

2.11

[ESPECIES EXÓTICAS. ECOLOGÍA. DISTRIBUCIÓN E IMPACTOS]

LAS PLANTAS ACUÁTICAS INVASORAS. EL CASO DE *Azolla* EN DOÑANA

PALABRAS CLAVE

Flora Exótica, *Azolla*, jacinto de agua, plantas acuáticas, macrófitos acuáticos, Doñana.

RESUMEN

Las plantas acuáticas incluyen diversas especies como: *Eichhornia crassipes*, *Hydrilla verticillata* o *Salvinia molesta*, que, debido a sus especiales características fisiológicas y reproductivas y a las alteraciones que producen en el medio, constituyen una excelente manera para conocer la forma de actuar de las especies exóticas invasoras.

Una de estas especies: *Azolla filiculoides* ha aparecido recientemente en el Parque Nacional de Doñana (SW España), extendiéndose rápidamente por toda la marisma y alcanzando incluso las lagunas sobre las arenas. Su forma de crecimiento, formando densos tapetes que cubren por completo la superficie del agua y la posibilidad de fijar nitrógeno atmosférico, auguran importantes cambios en los ecosistemas acuáticos del Parque Nacional de Doñana. Asimismo, la presencia de otras especies en las inmediaciones del Parque Nacional de Doñana indica que el problema de *Azolla*, no es un problema aislado, sino que está incluido en el proceso global de expansión de las especies exóticas invasoras, consecuencia de las alteraciones de los hábitat naturales producidos por el hombre.

ABSTRACT

Aquatic plants include some species as: *Eichhornia crassipes*, *Hydrilla verticillata* or *Salvinia molesta*, which due to special physiological and reproductive characters and the problems they cause in native ecosystems, they constitute an excellent way to know the behavior of Invasive exotic species.

One of this kind of species: *Azolla filiculoides*, has recently been found in the Doñana National Park (SW Spain). It has quickly spread over Doñana's marshland and has arrived to the sandy ponds even. Its growing mode, that makes a dense carpet over the water surface, and its ability to fix the atmospheric nitrogen, predicted important changes in the marshland ecosystem of Doñana National Park. Besides, the appearance of others exotic species in the neighborhood of Doñana National Park, points to *Azolla* is not an isolated case. It is part of the global process, effect of the men's disturbances on natural habitats.

LAS PLANTAS ACUÁTICAS INVASORAS. EL CASO DE *Azolla* EN DOÑANA

Pablo García Murillo

Dpto. Biología Vegetal y Ecología. Facultad de Farmacia. Universidad de Sevilla
pgarcia@us.es

INTRODUCCIÓN

Las actividades humanas han llevado consigo una importante modificación en los procesos biogeográficos responsables de la distribución de las especies. En consecuencia, muchas de estas actividades han supuesto la ruptura de barreras biogeográficas que impedían a determinadas especies alcanzar ciertos territorios y la reducción de su aislamiento continental.

Si bien estos procesos han estado presentes desde que el hombre comenzó a dominar los ecosistemas de su entorno, ha sido a partir del siglo XIX, con el desarrollo de los medios de transporte y el enorme incremento de los viajes intercontinentales, cuando estos se han hecho especialmente relevantes.

La natural colonización de un nuevo hábitat, que viene ocurriendo de forma continuada desde tiempos geológicos, se ha visto de esta forma gravemente alterada. Las nuevas formas de dispersión (usando los medios de transporte humanos) y la transformación de los ecosistemas naturales para el aprovechamiento de sus recursos, son la causa de que en la actualidad resulten cada vez más habituales las noticias sobre los problemas que ocasionan las especies exóticas invasoras.

Las consecuencias de esta situación no sólo afectan a la biodiversidad, estructura y funcionalidad de los ecosistemas que reciben este tipo de especies, sino que también inciden seriamente en la actividad humana, provocando en ciertos casos cuantiosas pérdidas económicas. La gravedad del problema es tal que en los últimos 20 años, en los Estados Unidos de América, se han desarrollado diversas leyes para implementar la monitorización de las especies exóticas invasoras. Leyes que han culminado con una "Presidential Executive Order" (Clinton, 1999) para llevar a cabo políticas federales en esta línea. Para dar una idea, se estiman en unos 138 billones de dólares por año el coste de las pérdidas producidas por estos organismos en Estados Unidos (Pimentel *et al.*, 2000).

