

## 2. Múltiples orígenes y vías de introducción de las especies invasoras

### La importancia de las vías de introducción

Entender cómo y por qué se introducen las especies invasoras es esencial para prevenir nuevas introducciones y reducir las tasas de invasión. Muchas introducciones, aunque no todas, son irreversibles y como en otros problemas de la humanidad “es mejor prevenir que curar”. Evitar nuevas introducciones y evitar la dispersión a nuevas áreas es una de las herramientas de gestión más útiles y económicas. Conocer las vías y mecanismos de introducción también permite erradicar las introducciones en estadios tempranos, cuando a menudo todavía es posible evitar el establecimiento y dispersión a nuevas áreas. Para

caracterizar los procesos de introducción de especies invasoras se deben considerar las causas de transporte y de introducción en la naturaleza que (ambas pueden ser accidentales o intencionadas), las rutas de introducción, es decir, de dónde proceden o por dónde se introducen en inglés *pathways*) y los vectores o medios físicos de transporte (por ejemplo, agua de lastre de barcos o transporte de mercancías). Animales como el visón, el visón americano (*Mustela vison*) y muchos otros vertebrados se transportan intencionadamente para su cultivo o cría en cautividad, pero en buena parte se introducen en la naturaleza por escapes accidentales (aunque a menudo son difíciles de distinguir de sueltas intencionadas). En cambio, el transporte



Algunos pájaros de compañía si escapan de sus jaulas y logran reproducirse en el medio natural pueden convertirse en invasores.

Fuente: Tella, J.

e introducción de organismos más pequeños como invertebrados (insectos, crustáceos, etc.) o semillas de plantas son mayoritariamente accidentales. A continuación, revisamos las principales vías y mecanismos de introducción utilizando la cuenca Mediterránea y sobre todo la Península Ibérica como área de estudio, y apuntamos brevemente sus enormes implicaciones para la gestión.

### Vías de introducción en ecosistemas terrestres

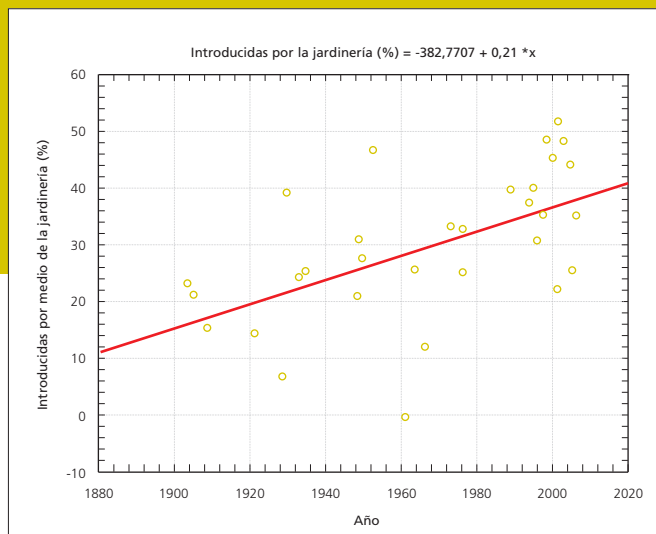
Las vías de introducción de especies exóticas pueden dividirse, de una manera sencilla, en intencionadas e involuntarias. Las primeras son aquéllas que de modo legal o clandestino se llevan a cabo para un fin determinado. En el caso de los vegetales podemos citar la alimentación, silvicultura, paisajismo, jardinería, protección de suelos, obtención de medicamentos, fibras, materias primas para la industria, etc. En el caso de los animales, de modo similar, se pueden señalar la ganadería, la caza, el recreo (mascotas), la lucha biológica contra las plagas, etc. Las segundas se producen de forma ajena a la voluntad del ser humano, pero siempre con su participación. Por ejemplo, por medio del transporte de mercancías, los

