

La creciente amenaza de las invasiones biológicas

P. Castro-Díez¹, F. Valladares², A. Alonso³

(1) Dpto. Interuniversitario de Ecología. Sección de Alcalá. Edificio de Ciencias. Universidad de Alcalá. E-28871, Alcalá de Henares, España.

(2) Centro de Ciencias Medioambientales. CSIC. C/Serrano 115 dpto. E-28006. Madrid, España

(3) Dpto. Interuniversitario de Ecología. Sección de Alcalá. Edificio de Ciencias. Universidad de Alcalá. E-28871, Alcalá de Henares, España.

Muchas especies de plantas y animales son transportadas voluntaria o involuntariamente fuera de su área original por los seres humanos. Algunas de ellas pueden desplazar a las autóctonas, interfiriendo en el funcionamiento de los ecosistemas receptores. Aunque los científicos llevan décadas estudiándolas y advirtiendo sobre sus efectos, sólo recientemente las administraciones y los responsables de espacios naturales han empezado a tomar conciencia de las amenazas ambientales y socioeconómicas que suponen.

Introducción

Hablamos de *invasiones biológicas* cuando especies de origen remoto alcanzan un nuevo territorio y se propagan por él a gran velocidad, alterando la estructura y funcionamiento del ecosistema receptor y causando daños ecológicos y socioeconómicos (Mooney y Hobbs, 2000). Actualmente se considera que ésta es una importante causa de pérdida de biodiversidad en el mundo, solamente por detrás de la destrucción de hábitats y la fragmentación del paisaje (Williamson, 1996). Por ello, en los últimos años las invasiones biológicas están consideradas como un vector más del llamado *cambio global* (Dukes y Mooney, 1999; Mooney y Hobbs, 2000), aunque su impacto sobre los gobiernos y sobre la sociedad en general es aún mucho menor que otros fenómenos, como la alteración de la composición atmosférica, la contaminación o la pérdida de suelo. En nuestro país se puede apreciar un incremento continuado de especies exóticas en todos los grupos taxonómicos, tanto de plantas como de animales (Vilà *et al.*, 2001). Los datos más recientes revelan proporciones alarmantes de especies naturalizadas en algunos grupos, como es el caso de los peces de agua dulce (Elvira y Almodóvar, 2001) (**Fig. 1**).

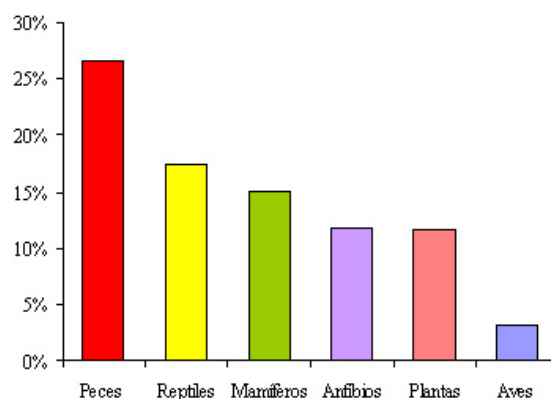


Figura 1. Porcentaje de especies naturalizadas en distintos grupos de organismos de la España peninsular. Elaborado a partir de Vilà *et al.* (2001) y de Elvira y Almodóvar, (2001). Los peces solo incluyen la especies de

agua dulce; los mamíferos no incluyen ballenas y delfines;
las aves consideradas son las que nidifican en nuestro
territorio.

