerables en su distribución en Aragón, con claros ganadores como el rabo de gato, hierba de la Pampa y en menor medida camalote, y perdedores como el visón americano, el avispon asiático y el coipú. Estas diferencias son importantes a la hora de afrontar la gestión de especies invasoras, que debería centrarse en prevenir la expansión secundaria de las especies que ganan idoneidad, y aprovechar la desventaja climática que experimentan las especies que pierden idoneidad para su erradicación.

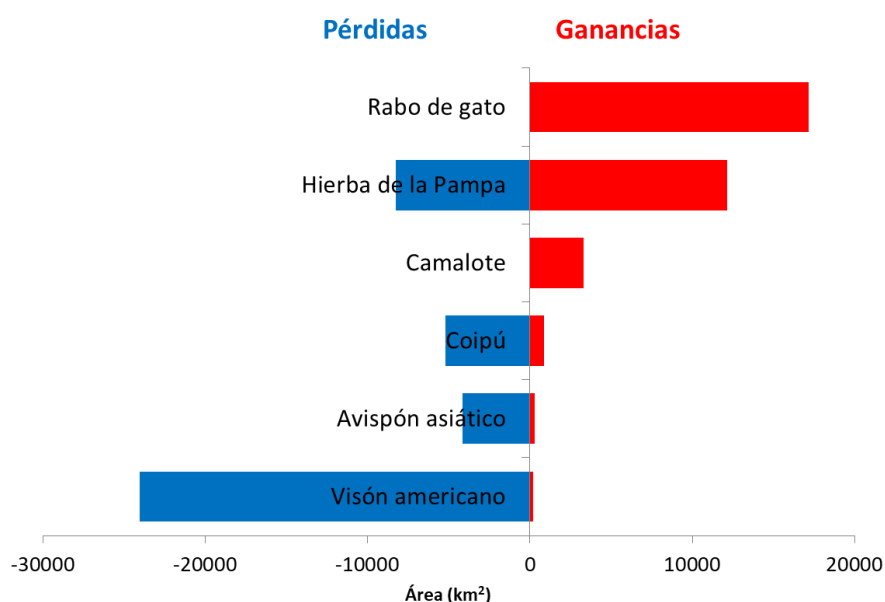


Fig. 3: Aumento y/o disminución en el área considerada como climáticamente idónea para el establecimiento de una especie invasora en Aragón en 2050. Los valores positivos indican el total del área (en km<sup>2</sup>) que pasa de no ser idónea en la actualidad, a serlo en 2050, bajo un escenario de aumento de emisiones de CO<sub>2</sub>. Por el contrario, valores negativos indican áreas que actualmente son idóneas para la especie, pero que podrían dejar de serlo en 2050.

Además de modelizar su distribución futura, se ha evaluado el riesgo asociado a cada una de las 6 especies invasoras mediante el sistema EICAT (*Environmental Impact Classification of Alien Taxa*). Este sistema de análisis de riesgos es el único aprobado oficialmente por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, 2020)<sup>1</sup>. EICAT permite clasificar a todas las especies en 8 categorías definidas: *Not Evaluated*, *No alien population*, *Data deficient*,

1 <https://www.iucn.org/theme/species/our-work/invasive-species/eicat>

*Minimal, Minor, Moderate, Major y Massive Concern.* Una de las ventajas de EICAT es que se basa exclusivamente en la evidencia científica disponible para cada especie, reduciendo al mínimo los sesgos subjetivos asociados al evaluador.

Se muestra a continuación un resumen de las características, impactos, situación en Aragón y potencial de expansión en 2050 de 6 especies exóticas preocupantes.

### **Hierba de la Pampa (*Cortaderia selloana*)**



Planta herbácea de hasta 3 m de altura, endémica de Sudamérica, en la región pampeana y en la Patagonia. Su introducción se relaciona con usos ornamentales, y se dispersa rápidamente con el viento. Invade taludes, desmontes, jardines, bordes de campos y riberas. Está ampliamente distribuida por la Península, incluyendo 112 puntos de Aragón. Las condiciones ambientales son especialmente idóneas para esta especie en el valle del Ebro y mitad norte de Aragón. Aunque la mitad sur no ofrece condiciones idóneas para su establecimiento en la actualidad, esta situación podría cambiar en el futuro, dado que nuestros modelos anticipan un aumento importante del área idónea para esta especie (+34%), particularmente en la zona de Gúdar-Javalambre, Maestrazgo, Bajo Aragón, Teruel, cuencas mineras, Jiloca y Matarraña. La hierba de Pampa puede alcanzar densidades elevadas, excluyendo la mayor parte de la flora terrestre autóctona, modifica el paisaje, disminuye la calidad de los pastos, produce alergias y aumenta la frecuencia y virulencia de incendios. Aunque se puede eliminar localmente por medios físicos y químicos, en la práctica se considera de erradicación inviable. Se requiere de un mayor esfuerzo de investigación en medios físicos, químicos o biológicos que permitan el control de esta especie.

### Visón americano (*Neovison vison*)

EICAT = MASSIVE



Desde su establecimiento en diversos países europeos a partir de escapes de granjas peleteras, esta especie de origen norteamericano ha puesto en peligro de extinción crítico al turón (*Mustela putorius*) y al visón europeo (*Mustela lutreola*) con los que compite y a los que transmite enfermedades. Habita entornos ribereños (lagos, ríos) donde pueda encontrar madrigueras. En Aragón, el visón americano comenzó a aparecer en el río Mijares al sur de Teruel en 1990 y a pesar de los trampeos de control, la especie ha logrado colonizar los cursos del Jiloca y el Jalón

(Guerrero and Jarne, 2014). La mayor parte del territorio de Aragón muestra las condiciones climáticas necesarias para el establecimiento de esta especie. No obstante, al tener preferencia por climas más bien fríos, nuestras proyecciones sugieren una pérdida considerable de hábitat disponible (Fig. 3). Muy voraz y de gran capacidad reproductiva, depreda sobre especies como el cangrejo autóctono, anfibios y peces protegidos y especialmente sobre rata de agua y el desmán. Tiene efectos negativos en repoblaciones cinegéticas o piscícolas y puede afectar a explotaciones avícolas y piscifactorías.

