



EICHHORNIA CRASSIPES:
**EL PARADIGMA DE LAS PLANTAS
ACUÁTICAS INVASORAS**

Trabajo Fin de Grado. Revisión bibliográfica

Elena Gil González

Facultad de Farmacia. Universidad de Sevilla.





EICHHORNIA CRASSIPES:
EL PARADIGMA DE LAS PLANTAS
ACUÁTICAS INVASORAS

Trabajo Fin de Grado. Revisión Bibliográfica

Autora: Elena Gil González

Grado en Farmacia

Tutor: Pablo José García Murillo

Departamento de Botánica y Biología Vegetal

Índice

1. Especies exóticas invasoras (EEI) -----	6
1.1. ¿Qué es una especie exótica invasora? -----	6
1.2. Importancia de las EEI-----	6
1.3. Ranking de EEI-----	7
2. Objetivos -----	8
2.1. Objetivo general-----	8
2.2. Objetivos específicos-----	8
3. Metodología -----	8
4. Resultados y discusión -----	9
4.1. <i>Eichhornia crassipes</i> -----	9
4.1.1. Posición sistemática-----	9
4.1.2. Descripción de la planta -----	10
4.1.3. Caracteres diagnósticos -----	12
4.1.4. Distribución nativa y exótica -----	13
4.1.5. Biología de la planta -----	15
4.1.5.1. Desarrollo-----	15
4.1.5.1.1. Factores limitantes	
4.1.5.1.1.2. Crecimiento	
4.1.5.1.2. Reproducción -----	17
4.1.5.1.2.1.1. Multiplicación vegetativa -----	17
4.1.5.1.2.1.2. Reproducción sexual, polinizadores y floración	
4.1.5.1.2.1.3. Dispersión de las semillas y germinación	
5. Impactos. Razones por las que <i>E. crassipes</i> es una planta invasora -----	20
5.1. Impactos sobre el ecosistema nativo-----	21
5.2. Impactos sobre las actividades antrópicas -----	22
6. Control de <i>Eichhornia crassipes</i> -----	23
6.1. Métodos mecánicos -----	23
6.2. Métodos químicos -----	25
6.3. Métodos biológicos -----	26
6.4. Seguimiento -----	28
7. Invasiones notables de <i>Eichhornia crassipes</i> -----	28
7.1. USA-----	29
7.2. Lago Victoria-----	29
7.3. Egipto -----	30
7.4. Portugal -----	30
7.5. España -----	31
8. Usos de <i>Eichhornia crassipes</i> -----	33
9. Conclusiones -----	35
10. Bibliografía -----	36

***Eichhornia crassipes*. El paradigma de las plantas acuáticas invasoras.**

1. Especies exóticas invasoras (EEI)

1.1. ¿Qué es una especie exótica invasora?

Desde hace varios años, el tema de las invasiones por especies exóticas parece haberse puesto a la orden del día. En las noticias hemos escuchado nombres de especies que han invadido nuestro territorio y han producido diversos daños a distintos niveles, así como también han afectado a las especies ya existentes. Hemos oído hablar de ellas, pero, ¿qué son exactamente las especies exóticas invasoras?

La dispersión de especies es un fenómeno natural, limitado entre otros factores por las barreras biogeográficas. Sin embargo, muchos organismos han logrado superar dichas barreras siendo transportados intencionada o accidentalmente hacia nuevos lugares por el ser humano. Aunque la mayoría de las especies introducidas no tienen o no muestran un impacto negativo apreciable, algunas de estas manifiestan de inmediato, o tras un corto tiempo de adaptación al nuevo entorno, un comportamiento invasor. En el contexto de la terminología referente a las especies exóticas invasoras no existe una definición exacta y universal, ya que algunas están más relacionadas con el impacto (generalmente negativo) que provocan, mientras que otras se centran en la distancia respecto al sitio de introducción. Una de las más acertadas sería la dada por la IUCN (International Union for Conservation of Nature), en la que define a una especie



exótica invasora como aquella especie exótica que se establece en un ecosistema o hábitat natural o seminatural, siendo un agente de cambio y amenaza para la diversidad biológica nativa (Capdevila-Argüelles et al., 2013).

Figura 1: El mapache (*Procyon lotor*), una especie exótica invasora en España está incluido en el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras. Foto: Wikipedia

<https://es.wikipedia.org/wiki/Procyon>

1.2. Importancia de las EEI

Las especies exóticas invasoras forman parte de las 5 causas principales que conducen a la pérdida de la biodiversidad de un ecosistema, siendo las 4 restantes: destrucción del hábitat, sobreexplotación, contaminación y cambio climático. Una vez introducidas e instaladas, estas especies son capaces de competir, desplazar, alimentarse e incluso hibridarse con las especies autóctonas, alterando de esta forma la estructura de los ecosistemas. Estas especies han sido introducidas a lo largo de la historia, tanto de forma accidental, como intencionada, para diversos fines (Capdevila-Argüelles et al., 2013).

La mayoría de las especies invasoras tienen en común dos atributos: afectan considerablemente a las especies nativas, pudiendo incluso ocasionar la extinción de algunas de ellas, y ocasionan grandes pérdidas económicas cuando se instalan en el nuevo medio (Sol, 2014). En Estados Unidos se estimó que las especies exóticas invasoras suponían un coste de unos 120.00 millones de dólares al año (Pimentel et al., 2005)

Estos impactos negativos se van a evaluar sobre la biodiversidad, los ecosistemas y sus servicios. De forma directa, pueden provocar la destrucción de cosechas, reducción de actividades económicas como la pesca y la agricultura, daños a las infraestructuras o la disminución del valor y rendimiento de los pastos para el ganado. Hay datos suficientes que relacionan la a las EEI como principal causa de la extinción de aves y segunda causa de extinción de peces y mamíferos

(Capdevila-Argüelles et al., 2013). Las invasiones biológicas constituyen una parte importante, aunque menos conocida del llamado “cambio global” que sufre nuestro planeta, contribuyendo de forma considerable a la pérdida de biodiversidad y de los servicios de los ecosistemas (Alonso & Castro-Díez, 2005).

Por tanto, queda patente la importancia de estas especies exóticas invasoras. Son organismos que modifican profundamente el ecosistema donde se instalan, desplazando a las especies ya existentes y propagándose con rapidez, siendo además muy difíciles de erradicar y provocando notables pérdidas económicas.

1.3. Ranking de EEI

El éxito de una especie invasora se basa en tres aspectos fundamentales: la capacidad de adaptación al nuevo nicho ecológico, la tasa de reproducción y la ausencia de depredadores en el nuevo entorno. Por tanto, una especie invasora tendrá éxito si es capaz de adaptarse a las adversidades climáticas, reproducirse de tal forma que los nacimientos superen los fallecimientos y que, además, no cuenten con sus depredadores habituales en el nuevo medio (Sol, 2014).

Según el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras (2013) España, cuenta con un total de 185 especies exóticas invasoras en su territorio, entre las que se encuentran especies de hongos, algas, plantas vasculares, animales invertebrados, peces, anfibios, aves y mamíferos.

Entre ellas se encuentran algunas muy conocidas por los daños que provocan o porque son objeto de polémica, como el mejillón cebra (*Dreissena polymorpha*), el cangrejo de río americano (*Procambarus clarkii*) o el galápago de Florida (*Trachemys scripta*). En muchas de nuestras grandes ciudades, se puede observar a la cotorra argentina o de pecho gris (*Myiopsitta monachus*) compitiendo con el nicho ecológico ocupado por otras aves. De las 177 especies de hidrófitos que se recogen en la Flora Acuática Española (Cirujano et al., 2014), 19 de ellas son exóticas y algunas son las plantas invasoras más comunes, como *Azolla filiculoides*, *Nymphaea mexicana*, o *Eichhornia crassipes* (Oliva-Paterna et al., 2022)



Figura 2: La cotorra argentina (*Myiopsitta monachus*) es una de las especies exóticas invasoras más importantes en nuestras ciudades. Foto: Macronatura. En la otra imagen, vemos un estanque invadido por *Azolla filiculoides*, una de las especies de hidrófitos invasores más comunes en España Foto: Wikipedia. (<https://Macronatura.Es/2021/01/27/Cotorra-Argentina-Myiopsitta-Monachus/,2021>) (<https://Es.Wikipedia.Org/Wiki/Azolla>)

Pero, sin duda, la especie vegetal de dicho catálogo que provoca mayores daños es el jacinto de agua o camalote, *Eichhornia crassipes* (Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras, 2013),

especie que ocupa la primera posición entre las 24 especies invasoras que más problemas causan en la Península Ibérica (Oficialdegui et al., 2013).

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

El objetivo general de este trabajo es mostrar el problema de las especies exóticas invasoras mediante una revisión de las características, cualidades e impactos que provoca la planta acuática *Eichhornia crassipes*, considerada como una de las especies exóticas invasoras más impactantes del planeta.

2.2. Objetivos específicos

Para alcanzar el objetivo general antes expuesto, se han considerado los siguientes objetivos específicos:

- Caracterizar botánicamente a *Eichhornia crassipes*, delimitar taxonómicamente la especie e indicar su posición sistemática.
- Mostrar las áreas de distribución nativa y exótica de *Eichhornia crassipes*.
- Identificar los factores que hacen posible su éxito como especie invasora.
- Explicar los impactos que el jacinto de agua provoca en los ecosistemas que invade y, también en las actividades humanas.
- Describir los métodos de control más eficaces empleados para limitar el desarrollo de *Eichhornia crassipes*.

3. Metodología

El trabajo que se presenta es una revisión bibliográfica basada en diferentes evidencias científicas y técnicas publicadas sobre el tema que se plantea.

Para esta revisión bibliográfica se usan principalmente dos bases de datos: Google Scholar y SCOPUS. También se ha usado el método de búsqueda inversa, esto es, obteniendo nuevas referencias a través de la bibliografía de otros artículos. También se han consultado diversas publicaciones y enlaces proporcionados por el tutor del trabajo

Los términos utilizados en la búsqueda de bases de datos internacionales fueron: alien species, alien aquatic plants, eichhornia crassipes, biology eichhornia crassipes, sexual reproduction eichhornia crassipes, impact eichhornia crassipes, control eichhornia crassipes; escogiendo entre las posibles opciones los artículos de publicación más reciente o los más citados. En ellos se ha obtenido información acerca de las especies exóticas invasoras en general para realizar la introducción, y del jacinto de agua en particular, para elaborar los apartados relacionados con la biología, posición sistemática, caracteres, distribución, impactos y usos.

Entre los textos de publicación nacional, se han escogido principalmente aquellos publicados más recientemente por el Ministerio para la Transición Ecológica (MITECO) del Gobierno de España y la Confederación Hidrográfica del Guadiana (CHG) para elaborar los apartados de Control y eliminación y Reproducción de la planta, ya que se ha querido centrar la elaboración de estos apartados en la evolución y daños causada por esta planta en el río Guadiana. También se ha consultado el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras editado en el año 2013 para el ranking de las EEI.

Los criterios para la elección de los artículos fueron:

- Estar publicados en inglés o castellano.
- Artículos que se pudiera acceder a ellos a través de la biblioteca de la Universidad de Sevilla (famaUs) o en su defecto, de publicación libre.
- Aquellos documentos que proporcionen información relevante acerca de la biología, reproducción, control, usos y erradicación de *Eichhornia crassipes*.
- Preferentemente que estuviesen publicados entre los años 1990 y 2022, especialmente las publicadas a partir del 2000. Los trabajos publicados con fecha anterior a 1990 se escogieron por su especial relevancia, como es el caso de las referencias 4, 5, 6, 7 y 14.

Tras leer el abstract de las publicaciones identificadas, se descartaron aquellas que no proporcionaban información suficiente o poco relevante para este trabajo.

Se procedió a leer los diferentes textos seleccionados y recopilar toda la información necesaria para elaborarlo. También se acompaña de fotos e ilustraciones botánicas para la mejor comprensión del trabajo.

4. Resultados y discusión

4.1. *Eichhornia crassipes*

4.1.1. Posición sistemática

Eichhornia crassipes, conocida por sus nombres comunes, jacinto de agua o camalote, es una planta herbácea acuática flotante (hidrófita) y perenne de agua dulce, perteneciente a la familia Pontederiaceae (Galán de Mera, 2008). Fue descrita por primera vez en 1823, en Brasil, por el naturalista alemán Carl Friedrich von Martius (Simpson & Sanderson, 2002).



Figura 3: jacinto de agua en estado maduro. Foto: Palacios-Martín & Cienfuegos Caldera, 2019.

La familia Pontederiaceae está integrada por 6 géneros; *Eichhornia*, *Pontederia*, *Heteranthera*, *Hydrothrix*, *Scholeropsis* y *Monochoria*; que se distribuyen por regiones tropicales y subtropicales de América del Sur y África (Galán de Mera, 2008)(Eckenwalder & Barrett, 1986).

Las pontederiáceas son plantas exclusivamente palustres, que comprenden de 6 a 9 géneros y aproximadamente unas 35 especies, la mayoría nativas de los trópicos del Viejo Mundo. Algunas especies se han adaptado a regiones más frías y son capaces de vivir en el Sur de Canadá o en Japón. Los géneros *Pontederia* e *Hydrothrix* son exclusivos del Nuevo Mundo en su distribución natural, así como *Monochoria* y *Scholeropsis* habitan solo en el Viejo Mundo. *Eichhornia* y *Heteranthera* son predominantemente neotropicales (Eckenwalder & Barrett, 1986).



El género *Eichhornia* se distingue de los demás en que presenta tépalos de medio centímetro o superior y 6 estambres con anteras dorsificadas e inflorescencias formadas normalmente por 10 o más flores (Backer, 1951).