movimientos de tierras en las obras públicas, los flujos de turistas, a través de otros organismos introducidos que actúan como vectores, etc. Aún puede diferenciarse un tercer conjunto de vías de introducción, a caballo entre los dos principales, que es el debido a las negligencias (escapes de granjas, liberación de animales de compañía, vertido de restos de jardinería en el medio natural, etc.). Centrándonos en las plantas, a lo largo de la historia de la humanidad, desde su cuna en Babilonia y Egipto, no han cesado las migraciones antropógenas de especies vegetales. La mayoría de las introducciones se han debido a la expansión de la agricultura, ya se trate de especies cultivadas o de especies arvenses (malas hierbas) asociadas a los cultivos y que se han transportado fortuitamente con éstos, como consecuencia de la propia actividad agrícola, al contaminarse partidas de semillas con diásporas de malas hierbas. En la Antigüedad y la Edad Media, el flujo se estableció principalmente de Oriente hacia Occidente. Tras el descubrimiento de América en el año 1492, se abrieron las grandes rutas comerciales marítimas que propiciaron la conexión intercontinental, con lo que se produjo un nuevo flujo entre ambos lados del océano Atlántico. Se crearon jardines de aclimatación para estudiar la viabilidad del cultivo en el Viejo



La restauración o ajardinamiento de carreteras ha favorecido la entrada de especies ornamentales en espacios naturales. Las hortensias (*Hydrangea macrocarpa*) han sido plantadas extensivamente en las carreteras de las Islas Azores.

Fuente: Vilá, M.

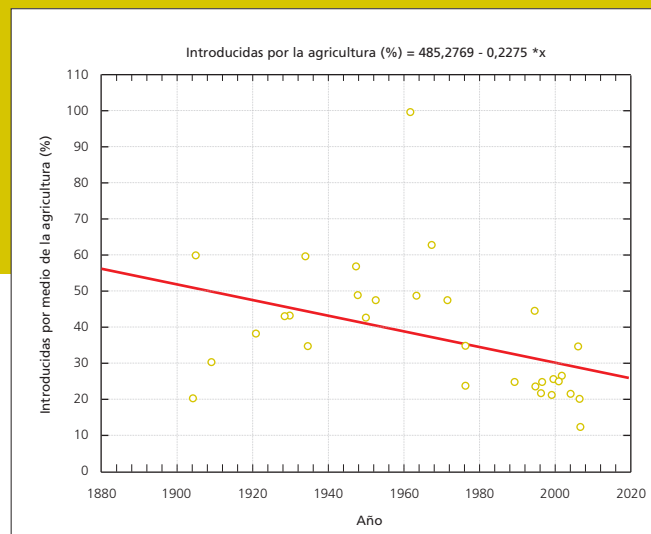


(Izda.) Figura 2.1. Evolución del porcentaje que suponen las especies de plantas vasculares exóticas introducidas por medio de la jardinería, dentro del total de la flora autóctona, en el Mediterráneo occidental. Se tomó como muestra 30 estudios florísticos realizados en España, Portugal, Francia, Italia y Marruecos entre los años 1904 y 2007.  $R = 0,52$ .

Fuente: Sanz-Elorza, E.

(Dcha.) Figura 2.2. Evolución del porcentaje que suponen las especies de plantas vasculares exóticas introducidas por medio de la agricultura, dentro del total de la flora autóctona, en el Mediterráneo occidental. Se tomó como muestra 30 estudios florísticos realizados en España, Portugal, Francia, Italia y Marruecos entre los años 1904 y 2007.  $R = -0,43$ .

Fuente: Sanz-Elorza, E.



Mundo de las especies útiles encontradas en América, a la vez que los principales cultivos conocidos por los europeos se introducían en tierras americanas para favorecer su colonización. Incluso especies extraeuropeas eran trasvasadas de continente por conveniencia del ser humano. Este caso lo ilustra muy bien la célebre y azarosa expedición británica del capitán Bligh a bordo de la *Bounty*, varias veces llevada a las pantallas cinematográficas, cuyo objetivo era introducir el árbol del pan (*Artocarpus altilis*), desde su región de origen (Polinesia) a Jamaica con la finalidad de cultivarlo para alimentar con sus frutos a los esclavos.

