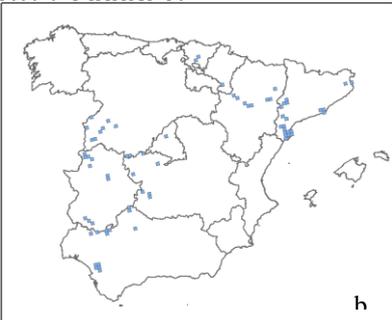


CATÁLOGO ESPAÑOL DE ESPECIES EXÓTICAS INVASORAS

Azolla spp. Lam.

Memoria Técnica Justificativa

| | |
|--|---|
| Nombre vulgar | <p>Castellano: helecho de agua Catalán: falguera d'aigua Gallego: Vasco: Inglés: water ferns, mosquito ferns</p> |
| Posición taxonómica | <p>Reino: Plantae Phylum: Pteridophyta Clase: Polypodiopsida Orden: Salviniiales Familia: Azollaceae Género: <i>Azolla</i> Lam.</p> |
| Observaciones taxonómicas | <p>Especies (Bánki et al., 2022):</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Azolla caroliniana</i> Willd. - <i>Azolla cristata</i> Kaulf. - <i>Azolla filiculoides</i> Lam. 1783 - <i>Azolla nilotica</i> Decne ex Mett. - <i>Azolla pinnata</i> R. Br. - <i>Azolla rubra</i> R. Br. |
| Resumen de su situación e impacto en España | <p>Las plantas del género <i>Azolla</i> consisten en pequeños helechos acuáticos procedentes de América que se han extendido por todo el mundo, principalmente por vía antropogénica. <i>A. filiculoides</i> ha sido introducida en Europa, África norte y subsahariana, China, Japón, Nueva Zelanda, Australia, el Caribe y Hawaii (CABI, 2022). En España, en apenas cincuenta años, ha aparecido cada vez en más lugares, principalmente en la zona occidental de Extremadura, Andalucía, Castilla y León y Castilla-La Mancha, tanto en aguas continentales naturales como en zonas húmedas artificiales.</p> <p>Las especies de <i>Azolla</i> pueden reproducirse tanto sexualmente a través de esporas como vegetativamente por fragmentación, lo cual permite una rápida propagación de la planta, que puede duplicar su masa en sólo unos días. En sistemas acuáticos eutrofizados crecen rápidamente, compitiendo con la vegetación nativa y formando densos tapetes que, debido a la materia orgánica en descomposición y falta de luz, generan un ambiente anaerobio que reduce la calidad del agua y supervivencia de otros organismos en ella. Estas alteraciones afectan negativamente a la flora autóctona y, a su vez pueden provocar cambios dramáticos en las relaciones tróficas del conjunto del ecosistema acuático. Por otro lado, la acumulación de masas de individuos puede generar problemas en infraestructuras hidráulicas y en actividades como la pesca y la navegación (CABI, 2022; García-Murillo, 2006; Pinero-Rodríguez et al., 2021; Grupo de trabajo de Especies Exóticas Invasoras, 2020).</p> |
| Normativa nacional | Incluida en el Catálogo español de especies exóticas invasoras, regulado |

| | |
|---|--|
| | por el Real Decreto 630/2013. |
| Normativa autonómica | DECRETO 213/2009, de 20 de noviembre, del Consell, por el que se aprueban medidas para el control de especies exóticas invasoras en la Comunitat Valenciana. [2009/13396]. |
| Normativa europea | No incluida en el Listado de Especies Exóticas Preocupantes para la UE, regulado por Reglamento UE 1143/2014. |
| Acuerdos y Convenios Internacionales | No incluida en acuerdos y convenios internacionales. |
| Listas y Atlas de Especies Exóticas Invasoras | <p>Mundial:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Global Invasive Species Database (GISD) - Invasive Species Compendium (CABI) - Invasive and Exotic Species of North America (invasive.org) - GB Non-Native Species Secretariat (NNSS) <p>Europeo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO) - European Alien Species Network (EASIN) <p>Nacional:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Atlas de las plantas alóctonas invasoras en España (Sanz-Elorza <i>et al.</i>, 2004) - Invaslber <p>Regional:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Especies invasoras de flora (Gobierno de Aragón, 2022) - Especies introducidas en Canarias (Ojeda y Mesa, 2008) - Flora invasora de Galicia (Xunta de Galicia, 2022) - Diagnóstico de la flora alóctona invasora de la Comunidad Autónoma del País Vasco (Campos y Herrera, 2009) |
| Área de distribución y evolución de la población | <p>Área de distribución natural Nativa de América tropical, desde el oeste de Norteamérica hasta el sur de Brasil, Uruguay y Argentina (Sanz-Elorza <i>et al.</i>, 2004; Hussner, 2010; CABI, 2022; Mvandaba <i>et al.</i>, 2018; Reeder <i>et al.</i>, 2018).</p> <p>Área de distribución mundial Ha invadido gran parte de Europa, África del norte y subsahariana, China, Japón, Australia, Nueva Zelanda, el Caribe y Hawaii (Hussner, 2010; CABI, 2022; Mvandaba <i>et al.</i>, 2018; Reeder <i>et al.</i>, 2018).</p> <p>España Se observó por primera vez en 1957 en el río Llobregat, en Cataluña (García-Murillo <i>et al.</i>, 2007). En los últimos años se ha extendido por buena parte de España, con numerosos registros distribuidos por masas de agua de Andalucía, Aragón, Cantabria, Castilla-La Mancha, Cataluña, Comunidad Valenciana, Extremadura, Galicia, Madrid y País Vasco (García-Murillo <i>et al.</i> 2007; MITECO, 2019. Figura 1)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> |