Conceptos

Uno de los primeros problemas con que se topa el estudio de las invasiones biológicas es la clasificación de especies en autóctonas, exóticas, naturalizadas o invasoras. Por ejemplo, cuando una especie traída de otra región lleva naturalizada mucho tiempo en un territorio, ¿durante cuánto tiempo debemos seguir considerándola exótica? Esta pregunta se puede trasladar a muchas especies traídas en el pasado a la Península Ibérica y que hoy consideramos como parte de nuestro paisaje más genuino, como los algarrobos, las chumberas y las pitas o ágaves en muchas zonas costeras mediterráneas. Aún se complica más en el caso de castaños, nogales y plátanos, que existieron en la península durante el Terciario, desaparecieron con las glaciaciones, y han vuelto a ser reintroducidos posteriormente por el hombre. Por otro lado, la consideración de una especie como naturalizada, invasora, o exótica sin más, depende de la escala en que se estudie: muchas especies ornamentales utilizadas en jardinería (falsa pimienta ?*Schinus molle*-, la uña de gato -*Carpobrotus edulis*- (**Fig. 2 y 3**), la chumbera -*Opuntia ficus-indica*- (**Fig. 4**), el aloe -*Aloe spp.*-, la hierba de la Pampa ?*Cortaderia selloana*-, etc.) son incapaces de asilvestrarse bajo las condiciones climáticas más rigurosas del centro de la península, mientras que sí lo hacen en la periferia, donde la influencia oceánica suaviza el clima.



Figuras 2 y 3. Ciertas plantas exóticas invaden con éxito el sotobosque, y se ha visto que el cambio climático, el incremento de CO_2 atmosférico y el aumento de la disponibilidad de nitrógeno contribuyen en muchos casos a acelerar su expansión en la sombra. Las fotos muestran la uña de gato (*Carpobrotus spp*), una planta del sur de África muy empleada en jardinería en las zonas costeras, creciendo en el sotobosque de un pinar de pino blanco (*Pinus halepensis*) con lentisco (*Pistacia lentiscus*) en Son Serra (Mallorca). (Fotos: Fernando Valladares).



Figura 4. Algunas especies invasoras son tan comunes en nuestros paisajes que empiezan a tomarse como parte del mismo. Tal es el caso de la chumbera (*Opuntia ficus-indica*), muy extendida en las zonas áridas costeras de la península Ibérica y de las islas Baleares y Canarias. En la imagen se muestra esta especie dominando extensas áreas de la Punta de Teno (Tenerife), un paraje de particular interés natural (Foto: Fernando Valladares).

Por último, ¿qué grado de propagación ha de mostrar una especie exótica naturalizada para ser considerada vasora? (**Fig. 5**). Todas estas preguntas no tienen una respuesta fácil, poniendo de manifiesto la ausencia de un criterio riguroso para la catalogación de estas especies (Balaguer, 2004). En definitiva, el estudio de las invasiones biológicas y sus efectos sobre los ecosistemas es un campo relativamente nuevo que, si bien se alimenta de numerosas disciplinas científicas, aún requiere de más tiempo para la maduración de los conceptos, de las hipótesis de trabajo y de los protocolos de estudio.

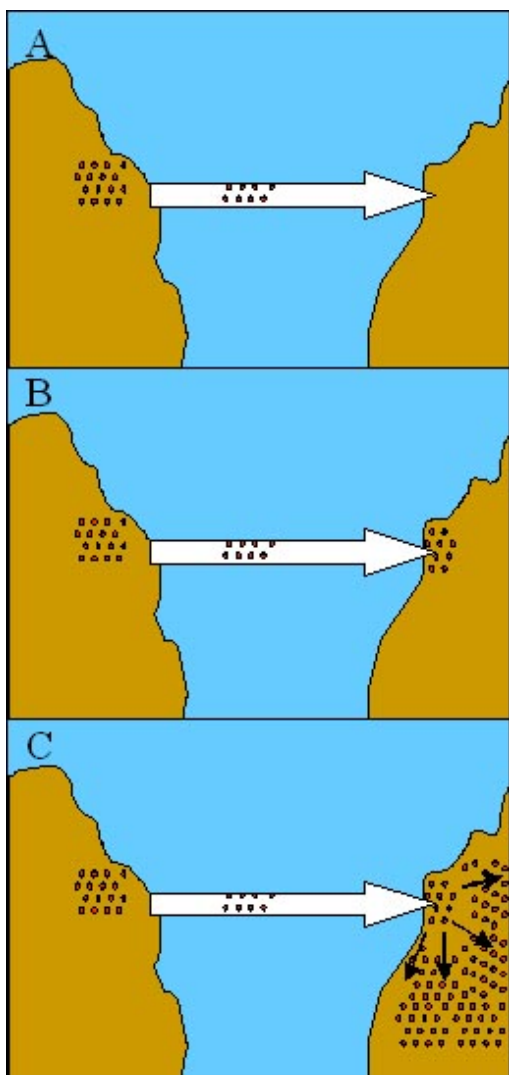


Figura 5: El proceso de invasión biológica implica la siguiente serie de etapas sucesivas:

