

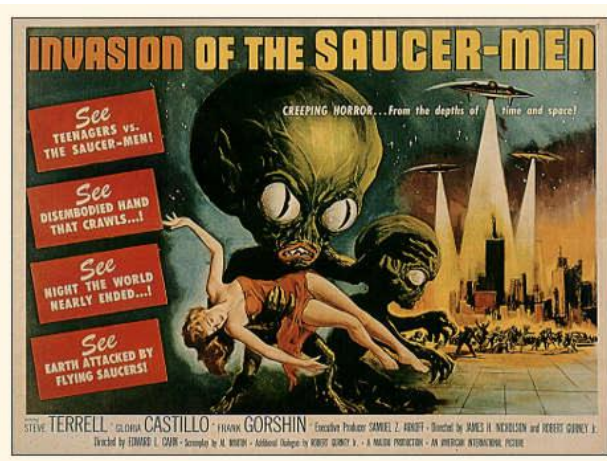
Las plantas invasoras

¿El reflejo de una sociedad crispada o una amenaza científicamente contrastada?

Luis Balaguer

(*Historia Natural* 5: 32-41 (2004))

Diversos conceptos fundamentales en Biología han sido formalizados en un marco social, económico, religioso y cultural capaz de condicionar su significado. Así ha ocurrido con fundamentos como *adaptación*, *evolución*, *competencia* o *mutualismo*. En el caso del término *invasor*, es indudable que evoca concepciones antropocéntricas como las de intruso, asaltante, conquistador y usurpador. En la sociedad actual, aludir al invasor necesariamente predispone negativamente al interlocutor. Calificar así a una planta parece más propio de un reclamo periodístico que del conocimiento científico. El gestor responsable, ante la idea intuitiva de una *planta invasora*, necesariamente recomendará su control o erradicación. Todo ello plantea dos cuestiones fundamentales: ¿Cuál es el criterio para juzgar si una planta es invasora? y en caso de que se trate de un fenómeno científicamente contrastable, ¿Representa una amenaza real o son sucesos anecdóticos?

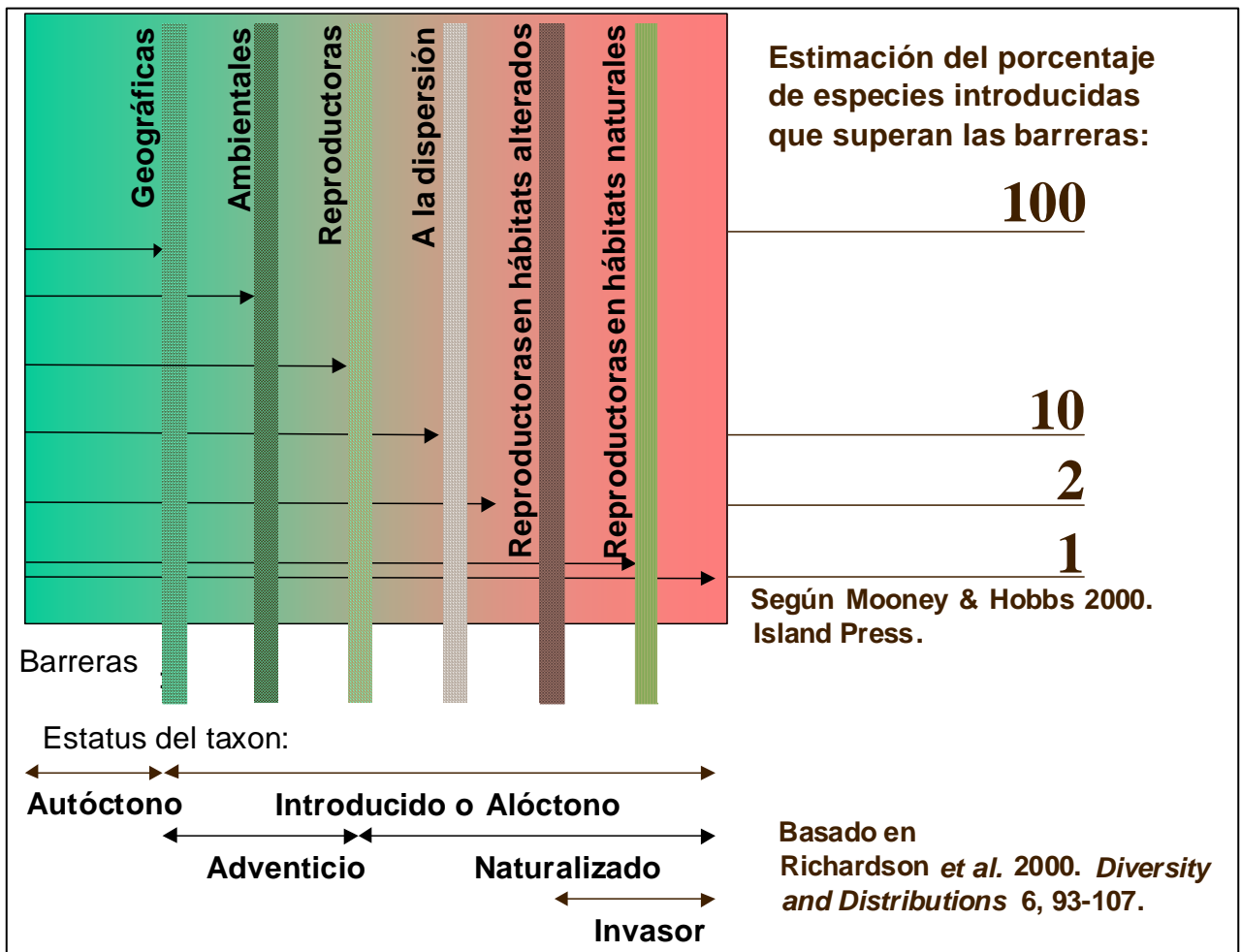


<http://www.best.com/~drzeus/wotw/>

¿Cuál es el criterio para juzgar si una planta es invasora?