Figura 4: Dibujo de un individuo de *E. crassipes*, en el que podemos observar todas sus partes. Fuente: Ilustraciencia [Http://www.Blog.Ilustraciencia.Info/2021/07/Nicol-Velozo-Eichhornia-Crassipes.html](http://www.blog.ilustraciencia.info/2021/07/Nicol-Velozo-Eichhornia-Crassipes.html)

Existen 8 especies dentro del género *Eichhornia*, la mayoría de ellas, de origen tropical: *E. azurea*, *E. crassipes*, *E. diversifolia*, *E. heterosperma*, *E. meyeri*, *E. paniculata* y *E. paradoxa*, que son nativas de América del Sur; mientras que *E. natans* es originaria de África (Pérez-Chiscano &

Vázquez, 2020). Sólo la especie que aquí tratamos, *Eichhornia crassipes* está considerada como de distribución pan-tropical (EPPO, 2008).

Lo que hace especialmente interesante a *E. crassipes* es que es la única especie libre flotante dentro de su género, característica principal que la hace distinguirla de otras muy similares morfológicamente, como *E. azurea*, que presenta las raíces sumergidas y arraigadas al suelo, al igual que el resto de especies del género *Eichhornia* (Coetzee et al., 2017)

El no necesitar arraigarse al suelo, hace que pueda crecer y desplazarse kilómetros en los cauces de los ríos, de ahí su gran capacidad de invasión en los medios acuáticos.

Sin embargo, recientemente, Pellegrini et al. (2018), han incluido esta especie dentro del género *Pontederia* L., bajo el nombre de *Pontederia crassipes* Mart., considerando a *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms como un sinónimo homotípico. De manera que en las Pontederiáceas se distinguirían dos géneros: *Pontederia* L. y *Heteranthera* Ruiz y Pav. *Eichhornia*, en esta interpretación sería uno de los cinco subgéneros que comprenden el género *Pontederia*. Plants of the World Online (POW, 2013) y EPPO siguen este criterio.

4.1.2. Descripción de la planta



Figura 5: Individuos de *Eichhornia crassipes* en floración. Fuente: EPPO, 2008.

El Jacinto de agua en su estado maduro, consta de raíz, tallo, hojas, inflorescencias y frutos, donde se encuentran sus semillas (Penfound & Earle, 1948). En aguas que contengan los nutrientes necesarios para su desarrollo, la planta completa puede alcanzar una altura de hasta 1,50 metros (Yan et al., 2017).

Raíces

En cuanto a sus raíces, estas permanecen sumergidas y son largas y no ramificadas, contando con gran cantidad de pelos absorbentes repartidos por toda la superficie, que le permiten incorporar mucha agua en su interior para compensar la pérdida que se produce por los grandes estomas que presenta en las hojas (Pérez-Chiscano & Vázquez, 2020). Estas raíces pueden alcanzar hasta los 2,5 cm de ancho y los 30 cm de largo, según las dimensiones de la planta (Penfound & Earle, 1948) y se agrupan formando una estructura compleja e interconectada (Hailu & Eman, 2018).

El tamaño y color de las raíces dependerá en gran medida de la disponibilidad de nutrientes del agua. De esta forma, las plantas que crecen en aguas con gran cantidad de fósforo suelen tener raíces de mayor plasticidad, mientras que las que crecen en aguas con escasez de este elemento,

suelen presentar raíces laterales más largas y densas. En aguas con poca cantidad de nutrientes, es característico que la planta desarrolle las raíces de color morado (EPPO, 2008).

El jacinto de agua es capaz de absorber mediante sus raíces gran cantidad de nutrientes directamente del agua. Además, puede absorber también metales pesados y elementos orgánicos contaminantes, lo que le confiere una singular capacidad para detoxificar aguas contaminadas (Hailu & Eman, 2018).

Tallo y hojas

El género *Eichhornia* se compone de plantas anuales o vivaces. Los tallos presentan nudos y entrenudos que muestran las hojas dispuestas en roseta basal (Galán de Mera, 2008). El tallo puede alcanzar unos 30cm de altura, del que emergen 1 o 2 hojas apicales, con un limbo de varios centímetros y peciolo de medio centímetro, con la base envolviendo el tallo (Simpson & Sanderson, 2002).



Figura 6: Aspecto general de un ejemplar de *E. crassipes*. Observamos las raíces con los pelos absorbentes, hojas redondas, peciolo hinchado, inflorescencia y estolón del que surge una planta hija. Fuente: Coetzee et al.

Además, *E. crassipes* presenta la característica de tener dos tipos de morfología foliar diferentes, según las condiciones de crecimiento en las que se desarrolle la planta. De esta forma, aquellas plantas que crezcan como masas densas adoptarán una forma en la que presentan las hojas circulares, con peciolo largo, de hasta un metro de longitud en aguas ricas en nutrientes, en las que no existan herbívoros depredadores; mientras que aquellas que crecen en masas dispersas o en los bordes de las infestaciones, presentarán los peciolo cortos y bulbosos (de menos de 30 cm) con hojas en forma de riñón. Ambas formas parecen responder a distintas conductas fotosintéticas (EPPO, 2008).

Las hojas son pecioladas, a veces sésiles, formando una roseta basal o dispuestas a lo largo del tallo, y son simples, redondeadas o de ovaladas a oblongas, acuminadas u obtusas, y gruesas. Presenta entre 6-10 hojas por individuo, y estas son grandes y glabras, agrupadas en roseta basal alrededor del tallo, con peciolo cortos y bulbosos. Los estomas de las hojas, presentan unas dimensiones de 12 x 27 μm y son generalmente más grandes que los de la mayoría de las plantas (que miden normalmente 6 x 12 μm), siendo la distancia entre ellos unas 8 veces mayor al diámetro del poro abierto. La apertura de estos poros le permite a la planta una rápida difusión de los gases (Penfound & Earle, 1948).



Figura 7: Detalle de un corte del tallo de *E. crassipes*. Observamos como son hinchados y bulbosos. Fuente: Invasive.org
<https://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=5448254>

Flores

La inflorescencia se desarrolla en forma de espiga o panícula, y pueden ser glabras, papilosas o con pelos glandulíferos; espata acuminada o caudada, abrazando la inflorescencia (Galán de Mera, 2008). Cada individuo puede tener entre desde 3 hasta 35 flores y los pétalos presentan un color azul oscuro, azul pálido o violeta, con una mancha amarilla en la parte central, lo que hace a estos ejemplares muy vistosos (Simpson & Sanderson, 2002).

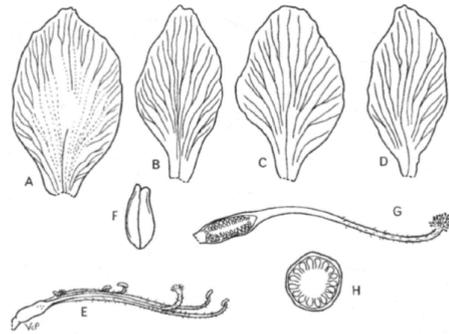


Fig. 1 *Eichhornia crassipes*. A-D, petals, $\times 1\frac{1}{2}$; E, gynoecium and stamens, $\times 2$; F, anther, $\times 8$; G, gynoecium, l.s., $\times 2$; H, ovary, t.s., $\times 7$. drawn by Valerie Price.

Ilustración 8: Esquema de las partes florales de *Eichhornia crassipes* (Simpson & Sanderson, 2002).

La corola presenta una estructura claramente zigomórfica, es decir, sólo cuenta con un plano de simetría bilateral. Los tépalos presentan forma ovalada a ovoid rectangular, siendo el tépalo posterior o labelo el de mayor tamaño, presentando una mancha central con forma de diamante de color amarillo intenso (Palacios Martín & Cienfuegos Caldera, 2019).

El androceo contiene 3 estambres cortos y 3 largos, y un ovario tricarpelar relativamente largo, capaz de producir unos 500 óvulos. Las anteras de los estambres contienen alrededor de 2.000 granos de polen cada una. Aun así, la flor sólo es capaz de producir unas 50 semillas por cápsula (Penfound & Earle, 1948).

Fruto

El fruto se encuentra en una cápsula con numerosas semillas. Las semillas son ovoides; la testa presenta alas longitudinales y estriadas transversalmente entre las alas (Galán de Mera, 2008).

La principal ventaja, y a la vez, problemática de estas semillas es que pueden permanecer viables en fango y los sedimentos de los bordes de los ríos durante años sin germinar, hasta que se den las condiciones para ello. Esta capacidad de latencia tan prolongada, hace que sea muy difícil la erradicación de la especie (EPPO, 2008).



Figura 7: Detalle de las semillas del jacinto de agua. Fotos: MITECO, 2019.

4.1.3. Caracteres diagnósticos

Eichhornia crassipes presenta unas características morfológicas que hacen que sea una planta muy fácil de identificar. Especialmente los caracteres relativos a la particular morfología de las hojas y su disposición en verticilos que se originan de un tallo muy reducido permiten un claro reconocimiento de esta planta. La especie del género con la que presenta más similitudes es *E. azurea*, con la que podría confundirse. Sin embargo, *E. crassipes* es estolonífera y *E. azurea* no. Además, la base de la lámina de la hoja es truncada en *E. crassipes* y cordada para *E. azurea*, o la disposición de las hojas, antes, que permite distinguirlas fácilmente, además de otros muchos caracteres (Simpson & Sanderson, 2002).



Figura 8: detalle de la corola del jacinto de agua. Foto: MITECO, 2019.

4.1.4. Distribución

En cuanto a su **distribución nativa**, *E. crassipes* es una planta originaria de zonas cálidas de América del Sur. Fue descrita por primera vez en 1823 en Brasil, y podemos hallarla principalmente en la cuenca del Amazonas, extendiéndose por otros países sudamericanos como Venezuela, Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador o Guayana Francesa. Se encuentra en diversos tipos de masas de agua dulce, tanto ríos, como lagos o charcas, aunque en menor magnitud que cuando actúa como invasora (Pérez-Chiscano & Vázquez, 2020).

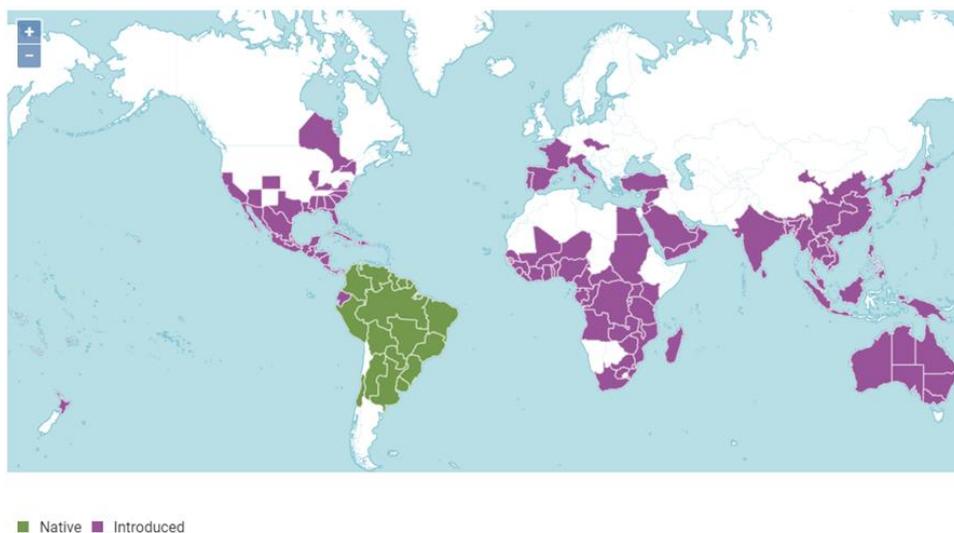


Figura 9: Distribución actual global de *Eichhornia crassipes*. Las zonas coloreadas en verde corresponden a los países donde está presente esta especie de forma nativa. Las zonas coloreadas en morado pertenecen al rango invasor de *E. crassipes*. Foto: POW, 2013 <https://Powo.Science.Kew.Org/Taxon/Urn:Lsid:Ipni.Org:Names:310928-2>

En cuanto a su **distribución como planta invasora**, podríamos calificarla de distribución mundial, ya que actualmente la encontramos en todos los continentes, excepto en la Antártida, por sus condiciones climáticas de frío extremo, inviables para el desarrollo de esta especie. De esta forma está presente colonizando masas de agua dulce más de 50 países en Asia (China, Brunéi, India), Norteamérica (zonas cálidas de Estados Unidos, México y sur de Canadá), América Central (Costa Rica, Guatemala, Honduras), Caribe (Bahamas, Cuba, República Dominicana), Oceanía (Australia, Samoa, Nueva Zelanda), África (Egipto, Camerún, Angola y un foco principal ocupando el Lago Victoria) y Europa (principalmente en Portugal, España e Italia, ya que las condiciones climáticas son más adecuadas para su desarrollo) (Coetzee et al., 2017).

La primera noticia de la presencia de *E. crassipes* como planta invasora fue en el siglo XIX, aproximadamente en 1884, en Nueva Orleans. A partir de ahí, el jacinto de agua se extendió hacia otras localizaciones en Estados Unidos. A finales del siglo XIX, la planta ya había alcanzado lugares en Egipto y diversos lugares de África, también en la India, Australia y Java. En principio sólo se establecía en lugares cálidos, aunque actualmente la encontramos en hábitats más templados, como las principales regiones mediterráneas (EPPO, 2008). A principios de 1900 fue introducida en China para ser usada como planta ornamental, donde actualmente está presente en 19 regiones del país, especialmente en el sur. En 2003, se estimó que la planta ya había invadido unas 130.000 localizaciones, cubriendo unos 270 kilómetros cuadrados tan solo en la provincia de Fujian (Yan et al., 2017).