- a. **Transporte:** El proceso comienza cuando una especie es transportada con éxito desde su área de origen hasta un territorio nuevo; en ese momento la especie será catalogada como *exótica*.
- b. **Asentamiento:** Si esta especie encuentra condiciones favorables para sobrevivir y reproducirse en el nuevo ambiente, podrá formar poblaciones por sus propios medios. Entonces decimos que la especie exótica se ha *naturalizado* o *asilvestrado*. Como media, sólo una décima parte de las especies transportadas con éxito son capaces de naturalizarse.
- c. **Propagación:** Aunque la mayoría de especies asilvestradas permanecen en el territorio formando pequeñas poblaciones, aproximadamente un 10% de ellas muestra una capacidad de propagación muy superior a la de las especies nativas, lo que lleva a la alteración del ecosistema invadido. Sólo entonces podemos calificar a la especie como *invasora*.

Causas de las invasiones

¿Hasta qué punto es el hombre responsable de este fenómeno? Para responder a esta pregunta conviene echar la vista atrás y revisar los registros sobre invasiones biológicas a lo largo de la historia de la vida. Haciendo esto, encontraremos numerosos ejemplos de trasiegos de especies entre territorios previamente separados, en épocas anteriores a la presencia del hombre en la tierra. En unos casos la explicación hay que buscarla en las propias especies, cuyos mecanismos de dispersión pueden ser tan eficaces que no hay barreras capaces de detenerlas (capacidad de vuelo, semillas dotadas de alas o vilanos, elevada resistencia a la sequedad, etc.). Esto explica que algunos taxones muestren en la actualidad una distribución cosmopolita. En otros casos, otros agentes ajenos a las especies han propiciado su propagación, eliminando barreras o tendiendo puentes entre ecosistemas previamente aislados. Por ejemplo, el descenso del nivel del mar durante las glaciaciones, permitió el trasiego de especies entre continentes antes separados (por ejemplo Eurasia y Norteamérica a través del estrecho de Bering, o Europa y África, a través del Mediterráneo). Consecuencias más drásticas debieron tener las colisiones entre placas tectónicas, portadoras de biotas evolucionadas de forma aislada. Esto ocurrió, por ejemplo, en el Eoceno, con la fusión de la India con el continente asiático, y en el Plioceno, con la formación definitiva del estrecho de Panamá, que tendió un puente entre América del norte y del sur.

Si bien es cierto que las invasiones biológicas constituyen un fenómeno natural, también es cierto que la expansión del hombre sobre la tierra ha acelerado el proceso a un ritmo exponencial (Mooney y Hobbs, 2000). En muchos casos, el hombre ha llevado especies de un lugar a otro con el fin de obtener un provecho económico de las mismas. Esto ha sucedido con las especies agrícolas o ganaderas, que hoy se encuentran por todo el mundo. En algunas ocasiones, estas especies han causado cuantiosos daños económicos o ecológicos, ya sea de forma directa o indirecta. Por ejemplo, la introducción de gatos domésticos en muchas islas oceánicas ha devastado poblaciones de aves y pequeños mamíferos nativos; concretamente, en Nueva Zelanda, los gatos han causado la extinción de al menos seis especies de aves endémicas (Mack *et al.*, 2000). En Australia el conejo se propagó de forma desmedida gracias a la ausencia de enemigos naturales. La introducción de cabras y cerdos en muchas islas, como las Galápagos y Hawai, respectivamente, han puesto al borde de la

extinción a especies autóctonas, menos voraces, que se alimentan de los mismos recursos. En las aguas continentales abundan los peces exóticos, como el pez gato moteado (*Ictalurus punctatus*), la carpa (*Cyprinus carpio*), el lucio (*Esox lucius*) o el gobio (*Gobio gobio*), cuya elevada voracidad compromete la persistencia de muchas especies locales. Estos peces se han introducido para pesca deportiva, o han escapado de piscifactorías.