LAS PEORES PLANTAS ACUÁTICAS

A este respecto, el grupo de las plantas acuáticas proporciona ejemplos que ilustran perfectamente las ideas expuestas en el párrafo anterior. Se trata de unos organismos bastante discretos en nuestro territorio, pero que incluyen entre sus efectivos a algunas de las más espectaculares especies exóticas invasoras.

En nuestro territorio la mayoría de las plantas acuáticas son poco conspicuas, con flores pequeñas y poco vistosas. Además, para observarlas bien, es preciso meterse en el agua y, en general, su identificación suele ser complicada. Por esta razón, con alguna excepción (como los nenúfares), la mayoría de ellas no tienen nombre común y resultan desconocidas incluso para la mayor parte de los naturalistas, técnicos y aficionados a la naturaleza. En cambio, en otras partes del mundo (Figura 1), resultan ser organismos muy bien conocidos; ello se debe a los problemas que causan a la actividad humana. La práctica totalidad de estas especies "molestas" pertenecen al grupo de las especies exóticas invasoras (Tabla 1).

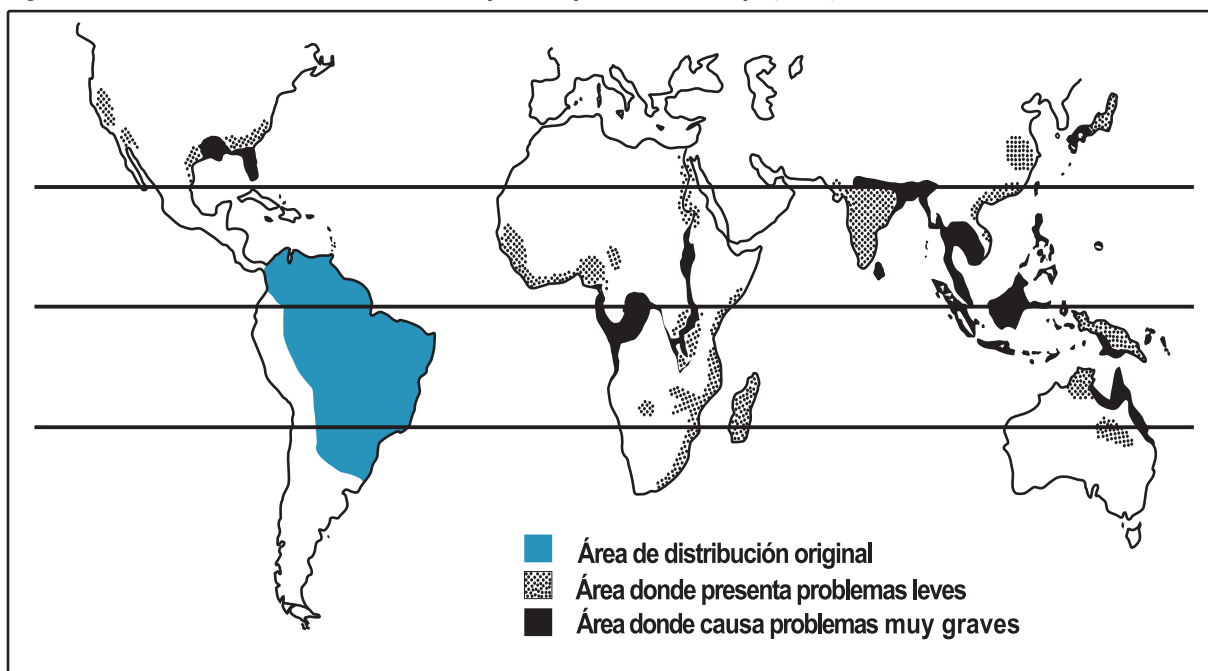
Figura 1. Principales lugares del mundo donde las plantas acuáticas invasoras ocasionan problemas a la actividad humana