El término *invasor* fue utilizado por Clements para describir a aquella planta que arriba a un nuevo enclave, se establece y compete con los primeros ocupantes, pudiendo llegar a desplazarlos. El invasor en esta amplia concepción se reconoce por su procedencia remota. Es condición necesaria que no sea oriundo del territorio en el que medra y se propague como si fuera una especie autóctona.

Esta definición identifica en castellano a las plantas *naturalizadas*, vegetales que pueden llegar a ser indistinguibles de las especies indígenas, a no ser que se conozca la historia reciente de su expansión. Estos casos también pueden ser denominados como *neófitos*. La frontera que segrega a estos organismos de aquellos denominados *subespontáneos*, *asilvestrados* o *cimarrones* es difusa. Estos términos denotan de forma imprecisa, una propagación espontánea limitada y, en el caso de los dos últimos, un origen agrícola.



Definición y frecuencia de las especies invasoras

Esta reflexión semántica no es trivial. Es crucial demarcar con precisión el concepto de invasor para evitar que las medidas que pudieran adoptarse sean inviables o conlleven efectos cruzados no deseados. En la actualidad, la mayor parte de los investigadores coinciden en denominar *introducida* a aquella planta transportada más allá de barreras geográficas, *naturalizada* a aquella que se establece y reproduce en el nuevo enclave superando condicionantes bióticos y abióticos e *invasora* cuando además tiene descendencia fértil capaz de colonizar lugares distantes de la localidad en la que fue introducida y establecer en ellos poblaciones viables. Se estima que de todas las especies introducidas tan sólo llegan a comportarse como invasoras un 1 %. Contestada la primera de las preguntas planteadas, esto es, definidos los criterios para identificar al invasor, procede valorar la gravedad que reviste esta amenaza.

¿Representan una amenaza real o son sucesos anecdóticos?

El gestor que se proponga valorar la gravedad de las invasiones biológicas se enfrentará a preguntas tales como ¿qué fronteras están siendo violadas?, ¿con cuántos efectivos cuentan los invasores?, ¿cuáles serán los siguientes territorios que serán ocupados?, ¿están las poblaciones de los invasores en expansión, estabilizadas o en retracción? Lamentablemente no se dispone de respuestas generales. La única referencia es una casuística dispersa. Sí se conocen, sin embargo, las variables para valorar el impacto de las invasiones biológicas:

- Λ Pérdida de biodiversidad.
- Λ Alteración del funcionamiento de los ecosistemas afectados.
- Λ Deterioro de los recursos y servicios que éstos ofrecían anteriormente y costes económicos y sociales derivados.

Impactos biológicos

Los efectos de especies introducidas, como *Agropyron cristatum* (L.) Gaertn. en Montana procedente del norte de Asia, pueden no limitarse al desplazamiento de las especies nativas y a la pérdida de diversidad, pudiendo llegar a alterar las reservas y flujos de energía y nutrientes en los ecosistemas receptores. Es sabido que los organismos alejados de sus áreas históricas de distribución pueden haber escapado a los mecanismos de control que hasta el momento limitaban su crecimiento poblacional. De ser así, la interacción de los recién llegados con las poblaciones indígenas podría

conducir al desplazamiento e, incluso a la exclusión, de estas últimas. Este fenómeno es particularmente grave si amenaza la subsistencia de poblaciones de especies endémicas. Así, una acción, voluntaria o involuntaria, que inicialmente representara un incremento de la riqueza local de especies podría acarrear una pérdida neta de diversidad global. El efecto biológico de las invasiones no siempre es debido a la competencia entre especies; con una frecuencia mayor de la esperada puede ser el resultado de la transmisión de patógenos o de la hibridación. Los procesos de introgresión genética son comunes en vegetales y pueden dar lugar a que un pequeño grupo de invasores amenace a una población bien establecida y populosa. Es notable el caso de *Spartina alterniflora* Loisel. Su expansión en las marismas de la Bahía de San Francisco (Estados Unidos) ha supuesto la transmisión de nuevos genes a la especie nativa *S. foliosa* Trin. hasta llegar a comprometer la persistencia de su dotación genética original. Esta misma especie invasora, introducida en Southampton (Reino Unido) hibridó con la especie autóctona *S. maritima* (Curtis) Fernald originando una estirpe inicialmente estéril pero que espontáneamente duplicó su dotación cromosómica dando lugar a la especie fértil *S. anglica* Hubbard. El nuevo taxon ha resultado ser extremadamente eficaz colonizando las costas, lo cual contrasta con la restringida distribución de sus parentales en las Islas Británicas.