En otros casos, el hombre ha actuado como vector involuntario de especies. Por ejemplo, entre las semillas de plantas agrícolas aparecen con frecuencia otras semillas de "malas hierbas", especies generalmente anuales, muy prolíficas, favorecidas por el régimen de abonado y laboreo periódico de las tierras de cultivo. La lucha contra estas malas hierbas incrementa el coste de la producción agrícola y a menudo conlleva la contaminación de suelos y aguas por el uso abusivo de herbicidas. Los barcos constituyen un importante vector de transporte de especies exóticas acuáticas. Muchos peces, algas e invertebrados (cangrejos, gambas, medusas, etc.) son transportados con las aguas de lastre y liberados en mares remotos. *Caulerpa taxifolia* es un alga de origen tropical que tapiza los fondos marinos poco profundos, y está comprometiendo la persistencia de las praderas submarinas de *Posidonia oceanica*, uno de los ecosistemas más importantes del Mediterráneo. Parece que su llegada a este mar, en la década de los 80, se relaciona con la limpieza y vertido al mar de las aguas del acuario de Mónaco, donde se utilizaba como planta ornamental.

Consecuencias de las invasiones

Los procesos de transporte de especies tienen como consecuencia que las especies -tanto las exóticas como las del ecosistema receptor- se enfrentan a situaciones ambientales nuevas, para las que no han sufrido un proceso de adaptación por selección natural. Aunque muchas de las especies introducidas desaparecen, la persistencia de algunos ejemplares puede desencadenar una serie de efectos, a menudo difíciles de predecir, tales como:

1. Desplazamiento de especies nativas. Esto sucede cuando la especie introducida es resistente a plagas o enfermedades que puede haber traído ella misma o ocupa el mismo nicho ecológico que una especie nativa, pero con mayor eficacia. Esto ha ocurrido en el caso del cangrejo rojo americano (*Procambarus clarkii*) que gracias a su voracidad y resistencia a la afanomicosis ha desplazado al cangrejo autóctono (*Austropotamobius pallipes*) de buena parte de nuestros ríos. De forma similar, el visón americano (*Mustela vison*) y el galápago de Florida (*Trachemys scripta*) están desplazando al visón europeo (*Mustela lutreola*), y a los galápagos leproso (*Mauremys caspica*) y europeo (*Emys orbicularis*), respectivamente. La resistencia del olmo siberiano (*Ulmus pumila*) a la grafiosis, propicia que reemplace a las olmedas autóctonas de *Ulmus minor* en buena parte de Europa.

2. Hibridación y contaminación genética. Ciertas especies exóticas que llegan a naturalizarse pueden intercambiar material genético con especies nativas, pudiendo amenazar la persistencia de estas últimas. Esto es particularmente destacable en el caso de algunas especies endémicas o relictas. Este tipo de procesos genéticos ha sido bien descrito en *Spartina alterniflora*, una planta invasora de marismas que ha desplazado por alteración genética y/o hibridación a especies autóctonas del mismo género en diversas zonas de Estados Unidos e Inglaterra. En otros casos, el cruce entre especies simplemente reduce la cantidad de descendientes de la población por inviabilidad de los híbridos. Por ejemplo, cuando las hembras de visón europeo son fertilizadas por machos de visón americano, los embriones híbridos son abortados, con el consiguiente malgasto de óvulos en la población nativa.