Hasta la década de los 30 del pasado siglo XX, no encontramos las primeras invasiones en Europa. Se tiene constancia de ella en la Península Ibérica por primera vez en Portugal, donde

se extendió por el centro y este del país. En España, tenemos la primera referencia en 1989, donde hasta 2005 se estima que había colonizado aproximadamente 75 km (200 ha) del río Guadiana, en Extremadura (EPPO, 2008).

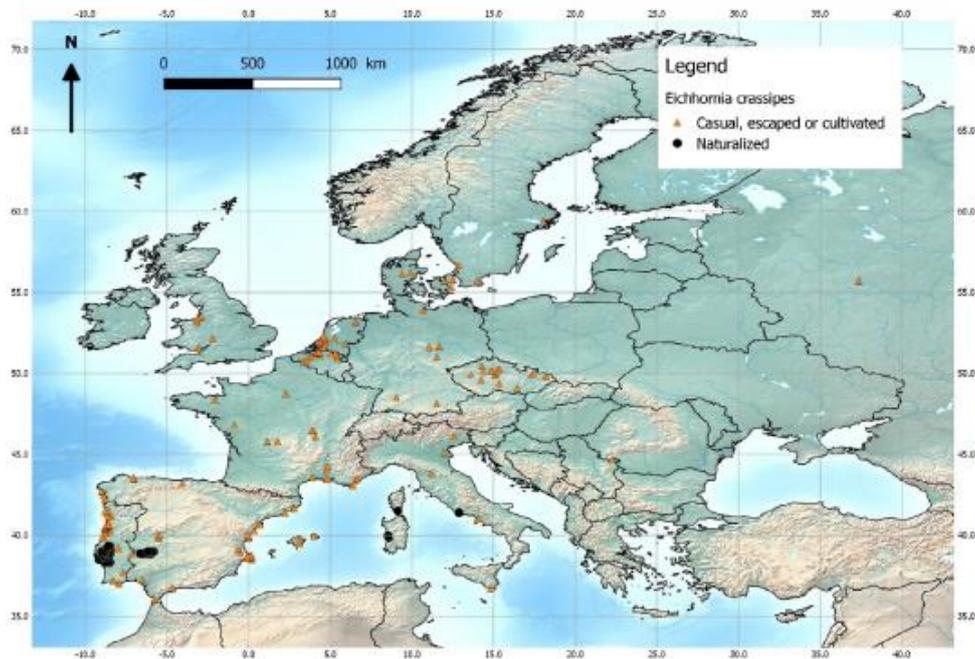
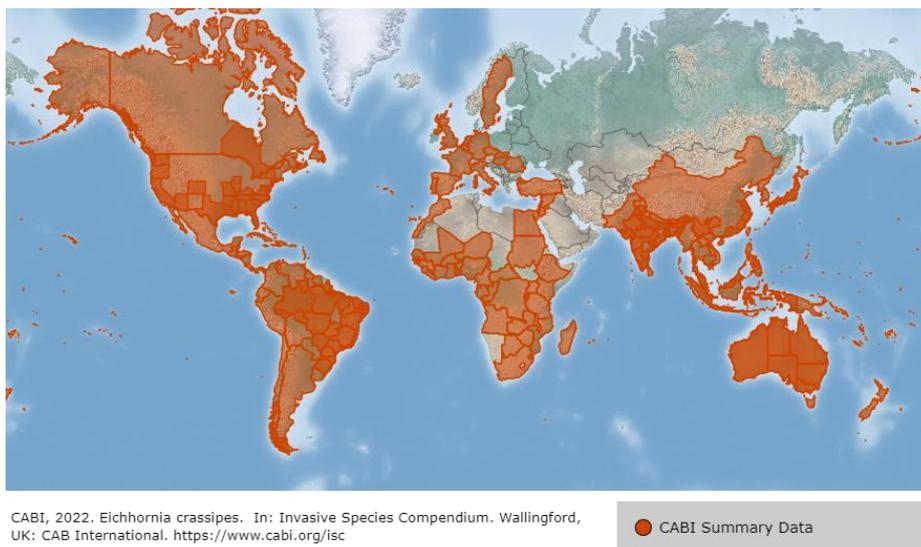


Figura 10: Poblaciones de *Eichhornia crassipes* en Europa. Las poblaciones naturalizadas se representan como puntos negros, destacando las de España y Portugal e Italia. Con triángulos naranjas se representan poblaciones ocasionales, es decir, las que no han llegado a producir invasión. Fuente: Coetzee et al.

Debido al cambio climático, la tendencia actual es al aumento general de las temperaturas, lo que puede provocar que la planta sea capaz de alcanzar latitudes más altas, donde actualmente es incapaz de establecerse. Se ha documentado la aparición puntual de *Eichhornia* en países como Bélgica, Hungría, Rumanía y Rusia. Países europeos como Albania, Bosnia y Herzegovina, Francia o Eslovenia, son susceptibles a sufrir futuras invasiones por *Eichhornia crassipes* (Coetzee et al., 2017).



CABI, 2022. *Eichhornia crassipes*. In: Invasive Species Compendium. Wallingford, UK: CAB International. <https://www.cabi.org/isc>

● CABI Summary Data

Figura 11: Distribución potencial de *Eichhornia crassipes*. Se observa una tendencia hacia la invasión de países en latitudes más altas. Fuente: CABI, 2022.

4.1.5. Biología

4.1.5.1.1. Desarrollo (factores limitantes y crecimiento)

Eichhornia crassipes es capaz de colonizar aguas fluidas o con poco movimiento, formando en gruesas y extensas formaciones sobre la superficie del agua, a modo de alfombras. Fundamentalmente se desarrolla en lagos, estanques artificiales, remansos de cursos de agua, ríos y humedales. Al ser una planta de flotación libre, no está anclada al suelo por las raíces, por lo que no se verá afectada por la profundidad del agua, siendo capaz de competir con otras plantas de la vegetación litoral. Además, tiene gran capacidad para adaptarse a cualquier hábitat, ya que es capaz de tolerar variaciones estacionales extremas del nivel de agua, en flujo y velocidad, así como de soportar condiciones extremas en la disponibilidad de nutrientes, amplitud de pH, e incluso la presencia de concentraciones en el agua de metales pesados y sustancias tóxicas sin verse afectada. Sin embargo, no tolera ambientes desecados o salobres ni el agua salada, por lo que su desarrollo se encuentra limitado en estuarios que desembocuen cerca de los océanos (EPPO, 2008).

Temperatura

Como ya se ha comentado, la distribución de *E. crassipes* es generalmente pantropical, por lo que su óptimo crecimiento ocurrirá entre los 28 y los 30°C. Por otro lado, las temperaturas de las zonas climáticas frías y las heladas van a limitar su crecimiento y propagación. *Eichhornia* solo es capaz de resistir temperaturas cercanas a la congelación por un corto periodo de tiempo y muestra una disminución considerable de la capacidad de rebrote bajo estas condiciones. Aun así, en primavera, el rebrote de *Eichhornia crassipes* puede ocurrir ocasionando una nueva infestación en condiciones climáticas más favorables. Por ello, la distribución de la planta está muy restringida en áreas de clima templado, siendo las zonas Mediterráneas las principales áreas ocupadas en el continente europeo (Coetzee et al., 2017).

En cuanto a la temperatura del agua, estudios realizados demostraron que no es capaz de sobrevivir en aguas a temperaturas superiores a 34°C durante más de 4 o 5 semanas. Por otra parte, cuando la planta se instala en regiones de climas fríos, o con heladas frecuentes, puede ocurrir que disminuya el peso de las partes aéreas y se destruya la planta. Hay numerosos experimentos y observaciones que nos hacen afirmar que el jacinto de agua no es capaz de adaptarse a los climas fríos, como el realizado por Penfound & Earle, en 1948.

Por lo tanto, podemos afirmar que la temperatura, tanto del medio como del agua, será uno de los principales factores que controlen la invasión por *Eichhornia crassipes* (EPPO, 2008).

Nutrientes

Otro de los principales factores condicionantes para que se produzca la invasión por esta especie es la disponibilidad de los nutrientes en el agua, algo que afectará tanto a la germinación de las semillas, como al mantenimiento y reproducción de la planta una vez madura. Diversos estudios corroboran que aquellos lugares ricos en nutrientes hacen que la biomasa se desarrolle hasta ocho veces más que las que se han instalado en aguas deficientes en nutrientes, donde crecen con dificultad y apenas son capaces propagarse hasta el punto de considerarse invasión. El incremento en las poblaciones de *Eichhornia crassipes* está directamente relacionado con 3 elementos clave presentes en el agua: el nitrógeno, el fósforo y el boro (Coetzee et al, 2017), mientras que otros elementos presentes en el medio, como calcio, hierro y potasio, apenas influyen en su desarrollo (Albano Pérez et al., 2011).

En cuanto al fósforo, elemento fundamental, se le considera como el segundo elemento limitante en el crecimiento, haciendo que la semilla comience su germinación mediante activación de procesos metabólicos relacionados con la movilización de reservas de fosfato. Estas reservas de fosfato en los tejidos cambian en relación de la tasa de respiración, por lo que una adición externa de fosfato es muy posible que acelere la germinación. Por esta razón, la planta es capaz de desarrollarse en aguas eutrofizadas o contaminadas con residuos procedentes de la ganadería o fertilizantes, ya que supone un añadido extra de fósforo a esas aguas. En las poblaciones estudiadas en el río Guadiana, se observa que el agua contiene aproximadamente unos 2-3 mg/l de fósforo, cantidad muy superior al límite definido para aguas hipertróficas, lo que la hace especialmente atractiva para el desarrollo de la planta (Albano Pérez et al., 2011). Por tanto, cuando estas concentraciones de nitrógeno y fósforo alcanzan la categoría de hipertrófica, según la OCDE, se incrementa el riesgo de que se produzca una invasión por *Eichhornia crassipes*. En cuanto a la disponibilidad de nitrógeno en el medio de cultivo, se ha visto que condiciona la absorción de ambos por la planta. Si la concentración de fósforo en el medio decae hasta 0,1 mg/l, se vería detenido el crecimiento, pero concentraciones por encima de este nivel permiten que la planta se desarrolle rápidamente (Coetzee et al., 2017).

Salinidad

Por norma general, encontramos a *Eichhornia crassipes* en masas de agua dulce, pero se realizaron diversos experimentos para comprobar la capacidad de supervivencia en aguas saladas, en los que se introducían las plantas en medios de cultivo con agua salada a concentraciones crecientes de salinidad. En todos se obtuvo un resultado similar: todas las plantas morían al cabo de pocos días por necrosis de sus tejidos, haciéndolo primero las que se encontraban en los medios de mayor concentración salada. Esto reafirma la teoría de que el jacinto de agua necesita de agua dulce, no tolerando concentraciones mínimas de salinidad (Penfound & Earle, 1948).

Valores de pH del agua

En cuanto al pH del medio, *Eichhornia crassipes* prefiere un valor cercano al neutral, aunque es capaz de tolerar un rango comprendido entre 4-10 unidades de pH (EPPO, 2008).

Presión de herbívoros

Otro de los factores que determinarán el crecimiento e invasión de la planta es la presencia de herbívoros que se alimenten de ella. En su hábitat nativo, la cuenca del río Amazonas, existen numerosos tipos de herbívoros que se alimentan de las diversas partes de *Eichhornia crassipes*.

Diversos estudios, como los realizados por Perkins en 1974, identificaron aproximadamente unos 43 tipos de insectos herbívoros asociados a la planta en su medio nativo, de los que 19 de ellos le provocaban el suficiente daño como para ser utilizados como medida de control biológico en la eliminación de las infestaciones de la planta en otros países (Coetzee et al., 2017).

Podemos hacer una clasificación de pequeños herbívoros que afectan a la planta en función del tipo de daño infligido, en cuatro categorías:

1. **Defoliadores**, o aquellos que se alimentan de las hojas: aquí encontramos gran variedad de insectos, entre los que destacan los saltamontes (*Cornops* spp), las orugas y fundamentalmente dos especies de gorgojos específicas de esta especie: *Neochhetina eichhorniae* y *Neochetina bruchi*, usados en otros países como armas biológicas para detener la invasión por *Eichhornia* y de los que hablaremos en el apartado de control biológico.

2. **Perforadores del peciolo**, que son aquellos que le causan mayor daño. Aquí encontramos a las larvas de polilla, *Nigrophata albiguttalis* y *Xubida infusellus*.
3. **Tuneladores de hojas**, con una sola especie representativa, el ácaro *Orthogalumna terebrantis*, específico para la familia *Pontederiaceae*.
4. y las **especies carroñeras**, que no son específicas del jacinto de agua, pero intensifican el daño producido por los otros tipos. Principalmente representadas por los escarabajos de los géneros *Dyscinetus*, *Chalepides* y *Cyclocephala*.

Además, también existen especies que se alimentan de sus flores o de su savia o le provocan diversos daños mediante la puesta de huevos sobre ella. Aparte de los mencionados insectos, también podemos encontrar diversos tipos de aves acuáticas, y mamíferos grandes como los manatíes (*Treichus manatus*) y las capibaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*) (Coetzee et al., 2017).



Figura 12: La capibara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) es uno de los herbívoros que más comúnmente se alimenta de las hojas del jacinto de agua. Foto: Wikipedia https://Es.Wikipedia.Org/Wiki/Hydrochoerus_hydrochaeris

4.1.5.1.2. Reproducción.

Al igual que otras plantas vasculares acuáticas esta especie es capaz de reproducirse sexual, mediante semillas y asexualmente, mediante estolones (Palacios-Martín & Cienfuegos-Caldera, 2019).

Estudios realizados a diversas poblaciones llegaron a la conclusión de que, aunque la multiplicación vegetativa es la forma preferente de reproducción de la planta, la reproducción sexual mantiene cierto potencial en el ámbito invasivo. Mientras que la propagación vegetativa se extiende en la mayor parte del tiempo del ciclo de vida, la reproducción sexual, dependerá de las condiciones medioambientales (Barrett, 1980).