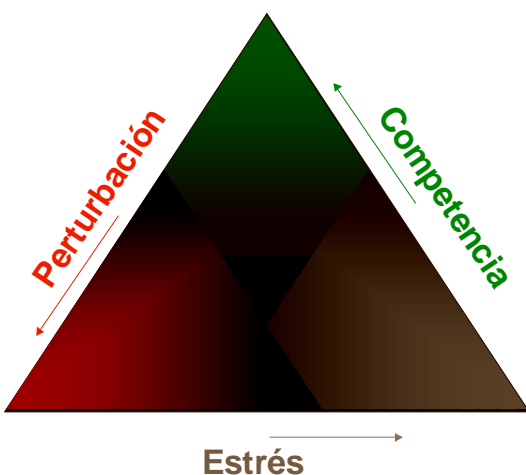
Los riesgos económicos y ecológicos de las introducciones deben contemplar actualmente la incertidumbre sobre el impacto de los organismos modificados genéticamente. Estos organismos pueden afectar a las comunidades vegetales de dos maneras. En primer lugar, transfiriendo los genes modificados a otros individuos. Existen evidencias de que los vegetales transgénicos podrían ser más promiscuos, esto es, podrían haber adquirido una eficacia mayor a la de las estirpes silvestres para transferir sus genes. En segundo lugar, los organismos modificados podrían comportarse como nuevos invasores capaces de desplazar a los genotipos nativos. Esta posibilidad se ha despreciado tradicionalmente asumiendo que las plantas de cultivo no pueden sobrevivir en medios silvestres, lo cual es un error. Se confía también en que la manipulación de su material genético haya menguado indirectamente su potencial invasor. Esta conjetura no se apoya en suficientes evidencias científicas. La solución alternativa basada en insertar fragmentos de material genético capaces de reducir drásticamente la esperanza de vida o limitar el crecimiento fuera de las condiciones de cultivo simplemente repite a otra

escala la discusión sobre la conveniencia de introducir agentes para el control biológico de los invasores.

Con frecuencia se ha intentado importar el agente que establecía el control biológico en origen. Esta solución aparentemente elegante y específica sin embargo ignora el complejo entramado en el que estos mecanismos operan. En la mayoría de los casos, el agente biológico importado se convierte a medio o largo plazo en una plaga de más difícil erradicación que la que se pretendía controlar inicialmente. La introducción de una nueva especie o la pérdida de las autóctonas reconfigura la trama de interacciones entre organismos y entre éstos y su medio. La hipótesis denominada del *mutualismo clave* sostiene que la alteración del patrón de interacciones positivas dentro de una comunidad disparará una cascada de extinciones locales. Esta predicción cuenta con un apoyo creciente en evidencias científicamente contrastadas y su previsión no se limita a la comunidad vegetal, ni a plantas invasoras, sino que implica a todos los organismos que cohabitan en el ecosistema afectado. Ejemplo de ello es la invasión del matorral sudafricano por la hormiga argentina *Linepithema humile* Mayr. Esta especie desplaza a otras autóctonas, entre las que se incluyen todas aquellas capaces de almacenar en sus galerías subterráneas semillas voluminosas. La hormiga invasora no recolecta semillas de gran tamaño. Al quedar éstas expuestas en superficie son aniquiladas por los frecuentes incendios característicos de este territorio, comprometiendo así la permanencia de aquellas especies vegetales que se propagan por semillas voluminosas.

La entrada de la hormiga argentina conduce en último término a un cambio en la composición florística de las formaciones vegetales. Es claro que la conservación de las interacciones mutualistas es esencial para el mantenimiento de las comunidades naturales.

Es habitual que se asocie la repercusión de los invasores con su capacidad de competir. Sin embargo, sus consecuencias también afectan a los otros dos ejes de triángulo universal de Grime, es decir, al grado de estrés ambiental y al



El triángulo de Grime viene definido por tres ejes de los que perturbación y estrés, son independientes entre sí, siendo el tercero de ellos, competencia, el resultado biológico de la variación en los primeros. Según Grime, estos tres ejes enmarcan todos los ambientes habitados por vegetales así como todas sus estrategias vitales.

régimen de perturbaciones. Como ejemplo del efecto sobre el primero de los ejes mencionados, el ingreso de nuevos vegetales cambia, de forma inmediata, la disponibilidad hídrica, pudiendo llegar, a largo plazo, a alterar el régimen hidrológico del ecosistema receptor. Se estima que el consumo de agua de las plantas invasoras en Sudáfrica es de 3.300 millones de metros cúbicos anuales y se espera que de mantenerse su ritmo actual de expansión llegarán a desecar cuencas completas en un periodo inferior a 10 años.

En relación con el eje definido por la frecuencia e intensidad de las perturbaciones, el ejemplo mejor caracterizado es la alteración del régimen de incendios. Se ha constatado que *Imperata cylindrica* (L.) Beauv., gramínea que en la Península Ibérica aparece restringida a arenales riparios en llanuras esteparias, al ser introducida en Florida (Estados Unidos) agravó la intensidad y frecuencia de los incendios, incrementando la mortalidad de las herbáceas y leñosas nativas; lo cual condujo a la sustitución de las formaciones autóctonas por pastizales florísticamente empobrecidos, dominados por esta especie. Las consecuencias suelen ser severas cuando la planta invasora introduce el efecto del fuego en ecosistemas en los que éste no formaba parte de su dinámica. Posiblemente, el efecto más acusado de las invasiones sobre la dinámica de los ecosistemas terrestres sea la alteración del balance del nitrógeno en el ecosistema receptor como consecuencia del incremento de los incendios. La magnitud de este efecto es suficiente como para comprometer la estabilidad de los ecosistemas afectados. Un caso bien estudiado es el de la introducción y propagación de *Bromus tectorum* L. propiciada por el cambio de uso del suelo en la Meseta de Colorado (Estados Unidos) que ha conducido a la disminución de la disponibilidad de nitrógeno hasta el punto de transformar la composición de las comunidades vegetales nativas. Las invasiones pueden inducir efectos acumulativos que a largo plazo desencadenan profundos cambios en la organización de las comunidades, lo cual genera una dramática incertidumbre sobre la dinámica futura de los ecosistemas invadidos.