TABLA 1. Principales especies acuáticas invasoras

ESPECIES	ORIGEN
Sumergidas	
<i>Egeria densa</i>	S. América
<i>Elodea canadensis</i>	N. América
<i>Hydrilla verticilla</i>	S. Asia
<i>Lagarosiphon major</i>	África
<i>Ceratophyllum demersum</i>	Subcosmopolita
<i>Myriophyllum aquaticum</i>	S. América
<i>Myriophyllum spicatum</i>	Europa, África, Asia
Flotantes	
<i>Azolla filiculoides</i>	América
<i>Eichhornia crassipes</i>	S. América
<i>Pistia stratiotes</i>	Trópicos
<i>Salvinia molesta</i>	S. América

Figura 1. Área de distribución de *Eichhornia crassipes*. Adaptado de Sculthorpe (1967)



Así, *Eichhornia crassipes*, el jacinto de agua, resulta ser el paradigma del vegetal devastador. Su forma de introducción, sus cualidades y los problemas que ha originado constituyen el arquetipo de la planta acuática exótica invasora.

Eichhornia crassipes, es una Monocotiledónea que pertenece a la familia de las Pontederiaceas. Su área natural de distribución se extiende por el NW del continente sudamericano (Figura 2). Se trata de una planta de aspecto extraño: flota libremente en la superficie del agua y posee unas hojas con los pecíolos engrosados (que funcionan como flotadores), dispuestas en rosetas de unos 30 cm de diámetro; tiene asimismo unas grandes flores de un hermoso color azul que se agrupan en número de 5-30 en una vistosa inflorescencia. Atributos que hacen que *Eichhornia crassipes* resulte una planta tremendamente atractiva para cualquier persona.

Eso fue lo que debieron pensar los miembros de la delegación japonesa en la "Cotton Centennial Exposition" (celebrada en 1884 en New Orleans), al repartir entre los visitantes de su pabellón macetas de esta original planta. El regalo, procedente de Venezuela, fue todo un éxito y los visitantes quedaron sorprendidos ante la extraña belleza de estos vegetales y, ya en su casa, por lo fácil que resultaba su cultivo. De tal forma, que algunos de ellos soltaron plantas de *Eichhornia* en estanques, ríos y lagos de su vecindario. Al poco tiempo, en 1890, ya aparecía naturalizada en numerosos lugares de Florida y en 1895 se encontraba en estados tan lejanos como California y estaba empezando a convertirse en una plaga. Su peculiar forma de crecimiento: formando tapetes que cubrían rápidamente la superficie del agua, llevó consigo numerosos problemas para las actividades humanas: colapsaba los cursos de agua, dificultaba o impedía la navegación, limitaba las pesquerías, etc. Hoy, después de 121 años de presencia en Norteamérica, esta plaga aún no ha sido erradicada y se encuentra extendida por los cinco continentes.

Al igual que otros organismos exóticos invasores, el éxito de *Eichhornia crassipes* reside en su capacidad para soportar un amplio rango de condiciones del medio, en la rapidez con que tiene lugar su crecimiento, en su potencial reproductivo y en la eficacia de su dispersión. A este respecto hay que señalar que se multiplica vegetativamente mediante estolones (en 6-15 días puede duplicar el tamaño de la población, por este medio) y sexualmente mediante semillas, que puede producir en un elevado número (en torno a 400 por cápsula). Y

sobre todo, que resulta muy atractiva para el hombre, el cual se ha encargado de propagarla por todos los rincones del mundo. Esta combinación de cualidades convierten a *E. crassipes* en una auténtica "bomba de relojería" capaz de transformar rápidamente los medios que invade. Véase, por ejemplo, el caso del Lago Victoria, un lugar completamente transformado tras la invasión de esta planta, tal como se hacía eco la prensa en el año 1999 (Prados). O, sin ir más lejos, los graves problemas que están causando recientemente en la cuenca extremeña del Guadiana, donde la Confederación Hidrográfica del Guadiana lleva invertidos más de 7 millones de euros en su control (Cifuentes *et al.*, 2007). Todos estos rasgos han hecho que *Eichhornia crassipes* figure entre los "100 of the World's Worst Invasive Alien Species" en la selección que Lowe *et al.*, (2000) hicieron para la Comisión de la UICN encargada de los organismos exóticos invasores.