| | |
|--|--|
| | <p>Figura 1: a) Distribución de <i>Azolla filiculoides</i> en la Península Ibérica (extraído de García-Murillo et al., 2007). b) Distribución del género <i>Azolla</i> en España peninsular (MITECO, 2019). Fuente: Grupo de trabajo de Especies Exóticas Invasoras, 2020.</p> <p><u>Evolución</u> Las primeras observaciones en Europa de <i>A. filiculoides</i>, la especie tipo de este género, datan de finales del siglo XIX (1870-1880). Apareció independientemente en diferentes lugares, posiblemente como resultado de diferentes rutas de transporte, y a continuación se dispersó por casi toda Europa, especialmente por las regiones Atlántico-Mediterráneas. En 1977 fue introducida en Asia como una alternativa para <i>A. pinnata</i>, que se utilizaba como abono verde en el cultivo de arroz. En África fue introducida en 1948 como planta de acuario, y en España en 1957 a través de la horticultura (Hussner, 2010; CABI, 2022), aunque el primer registro en la Península Ibérica se produjo en 1920 en el río Sado, al sur de Lisboa (Portugal) (Pereira et al., 2001). Poco después, comenzó a dispersarse hacia otros ríos portugueses y hacia España. La eutrofización del agua es el factor que más ha contribuido a su expansión por las zonas húmedas de todo el mundo, incluida la Península Ibérica (Cirujano, 2009).</p> |
| <p>Vías de entrada y expansión</p> | <p><u>Vectores potenciales de introducción, entre otros:</u> Los principales mecanismos de introducción son asociados a la actividad humana, intencionada o no intencionadamente, mediante el transporte de mercancías, en aguas de lastre de los barcos, como contaminante de semillas, como abono verde para cultivos de arroz en áreas tropicales y como planta ornamental en acuariofilia y jardinería, aunque actualmente su comercio está prohibido en todo el territorio nacional al tratarse de plantas consideradas legalmente como invasoras (Hussner, 2010; CABI, 2022).</p> <p>A la vista de esto, se sugiere que <i>A. filiculoides</i> apareció casi al mismo tiempo de manera independiente en diferentes lugares de Europa (Szczesniak et al., 2009). Su introducción en España podría haberse producido por dos vías: su mayor extensión en el oeste de la Península parece indicar una introducción accidental desde Portugal, donde fue citada ya en 1920; y su presencia en arrozales de Aragón y Cataluña indica una posible introducción como contaminante en semillas de arroz (Sanz-Elorza et al., 2004).</p> <p><u>Vectores potenciales de dispersión, entre otros:</u> Se propaga de forma sexual y asexual, por lo que tanto las esporas como fragmentos de la planta pueden dispersarse largas distancias de forma natural a lo largo de los sistemas fluviales o adheridas al cuerpo de aves acuáticas, peces, roedores y anfibios (CABI, 2022; Grupo de trabajo de Especies Exóticas Invasoras, 2020).</p> |
| <p>Descripción del hábitat y biología de la especie</p> | <p>Las plantas del género <i>Azolla</i> son fácilmente reconocibles, consisten en pequeños helechos acuáticos que flotan en la superficie del agua individualmente o formando tapices de hasta 20 cm de grosor. Están constituidas por tallos muy ramificados, de hasta 15 cm de largo, con diminutas hojas alternas, bilobuladas, generalmente con el lóbulo inferior de mayor tamaño que el superior, y un rizoma ramificado con numerosas raíces adventicias que cuelgan en el agua. Las especies de este género son difíciles de distinguir entre sí debido a su plasticidad morfológica y fenotípica. Pueden ser de color verde a rojo dependiendo de factores ambientales como la insolación. El género <i>Azolla</i> se caracteriza por su asociación simbiótica con la cianobacteria <i>Anabaena azollae</i>, que se localiza en cavidades de los lóbulos dorsales de las hojas y tiene la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, permitiendo que el helecho prospere en aguas deficientes en nitrógeno (Hussner, 2010; CABI, 2022;</p> |

Sanz-Elorza *et al.*, 2004; García-Murillo, 2006; Grupo de trabajo de Especies Exóticas Invasoras, 2020).