A pesar de las consecuencias potencialmente severas de las invasiones, sólo un 10% de las invasoras induce cambios profundos en los ambientes receptores. Estas especies se denominan transformadoras. Si se relaciona esta estimación con la que se hacía en el apartado anterior, puede concluirse que tan sólo una de cada mil especies introducidas altera perjudicialmente el funcionamiento ecosistémico. Así de las 12.000 especies

introducidas en la Europa central tan sólo una docena serían capaces de cambiar la estructura y funcionamiento de los ecosistemas en un área extensa.

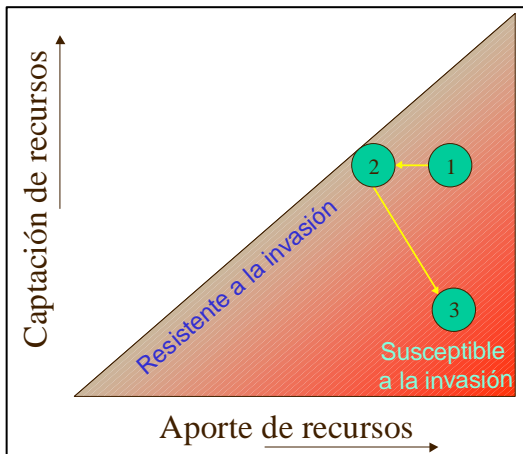
El proyecto titulado *Exotic Plant Invasions: Deleterious Effects on Mediterranean Island Ecosystems* (EPIDEMIE), financiado por la Comisión Europea en el marco de su Acción Clave *Vulnerabilidad de Ecosistemas*, identifica 15 de las especies invasoras con mayor impacto en las islas mediterráneas.

Especie	Nombre común	Lugar de procedencia
<i>Acacia dealbata</i> Link	mimosa	Australia y Tasmania
<i>Agave americana</i> L.	pita	México
<i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swingle	ailanto	China Central
<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	bledo	América del Norte
<i>Arundo donax</i> L.	caña común	Himalaya
<i>Carpobrotus edulis</i> (L.) N. E. Br.	mesembriantemo	Región del Cabo (Sudáfrica)
<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronq.	-	Norte América
<i>Datura stramonium</i> L.	estramonio	América del Sur y Central
<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	eucalipto	Australia y Tasmania
<i>Nelumbo nucifera</i> Gaertn.	loto	China y Japón
<i>Nicotiana glauca</i> R. C. Graham	tabaco moruno	Argentina y Paraguay
<i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Mill.	chumbera	México
<i>Oxalis pes-caprae</i> L.	dormilón	Región del Cabo (Sudáfrica)
<i>Phytolacca americana</i> L.	hierba carmín	Noreste de América
<i>Ricinus communis</i> L.	ricino	Sudeste de África tropical

Propensión de los ecosistemas mediterráneos a las invasiones

No todos los invasores son transformadores, ni todos los ambientes son igualmente propensos a ser invadidos. Algunos autores estiman que esta propensión es una cualidad emergente que caracteriza a los ecosistemas frente al cambio global. Se considera que una comunidad vegetal corre un mayor riesgo de ser invadido a medida que aumenta la disponibilidad de recursos bien debido a aportes exógenos o bien a la pérdida de la eficacia con que las poblaciones nativas los utilizan. Los procesos que

acentúan la susceptibilidad del sistema son en consecuencia la eutrofización, la perturbación o la combinación de ambas. La

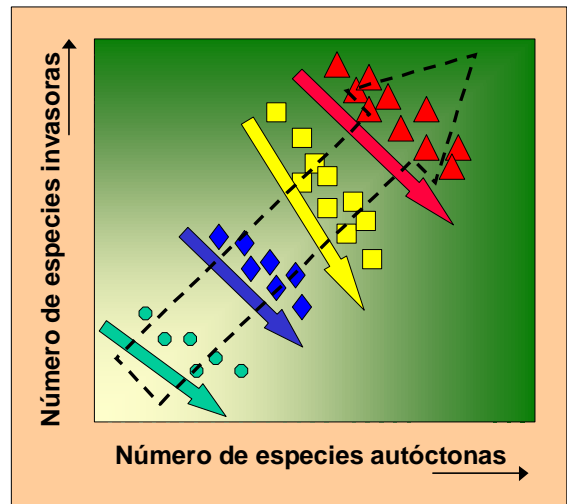


Según el modelo de Davis y colaboradores, la propensión de un sistema a ser invadido es proporcional a la disponibilidad de recursos excedentarios en el medio. Las flechas indican la trayectoria que seguiría un ecosistema inicialmente sometido a un evento de carestía de un recurso clave capaz de reducir la eficacia con que la comunidad aprovechaba su disponibilidad. Tras finalizar el evento desfavorable, el sistema es más propenso a la invasión.