No obstante, desconocemos la proporción de plantas exóticas que

llegan a establecerse en espacios naturales. Esta proporción debe ser bastante más bajo en comparación con lo que sabemos sobre el número y porcentaje de especies ya naturalizadas de manera efectiva, debido a la dificultad de cuantificar eficazmente la cantidad de especies que realmente se están introduciendo. Si se compara la riqueza de especies que constituyen la flora autóctona con respecto al número de especies que son o han sido objeto de cultivo, se observa que estas últimas suponen una cantidad muy reducida, incluso con tendencia a la disminución en los países con una agricultura más avanzada. Por el contrario, la relación de especies que han llamado la atención del hombre

por su interés ornamental ha ido en aumento. Ello ha repercutido de forma sensible en la importancia cuantitativa de las diferentes vías de introducción deliberada o intencionada de flora exótica. Los cambios en estas tendencias son muy acusados en los países desarrollados, relacionándose con la simplificación de la agricultura, los cambios de usos del territorio y el aumento del nivel de vida.

A lo largo del último siglo, el porcentaje de especies alóctonas introducidas por medio de la jardinería ha mostrado, en general, una tendencia alcista en el Mediterráneo occidental (figura 2.1), aunque de una manera desigual según áreas o países. El patrón reseñado se cumple en las regiones más desarrolladas económicamente, que además coinciden con aquellas donde se ha producido un importante auge del sector turístico y de los procesos de urbanización del territorio. No ocurre lo mismo en las zonas donde estas condiciones no se dan. Así, por ejemplo, en las islas Baleares, paradigma del turismo de masas y de la construcción de segundas residencias, el porcentaje de alóctonas introducidas por la jardinería en Menorca era del 23,53% (con respecto al total de la flora exótica) en el año 1904, mientras que en 2005 suponía el 44,41% para el

conjunto del Archipiélago Balear. Otro tanto ocurre en otras regiones con importante actividad urbanística, como Galicia, donde se pasa del 21,69% en 1905 al 35,06 en 2006, o el País Vasco, que sube del 30,91% en Vizcaya en 1949 al 36,00 en 1997 para el conjunto de las tres provincias. En el polo opuesto, se encuentra el norte de África, donde el sector turístico se encuentra muy poco desarrollado y la economía sigue estando ligada a la agricultura y a la ganadería. En este caso, el porcentaje de las especies exóticas presentes que han sido introducidas a través de la jardinería no solo no aumenta, sino que incluso disminuye del 25,45% en 1934 al 22,86 en 2002. Las causas de estos cambios hay que buscarlas en los procesos de urbanización del territorio, acaecidos en las últimas décadas, en los que se cambia del modelo socioeconómico rural al modelo urbano basado en el turismo y en el recreo. Ello da lugar a la ocupación de amplias superficies del terreno por construcciones destinadas principalmente a vivienda y a los servicios que éstas necesitan, tales como apertura de calles y vías de comunicación, establecimiento de zonas verdes, etc. En un escenario económico de bonanza, donde han proliferado jardines y zonas ajardinadas. Si a esto se une que en la mayoría de los casos se han llevado



*Asparagopsis taxiformis* es una especie proveniente del Indopacífico que se ha expandido rápidamente por el Mediterráneo occidental desde la década de los 90.

Fuente: Ballesteros, E.

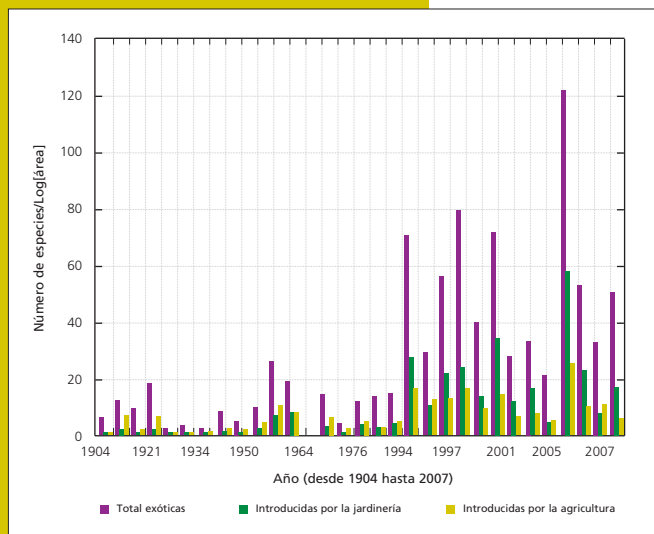


Figura 2.3. Número de especies de plantas vasculares exóticas (total, introducidas por la jardinería, introducidas por la agricultura) con respecto a la superficie del territorio, en el Mediterráneo occidental. Se tomó como muestra 30 estudios florísticos realizados en España, Portugal, Francia, Italia y Marruecos entre los años 1904 y 2007.