Azolla es capaz de reproducirse tanto vegetativamente por fragmentación, pudiendo duplicar su masa en tan solo 4-5 días en condiciones ideales, como sexualmente, produciendo esporas de julio a septiembre (Grupo de trabajo de Especies Exóticas Invasoras, 2020). Estas pueden permanecer latentes y sobrevivir al invierno y a la desecación extrema y, cuando las condiciones son favorables, germinan sobre el fondo de los cuerpos de agua y el nuevo esporófito flota a la superficie de esta, donde continúa su desarrollo (CABI, 2022). En laboratorio es necesaria una temperatura por encima de 10° C para la germinación, siendo el óptimo de 20° C (Hussner, 2010).

Puesto que su simbiosis con el alga *Anabaena azollae* le permite fijar nitrógeno atmosférico, todos los autores coinciden en que la concentración de fósforo disuelto en el agua es el factor limitante que controla el crecimiento de *Azolla* y el responsable de que este macrófito acuático pueda actuar como una especie invasora (Cirujano, 2009). Otros importantes factores que regulan su crecimiento son la temperatura, pH, insolación y salinidad. Su desarrollo óptimo se da entre los 18 y 28°C, viéndose muy limitado a temperaturas de entre 5-10°C o inferiores y a temperaturas medias-altas, que se convierten en letales a partir de los 35°C. Puede sobrevivir a pH comprendidos entre 3,5 y 10, encontrándose su óptimo de crecimiento entre 4,5 y 7,5. La radiación solar también es un factor determinante para la especie ya que influye en el pH y la temperatura. Por último, aunque es capaz de soportar altas concentraciones de sales disueltas comparado con otros macrófitos acuáticos flotantes de aguas eutróficas, su crecimiento también decrece al aumentar la salinidad. En Doñana se estableció el límite de tolerancia entre 8.000 y 12.000 µS/cm (Grupo de trabajo de Especies Exóticas Invasoras, 2020).

El fotoperiodo, intensidad de la luz, temperatura, pH y disponibilidad de nutrientes influyen en la esporulación (CABI, 2022; Hussner, 2010): si el clima no es suficientemente cálido no puede producir esporas, pero se reproduce vegetativamente.

Hábitat en su área de distribución natural

Cursos de agua y ríos lentos, charcas y lagos. Su área nativa se caracteriza por climas tropicales cálidos con veranos húmedos e inviernos templados (CABI, 2022).

Hábitat en su área de introducción

Aunque su origen es tropical, ha desarrollado una cepa tolerante al frío tras su introducción en Reino Unido y Sudáfrica, pudiendo sobrevivir a temperaturas de -10 a -15 °C (CABI, 2022; Hussner, 2010).

Su hábitat preferente son humedales y cursos lentos de agua, tanto naturales (ríos de curso lento, arroyos, lagunas, charcas, etc.) como artificiales (arrozales, embalses, balsas, canales, acequias, etc.) (Sanz-Elorza *et al.*, 2004), especialmente aquellos con altos niveles de eutrofización debido a actividades agrícolas, industriales y efluentes domésticos. *Azolla* comienza a comportarse como invasora cuando la concentración de fósforo disuelto supera los 0,4-0,5 mg P/l. En estudios llevados a cabo en Doñana, la extinción del 90% y del 100% de la vegetación sumergida se da cuando se alcanzan valores de 0,69 y 0,99 mgP/l respectivamente (Grupo de trabajo de Especies Exóticas Invasoras, 2020).