3. Alteraciones de las redes de interacción entre especies de la comunidad. A menudo las nuevas especies interfieren en las interacciones establecidas entre las especies nativas de una comunidad. Así, las plantas exóticas compiten con las nativas por los polinizadores y los dispersores de la zona; las nuevas especies pueden servir de alimento o alimentarse de especies nativas, alterando sus proporciones y su dinámica poblacional (Traveset y Santamaría 2004). En los matorrales sudafricanos, donde los incendios son frecuentes, se da una curiosa cooperación entre algunas plantas y las hormigas: estas últimas recolectan semillas y las entierran en sus galerías como reserva de alimento. Sin embargo, con ello las ponen a salvo del fuego y favorecen su germinación tras el incendio. El desplazamiento de algunas especies de hormigas grandes por la pequeña hormiga argentina (*Linepithema humile*) hace que las semillas de mayor tamaño se queden sin enterrar y sean destruidas en los incendios. Un ejemplo más cercano se puede encontrar en algunas riberas españolas y portuguesas, donde la sustitución de árboles autóctonos por otros exóticos, como eucaliptos (*Eucalyptus globulus*) y árboles del paraíso (*Eleagnus angustifolia*), modifica la composición química de la hojarasca que entra en los ríos. Las hojas de estas especies poseen elevados contenidos de taninos y fenoles, que dificultan su descomposición. En consecuencia, los invertebrados acuáticos que se alimentan de hojarasca descompuesta ven mermados sus recursos alimenticios, tanto en calidad como en cantidad, lo que reduce sus tasas de crecimiento y, en último término, altera la estructura de toda la comunidad acuática.

4. Alteración de las condiciones del ecosistema nativo. El mejillón cebrá (*Dreissena polymorpha*) es un voraz filtrador que está invadiendo las aguas del río Ebro. Entre los diversos efectos que desencadena cabe mencionar la reducción de la turbidez del agua, que favorece la penetración de la luz y fomenta la producción de los organismos fotosintéticos que viven en los lechos de los ecosistemas acuáticos. Asimismo, su proliferación hace que se acumulen sus excrementos en las aguas, aumentando la concentración de nutrientes y con ello la eutrofización. *Myrica faya* es un arbusto originario de las islas

Canarias, que fue llevado por los portugueses a las islas Hawai, durante el siglo XIX. Los suelos de lava de estas islas son deficientes en algunos nutrientes, como el nitrógeno, carácter tolerado por su flora autóctona, y que impedía la entrada de otras especies más exigentes en nutrientes. Sin embargo, *Myrica* es capaz de establecer una relación simbiótica con un microorganismo fijador de nitrógeno atmosférico, lo cual no sólo permitió una rápida propagación de esta especie por las islas, sino que también ha propiciado la entrada de otras especies exóticas, demandantes de nitrógeno, gracias a su efecto fertilizador. En otros casos las especies introducidas alteran el régimen de las perturbaciones, como ha ocurrido en Florida con la gramínea *Imperata cylindrica* y la frecuencia de incendios. Esta especie, originaria de arenales riparios europeos, no sólo se regenera sin problemas tras los incendios, sino que los propicia mediante la producción de biomasa fácilmente inflamable. Su introducción en Florida, donde las especies nativas no estaban adaptadas al fuego, ha aumentado la frecuencia de incendios. Ello facilita la expansión de esta especie, ya que ocupa las áreas que dejan vacías las especies que no se regeneran.

¿Qué explica el éxito de las especies invasoras?

Muchos científicos se han hecho esta pregunta y han buscado la respuesta entre las especies invasoras de distintos territorios. Sin embargo, la información publicada muestra que no hay una explicación única, sino que ésta depende tanto del ecosistema como de la especie considerada. A pesar de ello también se han detectado algunos patrones generales que parecen repetirse en distintos lugares del planeta. Entre las causas que explican el éxito de las invasoras, podemos diferenciar entre aquéllas que tienen que ver con las características del ecosistema receptor y las que son propias de la especie invasora.