La engañosa apariencia de simplicidad de este modelo, se pone de manifiesto cuando consideramos el doble efecto de algunas perturbaciones. Por ejemplo, una sequía severa supondrá inicialmente un enrarecimiento de un recurso esencial, el agua. De acuerdo con el esquema propuesto, esta disminución incrementa la resistencia del sistema frente a intrusos. Sin embargo, si este evento llega a diezmar las poblaciones indígenas, el resultado tras las primeras lluvias será un escenario aun más propicio para la invasión que el inicial, dado que se restituye el recurso limitante pero la eficacia de la población original se ha visto mermada. Este ejemplo sugiere cuál debe ser la situación en los

ecosistemas Mediterráneo. El *fynbos* sudafricano, el *kwongan* australiano, el *chaparral* californiano y el *matorral* chileno son formaciones vegetales mediterráneas que presentan una tasa de entrada y establecimiento de especies exóticas mayor que la de otros ecosistemas más productivos en regiones vecinas. Este fenómeno puede atribuirse a la inestabilidad ambiental de los ecosistemas mediterráneos. La heterogeneidad espaciotemporal de estos sistemas crea huecos aptos para los colonizadores al tiempo que limita la eficacia con la que las comunidades nativas explotan los recursos disponibles.

Es notable que en aquellos enclaves mediterráneos en los que el hombre ha

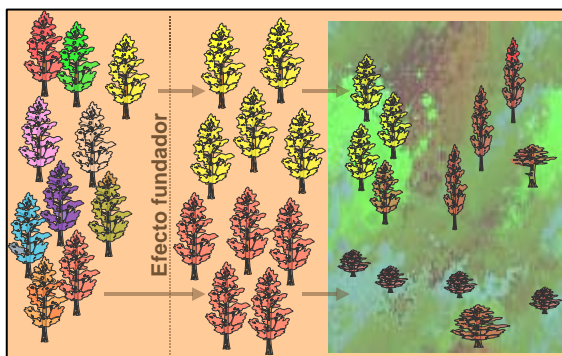


El efecto de la riqueza de especies sobre la propensión del sistema a ser invadido depende de la escala espacial. Las regiones biogeográficas con mayor número de especies acogen un mayor número de exóticas (flecha discontinua). Sin embargo, la sucesión en un mismo escenario tiende a reducir la frecuencia de especies invasoras (flechas coloreadas).

favorecido activamente la restitución del proceso espontáneo de sucesión se ha reducido la presencia de plantas invasoras. Algunos autores interpretan este fenómeno como una consecuencia del incremento en la riqueza de especies, esto es, a mayor número de especies, mayor resistencia a la entrada de otras alóctonas. Esta hipótesis se apoya en la convicción de que el proceso que estructura las comunidades vegetales es la competencia entre especies. Sin embargo, revisiones recientes describen el efecto contrario. Esto es, aquellas comunidades más ricas en especies ofrecen también un mayor potencial de relaciones mutualistas inespecíficas con frugívoros, polinizadores, hongos micorrizógenos o cepas de rizobios, lo cual favorecería la entrada de plantas que pudieran actuar como nuevos socios. La realidad es que la comparación entre biomas muestra como aquellos con comunidades más ricas son también los que han acogido a un mayor número de invasores. En la actualidad, el efecto aparentemente contradictorio de la riqueza de especies se explica en función de la escala de análisis. La comparación entre comunidades vegetales vinculadas por un mismo proceso sucesional evidencia una relación inversa entre riqueza y propensión a la invasión. Sin embargo, la relación entre estas variables es directa cuando la comparación se establece entre comunidades alejadas en el espacio, que han resultado de procesos históricos diferentes y están sometidas a condiciones ambientales dispares. Con independencia de la escala de análisis, parece comprobarse que las invasiones desencadenan crisis más severas en aquellas comunidades con un menor número de especies.

El perfil del invasor

Las características de los ecosistemas más propensos a ser invadidos parecen sugerir



cuál es el perfil de invasor. Su facilidad para propagarse en diferentes medios siempre que presenten un excedente de recursos, sugiere que se trata de genotipos con un elevado grado de plasticidad fenotípica. Por otra parte, se trata de vegetales cuyas nuevas poblaciones se originaron a partir de un reducido número de individuos colonizadores. Es por ello probable que presenten una menor variabilidad genética que las poblaciones originales. Este fenómeno

Las poblaciones de invasores frecuentemente presentan una menguada variabilidad genética y están constituidas por genotipos con una elevada plasticidad fenotípica. La figura muestra el ejemplo de una población invasora (árboles rojos) frente a una naturalizada no invasora (árboles amarillos).

biológico es conocido con el nombre de *efecto fundador*. Cabe esperar, por tanto, que cuenten con una reducida variabilidad genética poblacional y una elevada plasticidad fenotípica individual. Lamentablemente, esta combinación de caracteres no permite un reconocimiento eficaz de los invasores lo que dificulta la adopción de medidas preventivas en el marco de la conservación y restauración del patrimonio natural. De hecho, los numerosos esfuerzos realizados para identificar atributos generalizables han fracasado.

Costes económicos y sociales

Hasta este punto, se han resumido los potenciales impactos de los invasores sobre la diversidad y funcionamiento de los sistemas biológicos. Resta valorar sus consecuencias en términos económicos y sociales. En muchos casos, la explotación de estas especies ha compensado los efectos negativos colaterales a juicio de las poblaciones humanas implicadas. En cualquier caso, tanto si reportan ganancias como si no fuera así, son numerosos los servicios y recursos sensibles a las invasiones. Entre los daños potenciales se encuentran:

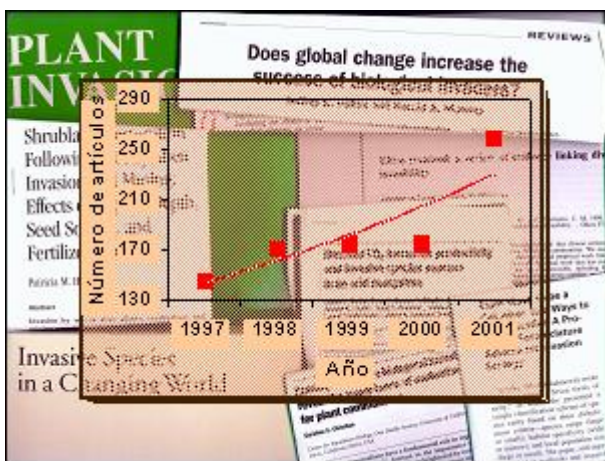
1. Incremento de los costes de laboreo.
2. Pérdida del valor agrario de las tierras.
3. Desplome de construcciones y tendidos.
4. Colapso de redes de riego y drenaje.
5. Obstaculización de caminos y sendas.
6. Descenso del nivel freático.
7. Contaminación de partidas de semillas.
8. Dispersión de plagas e incremento de los costes derivados de su control.
9. Devaluación de espacios deportivos o cinegéticos.
10. Encarecimiento de los programas de restauración y conservación de ecosistemas.
11. Pérdida de interés turístico o científico asociado al declive de la biodiversidad.
12. Impedimento del acceso de las generaciones futuras a los servicios y recursos actuales.

Son numerosos los casos en los que la invasión ha acarreado cuantiosas pérdidas económicas. Un caso ejemplar es la introducción de *Lantana camara* L. en la India como

planta ornamental procedente de Australia. Actualmente, se estima que la suma de las pérdidas económicas y de los costes de erradicación de esta planta en el país asiático ascienden a 924 millones de dólares anuales.

Los costes culturales de las invasiones biológicas son difíciles de evaluar. En este capítulo deben incluirse aquellos casos en los que la especie introducida llega a transformar el paisaje local hasta el punto de suplantar a las nativas como emblema de las señas de identidad de un pueblo. Los ejemplos son innumerables: *Strelitzia reginae* Ait., especie sudafricana, es el símbolo de Madeira; la pita (*Agave americana* L.) o la chumbera (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.), especies oriundas de México, son elegidas con frecuencia para representar a Almería o a algunas de las Islas Baleares o Canarias; las palmeras parecen representar a casi todas las localidades costeras de la Europa mediterránea no siendo autóctonas en ninguna de ellas.

La magnitud de la amenaza que representan las invasiones biológicas ha desatado el interés por profundizar en el conocimiento de este fenómeno. Una revisión bibliográfica de las publicaciones sobre plantas invasoras* en libros y revistas científicas recogidas en la base de datos *Current Contents*, entre enero de 1997 y octubre de 2001, revela una tendencia al alza, con un valor promedio superior a 100 artículos anuales.



Evolución del número de publicaciones científicas aparecidas entre 1997 y 2001 recogidas en la base de datos *Current Contents*.

A la luz de los resultados que obtenidos, la conclusión es que este fenómeno debe contemplarse entre las 5 causas principales de pérdida de diversidad biológica derivada del cambio global antropogénico:

1. Invasiones biológicas.
2. Sobre-explotación.
3. Contaminación química / Eutrofización.
4. Destrucción / Fragmentación de hábitats.
5. Cambio climático.

* Se seleccionaron todas aquellas publicaciones en las que aparecieran las palabras: *biological invasion+plant*, *plant invasion*, *invasibility+plant*, *alien+plant*, *invader+plant*, *invasive plant*, *invasive species+plant*.

En paralelo a la constatación de su trascendencia, se ha modificado la legislación para combatir este problema. En España el control o erradicación de las especies introducidas se exige en las declaraciones y planes rectores de diversos espacios naturales protegidos (Alto Tajo, Cabañeros, Cabrera, Covadonga, Doñana, Garajonay, Guara y Ordesa), así como en la ley estatal 3/2001 de pesca marítima y en las leyes autonómicas de pesca fluvial, aunque estas últimas sólo contemplan a las especies animales introducidas como invasores.



El papel de la restauración en el control de las plantas invasoras

En el año 2000, el Centro de Legislación Ambiental de la IUCN emitió el manual titulado *A guide to designing legal and institutional frameworks on alien invasive species*, en el que se proponían 12 principios sobre los que fundamentar las estrategias. Entre ellos, destacan el

cuarto, que recomienda como medida preventiva la inversión de fondos para incentivar y financiar la restauración de la biodiversidad nativa, y, con mayor enjundia conceptual, el quinto, que establece que la conservación y restauración de las interacciones y procesos ecológicos es de mayor importancia para el mantenimiento a largo plazo de la diversidad que la simple protección de las especies.

El Plan Rector de uso y gestión del Parque Nacional marítimo-terrestre del Archipiélago de Cabrera (RD 277/1995) se propone erradicar mediante técnicas selectivas las plantas invasoras, especialmente *Carpobrotus edulis* (L.) N. E. Br.

Esta definición de prioridades atribuye a la restauración de la cubierta vegetal un papel fundamental como herramienta para la lucha contra el empobrecimiento y deterioro de los ecosistemas invadidos. Sin embargo, **la práctica actual de la restauración fomenta la invasión**. Este efecto contrario al deseado es en primer lugar atribuible a que los procesos que facilitan la entrada de invasoras son los mismos que propician el reclutamiento de colonizadoras. Los riegos y abonados se suman a la depauperación o inexistencia de las comunidades vegetales originales, lo cual dispara la propensión a la invasión de los espacios en restauración. Éste es el caso de la rehabilitación de los taludes de la red viaria y de escombreras de minas a cielo abierto. Enclaves en los que

con frecuencia se propagan especies naturalizadas, las cuales no son controladas o erradicadas, sino que paradójicamente son bien recibidas por los responsables dado que contribuyen a la fijación del sustrato y mejoran la calidad estética del paraje, sin coste económico alguno.