### Avispón asiático (*Vespa velutina*)

EICAT = MAJOR



La forma de llegada del avispón asiático a Europa no está clara; lo más probable es que su introducción se haya producido en Francia de forma accidental a través de un envío de productos importados de China. Una característica que la hace especialmente peligrosa es que solo se necesita una reina emparejada para comenzar una nueva colonia. Presente en Aragón desde el 2012, nuestros modelos sugieren cierto

incremento en la idoneidad para esta especie en altura, probablemente asociado al aumento de temperaturas. Las avispas asiáticas son bien conocidas por sus ataques contra otras especies de himenópteros, especialmente las abejas melíferas. Al igual que el avispón europeo nativo, el avispón asiático puede ser peligroso para el hombre al

inducir una reacción alérgica potencialmente mortal o después de múltiples picaduras. Sin embargo, los ataques severos solo ocurren cuando las colonias son perturbadas, y debido a que los nidos son generalmente poco accesibles, tales accidentes son raros. Actualmente no hay opciones de erradicación disponibles aparte de la destrucción física de nidos individuales.

### **Camalote (*Eichhornia crassipes*)**



El camalote o jacinto de agua es originaria de las aguas dulces de las regiones cálidas de América del Sur, en las cuencas Amazónica, y del Plata y se introdujo con fines ornamentales por sus llamativas flores moradas. Se considera la planta acuática invasora más peligrosa a nivel mundial y es sin lugar a dudas la especie invasora más costosa de España, ya que los costes de erradicación ascienden a 48 millones de € anuales (Angulo et al., 2021). De momento está presente en la cuenca del Guadiana, aunque considerando el tráfico habitual de pescadores y embarcaciones turísticas con el Ebro se considera que el riesgo de introducción es alto. De hecho se detectó un brote en el bajo Ebro en 2018 que fue rápidamente erradicado por la CHE. Los modelos sugieren que tan solo el valle del Ebro, y bajo escenarios futuros el Bajo Cinca, ofrecen condiciones idóneas para el establecimiento de la especie. El camalote duplica su población cada 5 días, congestionando cursos de agua, canales, ríos y turbinas. La elevada biomasa produce episodios de anoxia y falta de luz que eliminan la flora y fauna nativas. También favorece la proliferación de mosquitos transmisores de enfermedades. Al tratarse de una especie acuática, su gestión se ha de abordar a escala de cuenca, lo que resulta complejo, muy costoso y es difícil que acabe definitivamente con la población, por lo que en la práctica es una especie no-manejable.

### Rabo de gato (*Pennisetum setaceum*)

EICAT = MASSIVE



A través del comercio hortícola, esta planta fue introducida en las Islas Canarias en los años 40, desde el norte de África. Sus semillas se dispersan muy fácilmente por el viento, el agua, los animales y las actividades humanas, lo que explica su rápida dispersión en las Islas y también el sur de la Península. Aunque no se tiene constancia de su presencia en Aragón, ya está presente en Cataluña y la Comunidad Valenciana. La probabilidad de establecimiento es alta en todo el valle del Ebro y Bajo Cinca, con probabilidad de aumentar en todo el territorio pero sobre todo en el SE de Aragón de cara a 2050 (Gúdar-Javalambre, Maestrazgo, Bajo Aragón, Teruel y Matarraña), cuando se prevé un aumento del 57% en su distribución potencial. Esta planta es un colonizador altamente agresivo y adaptado al fuego, restableciéndose rápidamente después de la quema. Es más, al aumentar la biomasa combustible, aumenta la intensidad y propagación de incendios, dañando seriamente a especies nativas menos adaptadas al fuego. Además, reduce la disponibilidad de agua para otras especies y altera los ciclos de nutrientes. Aunque existen técnicas de control, la presencia de un banco persistente de semillas hace que su erradicación sea extremadamente difícil una vez establecida.

### Coipú (*Miocastor coypus*)

EICAT = MASSIVE



Roedor nocturno semiacuático nativo de América del Sur. Introducido por la industria peletera desde cuyas granjas escapa o es liberado. El coipú todavía no está presente en Aragón, pero el riesgo de llegada desde poblaciones establecidas en Navarra es considerable. Nuestros modelos sugieren una amplia disponibilidad de hábitat en Aragón, particularmente en el NO (Jacetania y Alto Gállego), precisamente las zonas más cercanas a Navarra. Bajo escenarios futuros (2050) la idoneidad de hábitat se mantiene relativamente similar al escenario actual. Las madrigueras de coipú socavan las orillas de los ríos y diques causando inestabilidad y finalmente desplome. Al alimentarse de la vegetación acuática, reduce el área utilizada por las aves acuáticas para anidar y daña las áreas de desove de

los peces nativos. Los coipús también se alimentan de cultivos agrícolas como la caña de azúcar, la alfalfa y los cultivos de raíces. Puede transmitir leptospirosis a otros animales. Las poblaciones asilvestradas de coipú se controlan mediante disparos y trampas. La erradicación es preferible para poblaciones pequeñas y medianas, pero cierto nivel de control es esencial en la mayoría de los casos si la erradicación no es factible.

### *Amenazas y fortalezas de Aragón frente al cambio global*

Con los datos recopilados en las Actividades anteriores, elaboramos una matriz DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades) de Aragón ante el cambio global (cambio climático + biológico). Contamos para ello con la participación de todo el personal del Grupo de Restauración Ecológica del IPE-CSIC (Tabla 4 y Imagen 1). Las debilidades se refieren a factores intrínsecos de Aragón de carácter negativo, que limitan su capacidad de adaptación al cambio global. Las amenazas son factores externos que pueden poner en riesgo su integridad ecológica. Es un factor variable, inestable y de tendencia negativa que se produce en el presente y en el futuro. Las fortalezas son características de Aragón que favorecen su adaptación al cambio global. Las oportunidades son circunstancias o actuaciones en el presente o que se producirán en el futuro y que contribuyen a combatir las amenazas a las que se enfrenta.

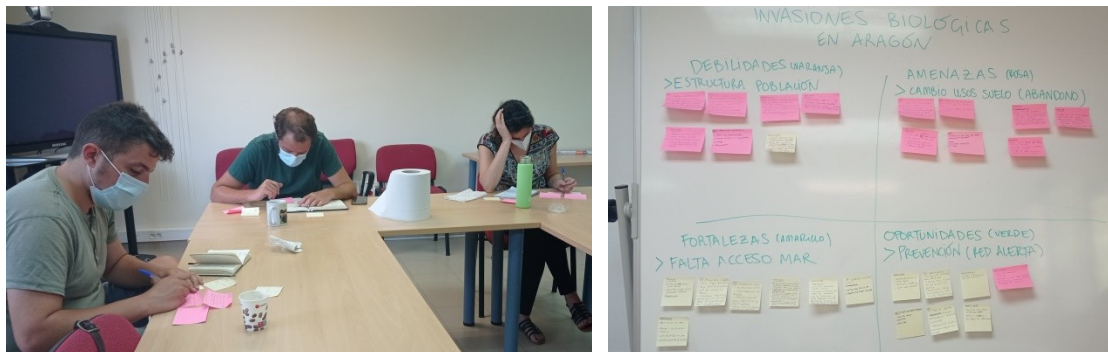


Fig. 4: Miembros del Grupo de Restauración Ecológica participando de la elaboración del DAFO, en la jornada de colaboración celebrada el jueves 12 de agosto de 2021.