Características de los ecosistemas que albergan mayor proporción de especies invasoras. Aunque no hay ecosistema en la tierra que no cuente con especies invasoras entre su acervo biológico, también es cierto que hay ambientes con mayor proporción de especies exóticas que otros. Por ejemplo, las islas se consideran ecosistemas "frágiles" donde la introducción de exóticas suele tener consecuencias más drásticas que en los continentes. También los ambientes perturbados son más proclives a albergar especies exóticas que aquéllos estables y bien conservados. Dos hipótesis contribuyen a explicar este patrón: la *hipótesis del nicho vacío* postula que algunas funciones de los ecosistemas pueden no estar desempeñadas por ninguna especie, debido a constricciones filogenéticas o biogeográficas. Por ejemplo, hay ecosistemas que carecen de árboles, como las praderas templadas de Suramérica. Pero ello no significa que ningún árbol pueda vivir allí, sino que los árboles de las regiones más próximas no han sido capaces de colonizar ese territorio. Sin embargo, recientemente se han introducido diversas especies de pinos exóticos (como *Pinus halepensis* y *P. radiata*), que no sólo soportan perfectamente las condiciones ambientales, sino que se propagan rápidamente gracias a la ausencia total de otros árboles con los que competir. Lo mismo ocurre en Nueva Zelanda, donde apenas existen herbáceas anuales autóctonas, y las introducidas como malas hierbas de cultivo se propagan con enorme éxito (Mack, 2003). La *hipótesis de la ausencia de enemigos* postula que el éxito de algunas invasoras se debe a que en los ecosistemas que invaden no existen depredadores, parásitos o enfermedades, capaces de frenar su expansión. La pobreza de especies propia de las islas o causada por las perturbaciones reduce la probabilidad de que una especie invasora encuentre resistencia por parte de competidores, depredadores o enfermedades en estos ambientes.

Características intrínsecas de las especies invasoras.

1. Elevadas tasas de crecimiento y reproducción. Ambos caracteres conducen a una eficaz monopolización de recursos y a un desplazamiento de las especies nativas por exclusión competitiva. Por ejemplo, algunos de los árboles invasores de riberas y cunetas, como el ailanto (*Ailanthus altissima*), la falsa acacia (*Robinia pseudoacacia*), el olmo siberiano (*Ulmus pumila*) o el arce negundo (*Acer negundo*), crecen a gran velocidad, producen abundantes cosechas de semillas cada año y/o generan abundantes rebrotes vegetativos. El pequeño caracol acuático *Potamopyrgus antipodarum*, procedente de Nueva Zelanda, se ha propagado con gran éxito por Australia, Europa y América. Una de las características que explican su éxito es la capacidad reproducción partenogenética, es decir, la hembra puede tener descendencia sin ser fecundada por un macho. De esta manera, la llegada de una única hembra a un río o lago puede dar lugar a una población muy numerosa, ya que su tasa reproductiva es muy elevada.

2. Flexibilidad y plasticidad fenotípica. Diversos autores han sugerido que las especies invasoras son capaces de aclimatarse más y mejor que las especies nativas a condiciones ambientales nuevas o cambiantes. Esta capacidad de aclimatación puede deberse a una elevada plasticidad fenotípica, cuando un determinado genotipo da lugar a fenotipos muy distintos en respuesta al ambiente, o a una alta flexibilidad funcional, es decir, el fenotipo puede variar en el tiempo en respuesta a las oscilaciones ambientales. Estas propiedades han sido observadas en helechos invasores en Hawai y en diversas especies colonizadoras de claros del bosque o de zonas perturbadas, en general. Es más, la plasticidad fenotípica puede variar no sólo entre especies invasoras y no invasoras, sino entre poblaciones de una misma especie que muestran distinta capacidad invasora (Ninemets *et al.*, 2003). Tal es el caso de la población autóctona relicta de ojaranzo (*Rhododendron ponticum*) en el sur de España, que muestra una baja plasticidad fenotípica, frente a las poblaciones invasoras de esta especie en localidades del centro de Europa, cuya plasticidad es muy elevada (Fig. 6).

3. Facilidad para la hibridación. Algunas especies poseen gran facilidad para hibridar con otras, lo cual les permite aumentar su variabilidad genética. Esta capacidad les puede conferir un gran potencial invasor, ya que favorece el establecimiento de poblaciones estables en áreas nuevas a partir de unos pocos ejemplares introducidos. Como ejemplo, cabe mencionar el caso de la Malvasía canela o cariblanca (*Oxyura jamaicensis*), especie introducida en Inglaterra en los años cuarenta, que se ha hibridado con nuestra especie autóctona, la Malvasía cabeciblanca (*Oxyura leucocephala*). Los híbridos son fértiles y se pueden cruzar entre sí y con los progenitores, lo cual contribuye a la expansión de esta malvasía a expensas de una pérdida de los caracteres originales de la especie autóctona.