Fuente: Sanz-Elorza, E.

a cabo con unos criterios de diseño bastante homogéneos dominados por especies exóticas “de moda” encontramos explicación al papel protagonista que ha adquirido la jardinería como fuente de introducción de especies de plantas exóticas en el Mediterráneo occidental.

En el último siglo, el porcentaje de especies de plantas exóticas introducidas deliberadamente por medio de la actividad agrícola ha ido decreciendo paulatinamente, aunque sin mostrar una correlación con el tiempo tan estrecha como para las especies ornamentales (figura 2.2). No obstante, las desigualdades que se observan a escala local no son tan

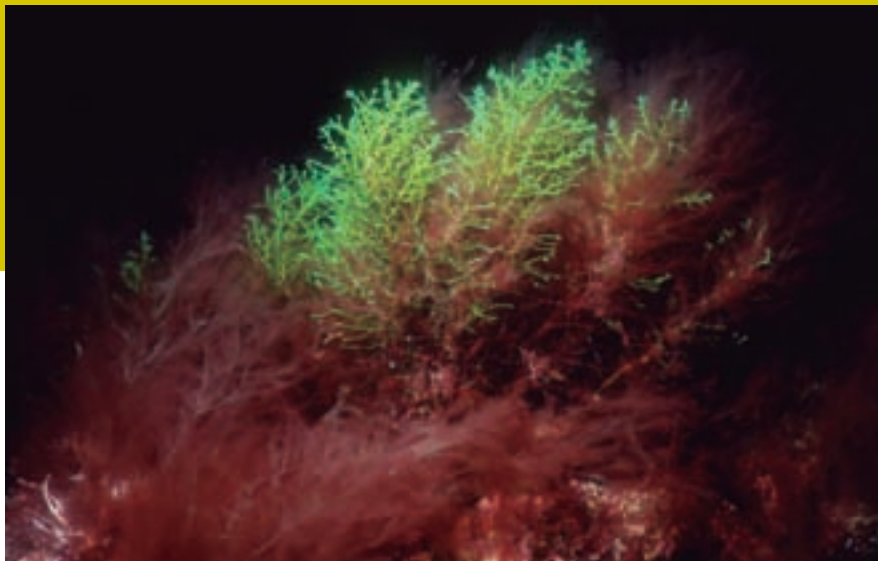
acusadas como las que se producen en el caso del porcentaje de especies introducidas por medio de la jardinería. Sin embargo, el análisis del número total de especies introducidas con respecto al área cubierta en cada caso (figura 2.3) muestra una mayor homogeneidad a lo largo del tiempo. Esto tiene su explicación en que un elevado número de estas especies son arqueófitos (introducidas con anterioridad al año 1492) que se hallan presentes en un número mayor de regiones y localidades con respecto a las especies introducidas por jardinería entre las que predominan los neófitos (introducidas con posterioridad al año 1492), que se encuentran más localizados. En las áreas menos favorecidas económicamente y con un nivel de desarrollo más bajo, como el norte de África, las fuentes de introducción de flora exótica parece que se inclinan más hacia las causas involuntarias, que compensan las disminuciones porcentuales de aquéllas debidas a causas intencionadas (agricultura y jardinería). Analizando la composición florística del Rif (norte de Marruecos) se observa que bastantes de las especies introducidas entre 1934 y 2002 en son “malas hierbas” agrícolas, de que modo la causa de su introducción sigue estando ligada a la agricultura.

## Vías de introducción en ecosistemas acuáticos

En los ecosistemas acuáticos, las vías y mecanismos de introducción también son muy variados pero se pueden agrupar en cuatro: introducciones intencionadas (por ejemplo, pesca deportiva), acuicultura, trasiego de embarcaciones (aguas de lastre y organismos adheridos a los cascos) e interconexión de cuencas hidrográficas.

