



M. Vilà^{1*}, P. González-Moreno¹, A. Montero-Castaño¹

¹ Estación Biológica de Doñana, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (EBD-CSIC), 41092 Sevilla

* Correo electrónico: montse.vila@ebd.csic.es

24

Las Invasiones Biológicas bajo un escenario de Cambio Climático

Resultados clave

- El cambio climático puede influir positivamente en las pautas de introducción y éxito de establecimiento de especies exóticas principalmente adaptadas a condiciones de aridez en su área de origen.
- Es probable la expansión altitudinal y latitudinal del área de distribución de las especies exóticas ya existentes, principalmente de origen subtropical, en respuesta a un incremento en las temperaturas.
- La prevención, basada en análisis de riesgo de la introducción y expansión de las especies exóticas es la mejor medida de adaptación ante un escenario de cambio climático.

Contexto

Las invasiones biológicas: características e impactos

Muchas especies son introducidas por el ser humano en ecosistemas e incluso regiones donde no habrían llegado por sus propios medios de dispersión. Estas introducciones pueden ser intencionadas, como la suelta de animales para la caza o la pesca; pero también pueden producirse de forma accidental por escapes desde granjas o jardines. Una vez introducidas, algunas especies exóticas establecen poblaciones que se mantienen (naturalizan) por ellas mismas, sin necesidad de intervención humana. Cuando las poblaciones de estas especies se expanden con rapidez se las denomina especies invasoras. La gran preocupación que existe al respecto de las invasiones biológicas se debe a los impactos que estas especies ocasionan. Impactos no sólo ecológicos, sino también económicos (perjuicios a la producción agrícola, ganadera y forestal), e incluso para

la salud pública. De esta manera podemos considerar a las invasiones biológicas, junto a la sobrexplotación de recursos y a la alteración de los hábitats naturales, uno de los factores contemporáneos que más influye en la pérdida de biodiversidad a nivel mundial (CDB 2010).

Las especies invasoras pueden alterar la biodiversidad y los servicios ambientales que ésta ofrece (Vilà et al. 2010). La plantación de determinadas especies de árboles exóticos es una práctica común promovida por la selección de especies forestales de elevada producción maderera, el uso ornamental o las prácticas de restauración para controlar la erosión. No obstante, a veces estas especies se expanden más allá de su área de plantación y se convierten en invasoras con el potencial de desplazar a las especies nativas y reducir así la diversidad florística del área invadida (Richardson 1998, Carrillo-Gavilán et al. 2012). Además, su dominancia puede alterar la estructura de la vegetación y los hábitats que sirven de refugio a los animales. Por lo general, las especies leñosas utilizadas en jardinería y tolerantes a condiciones de baja luminosidad tienen una alta probabilidad de convertirse en invasoras y establecerse en el interior de los fragmentos forestales (González-Moreno et al. 2013).

Las plantas invasoras también pueden alterar los ciclos de nutrientes y la disponibilidad de agua (Le Maitre et al. 2002, Vilà et al. 2011). Por ejemplo, las especies fijadoras de nitrógeno, como las acacias (*Acacia spp.*, *Robinia pseudoacacia*) introducidas como plantas melíferas o en restauraciones de suelos, aumentan la disponibilidad de nitrógeno del suelo lo que altera la composición de la flora (Lorenzo et al. 2010). Los eucaliptos (*Eucalyptus spp.*) poseen una hojarasca difícil de descomponer y con sustancias alelopáticas que puede interferir en el establecimiento de las especies nativas del sotobosque (Terera et al. 2013). Estos impactos son más acusados cuanto más extensa es el área invadida y

más largo el tiempo que haya transcurrido desde que se produjo la invasión.

Otro caso a destacar es el de las invasión por invertebrados en ecosistemas forestales. Dichas invasiones tienen elevadas posibilidades de convertirse en plagas y por consiguiente generar un enorme impacto económico. Muchas veces la introducción de estas especies pasa inadvertida ya que su vía de entrada puede ser en una forma de vida en estado latente, por ejemplo huevos o crisálidas, que son transportados junto a mercancías tales como madera, grano o suelo. Este sería el caso del nemátodo del pino, *Bursaphelenchus xylophilus*, originario de Norteamérica que se detectó por primera vez en Portugal en 1999 y en menos de diez años ya se encontraron focos en Extremadura y Galicia. Su transmisión de un árbol a otro la realiza mediante coleópteros del género *Monochamus* y se manifiesta por un marchitamiento general del árbol (Mamiya et al. 1983).