Tabla 4: Resumen de la matriz DAFO de Aragón frente al cambio global.

DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Amplia red hidrográfica → favorece la llegada y expansión de EEI a través de deriva (desde aguas arriba), pesca, navegación, presas, industrias, núcleos urbanos, infraestructuras de regadío.</li> <li>• Importantes sectores turísticos y agroalimentario asociados a la introducción de EEI (ej. granjas peleteras)</li> <li>• Amplia variedad de ecosistemas (alta y baja montaña, valles y estepas), susceptibles a un elevado número de EEI.</li> <li>• Presencia de invasoras en las comunidades limítrofes las cuales no se gestionan correctamente</li> <li>• Falta de coordinación entre comunidades</li> <li>• Falta de iniciativa, recursos y seguimiento desde la administración regional ante un problema global. La administración no puede llegar a todas las poblaciones</li> <li>• Falta de concienciación acerca de la problemática por parte de las administraciones competentes</li> <li>• Población envejecida, difícil de concienciar.</li> <li>• Falta de regulaciones específicas que atajen las principales vías de introducción</li> <li>• Por su situación geográfica es una zona de paso entre comunidades, con una importante conectividad por carretera este-oeste</li> <li>• Procesos de detección precoz (monitoreo) en zonas de alto riesgo no estandarizados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de recursos para prevención y gestión de EEI, agravada por la crisis económica</li> <li>• Retroalimentación entre el cambio climático y EEI → aumenta el riesgo de incendios (especies pirófitas) e inundaciones.</li> <li>• Cambio global en los usos del suelo, abandono rural, el clima y los transportes, que tienden a favorecer la expansión de EEI.</li> <li>• Falta de sensibilización y desconocimiento de la biodiversidad local (p. ej. hongos)</li> <li>• Incremento del turismo en Áreas protegidas (ecoturismo).</li> <li>• Intensificación de técnicas agroindustriales que degradan los hábitats y favorecen la expansión de EEI</li> <li>• Incremento en la introducción de EEI asociadas a actividades deportivas como la pesca</li> <li>• Cambio climático → Aumento de plagas en altitud y latitud incluyendo EEI susceptibles a transmitir enfermedades o patógenos que tienen impacto en la salud</li> <li>• Estrés adicionales (sequía) que no se sabe cómo interaccionarán con las EEI</li> </ul>
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de acceso al mar, dado que los puertos son la principal vía de entrada</li> <li>• Baja densidad de población, concentrada en núcleos, lo que facilita el control</li> <li>• Buen estado de conservación e integridad ecológica de las áreas protegidas</li> <li>• Compromiso creciente de parte de la administración (DGA, CHE)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se pueden utilizar las EEI como centinelas para identificar la contaminación, el cambio climático o el estado ecológico de un área</li> <li>• Aprovechar el elevado interés que muestra la comunidad científica</li> <li>• Las EEI proporcionan oportunidades de sensibilización y educación ambiental</li> <li>• Muchas EEI identificadas en comunidades vecinas todavía no se han establecido en Aragón ➤ oportunidad para la prevención,</li> </ul>



- que proporciona un marco normativo claro
- Barreras climáticas (desierto, zonas estépicas) o topográficas (montaña) a la expansión de EEI
  - Red de transporte de alta capacidad limitada, las fronteras del territorio están limitadas y son fáciles de controlar (sin grandes puertos/aeropuertos)
  - Núcleos rurales con gran sentimiento de pertenencia e identidad por el territorio, reacios a la introducción de EEI
- erradicación temprana
- Reforzar la vigilancia en áreas protegidas para evitar la llegada de EEI
  - Algunas EEI ofrecen oportunidad de uso económico regulado (p. ej. EEI de uso energético, cinegético o culinario)
  - EEI adaptadas al proceso de urbanización, la invasora cumpliría el papel de una nativa que no es capaz de adaptarse.
  - Uso de EEI en la restauración ecológica (estabilizar suelos, como plantas vivero)
  - Oportunidad de importar modelos de gestión novedosos como las mesa de cogestión, con participación de distintos agentes sociales para tomar decisiones relativas a una EEI
  - Salud global: reciente interés en aumentar la inversión, investigación y bioseguridad
  - Las nuevas tecnologías, incluyendo la ciencia ciudadana a través de smartphones ofrecen la oportunidad de mejorar la detección temprana y monitoreo

### 3.3 Discusión general

#### *¿Cómo responden las Especies Exóticas Invasoras al Cambio Climático?*

Las respuestas específicas de cada especie, nativa o invasora, al cambio climático son complejas y diversas, dependiendo de su ciclo vital y de la estrategia de colonización. Las EEI son a menudo abundantes, toleran un amplio rango de condiciones ambientales, y poseen rasgos funcionales muy competitivos (por ej., alimentación generalista, cosmopolitas, multi-voltinas, con elevada plasticidad fenotípica), características que les dotan de una gran capacidad de adaptación a cambios medioambientales (Estrada et al., 2016). Los efectos del cambio climático afectarán a todas las etapas (introducción, establecimiento, dispersión e impacto) que conforman el proceso de invasión, así como a la eficacia de los métodos de gestión. Resulta por tanto necesario profundizar en el conocimiento de las vías de entrada y vectores de expansión en Aragón, y cómo evolucionarán en un contexto de cambio climático, con el fin de generar medidas de adaptación en las políticas de planificación y gestión.