En las aguas continentales ibéricas, mucha de las introducciones son intencionadas, por ejemplo la introducción de peces para “mejorar” la pesca deportiva o la suelta de animales ornamentales en nuestras aguas continentales. Existen unas 23 especies de peces introducidas, establecidas o naturalizadas, las cuales básicamente se han introducido o bien por escapes de piscicultura o bien con el pretexto de alterar las poblaciones de peces, con especies más atractivas para la pesca deportiva. Las introducciones históricas de peces fueron promovidas o aprobadas por la administración pública

para satisfacer a los pescadores deportivos: así se introdujeron por ejemplo el lucio (*Esox lucius*) en 1949, el “black-bass” o perca americana (*Micropterus salmoides*) en 1955, o varios salmónidos. Actualmente las introducciones son ilegales si no las aprueba la administración pública y constituyen delito ecológico, pero aún así, pescadores deportivos siguen realizándolas furtivamente en gran número. En los últimos 20 años hemos asistido a la introducción (ilegal pero impune) en numerosas cuencas de grandes depredadores como la lucioperca (*Stizostedion lucioperca*) o más recientemente el siluro (*Silurus glanis*) y los consiguientes “necesarios” ciprínidos exóticos que les sirven de



Filamentos del alga invasora *Lophocladia lallemandii* recubren un individuo de *Cystoseira balearica*, alga parda que forma extensos bosques sumergidos en las islas Baleares.

Fuente: Ballesteros, E.

Un siluro (*Silurus glanis*) en el embalse de Flix (río Ebro). Esta especie centroeuropea está siendo actualmente introducida para la pesca deportiva de forma ilegal en varias cuencas ibéricas.

Fuente: Ballesteros, E.



alimento, como el alburno (*Alburnus alburnus*). La fauna ibérica goza de numerosas especies endémicas, es decir que sólo se encuentran en algunas de nuestras cuencas hidrográficas como algunos ciprínidos, muchos de ellos amenazados y que se verán gravemente afectados por estas introducciones. Hay que decir también que asociadas a las introducciones de peces se han introducido unas 12 especies de parásitos principalmente gusanos platihelminos, algunos de los cuáles también han pasado a especies nativas de peces, lo que ilustra al mismo tiempo lo poco que sabemos del

impacto ecológico de estas introducciones y la imprudencia ignorante con la que se realizan. La suelta de animales ornamentales como el galápago americano, *Trachemys scripta*, o muchos peces de acuario como el pez rojo (*Carassius auratus*) también es otro mecanismo importante de introducción voluntaria. Este tipo de introducciones, seguramente deberían ser mucho más fáciles de reducir con buenos programas de educación y divulgación.

La piscicultura, o la acuicultura en general, es otro de los mecanismos universales de introducción de especies

acuáticas, bien en ríos, lagunas costeras, aguas marinas u otros ecosistemas acuáticos. Es muy frecuente que haya escapes desde los centros de acuicultura, por ejemplo cuando hay avenidas importantes de ríos. La trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) es la especie de aguas continentales más cultivada y por ello también se encuentra en la mayor parte de nuestros ríos.

Afortunadamente, está poco establecida pero por suerte parece estar poco establecida en nuestro país aunque sí es invasora en otras países. En el medio marino, dos especies de interés comercial se han introducido en nuestras costas: la almeja japonesa (*Ruditapes philippinarum*) y la ostra japonesa (*Crassostrea gigas*), ambas con una gran aceptación en el mercado de marisco y cuyo consumo ya iguala o incluso supera ampliamente el de las especies de almejas (*Tapes decussatus*) y ostras (*Ostrea edulis*) autóctonas. Además con estas especies, y muy particularmente las ostras, se introducen numerosas especies de algas y otros organismos que llegan adheridos a las conchas de estos bivalvos. En el Étang de Thau, por ejemplo, se han introducido involuntariamente de esta forma hasta 45 especies de algas, de tal forma que la flora dominante en esta laguna del Mediterráneo francés, está constituida por especies introducidas.