Tanto el signo como la magnitud de los impactos provocados por las especies invasoras dependen no sólo de las características de las especies, sino también de su interacción con el ambiente biótico y abiótico de los ecosistemas receptores. Por tanto, la alteración asociada al cambio climático de determinadas variables climáticas (ej. temperaturas medias y máximas, reducción de precipitaciones y sequía estival) también afectará al éxito invasor de las especies y al impacto que éstas tengan.

■ Resultados y discusión

Efecto del cambio climático en las invasiones biológicas

El cambio climático puede afectar a todas las etapas del proceso de invasión que incluirían el transporte e introducción de más especies exóticas, el paso de especies introducidas no problemáticas a invasoras, y el aumento o disminución del área de distribución de especies invasoras ya existentes (Hellman et al. 2008, Walther et al. 2009; Figura 1).

La introducción de especies exóticas se podría ver afectada por el cambio climático a través de su impacto en actividades humanas como el comercio y el turismo. Por ejemplo, en España existe un aumento de la demanda del uso de especies xerofíticas en jardinería, es decir, especies que posean características fisiológicas adaptadas a la sequía y a las temperaturas elevadas. Desafortunadamente, no siempre se prioriza que estas especies xerofíticas sean nativas. Esto ya es evidente en xerojardinería y puede que también ocurra en la restauración de las cubiertas vegetales en obras públicas y en silvicultura. Con el cambio climático también pueden cambiar las modas en la tenencia de especies domésticas o en el interés de introducir ciertas especies para la caza o la pesca que sean más fáciles de aclimatarse a temperaturas más elevadas.

La similitud del clima entre la región de origen y de introducción es un factor determinante del éxito de establecimiento de las especies exóticas. De tal manera, si el clima de la región de origen es similar al de la cuenca Mediterránea (ej. Sudáfrica) las posibilidades de que la especie pueda realizar su ciclo vital en nuestros ecosistemas forestales aumentarán en gran medida (Thuiller et al. 2005). También podrá subsistir con mayor posibilidad de éxito si las condiciones climáticas son más

■ **Figura 1**



▲ **Figura 1.** Vulnerabilidad al cambio climático en las distintas fases del proceso de invasión.

Fuente: Elaboración propia.

benignas. Por ejemplo, una planta de clima mediterráneo y por tanto limitada por la disponibilidad de agua, podrá establecerse sin problemas en condiciones de precipitaciones más altas a las de la región de origen. Por ejemplo, del rododendro (*Rhododendron ponticum*) cuya área de distribución nativa se limita en España a los canutos del Parque Natural de los Alcornocales (Andalucía) es una especie invasora en las islas británicas. En el otro extremo, si una especie vegetal de clima templado se introduce en una región mediterránea, quizás no podrá hacer frente al estrés estival. Así, según los escenarios de cambio climático proyectados para España, esperamos que especies procedentes de áreas más áridas tengan un mayor potencial invasor que aquellas procedentes de regiones más templadas o tropicales, donde los aportes de agua son más altos y/o constantes.

Una vez naturalizadas, las especies invasoras rara vez tienen una distribución geográfica estable fuera de su área de origen. La mayor parte de los modelos de distribución basados en idoneidad climática indican que muchas de las especies invasoras podrían ocupar un área de distribución mayor a la actual (Figura 2). En un reciente estudio realizado por Guo et al. (2012) se constató que un gran número de plantas, pájaros y mamíferos tienden a ocupar latitudes más elevadas después de su introducción, lo cual alerta del riesgo que puedan seguir expandiéndose en el futuro. En España, en promedio, las plantas consideradas invasoras podrían ocupar el doble de su área de distribución presente, la cual se estima que podría alcanzarse en 150 años si las condiciones climáticas y de alteración del paisaje no variaran (Gassó et al. 2012). Este patrón posiblemente esté subestimado ya que la asociación positiva entre presencia de plantas exóticas y temperatura encontrada para España (Pino et al. 2005) augura una intensificación de la expansión en el escenario previsto de incremento de temperaturas.