| | |
|-----------------------------------|---|
| | <p>En humedales temporales, la variación interanual de las precipitaciones y el tiempo de inicio de la inundación influyen en la germinación y crecimiento de las poblaciones, limitándolos a periodos donde existe disponibilidad de agua. En aguas permanentes se reproduce vegetativamente. La reproducción asexual o vegetativa es más frecuente y le permite un crecimiento muy rápido y expansivo. En condiciones ambientales óptimas, su productividad alcanza valores de 24 g de materia seca por m²/día y su tasa de crecimiento medio es del 15% diario, lo que indica que es capaz de doblar su masa en sólo 6 días. Frente a condiciones adversas, la especie responde con la producción de esporas que se liberan en el medio hasta que las condiciones vuelven ser favorables para su germinación. En aguas estancadas se han encontrado esporas viables de hasta tres años de antigüedad (Grupo de trabajo de Especies Exóticas Invasoras, 2020).</p> <p>En conclusión, los cambios en las condiciones ambientales de las masas de agua debido a actividades agrícolas y ganaderas también contribuyen decisivamente a su expansión. Probablemente los “blooms” observados en 2009 y 2020 en el Parque Natural del Tajo coinciden con altas concentraciones de fósforo en el agua asociado a las actividades ganaderas, junto a escaso caudal y elevadas temperaturas (y probablemente alta esporulación) que propician el crecimiento y desarrollo de la planta (Grupo de trabajo de Especies Exóticas Invasoras, 2020).</p> |
| <p>Impactos y amenazas</p> | <p><u>Sobre el hábitat</u></p> <p>En sistemas acuáticos eutrofizados <i>Azolla</i> crece rápidamente, y su capacidad para fijar nitrógeno atmosférico contribuye a la eutrofización de las aguas (CABI, 2022). <i>A. filiculoides</i> se ha encontrado en zonas de alto valor ecológico como el Parque Natural del Delta del Ebro y el Parque Nacional de Doñana, donde podría suponer una importante amenaza. Los densos tapices flotantes que puede llegar a formar, de 5-20 cm de grosor y hasta 10 hectáreas de extensión (McConnachie <i>et al.</i>, 2003; CABI, 2022), limitan la llegada de luz para las plantas sumergidas, impiden el intercambio gaseoso entre el aire y el agua y generan gran cantidad de materia en descomposición, induciendo procesos de anoxia. Esto hace que se produzcan fenómenos en cascada que inciden directamente sobre la biota nativa, altera la composición y funciones de los ecosistemas acuáticos y disminuye la calidad del agua debido a malos olores, color y turbidez (Grupo de trabajo de Especies Exóticas Invasoras, 2020).</p> <p><u>Sobre las especies autóctonas</u></p> <p>La falta de luz provocada por los tapices de <i>Azolla</i> impide que las plantas autóctonas puedan realizar la fotosíntesis, habiéndose documentado la disminución de los macrófitos sumergidos en zonas invadidas, y los fenómenos de anoxia y eutrofización asociados afectan a niveles tróficos superiores e inferiores, alterando el conjunto del ecosistema acuático (Hill <i>et al.</i>, 2020; Hussner, 2010; Pinero-Rodríguez <i>et al.</i>, 2021; (Grupo de trabajo de Especies Exóticas Invasoras, 2020).</p> <p>Se ha observado una reducción de las poblaciones y diversidad de fauna bajo los tapices de <i>Azolla</i> (Gratwicke y Marshall, 2001), permaneciendo generalmente las especies más generalistas o con mayor capacidad de adaptación a los medios eutróficos y pobres en oxígeno (Grupo de trabajo de Especies Exóticas Invasoras, 2020). Además, estos tapices modifican el hábitat de otras especies dependientes del agua: <i>Azolla</i> compite con plantas acuáticas que son el alimento y/o refugio de un buen número de aves palustres, anfibios, mamíferos, etc. (Cirujano, 2009) que ven dificultada o impedida la posibilidad de obtener alimento o, incluso, de reproducirse (Andreu y Vilà, 2007; Pinero-Rodríguez <i>et al.</i>, 2021).</p> |