La introducción de especies clave o ingenieras, que con su acción benefactora inespecífica contribuyen a dinamizar la sucesión, puede estar simultáneamente propiciando la invasión. Tal es el efecto de la inclusión en los protocolos de siembras y plantaciones de leguminosas fijadoras de nitrógeno. Aun eligiendo especies autóctonas, su enriquecimiento del sustrato puede desencadenar la expansión de especies exóticas. Un ejemplo científicamente comprobado, es la propagación de gramíneas europeas, como *Bromus diandrus* Roth, a lo largo de la costa californiana facilitada por la leguminosa nativa de porte arbustivo *Lupinus arboreus* Sims.

En esta misma región del planeta, se ha constatado como los proyectos de restauración que proponen soluciones estándar no sólo propician la colonización de especies exóticas, sino que las introducen y propagan activamente. Así, lo que algunos autores han denominado *la marca del zorro*, por ser zorro es el nombre común de *Vulpia myuros* (L.) C. Gmelin, en Estados Unidos, es la manifestación de la acción de esta gramínea europea, comúnmente incluida en las mezclas de semillas empleadas en California para hidrosiembras de taludes. Lejos de ejercer el efecto niñera que se le había atribuido a esta especie, desplaza a las herbáceas vivaces nativas.

Los protocolos que en España utilizan las denominadas *mezclas comerciales* de semillas incluyen, en la gran mayoría de los casos, especies que son al mismo tiempo fijadoras de nitrógeno y exóticas. Tal es el caso de la alfalfa (*Medicago sativa* L.). El uso de esta especie se encuentra tan extendido que los técnicos parecen haber asumido su carácter autóctono, cuando en realidad se ha expandido desde Crimea y Anatolia, hasta encontrarse naturalizada en casi todo el planeta. Los proyectos de restauración de taludes de carreteras de la red española suelen incluir como objetivos separados la reconstrucción del medio natural y la mejora de la calidad estética o paisajística del enclave. Paradójicamente, las medidas correctoras propuestas en relación con este último objetivo ordenan, en la mayoría de los casos, la plantación de especies exóticas

de reconocido carácter invasor, en clara contradicción con la intención de reconstruir las comunidades vegetales nativas.

Los efectos contraproducentes de la restauración comentados hasta este punto podrían evitarse mediante una revisión escrupulosa de los protocolos técnicos que adecuara los aportes de agua y nutrientes y excluyera el uso de plantas exóticas. Aun así, el riesgo de soslayar invasiones más sutiles es muy elevado. La más evidente de ellas es la introducción de individuos de especies nativas pero de procedencias alejadas y, por ello, con genotipos foráneos y diferente variabilidad genética poblacional. Diversas iniciativas reivindicán la cuidadosa selección del origen del material reproductivo como garantía de la calidad de los proyectos de restauración. Este



Manuales técnicos publicados por la Administración española recomiendan expresamente el uso del ailanto en proyectos de obra civil, a pesar de que esta especie está considerada como uno de los invasores más agresivos en la cuenca del Mediterráneo. Propagación espontánea de ailantos en los taludes de carretera de la Ciudad Universitaria (Madrid).

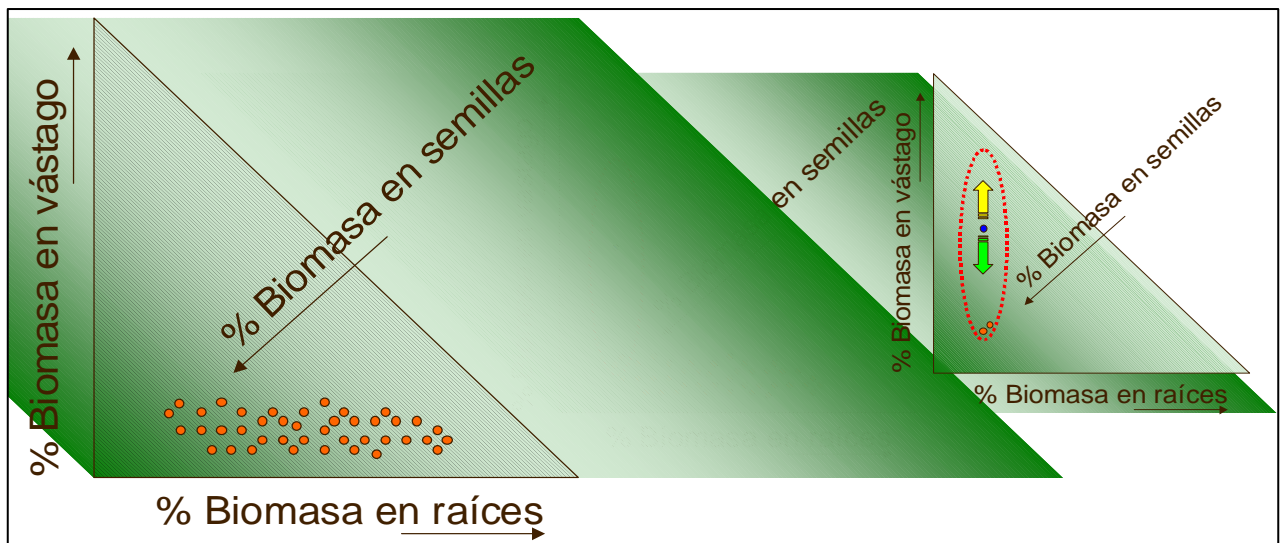
control se aplica parcialmente a plantas vasculares, pero su viabilidad es dudosa en el caso de los inóculos de hongos micorrizógenos o bacterias simbiotes. Estos organismos pueden ser introducidos en el enclave en restauración al extender tierra vegetal comercial o sustratos orgánicos que porten diásporas de procedencias remotas. Actualmente, se cree que ésta fue la causa que posibilitó, en Sudáfrica, la transformación de los pinos, de plantas ornamentales a agresivos invasores. El desfase temporal entre su implantación en parques y jardines y su propagación por el *fynbos* sudafricano se atribuye a que primero tuvieron que propagarse los hongos formadores de ectomicorrizas que posibilitaron el avance de los pinos, dado que este tipo de micorrizas no existía en estos ecosistemas. La colonización de las esporas fue lenta, pero una vez que permitió el establecimiento de la primera población de pinos, la propagación de las plántulas siguiendo el entramado fúngico invasor fue muy veloz. Así, la importación de sustratos o de cepellones para jardinería disparó una invasión que se produjo en dos oleadas, la primera imperceptible y la segunda con drásticos efectos que actualmente amenazan la integridad de algunos de los ecosistemas más diversos del planeta. Este ejemplo también evidencia como una planta introducida puede escapar del ámbito del jardín o del parque público y propagarse por el medio natural.