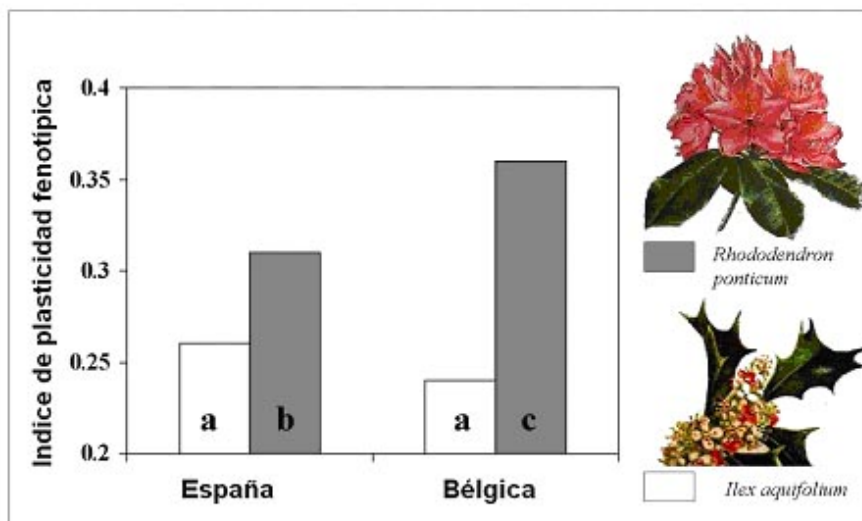


Figura 6. Plasticidad fenotípica promedio en respuesta a la luz de hojas de *Rhododendron ponticum* (barras grises) y acebo (*Ilex aquifolium*, en blanco) en poblaciones del Sur de España (Cádiz) donde *R. ponticum* es autóctono, y en Bélgica, donde *R. ponticum* es exótico e invasor. Las poblaciones invasoras resultaron más plásticas que las autóctonas. Este tipo de resultado apoya la hipótesis de una mayor plasticidad de las plantas invasoras, pero el reducido número de especies en que se ha estudiado no permite generalizar sobre el papel de la plasticidad en el comportamiento invasor. Las letras en las barras indican grupos significativamente diferentes. Elaborado a partir de Niinemets et al. (2003).

¿Qué se puede hacer para controlar las invasiones biológicas?

Volviendo al esquema inicial de las fases del proceso de invasión, se pone de manifiesto que la lucha contra las invasiones se puede realizar en cada una de las etapas del proceso (Fig. 5). Lo más sencillo, desde un punto de vista teórico, es evitar el transporte, tanto la salida como la llegada (Fig. 5A). Algunos países toman medidas en este sentido, especialmente encaminadas a evitar la propagación de enfermedades o plagas que afecten a la agricultura, ganadería o a la propia salud humana. Por ejemplo, hace unos años a todos los viajeros de los aeropuertos se les hacía limpiarse las suelas de los zapatos por medio de unos felpudos desinfectantes para evitar la propagación de la peste porcina. Si la especie ya ha llegado (Fig. 5B) hay que evitar que se propague. Para anticiparse a esta etapa, es necesario contar con un catálogo completo de especies exóticas y de conocimientos que permitan prever cuáles son más proclives a comportarse como invasoras para actuar sobre ellas. Para ello resulta muy útil la identificación de caracteres frecuentes entre especies invasoras, algo así como un 'retrato robot?'. En Estados Unidos, esta labor de catalogación y categorización según el riesgo invasor la realizan organismos creados específicamente para este fin (*Exotic Pest Plant Councils*). En nuestro país, hoy por hoy no existe nada similar, de manera que por lo general se toma conciencia del riesgo que supone una especie cuando ya está ampliamente propagada.