En este sentido, debido al cambio climático algunas especies invasoras pueden alterar su área de distribución al migrar o expandirse a zonas más favorables. Muchas especies de plantas exóticas, principalmente de origen subtropical, no están adaptadas a las bajas temperaturas. En sistemas montañosos estas especies tendrán su área de distribución limitada a cotas bajas. Con el cambio climático podrían expandirse hacia áreas de mayor altitud, zonas de umbría o latitudes más elevadas donde el periodo de crecimiento y reproducción les fueran favorables (Walther et al. 2009). Un caso paradigmático de invasión reciente es la palma de molino de viento, *Trachycarpus fortunei*, muy extendida en jardines de la cara sur de los Alpes suizos. En pocas décadas ha sido capaz de colonizar bosques caducifolios de alta montaña. Un análisis reciente realizado en viveros comerciales en Europa indica que actualmente muchas plantas ornamentales están plantadas y sobreviven 1000 km más al norte del límite de su distribución natural (Van der Veken et al. 2008).

El cambio climático puede además ayudar a contrarrestar las limitaciones fisiológicas de especies introducidas que han permanecido en estado latente o cuyas poblaciones son muy pequeñas. Muchos invertebrados pueden mantenerse en estado de latencia en condiciones de bajas temperaturas pero si las temperaturas mínimas aumentan aceleran sus ciclos vitales. El mosquito tigre, *Aedes albopictus*, originario de Asia es considerado una de las 100 peores especies invasoras del mundo puesto que puede transmitir varias enfermedades infecciosas como por ejemplo el dengue (Lowe et al. 2000). Esta especie fue introducida accidentalmente en Cataluña hace menos de diez años pero a pesar del sistema de alerta temprana que se estableció aún no se ha podido erradicar. Para muchos insectos terrestres, la isoterma de 10°C en el mes frío coincide con la separación entre poblaciones que se reproducen constantemente y las que sobreviven

Figura 2



Figura 2. Mapas de distribución actual (celdas en negro) y potencial (celdas en gris) de 4 especies arbóreas invasoras en España. La distribución potencial se calculó a partir de modelos de nicho que tienen en cuenta variables climáticas, geográficas y de paisaje. Cada celda corresponde a una resolución de 10 x 10 km UTM.

Fuente: Elaborado a partir de Gassó et al. (2012).

los periodos fríos en dormancia. Recientemente, modelos de idoneidad climática en distintos escenarios de calentamiento indican que Galicia y el oeste de Andalucía serían zonas idóneas para su proliferación caso de que fuera transportado allí (Fisher et al. 2011).

A pesar de todos estos indicios de vulnerabilidad al cambio climático, ciertas especies invasoras poseen un área de distribución geográfica muy extensa, un rango climático bastante amplio y una elevada plasticidad fenotípica (i.e. capacidad de modular la morfología y el funcionamiento en respuesta a condiciones ambientales), lo cual hace pensar que podrían verse poco afectadas en un escenario de cambio climático (Hellman et al. 2008). Sin embargo, comparando experimentalmente la respuesta individual de plantas nativas y plantas exóticas a aumentos de temperatura, cambios de precipitación y a concentraciones elevadas de CO₂, se observa que la supervivencia, crecimiento y fecundidad de las plantas responde de forma parecida pero más rápida en las plantas exóticas. Estos resultados nos indican que las especies exóticas pueden jugar con cierta ventaja respecto a las nativas en un escenario de cambio climático (Sorte et al. 2012).

Sinergias con otros factores de cambio afectan a las invasiones

El clima no es el único factor que determina el grado de invasión de los sistemas naturales. Las áreas más perturbadas antrópicamente son las más invadidas. Proyecciones futuras sobre cambios de uso de suelo ponen de manifiesto que la abundancia de especies vegetales exóticas aumentará en las áreas forestales (Chytrý et al. 2012). Muchas de estas áreas forestales constituyen áreas colonizadas por especies leñosas después del abandono de tierras de cultivo. Durante la transición de área agrícola a forestal se puede producir el establecimiento de especies exóticas que antes quedaban relegadas a áreas muy marginales en los bordes de los cultivos. Otro cambio de uso de suelo que favorece las invasiones son las transiciones hacia áreas urbanizadas.

En estas circunstancias, las áreas de borde entre las zonas urbanizadas y las zonas forestales constituyen “puertas de entrada” de plantas introducidas en jardinería (González-Moreno et al. 2013). Claramente, los bosques más fragmentados y menos aislados poseen un mayor grado de invasión que los bosques más extensos y menos rodeados de áreas agrícolas y urbanas (Figura 3).