En el mar, sin embargo, el mecanismo principal de introducción

de especies probablemente sea el agua de lastre. Por falta de estudios concretos desconocemos la importancia de este vector de introducción en el mar Mediterráneo. No obstante para hacernos una idea de su importancia, basta decir que los investigadores norteamericanos Carlton y Geller hallaron 317 especies de organismos en el agua de lastre de un carguero japonés recalado en la costa pacífica de los EE.UU. En muchos casos se trata de especies que viven en la columna de agua y dado que este mecanismo de introducción lleva muchos años existiendo, es probable que muchas de las especies planctónicas que ahora tengan una distribución muy amplia, hayan sido dispersadas a través del agua de lastre.

Finalmente, el cuarto mecanismo de introducción es la ruptura de barreras geográficas (tan importantes para la evolución), como por ejemplo la interconexión de cuencas hidrográficas. El caso más conocido es la apertura del Canal de Suez que ha propiciado la entrada de numerosas especies del Mar Rojo al Mediterráneo. Abierto el año 1869, la conexión entre ambas cuencas ha ocasionado la introducción de más de 300 especies de macroflora y macrofauna al Mediterráneo, especies que han recibido el nombre de lessepsianas. El impacto en las comunidades marinas de estas introducciones ha sido brutal en las



Muchas especies han sido introducidas a través de las aguas de lastre de los barcos de carga.

Fuente: Vilà, M.

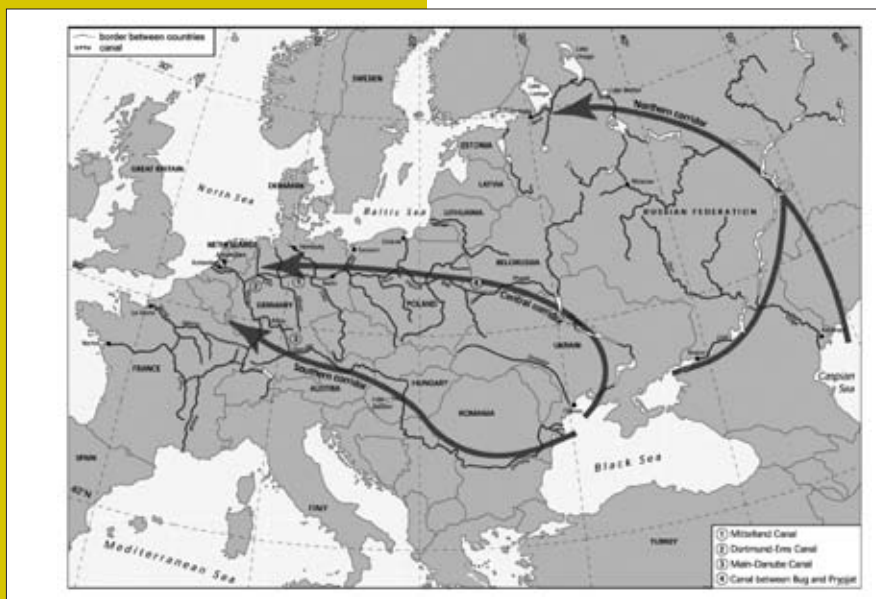


Figura 2.4. Actualmente es posible navegar desde el Mar Negro y el Mar Caspio hasta el Mar Báltico a través de varios canales que se han ido construyendo a lo largo de los dos últimos siglos. Estas infraestructuras han favorecido la invasión de especies entre estos mares.

Fuente: Bij de Vaate, A.; Jazdzewski, K.; Ketelaars, H.A.M. et al. (2002). Geographical patterns in range extension of Ponto-Caspian macroinvertebrate species in Europe. *Can J Fish Aquat Sci* 59: 1159-1174.

áreas del Mediterráneo oriental más cercanas al canal, de tal forma que el aspecto y el funcionamiento de las biocenosis autóctonas ha cambiado por completo. Por ejemplo la invasión de dos especies de “peces conejo” (*Siganus rivulatus*, *S. luridus*), grandes consumidores de aestos organimos, ha tenido una fuerte incidencia en las poblaciones de algas y en la red trófica de las comunidades infralitorales rocosas de las costas de Líbano e Israel; su abundancia es tal que, incluso, ya constituyen gran parte de las capturas de la flota artesanal. El Mediterráneo occidental se ha librado hasta el

momento de la mayoría de especies lessepsianas. Sin embargo, algunas especies de algas provenientes probablemente del Indopacífico como *Lophocladia lallemandii* o *Asparagopsis taxiformis*, han llegado ya a nuestras costas y se comportan como invasoras en numerosas localidades de las islas Baleares y del sur y sureste español.