Cuando la especie invasora se ha propagado (Fig. 5C) su erradicación resulta muy complicada y costosa, cuando no imposible. Aquellas medidas que son más respetuosas con el ambiente, como es la eliminación mecánica de individuos, suelen ser muy costosas y no se pueden aplicar a grandes escalas. Por el contrario, otras medidas que requieren menor mano de obra, como la aplicación de venenos químicos, pueden tener consecuencias ambientales no deseadas. La lucha biológica es otra alternativa, basada en la introducción de algún enemigo natural (depredador, parásito o enfermedad) que

pueda frenar el avance de una especie invasora. Aunque en algunos casos ha generado resultados espectaculares (control de la expansión de la chumbera en Australia con la polilla argentina *Cactoblastis*, o del conejo mediante la introducción de la mixomatosis), hay que ser consciente de que con este método introducimos un nuevo elemento extraño en el ecosistema, cuyas consecuencias en el futuro son difíciles de prever. Es más, estos métodos pueden acabar seleccionando los individuos de la población invasora que son resistentes al agente de control, anulando su eficacia y agravando más aún el problema.

Por lo tanto, la mejor herramienta para luchar contra las invasiones biológicas, es la prevención. Para ello es necesario contar con una catalogación rigurosa y precisa de las especies exóticas, con conocimientos y metodologías que permitan prever sus posibles efectos en los ecosistemas, y con protocolos que reduzcan la entrada y propagación de nuevas invasoras.

Restauración ecológica e invasiones biológicas

Para terminar, cabe destacar la paradójica situación de que las actividades de restauración ecológica conllevan con frecuencia la expansión de las invasiones biológicas. En muchos casos porque se hacen revegetaciones directamente con especies exóticas. En otros, la invasión se favorece de forma indirecta mediante la creación de ambientes artificiales o alterados, donde ciertas especies exóticas se ven favorecidas. Un caso destacable por su creciente importancia es el de los taludes de carreteras y vías de tren. Los protocolos habituales de hidrosiembra emplean semillas de muchas especies exóticas, ya que se prioriza más la calidad estética y paisajística de la zona que sus atributos ecológicos (Balaguer, 2004). Por desgracia, las medidas propuestas implican en la mayoría de los casos la introducción de especies exóticas de reconocido carácter invasor, lo cual es contrario al objetivo general de reconstruir las comunidades vegetales nativas.

Referencias

- Balaguer, L. 2004. Las plantas invasoras. ¿El reflejo de una sociedad crispada o una amenaza científicamente contrastada? *Historia natural*. (en prensa).
- Dukes, J.S. y Mooney, H.A. 1999. Does global change increase the success of biological invaders?. *TREE*. 14:135-139.
- Elvira, B. y Almodóvar, A. 2001. Freshwater fish introductions in Spain: facts and figures at the beginning of the 21st century. *Journal of Fish Biology*. 59:323-331.
- Mack, R.N. 2003. Phylogenetic constraint, absent life forms, and preadapted alien plants: a prescription for biological invasions. *International Journal of Plant Sciences*. 164:S183-S196.
- Mack, R.N., Simberloff, D., Lonsdale, M.W., Evans, H., Clout, M. y Bazzaz F. 2000. Invasiones Biológicas: Causas, Epidemiología, Consecuencias globales y Control. *Issues in Ecology*. 5:1-19.
- Niinemets, Ü., Valladares, F. y Ceulemans 2003. Leaf-level phenotypic variability and plasticity of invasive *Rhododentron ponticum* and non-invasive *Ilex aquifolium* co-occurring at two contrasting European sites. *Plant, Cell and Environment*. 26:941-956.
- Mooney, H.A. y Hobbs, R.J. 2000. *Invasive species in a changing world*. Island Press, Washington.
- Traveset A. y Santamaría L. 2004 Consecuencias de la introducción de especies exóticas en la disrupción de los mutualismos en islas. In: Fernández-Palacio JM, Morici C (eds) *Ecología Insular*. Asociación Española de Ecología Terrestre (AEET) y Excmo. Cabildo Insular de La Palma, La Palma.
- Vilà, M., García-Berthou, E., Sol D. y Pino, J. 2001. Survey of the naturalized plants and vertebrates in peninsular Spain. *Ecología Mediterránea*. 27:55-67.
- Williamson, M. 1996. *Biological Invasions*. Chapman & Hall, London.