Siendo el consumo de derivados de petróleo el mayor responsable del cambio climático, alternativas como los biocombustibles están tomando fuerza en los últimos años. Esta medida aparentemente positiva puede acentuar el problema de las invasiones biológicas (Chytrý et al. 2012). Sobre todo porque casi todas las especies vegetales que actualmente están en el punto de mira, como por ejemplo el ailanto (*Ailanthus altissima*), el tabaco moruno (*Nicotiana glauca*) o el pasto varilla (*Panicum virgatum*) son especies exóticas con alto potencial invasor, es decir, con capacidad de, una vez introducidas establecerse y expandirse.

El régimen de incendios es un factor con un gran potencial de ser alterado por el cambio climático que puede a la vez mediar en la invasión por plantas exóticas. La influencia será mayor con plantas exóticas que posean una mayor inflamabilidad comparada con otras especies del área invadida y cuya regeneración se vea favorecida por el fuego (Arianoutsou & Vilà 2012). Muchas especies forestales invasoras como los eucaliptos y las acacias que son plantadas extensivamente (Figura 4), son resistentes al fuego y además pueden propiciar el riesgo de incendios. En Galicia y norte de Portugal, después del fuego se produce una germinación masiva de semillas de *Eucalyptus globulus* y *Acacia dealbata* cuyos pies además poseen la capacidad de rebrotar. En algunos casos, los eucaliptales se abandonan transformándose en bosques mixtos donde el eucalipto persiste y se expande. Por el contrario, en otros casos, después de los incendios existe un manejo activo para transformar áreas agrícolas en nuevas plantaciones de eucaliptales, aumentando así una retroalimentación positiva entre invasión, cambios de uso de suelo y fuego.

■ **Figura 3**



▲ **Figura 3.** Invasión de Azahar de la China (*Pittosporum tobira*) en un matorral costero de Menorca, adyacente a una zona urbanizada.

Fuente: David Carreras (OBSAM).

■ **Figura 4**



▲ **Figura 4.** Plantación de eucalipto, una especie que puede ser invasora en condiciones de elevada precipitación y con incendios recurrentes.

Fuente: Montserrat Vilà.

■ **Recomendaciones para la adaptación**

Según la Convención sobre la Diversidad Biológica la gestión más apropiada para evitar los impactos de las invasiones biológicas es la prevención. Esta estrategia que es la más efectiva, la más económica y de menor impacto ambiental consiste en evitar la entrada e invasión de nuevas especies. Esto requiere conocer qué especies pueden ser potencialmente invasoras. Para saber qué especies pueden ser invasoras se deben realizar análisis de riesgo tanto de la identidad de las especies como de las áreas que pudieran ser invadidas (Andreu & Vilà 2010). Existen bastantes tipos de análisis de riesgo, para distintos tipos de especies (ej. animales o plantas), y distinta complejidad metodológica pero por lo general hay que adaptarlos al área de interés en cuestión y deben realizarse por expertos (Thuiller et al. 2005). En esta línea puede resultar de gran utilidad confeccionar mapas de idoneidad para especies potencialmente invasoras tanto en las condiciones climáticas actuales como en distintos escenarios de cambios futuros (Gassó et al. 2012). Por ejemplo, en un análisis global de las 100 peores especies invasoras se pronosticó una reducción en su incidencia para el Sudoeste Europeo relacionada con un aumento de condiciones climáticas extremas (Bellard et al. 2013). Sin embargo, el problema no radica en estas 100 especies, sino en las especies exóticas que aún están por llegar para las cuales estos mapas pueden contribuir a priorizar áreas donde se refuerce un sistema de vigilancia ambiental, de detección precoz y de actuación urgente.

En el ámbito de la Unión Europea, se está trabajando en una Directiva (EC 2013/0307/COD) que insta a los Estados Miembros a garantizar que la introducción intencionada en la naturaleza de una especie que no sea autóctona de su territorio se regule, o incluso prohíba, para que no perjudique a la fauna y flora silvestres autóctonas ni a sus hábitats naturales. En este contexto surge el recientemente aprobado Real Decreto 630/2013, de 2 de agosto, por el que se regula el Catálogo español de especies exóticas invasoras. Esta norma constituye la base sobre la que reposa la prevención, control y erradicación de las especies

exóticas invasoras a nivel nacional Este R.D. deroga uno anterior, el 1628/2011, donde además del Catálogo existía un Listado de especies potencialmente invasoras basado en distintos análisis de riesgo. La no inclusión de este Listado en el nuevo R.D. ha supuesto un paso atrás en nuestro compromiso para paliar la vulnerabilidad de los hábitats ante las invasiones bajo distintos escenarios de cambio climático.