| | |
|---|--|
| | <p><u>Sobre los recursos económicos asociados al uso del patrimonio natural</u></p> <p>Además de los impactos sobre los ecosistemas, las infestaciones severas de <i>Azolla</i> tienen importantes implicaciones en todos los aspectos de los usos del agua. Además de reducir su calidad y contribuir a la pérdida de agua por evapotranspiración, las grandes masas que genera pueden provocar problemas en infraestructuras hidráulicas, en actividades como la pesca y la navegación, en la agricultura y ganadería, etc. (CABI, 2022) y su presencia también supone una reducción importante en el valor estético del paisaje (Grupo de trabajo de Especies Exóticas Invasoras, 2020).</p> <p>En Sudáfrica, McConnachie <i>et al.</i> (2003), reportaron pérdidas de 589 dólares por hectárea y año debidos a la infestación de <i>Azolla</i>, principalmente en los sectores agrícola (71%), recreativo (24%) y municipal (5%) (CABI, 2022; NNSS, 2011). Estos impactos dañan la economía de las comunidades cuyos ingresos dependen de la pesca, turismo y deportes acuáticos. En el sector más afectado, el agrícola, los costes se asocian con el ahogamiento de ganado al confundir el tapiz de <i>Azolla</i> con suelo sólido, el reemplazo de bombas de irrigación y el establecimiento de suministros de agua alternativos. Otros costes misceláneos son la disminución de la venta de inmuebles cerca de cuerpos de agua infestados, costes de la continua limpieza de los filtros de bombas de agua, pérdida de productividad agraria y disminución de la pesca y otras actividades recreativas (NNSS, 2011; McConnachie <i>et al.</i> 2003; Hill <i>et al.</i>, 2020; CABI, 2022). El grado de alteración de los procesos de sedimentación, hidrología y subsiguiente suministro de servicios ecosistémicos de los humedales no se conoce, pero es probable que sea significativo (Hill <i>et al.</i>, 2020).</p> <p>El coste del control de las plantas acuáticas invasoras es también significativo, por ejemplo, en el río Guadiana, la eliminación de cerca de 200.000 toneladas de camalote (<i>Eichhornia crassipes</i>) en 75 km de río costó unos 14.680.000 euros (Ruiz-Téllez <i>et al.</i>, 2008), y entre 2005 y 2015 se gastaron en total 26 millones en el control de esta planta en el Guadiana (Duarte, 2017). McConnachie <i>et al.</i>, (2003) estimaron un coste de 276 dólares por hectárea y año asociados a la gestión y control de <i>A. filiculoides</i> en Sudáfrica.</p> <p><u>Sobre la salud humana</u></p> <p><i>Azolla</i> contribuye al desarrollo de enfermedades relacionadas con el agua o transmitidas por esta (CABI, 2022). Las masas de <i>Azolla</i> ralentizan el movimiento del agua, por lo que pueden constituir un hábitat ideal para la proliferación de mosquitos y las enfermedades asociadas (Grupo de trabajo de Especies Exóticas Invasoras, 2020).</p> |
| <p>Medidas y nivel de dificultad para su control</p> | <p>La prevención de la entrada de las especies invasoras es la estrategia más efectiva para evitar o minimizar riesgos, conlleva un coste mucho menor que la gestión y es la única forma de garantizar el éxito de un plan o actuación. Algunas actuaciones de prevención recomendadas son (Grupo de trabajo de Especies Exóticas Invasoras, 2020):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Disminuir los vertidos con altas concentraciones de fósforo que, por medio de la escorrentía, acaban en los cauces y zonas húmedas, facilitando el crecimiento de <i>Azolla</i>. Para ello es necesario fomentar el control de los vertidos producidos por el sector agropecuario, sustituir los fertilizantes por otros sin fosfato, fomentar el tratamiento y depuración de los desechos del ganado y concienciar a la población dedicada a estos sectores sobre esta problemática. |

- Formar a los agentes de medio rural para la detección temprana de la especie y para que transmitan sus conocimientos y recomendaciones de actuación a la población general.
- Formar a los comerciantes (incluyendo productores, distribuidores y responsables de venta) y controlar los lugares de venta de plantas ornamentales para evitar la posible comercialización ilegal, ya que la principal vía de entrada de *Azolla* ha sido su uso ornamental en acuariofilia y jardinería.
- Educar a la ciudadanía, especialmente a los usuarios vinculados a cursos fluviales y al medio natural en general (pescadores, empresas de turismo activo, fotógrafos de naturaleza, etc.) sobre la problemática de *Azolla* a través de charlas, panfletos y trípticos, señalética, etc., ya que pueden jugar un importante papel en la detección temprana de la especie.

Cuando la especie está ya presente en una masa de agua se debe actuar de inmediato teniendo en cuenta las circunstancias del lugar y la gravedad de la situación. La detección temprana debe basarse en un sistema de vigilancia continuo para detectar las plantas a un bajo nivel de densidad en sitios con alto riesgo de colonización masiva y, sobre todo, de alto valor para la conservación. Cuando las poblaciones son aún pequeñas o el área que ocupan es limitada, es posible actuar para evitar su establecimiento y expansión a otras zonas. La extracción manual y la colocación de barreras flotantes deben valorarse como métodos a aplicar en esta primera fase de invasión.