4.1.5.1.2.1.1. Multiplicación vegetativa

La forma preferente de crecimiento en la mayoría de los ambientes para *Eichhornia crassipes* es la multiplicación vegetativa, mediante la producción de plantas hijas formadas a partir de yemas axilares. Estas yemas evolucionan hasta estolones, producidos a partir de elongaciones de los entrenudos de la planta. Una vez las plantas hijas han desarrollado las raíces, los estolones comienzan a separarse de la planta madre. La población de jacinto de agua aumenta

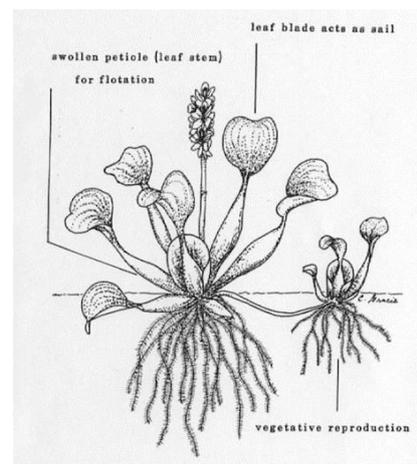


Figura 13: Esquema de la multiplicación vegetativa en *E.crassipes*. Observamos el estolón del que surge una planta hija. Fuente: Sweetgum.nybg. <https://Sweetgum.Nybg.Org/Science/Projects/Fg/Glossary-Details/?Irn=3163>,

rápido debido a la proliferación de las plantas hijas, siendo estas capaces de doblar su número cuando las condiciones son favorables para ello, necesitando menos de dos semanas para hacerlo (Lowe et al., 2000).

La continua multiplicación vegetativa de la planta en el rango invasivo está relacionada con la pérdida de la capacidad de reproducirse sexualmente, inviabilidad del polen y esterilidad (Barret, 1980).

4.1.5.1.2.1.2. Reproducción sexual, polinizadores y floración

Aunque la forma preferente de reproducción del jacinto de agua sea la asexual, mediante propagación vegetativa, también se da la reproducción sexual dentro del ciclo de la planta en muchas regiones del mundo en las que se instala (Coetzee et al., 2017).

El proceso de floración marca el inicio de la reproducción sexual de la planta, mediante el cual se desarrollan y abren las flores. Las flores de *Eichhornia* aparecen a las 3-4 semanas de edad de la planta y permanecen abiertas entre 1 y 5 días, aunque este dato es variable en función del autor (Palacios-Martín & Cienfuegos -Caldera, 2019). Estas flores son trópicas, es decir, se abren por la mañana y cierran al atardecer. Para abrirse completamente necesitan alrededor de 2 horas, dependiendo de la intensidad lumínica (Penfound & Earle, 1948).



Figura 14: La abeja excavadora (*Ancyloscelis gigas*), principal polinizadora del jacinto de agua. Foto: Natusfera <https://Spain.inaturalist.org/Taxa/252411>

Durante la floración, la planta detiene su crecimiento vegetativo, tanto de las partes aéreas, como de los rizomas. *Eichhornia* presenta flores cleistógamas (se autofecundan) y casmógamas (pueden fecundarse ellas mismas o por otro individuo, por polinización cruzada). Para las flores casmógamas, el proceso de polinización será del tipo entomófilo, es decir, mediante insectos (Palacios-Martín & Cienfuegos-Caldera, 2019).

En su hábitat nativo, el Amazonas, el principal polinizador de *Eichhornia crassipes* es la abeja excavadora, *Ancyloscelis gigas*, que habita en las regiones del sur de América, junto con otras especies del género *Ancyloscelis*, y en menor medida, también por ejemplares del género *Trigona* (Barret, 1977). En los países fuera del rango nativo, en los que la encontramos como planta invasora, esta función la realiza principalmente la abeja europea, *Apis mellifera*. (Coetzee et al., 2017).

La Familia Pontederiaceae es una de las dos únicas familias dentro de las monocotiledóneas que presenta la característica de la heterostilia, es decir, que presenta tres posiciones diferentes del androceo en relación con el estilo (Bahadur, 1968).

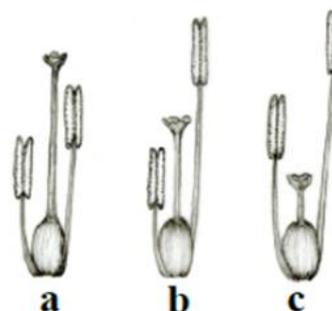


Figura 15: Esquema de las distintas morfologías del estilo y los estambres presentes en *E. crassipes* (Pérez-Chiscano & Vázquez, 2020).

Existen estudios acerca de la biología de la especie, que nos indican que hay dos elementos que limitarían la reproducción sexual: la presencia de granos de polen estériles (60-80%) y la incapacidad para crear tubos polínicos viables. Todo eso, sumado a que deben darse unas condiciones óptimas para la viabilidad del polen durante la polinización y la germinación, hace que la reproducción sexual ocurra o, por el contrario, se vea impedida. En cuanto a la óptima

germinación del grano de polen, se requiere una temperatura ideal de 37°C, acompañada de una humedad ambiental superior al 80%. Por otra parte, unas condiciones de temperatura superiores a 40°C o una humedad ambiental excesiva, impedirían la germinación y acabarían con la viabilidad del polen. Los días ventosos o unos registros de temperatura y humedad inferiores a los mencionados también ocasionarían la inviabilidad del grano de polen, impidiendo así su germinación (Pérez-Chiscano & Vázquez, 2020). Cuando se ha completado la floración, el tallo floral produce unos frutos estrechos compuestos por cápsulas de 3 lóculos, con unas dimensiones de entre 1-1,5 cm de largo. El número de frutos maduros es variable, al igual que el número de semillas por cápsula, que puede variar desde 3 hasta 450 semillas. Estas semillas presentan una forma ovalada y miden aproximadamente unos 1-1,5 mm,. Una sola inflorescencia con 20 flores puede producir alrededor de 3000 semillas (Coetzee et al., 2017).

4.1.5.1.2.2. Dispersión de las semillas y germinación

Aunque en la mayoría de las poblaciones invasoras observemos un crecimiento vegetativo, la reproducción sexual también puede ocurrir si se dan los factores ambientales necesarios. Diversos estudios han concluido que las condiciones del ambiente resultan fundamentales para que ocurra un modo u otro de propagación (Barret,1980). La dispersión de las semillas es muy importante para mantener la población de *E.crassipes* cuando las condiciones del medio no son favorables para la planta, especialmente cuando las partes vegetativas han sido destruidas o desecadas, ya que las semillas pueden permanecer viables en el barro, al borde de los ríos, durante años sin germinar (Barret, 1980).

La germinación de las semillas está favorecida por las condiciones aeróbicas y la temperatura. Cuando baja el nivel del agua, grandes cantidades de semillas se quedan en el fango que rodea a las masas de agua. Al germinar, las plántulas formadas primero se enraízan en el fango y, tras un corto periodo de crecimiento bajo el agua, comienzan a ascender hasta la superficie y se desarrollan como plantas libres flotantes. La floración de las poblaciones de *E. crassipes* estudiadas en la Península Ibérica suele ocurrir desde junio hasta octubre, siendo el pico de floración máxima durante julio-agosto (Palacios-Martín & Cienfuegos- Caldera, 2019), mientras que la producción de los frutos se da fundamentalmente entre los meses de octubre y noviembre (Coetzee et al., 2017).

En contraste con lo indicado en la bibliografía, *E.crassipes* se puede reproducir sexualmente en la Península Ibérica. En la cuenca del Guadiana, donde esta especie produce frutos y semillas (Albano Pérez et al., 2011) se observa una tendencia la expansión del periodo fenológico de la planta debido al aumento de las temperaturas de los últimos años, manteniéndose la floración hasta noviembre (Palacios- Martín & Cienfuegos- Caldera, 2019).

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Parada vegetativa												
Crecimiento vegetativo												
Floración												
Fructificación												

Figura 16: Periodo fenológico de una población de *E.crassipes* estudiada en la cuenca del Guadiana. Tabla: Palacios-Martín & Cienfuegos-Caldera, 2019.

En cuanto al proceso de fructificación o maduración de los frutos, se realiza de una manera particular. Una vez se ha producido la fecundación, la inflorescencia se curva y se sumerge en el agua, entre sus propias raíces. Diversos estudios han concluido que esta inmersión no es indispensable para la maduración del fruto, pero la probabilidad de fructificación es mucho mayor en las plantas que se sumergen. Para una máxima fructificación, las condiciones ideales son un 90% de humedad y una temperatura comprendida entre los 22,5 a 35°C (Palacios-Martín & Cienfuegos-Caldera, 2019).

En la cuenca del Amazonas, las condiciones ideales para la germinación de las semillas con éxito son: temperatura cálida del agua (28-36°C) y luz solar directa. Pero, además, deben darse también fluctuaciones en el nivel del agua que ocasionen periodos de aguas templadas y poco profundas. Cuando las partes vegetativas de la planta son destruidas por la desecación, las semillas permanecen en el barro y son capaces de volver a reestablecer las poblaciones cuando las condiciones del ambiente se vuelvan favorables. Al darse en el Amazonas esas condiciones de inundación y desecación del terreno, se hace posible que pueda llevarse a cabo la reproducción sexual de la planta. Estas condiciones rara vez ocurren fuera del rango nativo, por lo que la planta se reproducirá preferentemente de forma vegetativa (Barret, 1977).

Por otra parte, diversas observaciones realizadas en la provincia de Extremadura sugieren varias teorías en lo relativo a la germinación de las semillas: que poseen una testa muy resistente; que las semillas no son capaces de germinar en aguas profundas o debajo de la propia masa constituida por las plantas. Podemos sacar como conclusión que la germinación depende en gran medida de la composición fisicoquímica del agua así como del propio origen (autogámico o alogámico) de la semilla y la temperatura del ambiente (EPPO, 2008).

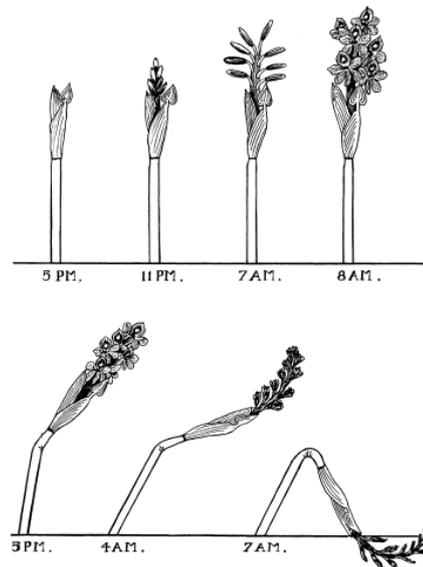


Figura 17: Esquema del proceso de fructificación en *Eichhornia crassipes* (Penfound & Earle, 1948)

5. Impactos. Razones por las que *E. crassipes* es una planta invasora.

Eichhornia crassipes está incluido entre los 100 organismos peores del planeta (Lowe et al., 2000) debido a su capacidad de crecer e invadir numerosos hábitats acuáticos, transformándolos, de forma que elimina a sus competidores con gran eficacia. Esta especie, como se ha indicado en capítulos anteriores es capaz de crecer con gran rapidez y posee unos sistemas de reproducción, tanto sexual, como vegetativa, que asegura la producción de numerosos individuos en muy poco tiempo y la posibilidad de quedar en vida latente durante un considerable período de tiempo, esperando condiciones favorables. La combinación de todas estas cualidades conlleva una serie de impactos negativos, que suponen una grave amenaza para el medio ambiente, las actividades recreativas, la calidad del agua, las actividades humanas y la salud (EPPO, 2008).

5.1. Impactos en el ecosistema nativo

La repercusión de esta especie en los sistemas nativos que invade es muy intensa. En primer lugar, monopoliza la radiación lumínica, que resulta indispensable para los macrófitos sumergidos y el fitoplancton. El denso tapiz que desarrolla *Eichhornia crassipes* en la superficie del agua de hábitat invadido, impide el paso de la luz al interior de la masa de agua, lo cual supone la muerte de las plantas acuáticas sumergidas y del fitoplancton que se desarrolla en ese hábitat al no poder realizar la fotosíntesis; del mismo modo, la eliminación de organismos fotosintéticos y la descomposición de los detritus de las plantas acuáticas y fitoplancton, provocan unas condiciones de anoxia que inciden de forma importante en la fauna que se desarrolla en la masa de agua debajo del tapiz de *E. crassipes*, afectando especialmente a los macroinvertebrados y a los peces (Kriticos & Brunel, 2016) (Villamarga & Murphy, 2010) (Ruiz-Téllez et al., 2008).



Figura 18: tramo del Guadiana, a su paso por Medellín (Badajoz) invadido por *Eichhornia crassipes* en 2005. Foto: Medellinhistoria.com. <https://www.Medellinhistoria.Com/Medellin/Actualidad3.Htm>

Asimismo, se han publicado referencias concretas al efecto de *E. crassipes* sobre otras especies acuáticas como *Potamogeton*, *Ranunculus*, *Nuphar* o *Zanichellia*. Asimismo, en el río Guadiana, se lleva observando pérdidas en la diversidad del fitoplancton desde 2015. Está demostrado el impacto negativo de la planta en cuanto a la diversidad de especies y la concentración en los lagos de clorofila a. Las aves acuáticas también sufren la presencia de *E. crassipes*. En zonas con focos pequeños, las aves encuentran macroinvertebrados de los que alimentarse entre las hojas de las plantas. Pero cuando la infestación alcanza mayor tamaño y se vuelve dominante, impide a estas aves establecerse y alimentarse con normalidad, desplazándolas de su hábitat (Coetzee et al., 2017).