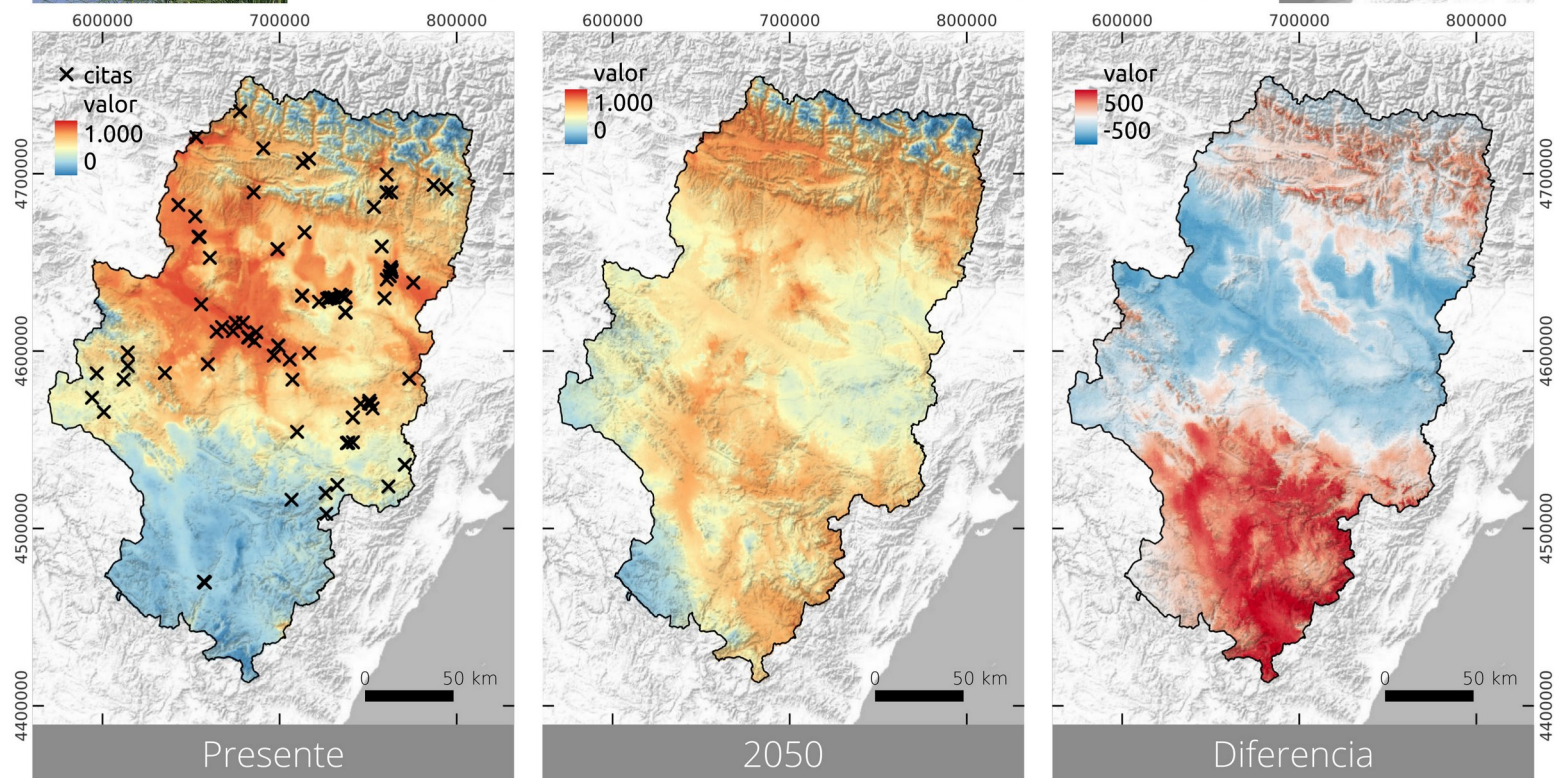
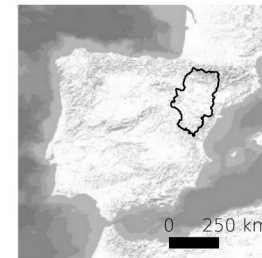
Ante un escenario de calentamiento global, se espera que la mayoría de las EEI sean capaces de sobrevivir y colonizar zonas actualmente inaccesibles debido a las limitaciones impuestas por el clima. De hecho, algunas especies exóticas ya establecidas que hasta ahora no generaban mayores problemas, podrían volverse invasoras si el cambio climático incrementa su capacidad competitiva o su tasa de propagación (por ej., por la supresión o disminución del tiempo de latencia invernal), expandiendo su área de distribución. Este es el caso del rabo de gato o la hierba de la Pampa, con tendencia expansiva en Aragón bajo escenarios de cambio climático. Algunas especies exóticas e invasoras, probablemente pocas, podrían sucumbir bajo los efectos del cambio climático, incapaces de soportar el cambio del régimen de temperatura y precipitación, o bien desaparecer de zonas invadidas al cambiar su rango de distribución hacia latitudes más norteñas y mayores alturas. Este es el caso del visón europeo, que de acuerdo a nuestros modelos pierde terreno idóneo en Aragón bajo escenarios futuros. Los modelos de cambio climático son por tanto de gran utilidad para poder detectar tendencias en la expansión de EEI y representan una de las pocas herramientas de evaluación de riesgos futuros con las que podemos apoyar actuaciones de prevención, detección temprana y respuesta rápida, así como de manejo de las EEI ya establecidas.

Un aspecto de especial preocupación es la retroalimentación entre cambio climático e invasiones biológicas. Por ejemplo, el aumento de temperaturas asociado al cambio climático aumentará la frecuencia de eventos extremos tales como incendios, que pueden favorecer la expansión de especies invasoras pirófitas como el rabo de gato, que a su vez aumentan la carga de combustible disponible, y por tanto el riesgo de incendio. Otras especies como el jacinto de agua, podrían empeorar situaciones de sequía asociadas al calentamiento global, debido a su elevada tasa de evapotranspiración, aumentando la temperatura del agua y frecuencia de fenómenos de anoxia.



## Mapas de idoneidad para la especie *Cortaderia selloana*

La hierba de la pampa, es una planta herbácea de hasta 3 m de altura, endémica de Sudamérica, en la región pampeana y en la Patagonia. Su introducción se relaciona con usos ornamentales, y se dispersa rápidamente con el viento. Invade taludes, desmontes, jardines, bordes de campos y riberas. Está ampliamente distribuida por la Península, incluyendo 112 puntos de Aragón. Las condiciones ambientales son especialmente idóneas para esta especie en el valle del Ebro y mitad norte de Aragón.