Cuando ya existe una población importante, se debe valorar si la situación permite implementar un programa de control. La experiencia demuestra que la erradicación es prácticamente imposible en esta fase de invasión, no obstante, las actuaciones de control pueden mitigar los impactos. Las opciones de control para *A. filiculoides* son muy limitadas debido a su capacidad de duplicar el área ocupada cada 7-10 días (Hussner, 2010). A continuación se describen los métodos existentes (Grupo de trabajo de Especies Exóticas Invasoras, 2020):

- **Métodos físicos:** retirada manual desde tierra o embarcaciones usando redes de malla muy fina y retirada mecánica mediante maquinaria pesada y bombas de succión cuando la invasión es de grandes dimensiones. En poblaciones existentes sobre suelos húmedos, además de esto, se ha llevado a cabo la incineración y posterior retirada de la capa de sustrato superior con retroexcavadoras para eliminar las esporas. Estos métodos no se recomiendan porque son poco selectivos y pueden producir un fuerte impacto en las especies autóctonas. Además, tras estas actuaciones es necesario realizar repoblar y adaptar las orillas, lo que supone un coste adicional. Se han sugerido técnicas que disminuyen la susceptibilidad del terreno a la invasión, como por ejemplo la desecación estival, que provoca estrés hídrico y salino a *Azolla*. El aumento de la turbulencia de las aguas o del grado de sombreo también han sido considerados. Estas técnicas también son generalmente poco selectivas, por lo que deberían utilizarse solo en poblaciones muy densas. Los resultados obtenidos tanto en España como en otras partes del mundo indican que los métodos físicos no son efectivos a largo plazo, pues la fragilidad de *Azolla* propicia su ruptura dando lugar a numerosos fragmentos que pueden rebrotar fácilmente, por lo que son necesarios repetidas actuaciones de control. Debido a la persistencia de esta planta en medios eutrofizados, los métodos de control físico deberían

| | |
|---|--|
| | <p>combinarse con la minimización de los vertidos en las masas de agua para restablecer los parámetros físico-químicos de las zonas afectadas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Métodos químicos: el control mediante herbicidas es inviable a largo plazo ya que las esporas de <i>Azolla</i> germinan continuamente y por lo tanto la aplicación debe ser continua. En 1997 en Sudáfrica se consiguió eliminar la invasión a corto plazo aplicando glifosato de forma continuada, pero con un elevado impacto sobre otras especies. Teniendo en cuenta los efectos negativos de los herbicidas tanto sobre la flora y fauna como sobre la salud humana y la calidad de las aguas, se desaconseja su aplicación en cualquier tipo de masas de agua. Además, la legislación nacional y europea no permite la aplicación directa de estos productos en ríos o humedales. • Métodos biológicos: en varios lugares del mundo se ha observado que el coleóptero <i>Stenopelmus rufinusus</i>, un parásito exclusivo de <i>A. filiculoides</i> proveniente de Norteamérica, ejerce un control muy eficaz sobre <i>Azolla</i>. En Sudáfrica fue introducido deliberadamente para controlar la población de esta especie, con resultados exitosos (Hill y Cilliers, 1999; McConnachie <i>et al.</i>, 2003, 2004; Cilliers <i>et al.</i>, 2003). La superficie total controlada fue de 203,5 hectáreas y los sitios infestados fueron controlados en 3-11 meses. <i>S. rufinusus</i> ha sido posteriormente liberado en Mozambique y Zimbabue y está demostrando ser un agente de control biológico exitoso también en estos países (Cilliers <i>et al.</i>, 2003). En otros como Reino Unido, Irlanda, Francia, Bélgica, Países Bajos y España (Pratt <i>et al.</i>, 2013) ha sido introducido accidentalmente. En la Península Ibérica se registró por primera vez en 2002, cerca del río Guadiana a su paso por Ciudad Real (Carrillo <i>et al.</i>, 2005), siendo lo más probable que su llegada haya sido fortuita con una importación de <i>Azolla</i> o de otra planta acuática contaminada con <i>Azolla</i>. En Andalucía, <i>S. rufinusus</i> fue citado en 2006, y en la Comunidad Valenciana en 2008. En los marjales de la Comunidad Valenciana se observó una súbita disminución del área total ocupada por <i>A. filiculoides</i>, hasta quedar reducida a menos de una hectárea y desaparecer dos de sus poblaciones conocidas, coincidiendo con la localización de <i>S. rufinusus</i> en el medio natural. El seguimiento en los cinco humedales valencianos con presencia de <i>A. filiculoides</i> y <i>S. rufinusus</i> muestra que las poblaciones del helecho oscilan de año en año sin alcanzar su máximo poblacional registrado en 2009, posiblemente como consecuencia del control al que las somete el insecto. Adicionalmente, en 2012 se realizó una experiencia de traslocación que también mostró el potencial del insecto para controlar eficazmente la invasión de <i>A. filiculoides</i> en las condiciones ambientales de la Comunidad Valenciana. Además, no son necesarias intervenciones posteriores, el insecto tiene buena capacidad de dispersión y es capaz de buscar activamente nuevas poblaciones de <i>A. filiculoides</i>, y no se producen daños sobre especies autóctonas ni molestias a la ciudadanía. |
| <p>Conclusión análisis de riesgo</p> | <p>El resultado del análisis de riesgo de <i>Azolla</i> spp. determina que el riesgo de estas especies es ALTO en base a su elevado impacto sobre los hábitats acuáticos y alteración del equilibrio de los ecosistemas, además del impacto económico sobre todas las actividades ligadas al uso del agua y la dificultad de controlar a esta especie una vez establecida.</p> |
| <p>Bibliografía</p> | <p>Andreu, J., Vilà, M. 2007. Análisis de la gestión de las plantas exóticas en los espacios naturales españoles. <i>Revista Ecosistemas</i>, 16(3): 109-124.</p> |