Todo ello se traduce en una importante disminución de la biodiversidad, así como en la eliminación de numerosos procesos ecológicos en el hábitat invadido (Gómez et al., 2019) en la biodiversidad de los ecosistemas en lo que se instala. En primer lugar, *Eichhornia* compite con el resto de plantas de la zona, por lo que termina destruyendo las plantas nativas y el resto de seres vivos asociados a ellas. Además, aumenta la producción de detritus, lo que promueve la aceleración de la sedimentación y la acumulación de esta. También se ha comprobado que afecta a la diversidad de invertebrados bénticos, resultando en una disminución de la densidad total fitoplancton y zooplancton, donde en lugares invadidos por *E. crassipes* se ha comprobado la sustitución de especies de crustáceos por otros (Coetzee et al., 2017).

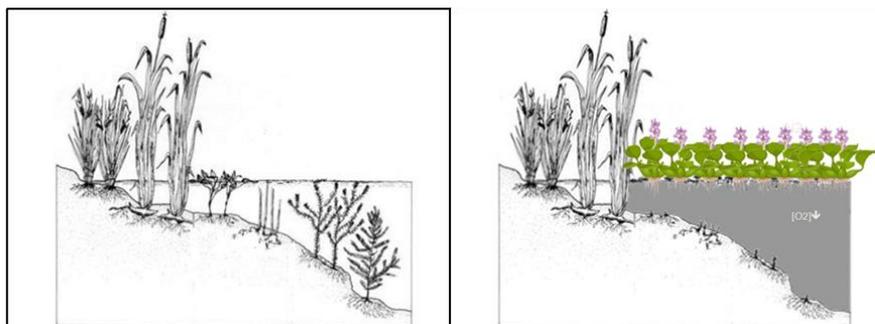


Figura 19: Impacto de *E. crassipes* sobre un ecosistema acuático nativo de la Península Ibérica. Autor: P.García Murillo.

En definitiva, se trata de una especie que provoca una importante transformación del medio nativo que invade, ya que elimina numerosas especies animales y vegetales e impide el desarrollo de numerosos procesos ecológicos. Ello trae consigo a su vez, la creación de nuevos nichos, que facilitan la entrada y establecimiento de otras especies exóticas nuevas (EPPO, 2008).

5.2. Impactos sobre las actividades antrópicas

- **Calidad del agua**

La calidad del agua también se ve afectada negativamente por la presencia de *Eichhornia*, ya que las alfombras formadas en la superficie bloquean el paso de la luz, lo que repercute en la reducción de la oxigenación y un aumento de la producción de dióxido de azufre, provocando mal sabor y olor en el agua. No sólo el agua de bebida y uso humano se ve afectada, si no que esto mismo ocurre en aguas naturales de ecosistemas nativos, lo cual incide de forma notable en la biota que albergan estos ecosistemas (EPPO, 2008).

- **Cantidad de agua**

Otros problemas causados por la planta implican daños a las construcciones, vallas, muros o puentes, mediante la obstrucción del flujo de agua, causando inundaciones, sobre todo en las sociedades afectadas por la pobreza de África, formadas por comunidades cuyo modo de vida depende directamente de la disponibilidad de agua fresca para consumo, pesca o transporte (Coetzee et al., 2017).

- **Enfermedades relacionadas**

Los cambios que provoca *E. crassipes* en las masas de agua que invade intensifican las poblaciones de mosquitos, ya que interfieren tanto con la aplicación de insecticidas como con los depredadores naturales del mosquito, como algunos peces. Además, por la densidad de las matas formadas, impiden el normal cauce del agua, lo que provoca su estancamiento. En África ya existen estudios que corroboran la presencia de *E. crassipes* en algunos lagos como el Victoria y el aumento de los casos de malaria en la zona. Además, la planta también actúa como hábitat ideal para algunos caracoles, como las especies géneros *Biomphalaria* y *Bulinus*, vectores encargados de la transmisión del parásito responsable de la esquistosomiasis o bilharziasis (producida por *Schistosoma mansoni*), una enfermedad debilitante y en muchos casos letal, de la que ya hay evidencias de relación directa en países africanos como Ghana. Existe un aumento de los casos en personas que viven cerca de las masas de agua donde pueden instalarse los caracoles, lo que ha supuesto un peligro para estas personas vivir cerca de los lagos (Masifwa et al., 2001). Otras enfermedades relacionadas que se han visto aumentadas, tras las invasiones de *E. crassipes*, son el cólera y el tifus (EPPO, 2008).

Además, las densas alfombras formadas por *Eichhornia*, pueden suponer un grave peligro para la población en estos países africanos, ya que sirven de refugio y escondite a animales muy peligrosos, como algunos tipos de serpientes venenosas, cocodrilos e incluso hipopótamos (Coetzee et al., 2017).

En España, los costes económicos ocasionados por esta invasión son elevados, y dependen en gran medida de la Comunidad Autónoma y de las características del lugar invadido. Por ejemplo, en la Comunidad Valenciana emplearon unos 75.500 € en retirar 193.00 kilos de la planta, lo que

equivale a 390€/tonelada, mientras que el Guadiana se han superado los 40 millones de euros en los 14 años que se lleva trabajando en su retirada, lo que supone unos 40€/tonelada. En ambos casos se usaron métodos mecánicos, que son los que mayor coste suponen (MITECO, 2019)

6. Control de *Eichhornia crassipes*.

En la sexta Conferencia de las Partes del Convenio sobre Diversidad Biológica, las Partes adoptaron una decisión (ver apartado VI/23)(CBD, 2002) que insta a los gobiernos a crear la capacidad nacional para hacer frente a las especies exóticas invasoras (en adelante EEI), en el marco de estrategias y planes de acción, y en conformidad con un conjunto de principios rectores. Entre ellos destaca el Principio de orientación 2 o enfoque jerárquico en tres etapas, que ampliamente aceptado a nivel internacional establece como bases para la gestión de EEI:

- 1) Prevenir su entrada, por ser económicamente más rentable y medioambientalmente compatible.
- 2) Detectarlas rápidamente y erradicarlas inmediatamente tras su entrada (detección temprana y respuesta rápida).
- 3) Minimizar su impacto al fallar la erradicación, mediante contención y control.

El jacinto de agua es una planta muy difícil de eliminar una vez instalada en el medio acuático. El objetivo de los planes de control y erradicación es minimizar todo lo posible los costes económicos y el impacto medioambiental. El control óptimo de la invasión dependerá de varios factores, como las condiciones específicas del medio colonizado, el clima de la zona, y la presencia de vida humana y animal cerca de la infestación. Por eso será muy importante la prevención y el control de su dispersión (Hailu & Eman, 2018).

Pero cuando ya no es posible la prevención y la planta ya está instalada, se debe proceder lo antes posible a la eliminación del jacinto de agua de los lugares contaminados. Para ello se emplean principalmente 3 métodos: mecánicos, químicos y biológicos; que pueden usarse por separado, o combinados, siempre teniendo en cuenta las características propias de la zona afectada.

6.1. Métodos mecánicos

En sitios pequeños, donde la infestación no ha avanzado demasiado, incluso se puede retirar la planta manualmente, aunque es un trabajo laborioso y requiere mucho tiempo. Este método se empleó en el lago Chivero, en Zimbabue, a principios de 1980, y para ello necesitaron más de 500 trabajadores retirando la planta durante 8 horas al día. Aunque se retiraron más de 500 toneladas, no fue suficiente, ya que *Eichhornia* volvió a regenerarse tiempo después. Surge entonces la posibilidad de emplear métodos mucho más eficaces (Coetzee et al., 2017).



Figura 20: Retirada manual de *Eichhornia crassipes* en el río Vaal, en Sudáfrica (Coetzee et al., 2017)

Para la retirada mecánica se emplea una serie de maquinaria específica, como cosechadoras de agua, barcas trituradoras, embarcaciones ligeras y barreras flotantes, muy útiles para evitar la

dispersión. Además, se emplean medios terrestres, como retroexcavadoras y camiones que se encargan de transportar la biomasa una vez eliminada. Cuando la zona afectada es poco profunda, se puede retirar la planta desde la orilla mediante una retroexcavadora.

Pero, si la zona afectada es más extensa y profunda, los medios mecánicos terrestres se ayudan de una cosechadora de agua especializada, o vehículo anfíbio, que se desplaza por el agua, retirando y depositando la planta en el margen del embalse. Seguidamente, se retira la biomasa con la retroexcavadora y se deposita en los camiones. Esta maquinaria fue empleada para retirar la infestación del embalse de Montijo, en Mérida (Gómez et al., 2019).

En otros países, como Estados Unidos, durante la década de los 50 se hizo popular el uso de barcos trituradores, con unas cuchillas en su parte delantera que cortan la planta antes de retirarla. Pero esto suponía aumentar aún más el volumen de la masa vegetal, lo que dificultaba la tarea de extraerla del agua. Además, la propia composición de la planta ya supone un problema, ya que la mayor parte de su peso es agua. Además, mientras se elimina, la biomasa sigue creciendo, ya que la planta sigue reproduciéndose: una población de aproximadamente un millón de toneladas puede aumentar en 70.000 toneladas de plantas adicionales al día, por lo que harían falta unas 9.000 trituradoras trabajando durante 8 horas al día para procesar toda esa biomasa. Países como China, están mejorando su maquinaria (Yan et al., 2017).



Figura 21: Diversos tipos de maquinaria utilizada para la retirada mecánica de *Eichhornia crassipes* en los lugares gravemente afectados (Dechassa & Abate, 2020).

En pequeños lagos de la provincia de Gauteng, en Sudáfrica, los métodos mecánicos han dado buenos resultados, ya que se emplearon en periodos invernales cuando la planta tiene menos fuerza y es más fácil eliminarla. En Europa, también se usaron para erradicar infestaciones en el río Mare e Fogue, en Cerdeña (Italia) en el año 2010, donde se consiguió extraer 6.700 toneladas de biomasa, con un coste de 175.000 euros. Pero las operaciones de retirada tuvieron que seguir hasta 2013, con costes adicionales de hasta 500.000 euros, ya que el río fue nuevamente invadido por una alfombra de 25.000 m² (Coetzee et al., 2017).

Y una vez se han retirado los restos, ¿qué se hace con toda esa masa vegetal?

Para retirar un millón de toneladas de biomasa fresca necesitaríamos 75 camiones de unos 40 m³ trabajando cada día durante un año transportando los restos de las plantas, por lo que haría

falta un sitio con la capacidad adecuada para almacenar esa cantidad de residuos. Ese mismo estudio calculó que para almacenar 1 millón de toneladas de biomasa fresca, haría falta la superficie equivalente a 20 campos de fútbol, unos 7400 m², apilando la biomasa a una altura de 2 metros (Yan et al.,2017).

Por tanto, si la invasión es considerable, la retirada de biomasa de *E.crassipes* plantea importantes problemas. En España, además, hay que tener en cuenta que la presencia de una especie en el Catálogo Español de Especies Invasoras impide cualquier tipo de comercialización de los productos derivados de esta especie (Real Decreto 630/2013, 3, de 2 de agosto; Ley 7/2018, de 20 de julio).



Figura 22: Camión retirando *E. crassipes* del Guadiana a su paso por Mérida. Foto: P. García Murillo.



Figura 23: La UME retirando masas de jacinto de agua en el río Guadiana. Foto: Ecoavant (https://www.ecoavant.com/naturaleza/hallan-guadalquivir-camalote-especie-vegetal-muy-invasora_6464_102.html, 2021)

6.2. Métodos químicos

Los métodos químicos se basan fundamentalmente en la aplicación de herbicidas que actúen directamente sobre *E. crassipes*. Empezaron a usarse en todo el mundo aproximadamente en 1960 y su empleo supuso un gran avance en el tratamiento de esta plaga, ya que permitió una rápida actuación en su control (Coetzee et al., 2017).

El uso de herbicidas es, por lo general, menos costoso que los métodos de control mecánico, pero es importante tener en cuenta los efectos que la adición de estas sustancias en el agua pueden tener sobre salud humana y del medio ambiente, especialmente si ese agua es usada para consumo humano, sobre todo en países más desfavorecidos (Gómez et al., 2019).

Entre los herbicidas más comúnmente utilizados encontramos el 2,4-D (ácido 2,4-dicloro fenoxiacético), compuestos no selectivos de amonio cuaternario como el diquat y el paraquat y amino fosfonatos, como el glifosato, compuestos que han demostrado la suficiente eficacia y el éxito a la hora de controlar pequeñas infestaciones en canales artificiales de irrigación o presas de menos de 1 hectárea, no siendo eficaces en grandes masas de agua, como ríos, donde no está permitido su uso (Coetzee et al., 2017). El motivo es sencillo, al ser el jacinto de agua una planta de flotación libre, capaz de desplazarse rápidamente por toda la masa de agua fluvial, la cantidad de herbicida a utilizar sería tan grande, que supondría mayores riesgos que beneficios para el ecosistema (Gómez et al., 2019).

La adición de estos herbicidas de amplio espectro supone una reducción en el tamaño y el peso de la planta, así como una disminución de la velocidad de propagación y descenso de la producción de semillas y propágulos, lo que los convierte en un buen aliado a la hora de controlar pequeños focos de infección (Chinnusamy et al., 2012). Los herbicidas de amonio cuaternario actúan por contacto, es decir, no se absorben por las hojas ni las raíces, reseca y amarilleando las partes verdes de la planta, mientras que el glifosato actúa a nivel interno, interfiriendo en la síntesis de tirosina, fenilalanina y triptófano por las células de las hojas (Wikipedia, (<https://es.wikipedia.org/wiki/Glifosato>)). Aunque los métodos químicos hayan demostrado una gran efectividad en el control, es mucho más eficaz el empleo de varios métodos para la erradicación total de la planta.