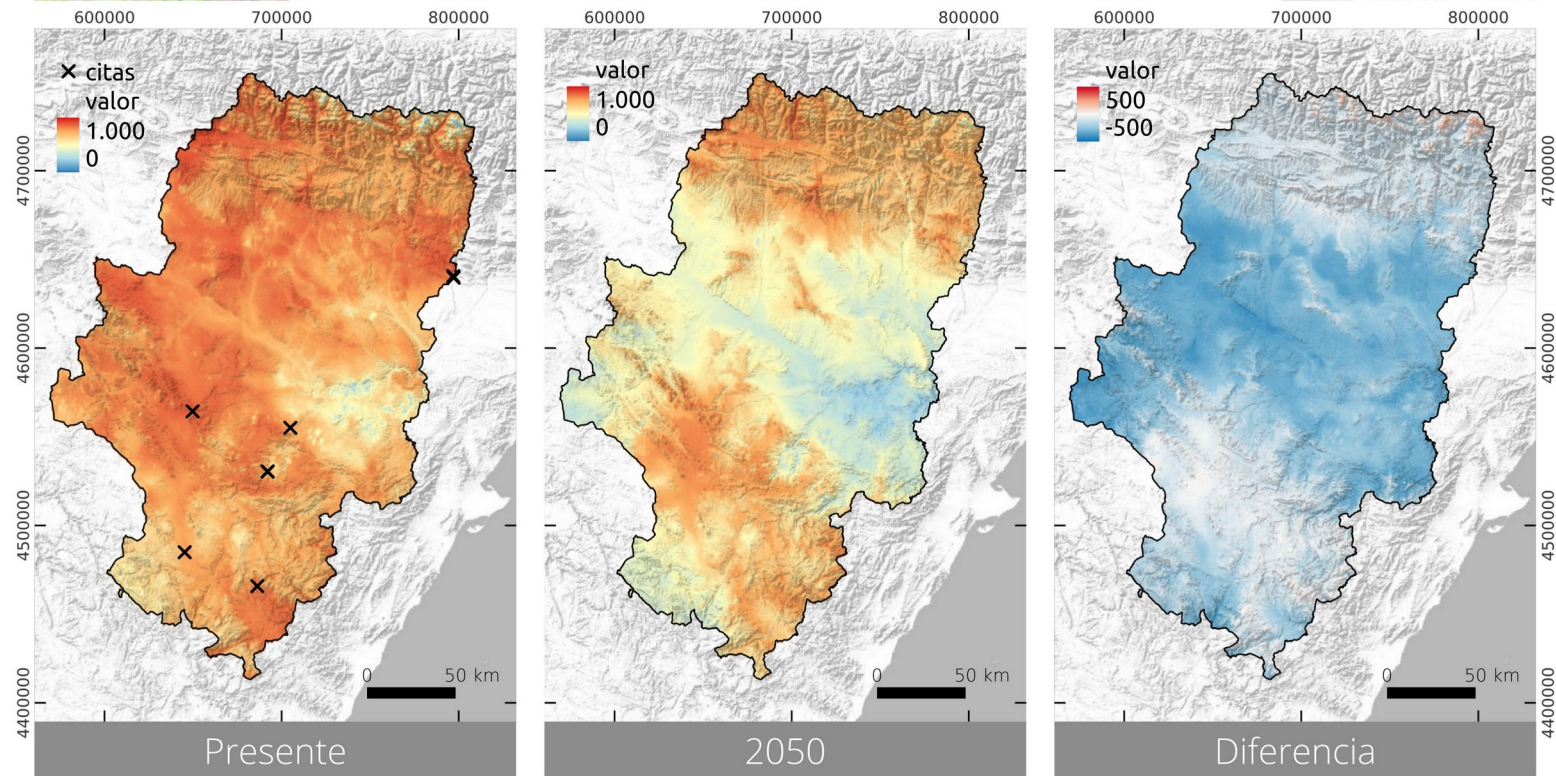
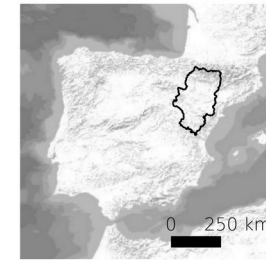
Mapas en proyección UTM h. 30N datum ETRS89 (EPSG:25830) realizados por Miguel Sevilla-Callejo con QGIS 3.20 y datos de *Gallardo, et al. 2015 PlosOne* & *Gallardo et al. 2017 Global Change Biology* y registro de citas de especies invasoras de Aragón, InvasAra (<https://www.invasara.es/>).

Fig. 5: Mapas de idoneidad de la hierba de la Pampa



## Mapas de idoneidad para la especie *Neovison vison*

El visón americano, desde su establecimiento en diversos países europeos a partir de escapes de granjas peleteras, ha puesto en peligro de extinción crítica al turón (*Mustela putorius*) y al visón europeo (*Mustela lutreola*) con los que compete y a los que transmite enfermedades. Habita entornos ribereños (lagos, ríos) donde pueda encontrar madrigueras. En Aragón, el a apareció en el río Mijares en 1990 y desde entonces ha logrado colonizar los cursos del Jiloca y el Jalón.