Otra acuática invasoras tristemente famosa, que sigue un patrón parecido al de *Eichhornia crassipes*, es *Hydrilla verticillata*.

Es también una Monocotiledónea que se incluye en la familia de las Hydrocharitaceas. A diferencia de *E. crassipes*, es una planta sumergida y enraizada en el fondo, que se caracteriza por presentar hojas sentadas en verticilos de tres, con el margen serrulado y flores unisexuales muy pequeñas e inconspicuas (Foto 3). Su origen está en las regiones templadas de Asia, pero en la actualidad causa importantes problemas en los ecosistemas del sur de los Estados Unidos, Australia, Nueva Zelanda, y algunos lugares de África y Europa. Se trata de una especie muy agresiva que se propaga muy rápidamente y, si bien necesita estar sumergida en agua para vivir, compensa esta desventaja con la facilidad que tiene para multiplicarse vegetativamente: es capaz de producir asexualmente turiones y tubérculos. Ambas estructuras pueden ser arrastradas por las corrientes a una gran distancia y producir rápidamente nuevas plantas y, en el caso de los tubérculos, resisten el efecto de los herbicidas o la predación de los peces al quedar enterrados en el suelo.

Su propagación en Estados Unidos ha sido espectacular. Se trata de una planta usada como ornamental para acuarios que fue encontrada naturalizada en un canal cerca de Miami en 1960. En 1995, en Florida, cubría 40.000 Ha, el 43% de las aguas de los lagos públicos. En 2001 ya estaba presente como plaga en 21 estados, siendo especialmente prolífica en los estados del sur. Ello ha llevado a algunos investigadores, como Langeland (1996) a calificarla como "La mala hierba acuática perfecta", este autor señala que el coste estimado de las tareas que se realizaron para controlar su expansión en el estado de Florida durante 1994-1995 fue de 14.5 millones de dólares, ya que al igual que *Eichhornia crassipes* causa numerosos problemas a diversas actividades humanas: obstrucción de canales, impide la navegación, altera los flujos de agua, etc.

El tercer puesto en este podio lo podría ocupar *Salvinia molesta*. Se trata de una Pteridofita (grupo de plantas al que pertenecen los helechos) acuática de la familia de las Salviniaceas. Es una planta flotante que se multiplica rápidamente disponiéndose en densos tapetes en la superficie del agua. Y, aunque no puede reproducirse sexualmente (es un pentaploide), su velocidad de crecimiento es impresionante y su tolerancia a todo tipo de aguas, también. Es una planta de origen sudamericano que ha aparecido recientemente como plaga en diversos lugares del mundo: S. Asia, Australia, Estados Unidos o Sudáfrica. En Estados Unidos apareció en 1995 y desde entonces se ha extendido a 12 estados. Según U. S. Geological Survey (2004), en laboratorio la población de partida se duplica cada 2-4 días. En el campo, en condiciones buenas, su biomasa se duplica cada 10 días. Asimismo, esta institución refiere el caso de un lago de 40 millas cuadradas cubierto completamente de *S. molesta* después de tres meses tras la aparición de una única planta de esta especie. Muchos de los expertos en estos organismos se refieren a *Salvinia molesta* como "la peor planta acuática".

AZOLLA EN DOÑANA

Podría pensarse que, aunque estos casos resultan tremendos, están ocurriendo en otros lugares que se encuentran, por fortuna, a mucha distancia de nuestro territorio. Desgraciadamente no es así, lo cierto es que “ya están aquí”. Pueden encontrarse numerosas referencias (que se están incrementando en los últimos años) sobre la presencia de algunas de estas especies en la Península Ibérica y, lo que resulta aún peor, sus efectos se están empezando a sentir. Uno de nuestros espacios naturales protegidos más emblemáticos, el Parque Nacional de Doñana (en adelante P. N. D.), como se verá a continuación, está en la actualidad invadido por una planta acuática exótica: *Azolla filiculoides*.