6.3. Métodos biológicos

De Bach, (1964) definió la estrategia de control biológico como “la acción de parásitos, depredadores y patógenos para mantener la densidad de otro organismo en un promedio menor que el que ocurriría en su ausencia” la idea es intentar reproducir el efecto que ocurre cuando alguno de los enemigos naturales de la planta se introduce en el ecosistema invadido por ella. Se plantea como una solución rentable y segura medioambientalmente, incluso beneficioso para el ecosistema. Aun así, esta estrategia no está exenta de riesgos, ya que previamente es necesario un estudio del patógeno a introducir, ya que, al ser una especie exótica, no conocemos su comportamiento ni los efectos que podrá tener a largo plazo sobre el ecosistema (Gómez et al., 2019).

Entre las ventajas del método de control biológico podemos destacar su sostenibilidad, el tiempo, además de ser relativamente económico, ya que no requiere maquinaria ni personal especializado trabajando durante horas, y se minimiza el uso de productos químicos que puedan dañar el medio. Un estudio realizado sobre estos métodos señaló que promueven la reducción de la densidad de la planta, su tamaño y su masa, así como también de las flores y semillas (Gómez et al., 2019). A menudo se ha sugerido que el uso de los enemigos naturales de *Eichhornia crassipes* es el método más económico y sostenible para su eliminación (Coetzee et al., 2017).

El uso de estos métodos empezó a ponerse en marcha en Estados Unidos, en la década de los 60, y en él se incluyen alrededor de 100 especies de artrópodos y otros tipos de patógenos. Los más utilizados actualmente son:

- El ácaro, *Orthogalumna terebrantis*.
- Las polillas, *Acigona infusella* y *Samoedes albiguttalis*.
- El miridio, *Eccritotarsus catarinensis*.
- Los gorgojos, *Neochetina eichhorniae* y *Neochetina bruchi*, específicos contra esta especie y que actualmente son los dos organismos más usados por la mayoría de países.
- La polilla, *Bellura densa*, que ha dado muy buenos resultados tras introducirse en Louisiana.

En 1996 se introdujeron las dos especies de gorgojos (*Neochettina eichhorniae* y *N. bruchi*) en Kenya para controlar una de las invasiones del golfo de Winam, en el lago Victoria. Además, como segunda opción se empleó también a *Orthogalumna terebrantis*. Al principio ofrecía buenos resultados, pero finalmente, *Eichhornia* resurgió en diversos puntos del lago (Opande et al., 2004).

El daño producido por estos individuos es diverso. Los adultos se desplazan por toda la hoja realizando hoyos característicos de forma rectangular, que provocan que las hojas se resequen con el tiempo, y se vuelvan de aspecto rizado. Las hembras de *Neochettina sp.* depositan sus huevos sobre las hojas de la planta, y las larvas excavan en la base de los peciolo dañando las yemas axilares de la planta. La infección crónica por los gorgojos causa que las plantas sean de menor estatura, con las hojas más pequeñas y presenten en general, menor vigor que las plantas sanas. De las dos especies utilizadas, *Neochettina bruchi* es la que mayor daño causa a la planta (Center et al., 2005).



Figura 24: Los gorgojos *Neochettina eichhorniae* (A) y *N. bruchi* (B) especies preferentemente utilizadas en el control biológico (Dechassa & Abate, 2020).

El control biológico es el método de control de la plaga más usado en África, Australia o Papúa Nueva Guinea, en los cuales se están obteniendo buenos resultados. Aunque la falta de conocimiento es uno de los mayores inconvenientes para promover su uso en países de la Unión Europea, existe un gran interés por empezar a aplicarlos (Coetzee et al., 2017).

Otra opción que plantea el método biológico es el uso de patógenos microherbicidas, hongos altamente virulentos que causan graves enfermedades a la planta. Los más estudiados dentro de este grupo son los hongos *Alternaria eichhorniae*, *Cercospora piaropi*, *Alternaria alternata* y *Fusarium chlamydosporum*. Han demostrado tener gran efectividad contra *Eichhornia*, pero a la vez, es posible que ataquen a otros cultivos cercanos. En la siguiente tabla tenemos un resumen de las principales especies usadas en el control biológico y el daño que producen sobre la planta (Gómez et al., 2019). En Sudáfrica, *Cercospora piaropi* ha sido usado con éxito para controlar varias infestaciones (Coetzee et al., 2017).

	AGENTE	TIPO DE DAÑO
INSECTOS	Fam. Curculionidae <i>Neochettina bruchi</i> <i>N. eichhorniae</i>	Los adultos se alimentan del follaje y los peciolo, las larvas perforan peciolo y corolas.
	Fam. Pyralidae <i>Acigona infusella</i> <i>Sameodes albigitalis</i>	Las larvas perforan en las láminas y peciolo. Las larvas perforan en los peciolo y yemas.
	Fam. Noctuidae <i>Bellura densa</i>	Las larvas perforan en los peciolo y corolas.
ÁCAROS	Fam. Galumnidae <i>Orthogalumna terebrantis</i>	Los ejemplares inmaduros perforan en las láminas.
PATOGENOS FUNGICOS	Fam. Hypocreaceae <i>Acremonium zonatum</i>	Manchas zonales sobre las láminas
	Fam. Mycosphaerellaceae <i>Cercospora piaropi</i> <i>Cercospora rodmanii</i>	Manchas puntuales y clorosis sobre las láminas; necrosis de las láminas.

Tabla 2. Algunos agentes biológicos posibles para el control biológico del camalote. Fuente: Harley, 1996

Figura 25: Clasificación de las principales especies que se utilizan en el control biológico de las invasiones de *Eichhornia crassipes* y tipo de daño que producen sobre la planta. Tabla: Gómez et al., 2019.

Los métodos biológicos contribuyen a reducir notablemente la población de *Eichhornia*, pero no la eliminan completamente, por lo que hay que tener presente que deben aplicarse además otros métodos conjuntamente, como los mecánicos, para su retirada, además de promover estrategias de prevención de la invasión. Actualmente, no contamos con los conocimientos ni los medios adecuados para implantar las medidas de control biológico en España, por lo que sería recomendable realizar ensayos controlados con algunos de los agentes mencionados, para comprobar su eficacia contra la invasión y la inocuidad frente a cultivos y flora autóctona (Gómez et al., 2019.)

6.4. Seguimiento

Una vez se ha elegido el o los métodos más adecuados para la extracción y se ha procedido a la retirada, almacenamiento y destrucción de la biomasa vegetal, es necesario implantar una serie de medidas de prevención, que eviten que la planta pueda aparecer en un futuro.

El control de la cantidad de nutrientes en el agua se plantea como el remedio más eficaz (Gómez et al., 2019). Como ya comentamos, *Eichhornia crassipes* se establece muy bien en aguas con grandes cantidades de nutrientes, especialmente nitratos y fosfatos, que generalmente provienen de fertilizantes usados en agricultura. Controlando los desechos y vertidos al agua de estos restos de fertilizantes, se podría evitar el resurgimiento de un posible foco infectivo.

Otra medida muy interesante sería la implantación y fomento de la vegetación natural de ribera. Se ha demostrado que una banda de vegetación de ribera abundante ayuda a eliminar hasta el 100% del exceso de nutrientes que circulan en el río, además de frenar los procesos erosivos.

También la creación de zonas de sombra en los márgenes de los ríos puede ser efectiva. Uno de los principales factores que promueven el crecimiento de *Eichhornia crassipes* es la insolación directa. Si se implanta un sistema de vegetación arbórea en los márgenes de los cauces, se crea un ambiente de sombra y humedad, que reduce la temperatura del agua, haciéndola menos apetecible para el desarrollo de la planta (Gómez et al., 2019).

7. Invasiones notables de *Eichhornia crassipes*.

Como hemos visto, *Eichhornia crassipes* es capaz de expandirse de forma completamente descontrolada, ocasionando graves problemas medioambientales, tanto a nivel ecológico como socioeconómico, resultando ser una invasión muy peligrosa para los entornos acuáticos. Con el tiempo, contribuye a la modificación del ecosistema, afectando a la calidad y a la composición del agua y a la riqueza en biodiversidad del entorno, así como a la vida de las personas, mediante la obstrucción del cauce de los ríos y sistemas de irrigación, aumentando el riesgo de inundaciones y enfermedades e impidiendo el transporte, el ocio y la navegación.

La forma de introducirse en estos nuevos territorios, rompiendo las barreras geográficas naturales, fue a través de la actividad humana. Debido a la belleza y vistosidad de sus flores, *Eichhornia crassipes* se usó desde principios del siglo XIX como planta ornamental en diversos lugares del planeta, como Estados Unidos, Asia o Europa, donde llegó a cultivarse en diversos jardines botánicos, como los de París o Ámsterdam a lo largo de todo el siglo XX (Coetzee et al., 2017).

Actualmente está estrictamente regulada en muchos países, además de totalmente prohibida su venta y comercialización.

7.1. USA

Los primeros datos que se tienen sobre la presencia de *Eichhornia crassipes* en los Estados Unidos se remontan a finales del siglo XIX, en la que se ofrecía como regalo a los visitantes del pabellón de Japón en la “Cotton Centennial Exposition” de 1884 en Nueva Orleans. En 1890 ya se encontraba de forma naturalizada en Florida y en 1895 ya había alcanzado lugares en California o Virginia (García-Murillo, 2015).



Figura 26: El pabellón de Japón de la Cotton Centennial Exposition de 1884 en Nueva Orleans, donde se llevaron los primeros ejemplares de *E. crassipes* a Estados Unidos. Foto: Researchgate. https://www.researchgate.net/figure/The-Japanese-Pavilion-from-The-Centennial-Exposition-Described-and-Illustrated-by-J-S-fig29_237528383/download

Se extendió rápidamente hacia zonas en Louisiana, Texas y Florida. Importante fue la invasión de 1897 en el río St John, en Florida, donde las alfombras formadas por la planta alcanzaron una extensión de 40 km a lo largo del río. (Coetzee et al., 2017). Para el tratamiento de esta invasión, se ensayaron todos los métodos imaginables, sin éxito (Sculthorpe, 1967) si bien los métodos biológicos, empleando los gorgojos *Neochetina eichhorniae* y *N. bruchi* y el lepidóptero *Niphograptus albiguttalis*, consiguieron algunos resultados interesantes durante el periodo comprendido entre 1972 a 1977. Más tarde se introdujo también la polilla *Orthogaluma terebrantis*, que extendió de forma accidental (Tipping et al., 2014).

7.2. Lago Victoria

El Lago Victoria es el mayor lago de agua dulce del mundo. Este gran lago, que ocupa territorios de la zona centro-oriental de África y está rodeado por Uganda, Tanzania y Kenia, se encuentra ocupado por *Eichhornia* desde 1989 (Masifwa et al., 2001). Se estima que en 1998, la extensión del jacinto de agua era de aproximadamente 2.000 hectáreas (EPPO, 2008).

La primera referencia de *E. crassipes* en el Lago Victoria la encontramos en mayo de 1988, en el lago Kyoga. Más tarde, en 1989 se detecta en las regiones del lago pertenecientes a Uganda y Tanzania, llegando a la parte de Kenia en 1990. También se piensa que la forma más probable de entrada de jacinto de agua en el lago Victoria fuese de forma accidental a través del río Kagera, en Ruanda, desde donde se cree que estaba presente ya a principios de los años 80. Ante la falta de depredadores naturales y unas condiciones ambientales muy favorables para su desarrollo, la planta se estableció en el lago con rapidez, causando serios impactos a niveles socioeconómico y ecológico (Gichuki et al., 2012). Desde su detección, sufrió una lamentable gestión por parte de las autoridades, hasta que en 2004, la superficie afectada alcanzaba ya las 17.000 hectáreas (Ramil-Rego et al., 2015).



Figura 27: Aspecto del lago Victoria afectado por la invasión de *E. crassipes*. Foto: Opande et al., 2004.

Gracias a la introducción de *Neochetina eichorniae* y *N. bruchi*, en 2001, se produjo un descenso considerable de la población de la planta, llegando en el mes de junio a suponer una estrecha franja que rodeaba el lago (Masifwa et al., 2001).

En el golfo de Winam, supuso el bloqueo del transporte a través del lago, lo que impedía el correcto funcionamiento de los barcos pesqueros. La industria pesquera en el golfo involucra a unos 15 millones de personas, y se estima que produce unos 83 billones de dólares al año. En otras zonas del lago, como la bahía de Homa, la planta supuso la reducción en un 25% del suministro de agua en 1999, al encontrarse bloqueada el punto de acceso al agua de Dunga, resultando en pérdidas de millones de dólares. La planta tuvo que ser retirada manualmente (Opande et al., 2004).

Se estima que la plaga ha afectado negativamente a la forma de vida de unos 2 millones de familias cercanas al entorno del lago. Pero no todas las repercusiones han sido negativas. En cuanto a las diversas poblaciones de macroinvertebrados del lago, se han visto beneficiadas por la presencia de *Eichhornia crassipes*, cuando las poblaciones de esta estaban bajo control, sobre todo en la parte central de las masas vegetales. En cuanto a los peces, especies como *Oreochromis niloticus* y pequeños peces al borde de la extinción se han visto aumentadas durante la invasión por *Eichhornia*. Además, convive de forma estable con otras plantas de la zona, como el papiro (*Cyperus papyrus*) y *Vossia cuspidata*. La futura evolución de las masas de *Eichhornia crassipes* en el Lago Victoria no está clara; mientras la planta continúe controlada por los agentes biológicos (Masifwa et al., 2001).

7.3. Egipto

Eichhornia crassipes fue introducida en Egipto como una planta ornamental, por su singular belleza, aproximadamente entre 1879 y 1892. Actualmente se encuentra naturalizada, invadiendo canales de irrigación y de drenaje a lo largo del Delta del Nilo, resultando ser altamente peligrosa, ya que es capaz de doblar su biomasa en un intervalo de 16 días (Eid et al., 2019).