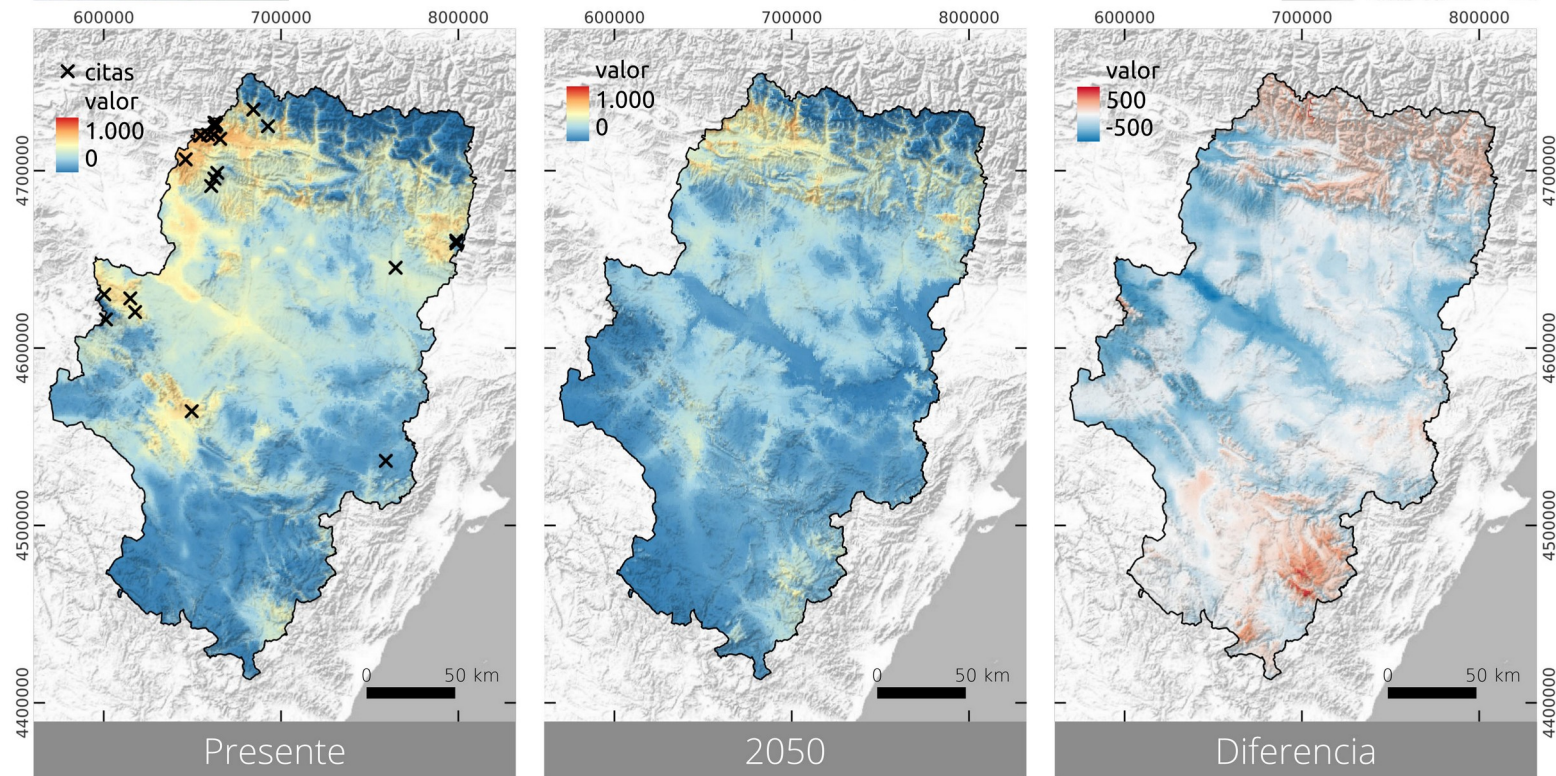
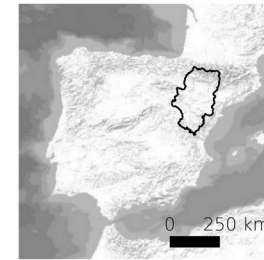
Mapas en proyección UTM h. 30N datum ETRS89 (EPSG:25830) realizados por Miguel Sevilla-Callejo con QGIS 3.20 y datos de Gallardo, et al. 2015 PlosOne & Gallardo et al. 2017 Global Change Biology y registro de citas de especies invasoras de Aragón, InvasAra (<https://www.invasara.es/>).

Fig. 6: Mapas de idoneidad del visón americano



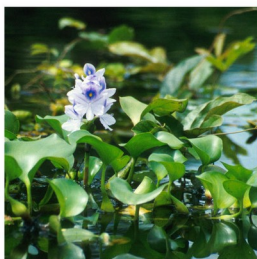
## Mapas de idoneidad para la especie *Vespa vetulina*

El avispón asiático probablemente se introdujo con productos importados de China. Una característica que la hace especialmente peligrosa es que solo se necesita una reina emparejada para comenzar una nueva colonia. Presente en Aragón desde el 2012, nuestros modelos sugieren cierto incremento en la idoneidad para esta especie en altura, probablemente asociado al aumento de temperaturas. Son bien conocidas por sus ataques contra otras especies de himenópteros, especialmente las abejas melíferas.



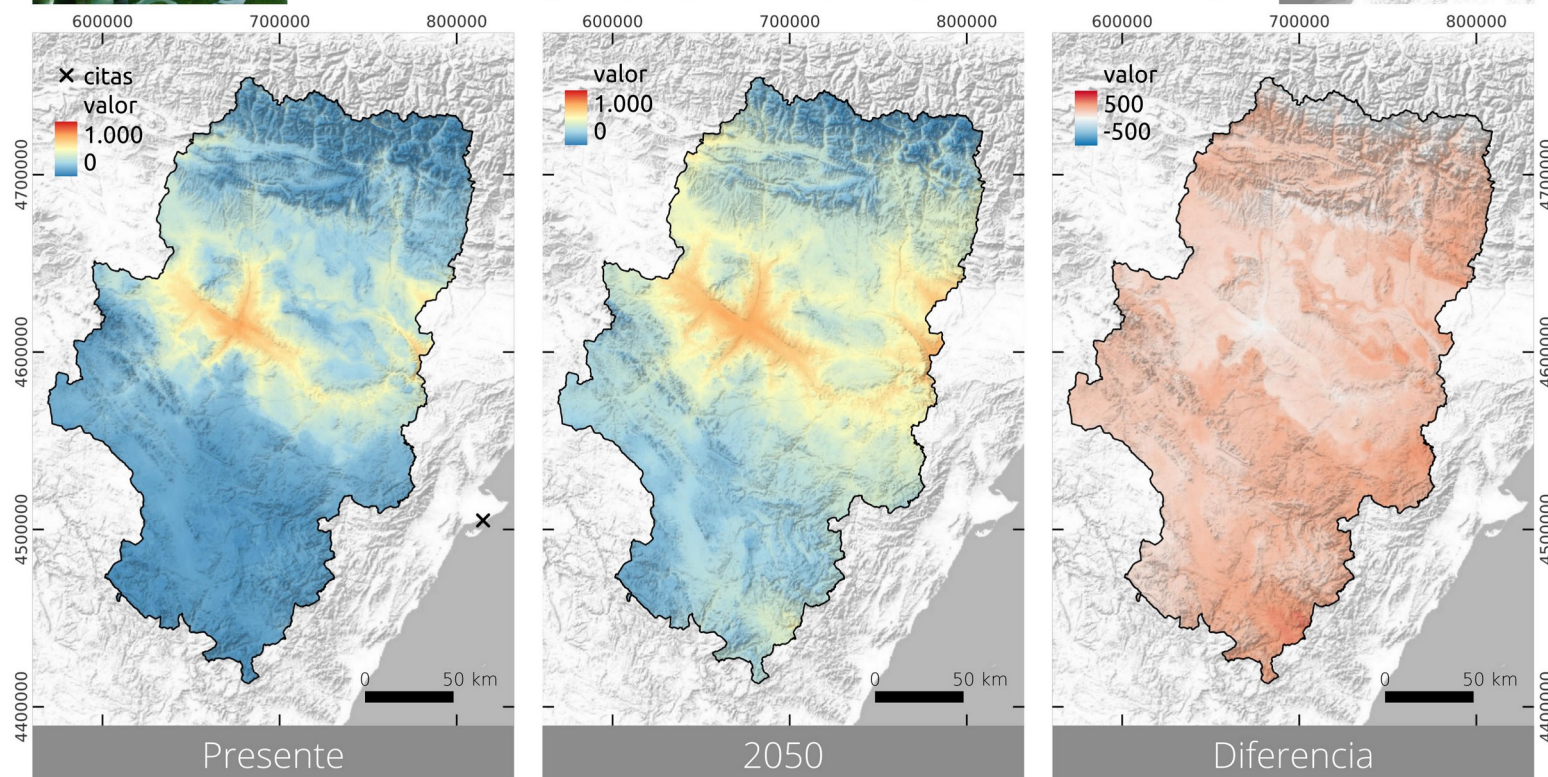
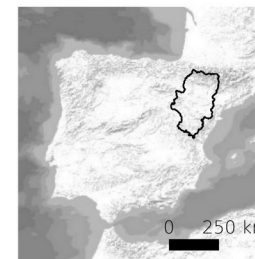
Mapas en proyección UTM h. 30N datum ETRS89 (EPSG:25830) realizados por Miguel Sevilla-Callejo con QGIS 3.20 y datos de Gallardo, et al. 2015 PlosOne & Gallardo et al. 2017 Global Change Biology y registro de citas de especies invasoras de Aragón, InvasAra (<https://www.invasara.es/>).