Bánki, O., Roskov, Y., Döring, M., Ower, G., Vandepitte, L., Hobern, D., Remsen, D., Schalk, P., DeWalt, R. E., Keping, M., Miller, J., Orrell, T., Aalbu, R., Adlard, R., Adriaenssens, E. M., Aedo, C., Aescht, E., Akkari, N., Alexander, S., et al. 2022. Catalogue of Life Checklist (Version 2022-09-25). Catalogue of Life. <https://doi.org/10.48580/dfgc>

CABI, 2022. Invasive Species Compendium. Wallingford, UK: CAB International. www.cabi.org/isc

Campos, J.A., Herrera, M. 2009. Diagnósis de la Flora alóctona invasora de la CAPV. Dirección de Biodiversidad y Participación Ambiental. Departamento de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Gobierno Vasco. 296 pp. Bilbao. Disponible en: http://www.invasep.eu/flora_alo_invas_capv.pdf Fecha de acceso: 02/08/2022.

Carrillo, J.F., Carrillo, E.F., Alonso-Zarazaga, M.A. 2005. Primera cita de *Stenopelmus rufinasus* Gyllenhal, 1835 en la Península Ibérica (Coleoptera, Erihynidae). *Graellsia*, 61(1): 139-140.

Cilliers, C.J., Hill, M.P., Ogwang, J.A., Ajuonu, O. 2003. Aquatic weeds in Africa and their control. *Biological control in IPM systems in Africa*: 161-178.

Cirujano S. 2009. Un helecho acuático pone en peligro el ecosistema de las marismas de Doñana. El Diario del Jardín Botánico. PERIÓDICO SEMESTRAL. Nº. 3 PRIMAVERA/ VERANO 2009.

Duarte, L. 2017. Water hyacinth invasion on Guadiana River. Some number, facts and thoughts. Steemit. Biology-Blogs <https://steemit.com/biology/@liliana.duarte/water-hyacinth-invasionon-guadiana-river-some-numbers-facts-and-thoughts> Accessed 15 Jun 2017

García-Murillo, P., Fernández-Zamudio, M.D.R., Cirujano-Bracamonte, S., Sousa-Martín, A., Espinar, J.M. 2006. The invasion of Doñana National Park (SW Spain) by the mosquito fern (*Azolla filiculoides* Lam.). *limnetica*, 26(2): 243-250.

García-Murillo, P. 2006. Las plantas acuáticas invasoras. El caso de *Azolla* en Doñana. En: Especies exóticas invasoras en Andalucía, talleres provinciales 2004-2006. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, pp149-157.

GB Non-native Species Secretariat (NNSS). 2011. *Azolla filiculoides* Risk Assessment. <https://www.nonnativespecies.org/non-native-species/risk-analysis/risk-assessment/#Riskassessments>

Gobierno de Aragón. 2022. Plantas terrestres invasoras peligrosas en Aragón. Disponible en: https://www.aragon.es/documents/20127/674325/FLORA_TERRESTR_E.pdf/83a7de4d-ec51-956b-6efc-fc6f8ede1797 Fecha de acceso: 02/08/2022.

Gratwicke, B., Marshall, B.E. 2001. The impact of *Azolla filiculoides* Lam. on animal biodiversity in streams in Zimbabwe. *African Journal of Ecology*, 39 (2): 216-218.

Grupo de trabajo de Especies Exóticas Invasoras. 2020. Protocolo de prevención, detección temprana y control de *Azolla* (Helecho de agua).

Grupo de Trabajo de Especies Exóticas Invasoras, Comité de Flora y Fauna Silvestres. Informe no publicado.

Hill, M.P., Cilliers, C.J. 1999. *Azolla filiculoides* Lamarck (Pteridophyta: Azollaceae), its status in South Africa and control. *Hydrobiologia*, 415: 203-206.