Además de estas introducciones involuntarias, los protocolos modernos de producción de planta forestal y de recuperación de suelos (*biorremediación*) recomiendan el uso de inóculos de estirpes exóticas o mejoradas para favorecer el desarrollo de los ejemplares en vivero y facilitar su implantación en ambientes desfavorables. Estas cepas, seleccionadas por su alta resistencia, podrían ser especialmente agresivas en escenarios naturales caracterizados por su elevado estrés ambiental, como medios salinos, ultrabásicos o áridos. En ellos, las estirpes de organismos edáficos introducidos pueden persistir décadas, transferir sus genes a poblaciones nativas compatibles o desplazar a las estirpes indígenas.

El significado evolutivo de las invasiones

El fenómeno no es cualitativamente nuevo. La crisis de finales del Pérmico (hace aproximadamente 250 millones de años) estuvo caracterizada por el colapso de los ecosistemas existentes y la expansión de vegetales oportunistas. Trabajos recientes sugieren que además de la recolonización protagonizada por táxones supervivientes, se produjeron migraciones a larga distancia de cicadófitos y gnetófitos que establecieron poblaciones viables y se propagaron a través de vastas superficies. Frente a las invasiones pretéritas, en casi todos los casos actuales el vector es el hombre, lo cual no sólo supone una novedad en cuanto al vehículo, sino además una tasa diferencialmente elevada. En los últimos 10.000 años, la frecuencia ha crecido y sigue creciendo exponencialmente. Todos aquellos vegetales cuya introducción se ha visto favorecida por el hombre deberían quedar excluidos de la relación de especies autóctonas. Sin embargo, la complejidad de la realidad imposibilita la aplicación estricta de este criterio. Especies como el castaño (*Castanea sativa* Mill.) se consideran introducidas por el hombre en la Península Ibérica aunque se sabe, por los yacimientos de polen, que tan sólo escasos miles de años antes (segunda mitad del Holoceno) formaban parte de la flora local. Estos ejemplos ponen de manifiesto que la denominación de una especie como autóctona depende no sólo de la escala espacial de análisis, también de la temporal ¿Cuanto tiempo tiene que haber transcurrido desde su llegada para que un vegetal sea considerado autóctono? Es preciso reconocer que el concepto de autóctono está ligado al de patrimonio y como éste se encuentra impregnado de connotaciones de

dudoso rigor biológico. A nuestro juicio, la confrontación entre conservación del patrimonio y evolución tiene un interés más conceptual que práctico. Parece indudable que el compromiso inmediato es la conservación, aun cuando se estime que el indefectible cambio global favorecerá a los invasores en el futuro. Algunos autores hablan de una *evolución reversa* para subrayar que el flujo genético de las invasiones tiende a uniformizar la cubierta vegetal frente al proceso evolutivo dominante de diferenciación y especialización.



Según Tilman y Lehman, la limitación por nitrógeno condiciona actualmente el reparto de la biomasa vegetal entre el medio aéreo, el subterráneo y la reproducción en numerosas especies (círculos rojos). El cambio global causará un incremento en la disponibilidad de este nutriente y con ello un nuevo escenario de presiones selectivas (línea roja discontinua). El excedente propiciará el ingreso de invasores (círculo azul). Este escenario ecológico forzará la divergencia y la variabilidad genética de las poblaciones de los que hoy son invasores, al tiempo que fracasarán la mayoría de las especies nativas actuales.

Investigaciones científicas recientes indican que especies con un comportamiento oportunista, pionero desde el punto de vista sucesional y ruderal desde el punto de vista ecológico, que prosperaban hace 140 millones de años en ambientes inestables o perturbados fueron precisamente las progenitoras de todas las plantas con flores que hoy pueblan la tierra. Con independencia de que en el presente las estrategias de conservación de la diversidad biológica deban perseguir el control de las invasiones, no cabe duda que en una escala temporal más dilatada habrá que darle la razón al lema que presidía el avance de las legiones romanas. En frase atribuida a Polibio (208 a.C. - 126 a.C): "*Tandem aliquando invasores fiunt vernaculi*", es decir, "*Con el tiempo los invasores serán autóctonos*".