En el caso de las aguas continentales, muchas especies, por ejemplo, de peces y de moluscos no tienen medios de dispersión aérea o terrestre ni resisten la salinidad del mar, por lo que a menudo se encuentran confinadas en pocas cuencas hidrográficas. Por este motivo, los ecosistemas de agua dulce a pesar de tener una extensión reducida albergan una enorme biodiversidad. La interconexión de cuencas hidrográficas rompe estas barreras geográficas y favorece las invasiones biológicas. Muchos de los grandes ríos europeos (Danubio, Rin, Sena, Ródano, etc.) están conectados para facilitar la navegación, lo que ha significado un corredor de invasión para varias decenas de especies, principalmente desde la zona pontocáspica (Mar Negro y Mar Caspio) hacia el Mar Báltico (figura 2.4). El mejillón cebra (*Dreissena polymorpha*) sería una especie que ha seguido esta ruta. En la Península Ibérica, ya se han descrito algunas introducciones a través del canal Tajo-Segura.

Zona invadida por la lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) en Sanlúcar de Barrameda (Cádiz).

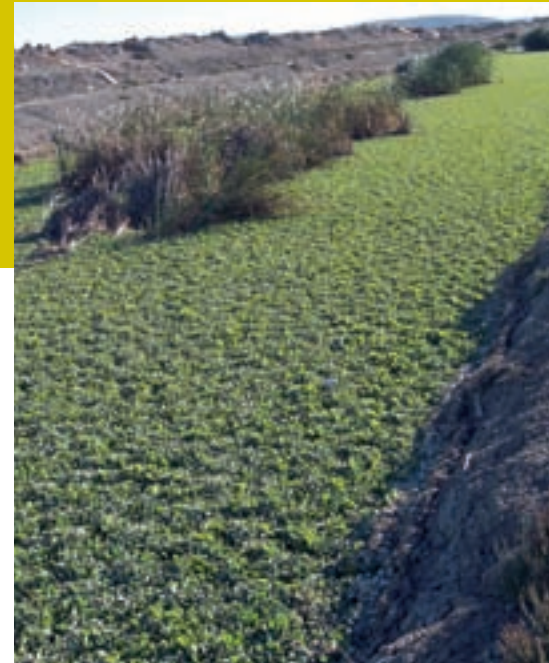
Fuente: Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.

## Vías de introducción y gestión de especies invasoras

Las implicaciones de lo que acabamos de exponer para la gestión son numerosas pero bastante obvias. Las medidas necesarias para reducir las invasiones biológicas y los impactos ecológicos y económicos que representan pasan por estudiar detalladamente todas estas vías y mecanismos de introducción y tomar las medidas necesarias para reducir el número e intensidad de las introducciones. Por la diversidad de vías y taxones implicados, la gestión varía mucho según el ecosistema, el grupo taxonómico o la vía de introducción de que se trate. Sin embargo, el marco unificador quedaría resumido en 3 puntos: 1) deben aumentar muchísimo los recursos económicos y humanos que se dedican a investigar, gestionar y divulgar esta problemática, es necesario educar al público en general y a las personas de algunos

sectores socioeconómicos más directamente involucrados; 2) las actividades económicas deberían internalizar el coste de la gestión de especies invasoras (comercio de plantas y animales ornamentales, transporte de mercancías (y agua de lastre), consumo de agua, etc.); y 3) “prevenir es mejor que curar” debería guiar la filosofía de gestión, es decir evitar la introducción, establecimiento o dispersión nuevas especies o a nuevas zonas, sobre todo en cuencas hidrográficas e islas.