Azolla filiculoides es una Pteridofita acuática de la familia de las Salviniáceas, su origen se encuentra en América. Es fácilmente reconocible: las plantas, que flotan en la superficie del agua, están formadas por pequeños tallitos ramificados (de unos 5 cm), completamente cubiertos por diminutas hojas escumiformes, de color verde o rojizo y con numerosas raicillas adventíceas. Estas plantas se disponen, al igual que *E. crassipes* o *S. molesta*, formando densos tapetes. Hacen desaparecer la vegetación sumergida, producen anoxia y alteran los movimientos del agua. Además, su habilidad para hacer simbiosis con cianobacterias le permite fijar directamente el nitrógeno atmosférico (entre 3-5 Kg/Ha). También, al igual que otras invasoras, *Azolla* crece rápidamente, siendo capaz de duplicar su biomasa en tres días. Por otra parte, es tremendamente fértil, posee la capacidad de multiplicarse vegetativamente mediante fragmentación y se reproduce sexualmente mediante esporas.

En España ha sido observada en varios lugares (García Murillo et al., 2007), si bien no existían noticias de que hubiera causado problemas. En cambio, pueden encontrarse referencias sobre problemas causados por *A. filiculoides* en algunos embalses portugueses los años 1993 y 1995 (Carrapiço et al., 1998).

Según García Murillo et al., (2004a), y Fernández Zamudio et al. (2006) en el año 2001, técnicos del P. N. D. confirmaron la presencia de *Azolla filiculoides* en una zona de la marisma del Parque. Dicha especie, al parecer, ya había sido observada el año anterior por personal de la Estación Biológica de Doñana, si bien no fue identificada. Desde entonces *A. filiculoides* se ha extendido por toda la marisma del Parque encontrándose tanto en las zonas de aguas más dulces (proximidades del Caño Guadiamar o la Marisma junto a las Pajareras) como en los lugares con aguas más salinas (Lucio del Membrillo o Caño de Brenes). Lugares tan remotos como la Laguna del Hondón, en cuyos alrededores se encuentra la única población funcional de *Hydrocharis morsus ranae* del SW de Europa (García Murillo et al., 2001) han sido rápidamente invadidos por esta Pteridofita. La invasión ha sido tan espectacular, que al final de la primavera, en los últimos años, esta especie ha formado impresionantes tapices de más de 10 cm de espesor (Foto 5) que impiden el desarrollo de la rica vegetación autóctona sumergida. Tapetes de tales dimensiones que son perfectamente visibles por la avioneta que utiliza la E. B. D. para los censos de aves. Y continúa avanzando, en Abril de 2004 se encontró en una de las lagunas sobre las arenas de la Reserva Biológica de Doñana y en Mayo de ese mismo año la pudimos observar, en la otra orilla del Guadalquivir, en un canal próximo al Pinar de la Algaida, en Sanlúcar de Barrameda (Cádiz).

Aparte de lo espectacular del caso, el problema que plantea la presencia de esta especie en Doñana es de una gran complejidad; ya que si continúa su expansión, podría verse muy mermado o desaparecer en su mayoría el rico tapiz de macrófitos de la marisma, incrementarse la eutrofización de sus aguas y volverse anóxicas las capas más profundas. Ello conllevaría un gran cambio en los ecosistemas marismes, en su estructura, metabolismo y biodiversidad. Por otra parte, los únicos métodos que se pueden utilizar para su control en este espacio natural (sin provocar importantes alteraciones en los ecosistemas autóctonos) son los medios mecánicos, los cuales no han resultado eficaces en absoluto (García Murillo et al., 2004b). Los otros métodos de control: herbicidas y lucha biológica, entrañan demasiados riesgos para ser utilizados en un espacio natural protegido tan valioso. Quizá una rápida actuación sobre las primeras plantas observadas o un conocimiento detallado de la biología de esta especie hubiera resultado un remedio eficaz. Quién sabe. En un estudio reciente (Cirujano et al., 2008) se estima que en 2007 *Azolla* llegó a ocupar 4363 hectáreas de la marisma de Doñana.