El jacinto de agua se encuentra invadiendo una superficie aproximada de 487 kilómetros cuadrados, que afectan a canales de irrigación y drenaje, más otros 151 kilómetros cuadrados de biomasa ocupando diferentes lagos. Esto supone una pérdida de agua por evapotranspiración de unos 3´5 billones de metros cúbicos al año. Para su control y erradicación se han usado métodos químicos, biológicos y mecánicos (Eid & Shaltout, 2017).

7.4. Portugal

La referencia más antigua de la presencia de *Eichhornia crassipes* en aguas de Portugal la encontramos 1939, en la ribera del río Sado, desde donde se extendió a otras zonas del país. Más tarde, encontramos la segunda invasión, esta vez en el río Tajo, que comenzó en el año 1974 y que ocasionó que la planta se extendiera hasta colonizar también el entorno de la laguna de Belver. Actualmente, los principales focos de infección por *Eichhornia crassipes* se encuentran en la región centro y sur de Portugal, ya que se dan las condiciones climáticas más adecuadas para su desarrollo. La presencia de *Eichhornia crassipes* supone un problema tanto para el agua de los entornos naturales, como para la agricultura en zonas como la Reserva de Paúl de Boquilobo, en la región de Golegá, además de afectar a los canales de irrigación de las riberas de los ríos Tajo, Sado, Mondego y Lis (Gerardo & de Lima, 2022). En áreas como el humedal de Paúl do Boquilobo, entre los ríos Almonda y Tajo, espacio catalogado como reserva

Natural desde 1981, la invasión por *Eichhornia* sigue siendo muy preocupante (Ramil-Rego et al., 2015).

Pero el foco más importante de *Eichhornia crassipes* en Portugal se encuentra en la laguna de Pateira de Fermentelos, situada entre las localidades de Águeda, Aveiro y Oliveira do Bairro, en la confluencia de los ríos Cértima y Águeda . El humedal de Pateira de Fermentelos se encuentra en la ribera del río Vouga y supone una de las mayores lagunas de agua dulce de la Península Ibérica. Con un área de 5,29 kilómetros cuadrados y una profundidad de 2 metros, es uno de los ecosistemas acuáticos más importantes del país, y está clasificado como un Área de Protección Especial por su riqueza en biodiversidad (Laranjeira & Nadais, 2008).

La planta fue observada por primera vez en la laguna a principios de 1990 y su propagación se extendió hacia otras zonas, hasta que en 2006, el foco infeccioso ocupaba más del 50% de la superficie del lago (Laranjeira & Nadais, 2008).

Su presencia ha ocasionado grandes pérdidas económicas a los arrozales de la cuenca del río Sado, además de efectos negativos sobre la pesca, las actividades recreativas y el turismo (Capdevila-Argüelles et al., 2013).

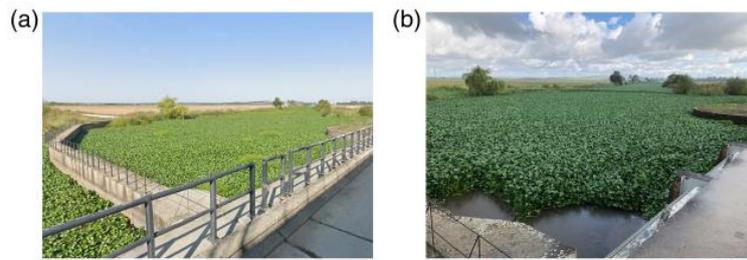


Figura 28: Aspecto que presentaba el río Mondego (Portugal) durante su invasión en septiembre de 2019 (a) y septiembre de 2021(b) Fotos: Gerardo & De Lima, 2022

7.5. España

En algunos lugares de nuestro país se dan las condiciones de temperatura, insolación y nutrientes perfecta para el establecimiento de la especie. *Eichhornia crassipes* se ha llegado a citar en las provincias de Asturias, Alicante, Cáceres, Badajoz, Castellón, Valencia, Tarragona, Pontevedra, Ourense, Málaga, Sevilla y Baleares. Ha sido crucial detectarla en sus fases iniciales para su correcta y rápida erradicación (Gómez et al., 2019).



Figura 29: Aspecto del río Guadiana invadido por *Eichhornia crassipes*. Foto: Hoy.es <https://www.hoy.es/extremadura/gobierno-destina-millon-20181005113427-nt.html?ref=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F>

La primera aparición de *E. crassipes* en la península Ibérica se notificó en 1987, en Elvas (Portugal) y la primera en territorio español fue en Castellón, en 1994 (Ministerio para la Transición Ecológica, 2018). En 2001, el jacinto de agua comenzó a invadir lagunas de agua dulce en el Parque Natural del Delta del Ebro, llevándose a cabo la rápida actuación una retirada manual de la planta. En 2004, se detectó un pequeño foco en una charca artificial en Arnao, en Asturias, en la reserva de la Biosfera del río Eo, sobre la que se actuó con esencial rapidez para evitar la invasión (Ramil-Rego et al., 2015.)



Pero el territorio más problemático en España se encuentra en el río Guadiana, a su paso por Extremadura, donde se propaga de manera descontrolada a lo largo de más de 175 km en el tramo comprendido entre el municipio de Villanueva de la Serena hasta la frontera de Badajoz con Portugal (Gómez et al., 2019).

Figura 30: Localización de *Eichhornia crassipes* en la Península Ibérica y Baleares. Las zonas coloreadas en verde y blanco son las más afectadas. Los puntos rojos constituyen apariciones puntuales (Ruiz-Téllez et al., 2008)

La invasión en el Guadiana comenzó en el otoño de 2004, sufriendo una pequeña recesión durante el invierno. Más tarde, en abril de 2005, se produjo una fuerte regeneración de los fragmentos que se quedaron en los bordes del río, hasta que, a finales de ese mismo año, la alfombra formada por *Eichhornia crassipes* ocupaba una superficie aproximada de 200 hectáreas, con una producción de biomasa de unas 175.000 toneladas (Ruiz-Téllez et al., 2008).



Figura 31: Estado de afección por la invasión de *E. crassipes* en distintos tramos del río Guadiana. Foto: CHG, 2020

Los trabajos de eliminación del jacinto de agua en el río Guadiana durante los años 2006 a 2012 han supuesto un coste de más de 21 millones de euros. Sólo en el año 2012, los operarios llegaron a retirar del agua más de 2.000 toneladas de biomasa, con un promedio de extracción de 35 toneladas al día (Ramil-Rego et al. 2015). En el año 2008 un estudio recoge que la inversión destinada para la erradicación del jacinto de agua por parte de la Confederación Hidrográfica del Guadiana hasta ese momento era aproximadamente de 8 millones de euros (Ruiz-Téllez et al., 2008) si bien se sabe que esa cifra aumentó considerablemente hasta alcanzar los 20 millones en 2014 (Durán et al., 2014).



Figura 32: Retención mediante barreras flotantes de masas de jacinto de agua en el río Guadiana. Foto: Gómez et al., 2019

Según el documento elaborado por la Administración General del Estado y la delegación del gobierno Extremadura en septiembre de 2018, los pasos a seguir en la gestión y eliminación del jacinto de agua de las aguas del Guadiana serían:

- 1) Fase mecanizada de extracción en verde. Consiste en la retirada de la planta al inicio de su crecimiento. Para ello se utilizarán medios mecánicos, compuestos por retroexcavadoras, embarcaciones y camiones, además de 1 cosechadora y 2 equipos anfibios.
- 2) Fase mecanizada de extracción en pardo. Es la retirada de la planta una vez ralentizado su crecimiento, en los meses de menor temperatura. Se usarán igualmente medios humanos y mecánicos, aportados tanto por la Confederación Hidrográfica del Guadiana como por la UME.
- 3) Fase de pre-eliminación. En esta etapa serán fundamentales los equipos humanos, para retirar la planta de forma manual en los lugares de difícil acceso.
- 4) Fase de vigilancia y alerta temprana. Esta fase podría extenderse durante varios años, suponiendo una vigilancia continua de la aparición de pequeños brotes para actuar sobre ellos de la manera más rápida posible. La rapidez con la que se actúe será fundamental para conseguir el éxito deseado. Para ello será indispensable el equipo humano.
- 5) Fase de gestión del material extraído. Esta fase ocurrirá durante todas las anteriores, teniendo especial cuidado en el transporte, para que no pueda ser diseminado a pequeños arroyos o cauces y evitar su extensión. Para ello se necesitan camiones con cajas estancas, además de ser un proceso costoso. La CHG se encuentra estudiando diferentes formas de gestión y aprovechamiento de los residuos.

El principal objetivo de este plan de choque es el de limpiar el Guadiana de la presencia de camalote y evitar que se extienda hasta la frontera con Portugal.

8. Usos de *Eichhornia crassipes*

¿Qué se hace con la planta una vez retirada del agua? Para intentar disminuir los riesgos provocados por la planta y minimizar el coste que supone retirarla, se han propuesto diversas aplicaciones:

Alimento para animales

Una hectárea de jacintos de agua puede contener más de 2 millones de plantas individuales, con un peso total de 3 toneladas aproximadamente, por lo que también se ha pensado utilizarla como alimento de animales, como caballos, cerdos o ganado vacuno, tanto fresca como ensilada.

Aunque esta aplicación parezca una posible solución al problema de la acumulación de biomasa retirada, también presenta algunos problemas en cuanto a su uso, ya que la planta presenta un alto contenido en agua (en torno a un 95%), por lo que habría que desecarla antes de procesarla, con el consiguiente gasto energético adicional que conlleva, y además es poco apetecible para los animales, por su alto contenido en potasio y sabor amargo (EPPO, 2008).

En cuanto a su composición, se compararon diversas fórmulas que contenían jacinto de agua, que determinaron una digestibilidad para el ganado de 72% en materia orgánica, 75% de proteínas, 61% de fibra. Podemos concluir que la biomasa deshidratada presenta buenas

propiedades para usarla como alimento de animales herbívoros y omnívoros, con el inconveniente adicional de estar seguros que la semilla se destruye completamente, ya que si no lo hiciera, supondría una fuente de diseminación de las semillas sin control (Yan et al., 2017)

Producción de biogás

Eichornia crassipes contiene grandes cantidades de celulosa y hemicelulosa, que pueden ser fácilmente fermentables. Los restos de la planta mezclados con otras sustancias, como desechos animales proporcionan biogás con buen rendimiento. Además, estudios realizados con diversos tipos de microorganismos ofrecieron buenos resultados, al verse incrementada la cantidad de biogás producida a partir de la planta (Rai & Singh, 2016).

Aunque no todo son ventajas. El material vegetal necesita un procesamiento previo para retirar el agua y el aire que queda atrapado en los tejidos de la planta y así promover su digestión (Ndimele et al., 2011).

Fertilizantes

Uno de los focos de atención más recientes es el desarrollo y obtención de fertilizantes orgánicos a partir de la biomasa deshidratada de *E. crassipes*, por su alto contenido en nitrógeno. Las nuevas tecnologías en el ámbito del compostaje han permitido crear fertilizantes que se están aplicando a diversos tipos de cultivos, como arroz, vegetales o árboles frutales (Yan et al., 2017)

Retirada de metales pesados del agua

Otra de las aplicaciones útiles del jacinto de agua consiste en introducirla en masas de agua contaminada, como humedales, riberas de los ríos, aguas residuales, aguas ácidas procedente de minas o vertederos con la finalidad de descontaminarla de metales pesados. Se presenta como una opción efectiva, fácil de aplicar, con gran disponibilidad y con una tecnología respetuosa con el medio ambiente. *Eichhornia crassipes* presenta gran facilidad para absorber metales, como plomo, cobre, zinc, mercurio o cadmio sin verse afectada por ellos. Un estudio determinó que los metales se almacenan principalmente en las raíces, y en mucha menor proporción, en las hojas (Rai & Singh, 2016).

Además, la pulpa y las fibras de la planta también son utilizadas con diversos fines. En Bangladesh, se está trabajando en varios proyectos de obtención de papel a partir de los tallos de *Eichhornia*, mezclados con papel reciclado y yute. En Dhaka, Bangladesh, ya existe una producción de tableros de fibra a partir de los residuos de la planta. También se usan las fibras del tallo para confeccionar hilos y sogas. En India y Filipinas, se elaboran cestas artesanales a partir de la raíz y la materia seca de la planta (Ndimele et al., 2011).



Figura 33: Cesta realizada a mano con fibras secas de jacinto de agua. Foto: Ikea
<https://www.ikea.com/es/es/p/labbsal-cesta-a-mano-jacinto-agua-80500796/>

9. Conclusiones

1. *Eichhornia crassipes*, una planta nativa del cauce del Amazonas, que ha sido empleada desde el siglo XIX en diversos lugares del mundo, en estanques y jardines botánicos, como planta ornamental, debido a su vistosidad y facilidad de crecimiento. Sin embargo, a pesar de su belleza y su apariencia inofensiva, se ha extendido por todos los continentes, excepto la Antártida, como planta exótica invasora.
2. El crecimiento descontrolado de *Eichhornia crassipes* fuera de su entorno natural en una masa de agua ocasiona cambios profundos en los ecosistemas naturales, e incluso la extinción de especies autóctonas. Igualmente provoca pérdidas económicas millonarias, que afectan a varios sectores de la actividad humana.
3. La eliminación total de la especie es muy difícil y costosa, a veces prácticamente imposible, debido a su gran capacidad para adaptarse, crecer y reproducirse, necesitando una fuerte inversión económica en los medios adecuados para su retirada. En España la encontramos instalada en el tramo extremeño del río Guadiana, donde supone una invasión de gran problemática.
4. El empleo conjunto de métodos de control: mecánicos, químicos y biológicos, ha dado buenos resultados. Si bien, la identificación y retirada temprana de esta planta en cualquier masa de agua es fundamental para evitar su expansión posterior.
5. También, se han obtenido buenos resultados con métodos que impiden que la planta se establezca, controlando sus principales factores de crecimiento, es decir, limitando la cantidad de nutrientes en el agua o propiciando el aumento de zonas de sombra y humedad, circunstancias que previenen las condiciones ideales para una posible naturalización.
6. En el diseño de tareas de control es preciso tener en cuenta que los métodos de control que se emplean, también tienen sus consecuencias en los ecosistemas nativos y las actividades humanas.
7. En el otro lado de la balanza, *Eichhornia crassipes* se presenta como una especie con multitud de aplicaciones en el ámbito de la producción de biogás, bioetanol, fertilizantes, eliminación de productos tóxicos y metales pesados en aguas residuales o incluso fabricación de papel y piensos para animales. Dos caras de una misma moneda, de posible aliada a fatal destructora, así podríamos calificar a uno de los organismos considerados entre los 100 peores del mundo.