Medidas más específicas incluirían: reformar totalmente la gestión actual (o su práctica ausencia) de la pesca deportiva; prohibir la introducción y comercialización de especies que sabemos son invasoras en regiones climáticas similares; favorecer el uso y consumo de especies autóctonas o no invasoras de plantas, fomentando el desarrollo de la xerojardinería cuyo principio fundamental es el empleo de especies autóctonas con bajos requerimientos hídricos; potenciar la vigilancia



aduanera en las materias de tráfico de especies de flora y fauna, incluido el material seco portador de diásporas (pliegos de herbario, productos de herboristería, etc.); establecer unos protocolos de vaciado de las aguas de lastre en travesías transoceánicas

para minimizar las probabilidades de introducción de especies. Para ello es necesaria la participación de varios sectores socioeconómicos, implicando a todos los organismos de los que dispone la Administración que puedan servir a este fin.

Sabemos que las especies invasoras serán un enorme problema ambiental del mundo globalizado del siglo XXI pero existen muchas posibilidades de gestión para mitigarlo que debemos poner en práctica cuanto antes.

## Referencias

- CAPDEVILA-ARGÜELLES, L.; GARCÍA, A.I.; ORUETA, J.F. et al (2006). *Especies exóticas invasoras: diagnóstico y bases para la prevención y el manejo*. Organismo Autónomo de Parques Nacionales, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- CARLTON, J.T.; GELLER, J.B. (1993). "Ecological roulette – the global transport of non-indigenous marine organisms". *Science* 261: 78-82.
- CLAVERO, M.; GARCÍA-BERTHOU, E. (2006). "Homogenization dynamics and introduction routes of invasive freshwater fish in the Iberian Peninsula". *Ecol Appl* 16: 2313-2324.
- DANA, E.D.; SANZ ELORZA, M.; VIVAS, S.; SOBRINO, E. (2005). *Especies vegetales invasoras en Andalucía*. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía, Sevilla, España, 232 pp.
- GALIL, B.S. (2000). "A sea under siege - alien species in the Mediterranean". *Biol Inv* 2: 177-186.
- GARCÍA-BERTHOU, E.; BOIX, D.; CLAVERO, M. (2007). "Non-indigenous animal species naturalized in Iberian inland waters". En Gherardi, F. (ed.). *Biological invaders in inland waters: profiles, distribution, and threats*. *Invading Nature: Springer Series in Invasion Ecology*. Springer, Dordrecht, pp. 123-140.
- LUNDBERG, B.; OGOREK, R.; GALIL et al (2004). "Dietary choices of siganid fish at Shiqmona reef, Israel". *Isr J Zool* 50: 39-53.
- MORAGUES, E.; RITA, J. (2005). *Els vegetals introduïts a les Illes Balears*. *Documents Tècnics de Conservació*. Govern de les Illes Balears. Palma de Mallorca, España, 126 pp.
- PYŠEK, P.; RICHARDSON, M. (2006). "The biogeography of naturalization in alien plants". *J Biog* 33: 2040-2050.
- PYŠEK, P.; RICHARDSON, D.M.; WILLIAMSON, M. (2004). "Predicting and explaining plant invasions through analysis of source area floras: some critical considerations". *Diversity and Distributions* 10: 179-187.
- RUIZ, G.M.; CARLTON, J.T. (eds). (2003). "Invasive species: vectors and management strategies". *Island Press*, Washington, DC. 518 p.
- SANZ ELORZA, M.; DANA, E.D.; SOBRINO, E. (2004). *Atlas de las Plantas Alóctonas Invasoras en España*. Dirección General para la Biodiversidad. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, España, 384 pp.
- SANZ ELORZA, M.; DANA, E.D.; SOBRINO, E. (2006). "Invasibility of an inland area in NE Spain by alien plants". *Acta Oecol* 29: 114-122.
- VERLAQUE, M. (2001). "Checklist of the macroalgae of Thau Lagoon (Hérault, France), a hot spot of marine species introduction in Europe". *Oceanologica Acta* 24: 29-49.
- VILA, M.; PUJADAS, J. (2001). "Land-use and socio-economic correlates of plant invasions in European and North African countries". *Biol Cons* 100: 397-401.
- VILA, M.; GARCÍA-BERTHOU, E.; SOL, D. et al (2001). "Survey of the naturalised plants and vertebrates in peninsular Spain". *Ecol Med* 27: 55-67.