Fig. 7: Mapas de idoneidad del avispón asiático



## Mapas de idoneidad para la especie *Eichhornia crassipes*

El camalote o jacinto de agua, es originaria de las aguas dulces de las regiones cálidas de América del Sur, en las cuencas Amazónica, y del Plata y se introdujo con fines ornamentales por sus llamativas flores moradas. Se considera la planta acuática invasora más peligrosa a nivel mundial y es sin lugar a dudas la especie invasora más costosa de España, ya que los costes de erradicación ascienden a 48 millones de € anuales (Angulo et al., 2021). se considera que el riesgo de introducción es alto en Aragón.



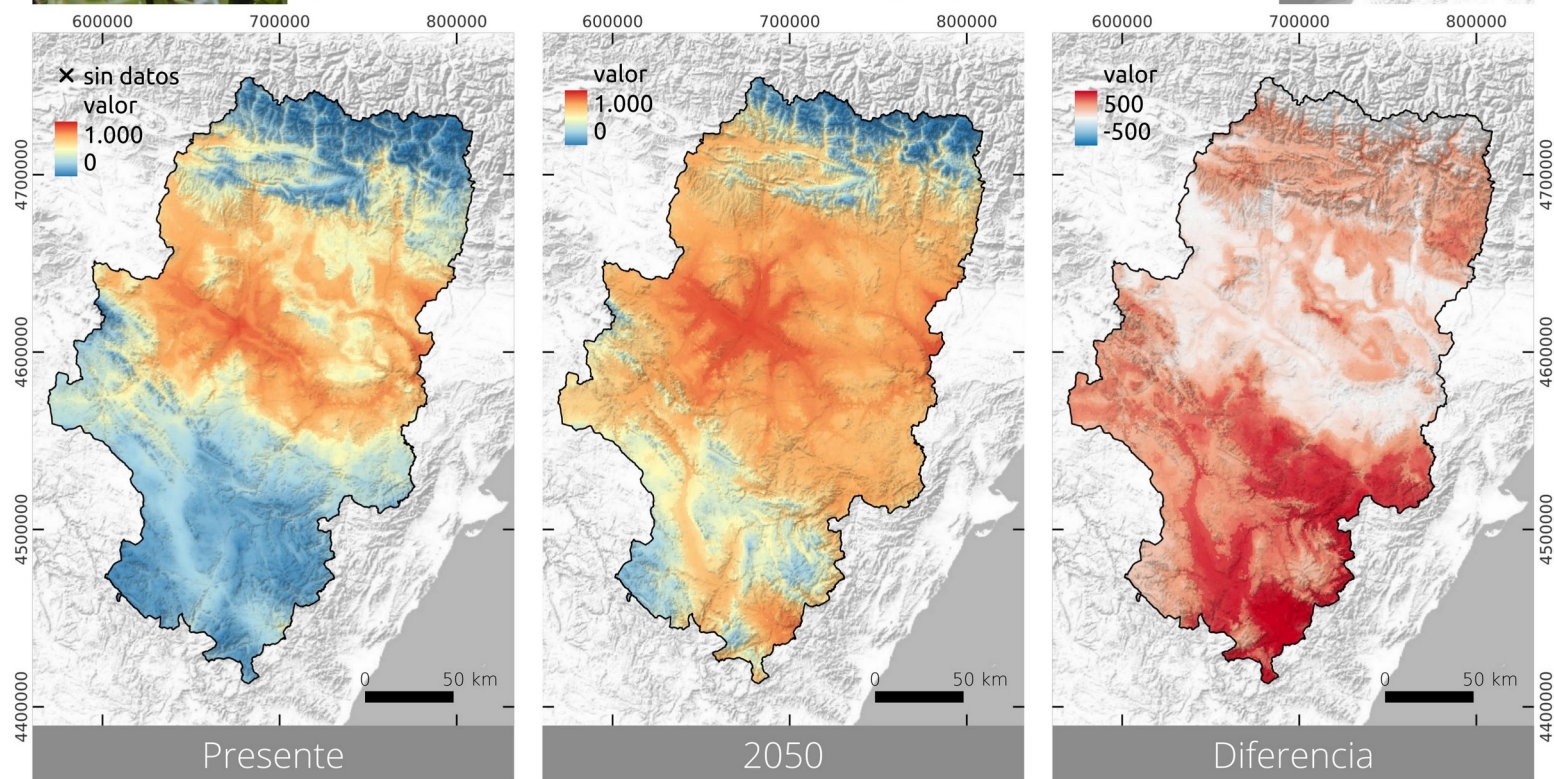
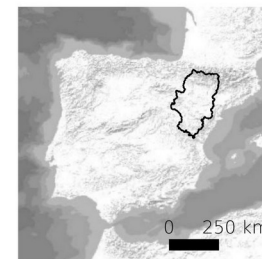
Mapas en proyección UTM h. 30N datum ETRS89 (EPSG:25830) realizados por Miguel Sevilla-Callejo con QGIS 3.20 y datos de Gallardo, et al. 2015 PlosOne & Gallardo et al. 2017 Global Change Biology y registro de citas de especies invasoras de Aragón, InvasAra (<https://www.invasara.es/>).