TABLA 2. Especies vegetales exóticas encontradas en ecosistemas autóctonos de los alrededores del Parque Nacional de Doñana. (Adaptado de Cobo et al., 2003)

TAXÓN	LOCALIDAD	PROCEDENCIA
<i>Abutilon theophrasti</i> Medik.	Sur de Asia	Andévalo (H)
<i>Ammannia robusta</i> Heer y Regel	América	Andévalo (H)
<i>Asparagus asparagoides</i> (L.) Druce	África del Sur	Andévalo (H)
<i>Azolla filiculoides</i> Lam.	América	Litoral (H), Marisma (Se)
<i>Bergia capensis</i> L.	Asia y África Tropical	Marisma (Se)
<i>Bidens frondosa</i> L.	América	Andévalo (H)
<i>Bidens pilosa</i> L.	América	Litoral (H)
<i>Cestrum parqui</i> L'Hér.	América del Sur	Litoral (H)
<i>Cyperus difformis</i> L.	Asia	Marisma (Se)
<i>Chamaecybe maculata</i> (L.) Small	América del Norte	Litoral (H)
<i>Chenopodium pumilio</i> R. Br.	Oceanía	Andévalo (H), Litoral (H)
<i>Chloris gayana</i> Kunth	África del Sur	Litoral (H)
<i>Cucumis myriocarpus</i> Naudin subsp. <i>myriocarpus</i>	África del Sur	Andévalo (H)
<i>Dichondra micrantha</i> Urban	Antillas	Litoral (H)
<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.	América del Sur	Marisma (Se)
<i>Diplachne fascicularis</i> (Lam.) Beauv.	América	Litoral (H)
<i>Diplachne uninervia</i> (C. Presl.) Parodi	América	Marisma (Se)
<i>Echinochloa colonum</i> (L.) Link	América	Marisma (Se)
<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) Bauv.	América	Marisma (Se)
<i>Echinochloa oryzoides</i> (Ard.) Scop	América	Marisma (Se)
<i>Eclipta prostrata</i> (L.) L.	América	Marisma (Se)
<i>Erigeron karvinskianus</i> DC.	México	Andévalo (H)
<i>Galenia secunda</i> (L. fil) Sonder	África del Sur	Litoral (H)
<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	América del Sur	Litoral (H)
<i>Killingia brevifolia</i> Rottb.	Pantropical, América y Asia	Litoral (H)
<i>Lepidium sativum</i> L.	Persia y Egipto	Litoral (H)
<i>Oenothera rosea</i> L'Hér. ex Aiton	América	Litoral (H)
<i>Oxalis latifolia</i> Kunth	América	Litoral (H)
<i>Panicum miliaceum</i> L.	Asia	Condado (H), Litoral (H)
<i>Pistia stratiotes</i> L.	Trópicos	Algaida (Ca)
<i>Solanum sisymbriifolium</i> Lam.	América del Sur	Litoral (H)
<i>Spartina patens</i> auct. pl., non (Ait.) Muhl	América	Litoral (H)
<i>Sagittaria montevidensis</i> Cham et Schlecht	S. América	Marisma (Se)
<i>Tetragonia tetragonoides</i> (Pallas) O. Kuntze	Nueva Zelanda	Litoral (H)
<i>Tragus racemosus</i> (L.) Allioni	Trópicos	Litoral (H)

NUEVAS AMENAZAS

Durante el año 2002 en la marisma del Parque Natural de Doñana aparecieron algunas plantas de *Sagittaria montevidensis* Cham. y Schlecht., una planta acuática sudamericana. Una rápida actuación de la Consejería de Medio Ambiente terminó con estas plantas, en ese momento. Igualmente, en Noviembre de 2004, agentes de la Consejería de Medio Ambiente advirtieron la presencia de una gran mancha de unos 3 km de longitud, de *Pistia stratiotes* L. (otra planta acuática exótica con un amplio currículo como invasora, ver García Murillo

et al., 2005) en un lugar muy próximo al Parque Nacional de Doñana: el Caño Martín Ruiz (Sanlúcar de Barrameda, Cádiz). En Diciembre de 2004, la Consejería, a la vista de la magnitud de la mancha y de la proximidad al Parque Nacional de Doñana decidió iniciar las tareas para su erradicación.