Hill, M.P., Coetzee, J.A., Martin, G.D., Smith, R., Strange, E.F. 2020. Invasive Alien Aquatic Plants in South African Freshwater Ecosystems. B. W. van Wilgen et al. (eds.), *Biological Invasions in South Africa, Invading Nature - Springer Series in Invasion Ecology* 14, https://doi.org/10.1007/978-3-030-32394-3_4

Hussner, A. 2010. NOBANIS – Invasive Alien Species Fact Sheet – *Azolla filiculoides*. – From: Online Database of the European Network on Invasive Alien Species – NOBANIS www.nobanis.org

McConnachie, A.J., De Wit, M.P., Hill, M.P., Byrne, M.J. 2003. Economic evaluation of the successful biological control of *Azolla filiculoides* in South Africa. *Biological Control*, 28: 25-32.

McConnachie, A.J., Hill, M.P., Byrne, M.J. 2004. Field assessment of a frond-feeding weevil, a successful biological control agent of red waterfern, *Azolla filiculoides*, in southern Africa. *Biological control*, 29(3): 326-331.

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). 2019. Invasive Alien Species Report. <http://cdr.eionet.europa.eu/es/eu/ias/envxjdxq> Fecha de acceso: 10/07/2020.

Mvandaba, S.F., Owen, C.A., Hill, M.P., Coetzee, J.A. 2018. The thermal physiology of *Stenopelmus rufinus* and *Neohydronomus affinis* (Coleoptera: Curculionidae), two biological control agents for the invasive alien aquatic weeds, *Azolla filiculoides* and *Pistia stratiotes* in South Africa, *Biocontrol Science and Technology*, DOI: 10.1080/09583157.2018.1525484

Ojeda Land, E., Mesa Coello, R. 2008. Gobierno de Canarias. Banco de datos de especies introducidas en Canarias. Disponible en: <https://www.biodiversidadcanarias.es/exos/especie/F01928> Fecha de acceso: 02/08/2022.

Pereira, A.L., Teixeira, G., Sevinate-Pinto, I., Antunes, T., Carrapiço, F. 2001. Taxonomic re-evaluation of the *Azolla* genus in Portugal. *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 135(3): 285-294.

Pinero-Rodríguez, M.J., Fernández-Zamudio, R., Arribas, R., Gómez-Mestre, I., Díaz-Paniagua, C. 2021. The invasive aquatic fern *Azolla filiculoides* negatively impacts water quality, aquatic vegetation and amphibian larvae in Mediterranean environments. *Biological Invasions*, 23: 755-769.

Pratt, C.F., Shaw, R.H., Tanner, R.A., Djeddour, D.H., Vos, J.G.M. 2013. Biological control of invasive non-native weeds: an opportunity not to be ignored. *Entomologische Berichten*, 73(4): 144-154. <http://www.nev.nl>

Reeder, E.T.G., Bacon, M.J., Caiden, R.J., Bullosk, P., González-Moreno,

R.H. 2018. Effect of population density of the *Azolla* weevil (*Stenopelmus rufinasus*) on the surface cover of the water fern (*Azolla filiculoides*) in the UK. *Biological control*, 63: 185–192.

Ruiz-Télez, T., Martín de Rodrigo López, E., Lorenzo-Granado, G., Albano-Pérez, E., Morán-López, R., Sánchez-Guzmán, J. 2008. The water hyacinth, *Eichhornia crassipes*: an invasive plant in the Guadiana River Basin (Spain). *Aquat Invasions* 3: 42–53. <https://doi.org/10.3391/ai.2008.3.1.8>

Sanz Elorza, M., Dana Sánchez, E.D., Sobrino Vesperinas, E. (eds). 2004. Atlas de las plantas alóctonas invasoras en España. Dirección General para la Biodiversidad. Madrid, 384 pp.

Szczesniak, E., Blachuta, J., Krukowski, M., Picinska-Faltynowicz, J. 2009. Distribution of *Azolla filiculoides* Lam.[Azollaceae] in Poland. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 78(3): 241-246.

Xunta de Galicia. 2022. Flora invasora de Galicia. Disponible en: https://cmatv.xunta.gal/seccion-feitos-vitais?content=Direccion_Xeral_Conservacion_Natureza/Biodiversidade/seccion.html&sub=Informacion_especies/&ui=Direccion_Xeral_Conservacion_Natureza/Dinamico/Especies/Invasoras/Flora/especie_0013.html Fecha de acceso: 02/08/2022.

Fecha de realización de la ficha: octubre de 2022