Fig. 8: Mapas de idoneidad del Camalote



## Mapas de idoneidad para la especie *Pennisetum setaceum*

El rabo de gato es una especie introducida en las Islas Canarias a través del comercio hortícola. sus semillas se dispersan muy fácilmente por el viento, el agua, los animales y las actividades humanas, lo que explica su rápida dispersión en las Islas y también el sur de la Península. Aunque no se tiene constancia de su presencia en Aragón, ya está presente en Cataluña y la Comunidad Valenciana. La probabilidad de establecimiento es alta en todo el valle del Ebro y el Bajo Cinca.



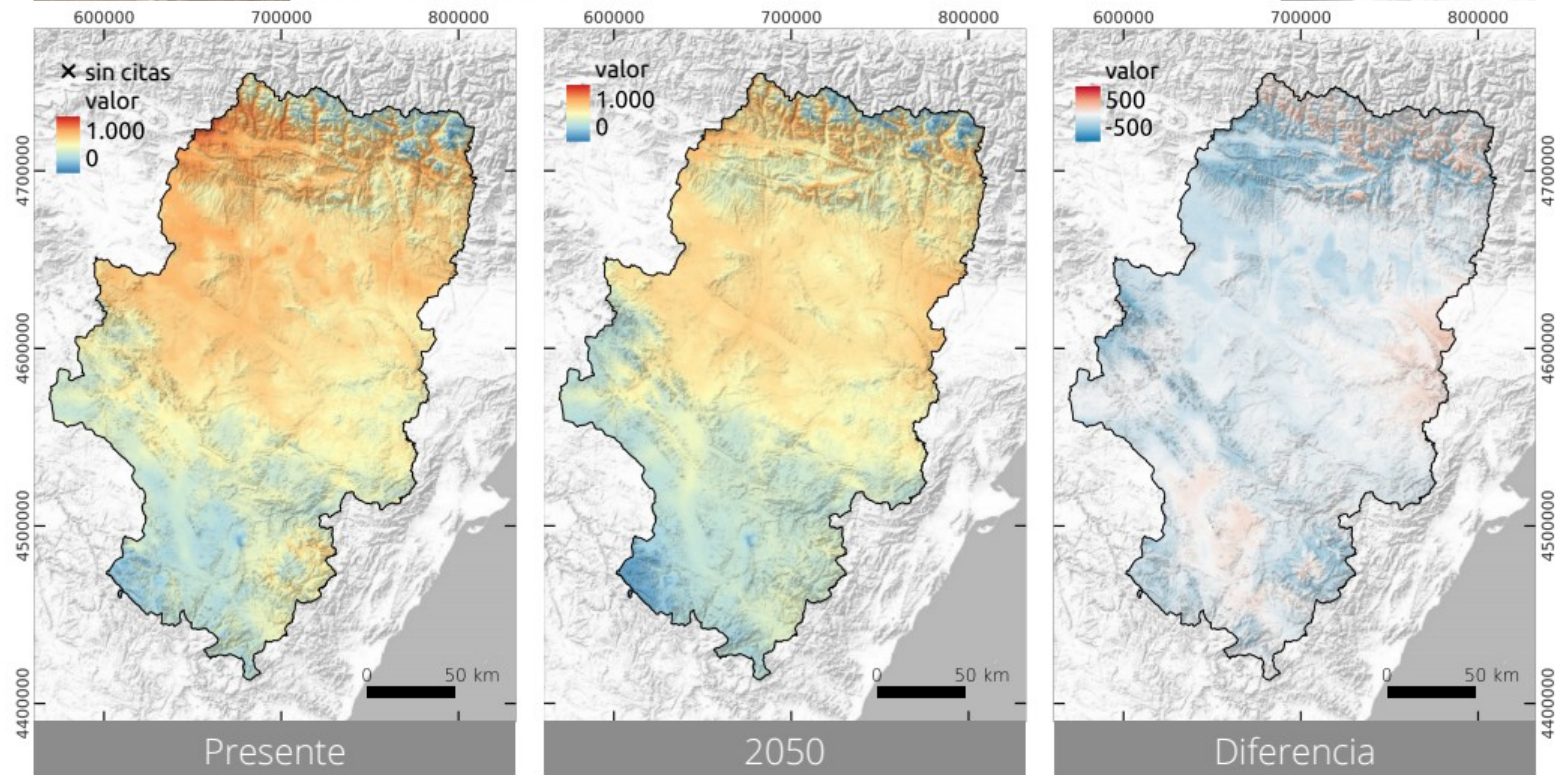
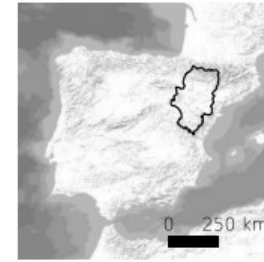
Mapas en proyección UTM h. 30N datum ETRS89 (EPSG:25830) realizados por Miguel Sevilla-Callejo con QGIS 3.20 y datos de Gallardo, et al. 2015 PlosOne & Gallardo et al. 2017 Global Change Biology y registro de citas de especies invasoras de Aragón, InvasAra (<https://www.invasara.es/>).

Fig. 9: Mapas de idoneidad del rabo de gato



## Mapas de idoneidad para la especie *Myocastor coypus*

nocturno semiacuático nativo de América del Sur. Introducido por la industria peletera desde cuyas granjas escapa o es liberado. Esta especie todavía no está presente en Aragón, pero el riesgo de llegada desde poblaciones establecidas en Navarra es considerable. Nuestros modelos sugieren una amplia disponibilidad de hábitat en Aragón, particularmente en el NO (Jacetania y Alto Gállego), precisamente las zonas más cercanas a Navarra.



Mapas en proyección UTM h. 30N datum ETRS89 (EPSG:25830) realizados por Miguel Sevilla-Callejo con QGIS 3.20 y datos de *Gallardo, et al. 2015 PlosOne* & *Gallardo et al. 2017 Global Change Biology* y registro de citas de especies invasoras de Aragón, InvasAra (<https://www.invasara.es/>).

Fig. 10: Mapas de idoneidad del coipú