Finalmente, en la Tabla 2 pueden verse las especies exóticas localizadas en las inmediaciones del P.N.D. A partir de dicha tabla y de lo expuesto anteriormente, puede deducirse que este espacio natural protegido se encuentra bajo una constante amenaza, en lo referente a las especies vegetales exóticas invasoras. Y aunque el P. N. D. dedica notables esfuerzos, con un éxito considerable, al control y a la erradicación de estas especies, es preciso mantenerse alerta e incrementar las medidas de control para que las invasiones de estas especies no tengan éxito.

EPÍLOGO

A partir de lo expuesto puede concluirse que resulta imprescindible tener en cuenta a las especies exóticas invasoras en la gestión de la conservación y los espacios naturales protegidos. Urge tomar medidas.

Es necesario incrementar los conocimientos que se tienen sobre la biología de estas especies, disponer de bancos de datos sobre las mismas, sus áreas de distribución, su ecología. Cuanto más conocimiento se tenga sobre estas especies más eficaces serán las tareas de control que sobre ellas se lleven a cabo.

Por otro lado, otros países llevan ya un tiempo trabajando sobre el problema que suponen estos organismos, sería preciso aprender de sus experiencias y aprovechar sus conocimientos. Sus resultados muestran de forma unánime que los mayores éxitos en el control se obtienen con la detección precoz, sería conveniente trabajar en esta línea. Asimismo advierten que la educación juega un papel fundamental, es necesario divulgar el riesgo que suponen estas especies en los ecosistemas de nuestro territorio y los gastos que las tareas de control y erradicación traen consigo. Es necesario que estos conocimientos trasciendan de los técnicos de la conservación y de la comunidad científica. Es preciso que lleguen a otros colectivos que participan de manera muy importante en este proceso: agricultores, ganaderos, viveristas, jardineros, ayuntamientos, autoridades portuarias, ecologistas, etc. De esta forma se podrían evitar incongruencias tales como usar en jardines públicos especies con un dilatado historial como invasora, especialmente en lugares próximos a espacios naturales protegidos, donde se destinan considerables esfuerzos para el control de este tipo de especies.

También resulta necesario desarrollar una legislación que apoye todas estas acciones y defina claramente la manera de trabajar con ciertas especies. A este respecto las "listas negras" usadas en otros países podrían ser de gran ayuda.

Por último habría que tener presente que la alteración de los ecosistemas autóctonos constituye la vía de entrada de las especies exóticas, que aprovechan los desequilibrios producidos en los ecosistemas alterados para instalarse en ellos. Un ecosistema en buen estado de conservación no tiene ningún "hueco" libre para que lo ocupe una especie exótica. Quizá el mantenimiento de la integridad de los ecosistemas autóctonos sea la mejor defensa contra la invasión de especies exóticas.