Resulta evidente que el problema de la expansión de las especies invasoras está muy vinculado a la destrucción de hábitats naturales, solo así se puede explicar el éxito de *Eichhornia crassipes* y también de otros organismos invasores que están provocando importantes problemas. Teniendo en cuenta que la destrucción de hábitats corre en paralelo al progreso, así como los costes que produce la casi imposible erradicación de estas especies, ¿no es el momento de cambiar la estrategia para gestionarlas?

BIBLIOGRAFÍA

1. Albano-Pérez E., Ruiz-Téllez T., Sánchez-Guzmán J.M. Influence of physico-chemical parameters of the aquatic medium on germination of *Eichhornia crassipes* seeds. *Plant Biol.* 2011;13(4):643–8.
2. Alonso A., Castro-Díez P. Las invasiones biológicas y su impacto en los ecosistemas. *Ecosistemas.* 2015.1;24(1):1–3.
3. Azolla. 2021. [Consultado en marzo de 2023]. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Azolla>
4. Backer C.A. Pontederiaceae. *Flora Malesiana.* 1951;4(Serie 1):256–61.
5. Bahadur B. Heterostyly in *Eichhornia crassipes*(Mart.) Solms. *Journal of genetics.* 1968;60:14-16.
6. Barrett S.C.H. Sexual Reproduction in *Eichhornia crassipes* (Water Hyacinth). I. Fertility of Clones from Diverse Regions. *Journal of Applied Ecology.* 1980; 17: 113-124.
7. Barrett S.C.H. Tristyly in *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms (Water Hyacinth). *Biotropica.* 1977;9: 230-238.
8. Capdevila-Argüelles L., Zilletti B., Ángel V., Álvarez S. Causas de la pérdida de biodiversidad: Especies Exóticas Invasoras. *Memorias R. Soc. Esp. Hist. Nat,* 2ª Ép. 2013;10:55-45.
9. Center T.D., Van T.K., Dray F.A., Franks S.J., Rebelo M.T., Pratt P.D., et al. Herbivory alters competitive interactions between two invasive aquatic plants. *Biological Control.* 2005;33(2):173–85.
10. Chinnusamy C., Janaki P., Arthanari P.M., Muthukrishnan P. Effects of post-emergence herbicides on water hyacinth (*Eichhornia crassipes*)-tank culture experiment. *Weed Sci.* 2012;Vol. 18.
11. Cirujano S., Meco A., García-Murillo P. *Hidrófitos vasculares. Flora acuática Española.* Madrid. Real Jardín Botánico. 2014.
12. Coetzee J.A., Hill M.P., Ruiz-Téllez T., Starfinger U., Brunel S. Monographs on invasive plants in Europe N° 2: *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. *Bot Lett.* 2017;164(4):303–26.
13. De Bach P. *Control Biológico de Las plagas y Malas Hierbas.* México. Editorial Continental México. 1964.
14. Dechassa N., Abate B. Current Status of Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*) in Ethiopia: Achievements, Challenges and Prospects: A Review. *Journal of Environment and Earth Science.* 2020; 10:36-47.
15. Durán C., Lanao M., Anadón A. Actuaciones contra las invasiones acuáticas en la Confereración Hidrográfica del Ebro. *Ambienta.* 2014;109:42–50.
16. Eckenwalder J.E., Barrett S.C.H. Phylogenetic Systematics of Pontederiaceae. *Systematic Botany.*1986;11: 373-391.
17. Ecoavant. Hallan por primera vez en la dársena del Guadalquivir un camalote, especie vegetal muy invasora. 2021[en línea]. [Consultado en marzo de 2023]. Disponible en: https://www.ecoavant.com/naturaleza/hallan-guadalquivir-camalote-especie-vegetal-muy-invasora_6464_102.html 2021.
18. Eid E.M., Shaltout K.H. Population dynamics of *Eichhornia crassipes* (C. Mart.) Solms in the Nile Delta, Egypt. *Plant Species Biol.* 2017. 1;32(4):279–91.
19. Eid E.M., Shaltout K.H., Moghanm F.S., Youssef M.S.G., El-Mohsnawy E., Haroun S.A. Bioaccumulation and translocation of nine heavy metals by *eichhornia crassipes* in Nile

- delta, Egypt: Perspectives for phytoremediation. *Int J Phytoremediation*. 2019;21(8):821–30.
20. EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organisation). EPPO data sheet on quarantine pests. 2008;38: 441–449.
 21. Galán de Mera A. *Flora Ibérica*. 2008;321–323.
 22. García-Murillo P. Especies invasoras en el Mediterráneo. *Drosophila*. 2015;24–6.
 23. Gerardo R., De Lima I.P. Assessing the potential of Sentinel-2 data for tracking invasive water hyacinth in a river branch. *Journal of Applied Remote Sensing*. 2022;16.
 24. Gichuki J., Omondi R., Boera P., Okorut T., Matano A.S., Jembe T., et al. Water hyacinth *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms-Laubach dynamics and succession in the Nyanza Gulf of Lake Victoria (East Africa): Implications for water quality and biodiversity conservation. *The Scientific World Journal*. 2012; 1: 1-10.
 25. Glifosato [en línea]. [Consultado en febrero de 2023]. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Glifosato>
 26. Gómez R., Villares J.M., Pirvu M., Morcillo F., Molina M. del C. et al. Estrategia de gestión, control y posible erradicación del Camalote. MITECO. Ministerio para la Transición Ecológica. 2019.
 27. Hailu A., Eman D. Water Hyacinth Biology and its Impacts on Ecosystem, Biodiversity, Economy and Human Well-being. *J Life Sci Biomed*. 2018;8(6):94–100.
 28. Hoy.es. España y Portugal actúan juntos para combatir el camalote en el Guadiana. 2018. [Consultado en enero de 2023]. Disponible en: <https://www.hoy.es/extremadura/gobierno-destina-millon-20181005113427-nt.html?ref=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F>
 29. *Hydrochoerus hydrochaeris*. [Consultado en febrero de 2023]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Hydrochoerus_hydrochaeris
 30. Ikea. LABBSAL. Cesta a mano de jacinto de agua. [en línea]. [Consultado en marzo de 2023]. Disponible en: <https://www.ikea.com/es/es/p/labbsal-cesta-a-mano-jacinto-agua-80500796/>
 31. Jardín botánico de Nueva York. Reproducción vegetativa. 2023. [Consultado en abril de 2023]. Disponible en: <https://sweetgum.nybg.org/science/projects/fg/glossary-details/?irn=3163>
 32. Kriticos D.J., Brunel S. Assessing and managing the current and future pest risk from water hyacinth, (*Eichhornia crassipes*), an invasive aquatic plant threatening the environment and water security. *PLoS One*. 2016.1;11(8).
 33. Laranjeira C.M., Nadais G. *Eichhornia crassipes* control in the largest Portuguese natural freshwater lagoon. *EPPO*. 2008; 38:487-495.
 34. Lowe S., Browne M., Boudjelas S., de Poorter M. 100 of the world's worst invasive alien species. A selection from the global invasive species database. The Invasive Species Specialist Group. ISSG. 2000.
 35. Macronatura. Cotorra argentina *Myiopsitta monachus*. 2021. [Consultado en enero de 2023]. Disponible en: <https://macronatura.es/2021/01/27/cotorra-argentina-myiopsitta-monachus/>
 36. Masifwa W.F., Twongo T., Denny P. The impact of water hyacinth, *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms on the abundance and diversity of aquatic macroinvertebrates along the shores of northern Lake Victoria, Uganda. *Hydrobiologia*. 2001;452:79-88.
 37. Medellín historia. El camalote sigue imparables después de un mes de labores de erradicación. 2005. [Consultado en febrero de 2023]. Disponible en: <https://www.medellinhistoria.com/medellin/Actualidad3.htm>

38. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras. 2013. [Consultado en enero de 2023]. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-especies/especies-exoticas-invasoras/ce-eei-catalogo.aspx>
39. Ndimele P., Kumolu-Johnson C., Anetekhai M. The Invasive Aquatic Macrophyte, Water Hyacinth {*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solm-Laubach: Pontedericeae}: Problems and Prospects. *Research Journal of Environmental Sciences*.2011; 6: 509-520.
40. Nicol Velozo. *Eichhornia crassipes* -Jacinto de agua. Paraguay. [Consultado en abril de 2023]. Disponible en: <http://www.blog.illustraciencia.info/2021/07/nicol-velozo-eichhornia-crassipes.html>
41. Oficialdegui F.J., Zamora-Marín J.M., Guareschi S., Anastácio P.M., García-Murillo P., Ribeiro F., et al. A horizon scan exercise for aquatic invasive alien species in Iberian inland waters. *Science of the Total Environment*. 2023;869.
42. Oliva-Paterna F.J., Oficialdegui F.J., Anastacio P.M, García-Murillo P., Zamora-Martín J.M., Ribeiro F., et al. Black list and alert list of the aquatic invasive alien species of the iberian península. Transnational horizon scanning exercise focused on the high-risk aquatic invasive alien species for the Iberian inland waters. *Life Invasqua*. 2022. (LIFE17 GIE/ES/000515).
43. Opande G.O., Onyango J.C., Wagai S.O.Lake Victoria: The water hyacinth (*Eichhornia crassipes* [Mart.] Solms), its socio-economic effects, control measures and resurgence in the Winam gulf. *Limnologica*. 2004;34: 105-109.
44. Palacios-Martín M.A., Cienfuegos-Caldera B. Estudio y seguimiento de la reproducción sexual de *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms-Laub en el río Guadiana. Mérida. Ministerio para la Transición Ecológica. MITECO; 2019.
45. Pellegrini M.O.O., Horn CN, Almeida RF. Total evidence phylogeny of Pontederiaceae (Commelinales) sheds light on the necessity of its recircumscription and synopsis of *Pontederia* L. *PhytoKeys*. 2018. 29;(108):25–83.
46. Penfound W.T., Earle T.T. The Biology of the Water Hyacinth. *Ecological Monographs*. 1948;18: 448-473.
47. Pérez-Chiscano JL, Vázquez FM. Datos sobre *Eichhornia crassipes*. *Fol Bot Extremadurensis*. 2020;14:15–23.
48. Pimentel D., Zuniga, R, & Morrison, D. Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. *Ecol. Econ.*, 2005; 52(3): 273-288.
49. Procyon. 2023. [consultado en enero de 2023]. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Procyon>
50. Ramil-Rego P., Rubinos M., Gómez-Orellana L., Rodríguez P., Hinojo B. *Eichhornia crassipes* en el Parque Nacional Marítimo-terrestre das Illas Atlánticas de Galicia como resultado del transporte por mar a larga distancia. *Recursos rurais*. 2015;10:15–24.
51. Researchgate. The Japanese Pavilion. [Consultado en enero de 2023]. Disponible en: https://www.researchgate.net/figure/The-Japanese-pavilion-from-The-Centennial-Exposition-Described-and-Illustrated-by-J-S_fig29_237528383/download
52. Royal Botanic Gardens. *Pontederia Crassipes*. [Consultado en marzo de 2023]. Disponible en: <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:310928-2>
53. Ruiz-Téllez T., López E.M. de R., Granado G.L., Pérez E.A., López R.M., Guzmán J.M.S. The water hyacinth, *Eichhornia crassipes*: An invasive plant in the Guadiana River Basin (Spain). *Aquat Invasions*. 2008;3(1):42–53.
54. Sculthorpe C.D. Biology of aquatic vascular plants. 1967; 523-580.

55. Simpson D., Sanderson H. *Eichhornia crassipes*: Pontederiaceae. *Curti's Botanical Magazin*. 2002;19: 28-34.
56. Sol D. Claves del éxito de las especies invasoras. *Ambienta*. 2014;109:6–13.
57. Spain inaturalist. Abejas Excavadoras. [Consultado en febrero de 2023]. Disponible en: <https://spain.inaturalist.org/taxa/252411-Ancyloscelis>
58. Tipping P.W., Martin M.R., Pokorny E.N., Nimmo K.R., Fitzgerald D.L., Dray F.A., et al. Current levels of suppression of waterhyacinth in Florida USA by classical biological control agents. *Biological Control*. 2014;71:65–9.
59. Universidad de Connecticut. Jacinto de Agua Común. [en línea]. 2018. [consultado en febrero de 2023]. Disponible en: <https://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=5448254>
60. Villamagna A.M., Murphy B.R. Ecological and socio-economic impacts of invasive water hyacinth (*Eichhornia crassipes*): A review. *Freshwater Biology*. 2010;55:282-298.
61. Yan S.H., Song W., Guo J.Y. Advances in management and utilization of invasive water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) in aquatic ecosystems—a review. *Critical Reviews in Biotechnology*. 2017; 37:218–28.