REFERENCIAS

- Carrapiço, F.; Costa, M. H.; Teixeira, G. y Baioa, M. V. 1998. A New evaluation of some Azolla blooms: The Guadiana Case. Lisbon. *10th EWRS Symp. On Aquatic Weeds*, 249-252.
- Clinton, W. J. 1999. Executive order: Invasive species, citado en Myers, J. H. y Bazely, D. R. 2003. *Ecology and Control of Introduced plants*. Cambridge. Cambridge University Press.
- Cobo, M. D.; Sánchez Gullón, E. y García Murillo, P. 2003. Datos acerca de la presencia y gestión de especies invasoras y xenófitas en un espacio protegido europeo paradigmático. En Capdevilla Argüelles, L., Zilletti, B. y Pérez Hidalgo, N. Eds. *Contribuciones al conocimiento de las especies invasoras en España*. León. Grupo de Especies Invasoras Ed. G. E. I., Serie Técnica, 38-41.
- García Murillo, P.; Cirujano, S.; Medina, L. y Sousa, A. 2001. Las plantas acuáticas también sufren ¿Se extinguirá *Hydrocaris morsus ranae* L. de la Península Ibérica?. *Quercus*, **183**: 27-29.
- García Murillo, P.; Cobo, M. D.; Sánchez Gullón, E. y Garrido, H. 2004. Plantas exóticas e invasoras en Doñana. *Medio Ambiente*, **46**: 45-53.
- García Murillo, P.; Dana Sánchez, E. y Rodríguez Hiraldo, C. 2005 b. La lechuga de agua amenaza con invadir Doñana. *Quercus*, **232**: 36-37
- Langeland, K.A. 1996. *Hydrilla verticillata* (L.F.) Royle (Hydrocharitaceae), "The Perfect Aquatic Weed". *Castanea*, **61**: 293-304.
- Lowe S. J.; Browne, M. y Boudjelas, S. 2000. *100 of the World's Worst Invasive Alien Species*. Auckland. IUCN/SSC Invasive Species Specialist Group (ISSG).
- Pimentel, D.; Lach, L.; Zuniga, R. y Morrison, D. 2000. Environmental and economic costs of non indigenous species in the United States. *BioScience*, **50** (1): 53-64.
- Prados, L. 1999. El mayor lago de África se muere por la introducción de las especies foráneas. *El País*, 21 Noviembre 1999. *Sociedad*: 32.
- Sculthorpe, C. D. 1967. *The Biology of Aquatic Vascular Plants*. London. Edward Arnold Publishers.
- USGS 2004. *Salvinia. Nonindigenous Aquatic Ferns in the United States*. <http://salvinia.er.usgs.gov/>
- Cifuentes, N., Hurtado, A. & Ruíz Téllez, T. 2007. Lucha integral contra la plaga del jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) en el tramo medio del río Guadiana. En GEIB (Ed.) *Invasiones biológicas: un factor del cambio global*. GEIB, Série Técnica nº 3. 266-269.
- Cirujano, S., García-Murillo, P., Fernández-Zamudio, R., Espinar, J.M., Rubio, A., Meco, A., López-Bravo, I., Sánchez-Andrés, R., Sánchez-Carrillo, S., Moreno, M., Sousa, A. (2008). *Estudio y control del helecho acuático invasor Azolla filiculoides en los humedales del Parque Nacional de Doñana 2005-2008*. Informe Técnico Inédito Organismo Autónomo Parques Nacionales.

Fernández Zamudio, R., Cirujano, S., Nieto, I., Cobos, M.D., Sousa, A., & García Murillo, P. 2006. *Novedades florísticas en el Parque Nacional de Doñana* (SW España). *Acta Botanica Malacitana* 31: 191-195.

García Murillo, P., Fernández Zamudio, R., Cirujano, S., Sousa, A., & Espinar, J.M. 2007. *The invasion of Doñana National Park* (SW Spain) by the mosquito fern (*Azolla filiculoides*). *Limnetica* 26: 243-250

2.12

[ESPECIES EXÓTICAS. ECOLOGÍA. DISTRIBUCIÓN E IMPACTOS]

BIODIVERSIDAD AGRÍCOLA Y EROSIÓN GENÉTICA

PALABRAS CLAVE

Recursos fitogenéticos, uniformidad genética, variabilidad, revolución verde.

RESUMEN

Nos horrorizamos cuando escuchamos que un patrimonio histórico como la Catedral de Sevilla (con más de 6 siglos de vida) se va degradando por la acción de la excesiva contaminación atmosférica de la ciudad, pero también nos deberíamos llevar las manos a la cabeza al conocer la desaparición de otro patrimonio de la Humanidad: las variedades locales, fruto del trabajo de generaciones de agricultores. La causa principal de su desaparición a un ritmo alarmante es la implantación, tras la llamada "Revolución Verde", de un tipo de agricultura industrializada, sostenida por el apoyo institucional y las grandes multinacionales y basada en cuatro nichos tecnológicos: la mecanización, los fertilizantes, los pesticidas y las semillas mejoradas.

ABSTRACT

We horrify when we listen that a historic patrimony as the Cathedral of Seville (over 6 centuries old) is degrading for the action of the city excessive air pollution, but also we should also react to find out about the disappearance of another world heritage: local varieties, result of the work of several generations of farmers. The main cause for its alarming disappearance rhythm is the establishment, after the call "Green Revolution", of a industrialized type of agriculture, maintained with the support of institutions and large multinationals, which are based on four technological niches: mechanization, fertilizers, pesticides and improved seeds.