■ **Referencias bibliográficas**

- Andreu J, Vilà M (2010) Risk analysis of potential invasive plants in Spain. *Journal for Nature Conservation* 18:34-44
- Arianoutsou M, Vilà M (2012) Fire and invasive plant species in the Mediterranean basin. *Israel Journal of Ecology & Evolution* 58: 195-203
- Bellard C, Thuiller W, Leroy B, Genovesi P, Bakkenes M, Courchamp F (2013) Will climate change promote future invasions? *Global Change Biology* 19:3740-3748
- Carrillo-Gavilán A, Espelta JM, Vilà M (2012) Establishment constraints of an alien and a native conifer in different habitats. *Biological Invasions* 14:1279-1289
- CDB (2010) *Perspectiva Mundial sobre la Diversidad Biológica 3*. Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, Montreal
- Chytrý M, Wild J, Pyšek P, Jarošík V, Dendoncker N, Reginster I, Pino J, Maskell LC, Vilà M, Pergl J, Kühn I, Spangenberg JH, Settele J (2012) Projecting trends in plant invasions in Europe under different scenarios of future land-use change. *Global Ecology and Biogeography* 21:75-87

- Fischer D, Thomas SM, Niemitz F, Reineking B, Beierkuhnlein C (2011) Projection of climatic suitability for *Aedes albopictus* Skuse (Culicidae) in Europe under climate change conditions. *Global and Planetary Change* 78:54-64
- Gassó N, Thuiller W, Pino J, Vilà M (2012) Potential distribution range of invasive plant species in Spain. *Neobiota* 12:25-40
- González-Moreno P, Pino J, Gassó N, Vilà M (2013) Landscape context modulates plant invasion in Mediterranean forest edges. *Biological Invasions* 15:547-557
- Guo Q, Sax DF, Qian H, Early R (2012) Latitudinal shifts of introduced species: possible causes and implications. *Biological Invasions* 14:547-556
- Hellmann JJ, Byers JE, Bierwagen BG, Dukes JS (2008) Five potential consequences of climate change for invasive species. *Conservation Biology* 22:534-543
- Le Maitre DC, Van Wilgen BW, Gelderblom CM, Bailey C, Chapman RA, Nel JA (2002) Invasive alien trees and water resources in South Africa: case studies of the costs and benefits of management. *Forest Ecology and Management* 160: 143-159
- Lorenzo P, Rodríguez-Echeverría S, González L, Freitas H (2010) Effect of invasive *Acacia dealbata* Link on soil microorganisms as determined by PCR-DGGE. *Applied Soil Ecology* 44:245-251
- Lowe SJ, Browne M, Boudjelas S (2000) *100 of the World's Worst Invasive Alien Species*. IUCN/SSC Invasive Species Specialist Group, Auckland
- Mamiya Y (1983) Pathology of the pine wilt disease caused by *Bursaphelenchus xylophilus*. *Annual Review of Phytopathology* 21:201-220
- Pino J, Font X, De Cáceres M, Molowny-Horas R (2009) Floristic homogenization by native ruderal and alien plants in north-east Spain: the effect of environmental differences on a regional scale. *Global Ecology and Biogeography* 18:563-574
- Richardson DM (1998) Forestry trees as invasive aliens. *Conservation Biology* 12:18-26
- Sorte CJB, Ibáñez I, Blumenthal DM, Molinari NA, Miller LP, Grosholz ED, Diez JM, D'Antonio CM, Olden JD, Jones SJ, Dukes JS (2013) Poised to prosper? A cross-system comparison of climate change effects on native and non-native species performance. *Ecology Letters* 16:261-270
- Tereraí F, Gaertner M, Jacobs SM, Richardson DM (2013). *Eucalyptus* invasions in riparian forests: Effects on native vegetation community diversity, stand structure and composition. *Forest Ecology and Management* 297:84-93
- Thuiller W, Richardson DM, Pyšek P, Midgley GF, Hughes GO, Rouget M (2005) Niche-based modelling as a tool for predicting the risk of alien plant invasions at a global scale. *Global Change Biology* 11:2234-2250
- Van der Veken S, Hermy M, Velland M, Knapen A, Verheyen K (2008) Garden plants get a head start on climate change. *Frontiers in Ecology and the Environment* 6:212-216
- Vilà M, Basnou C, Pyšek P, Josefsson M, Genovesi P, Gollasch S, Nentwig W, Olenin S, Roques A, Roy D, Hulme P, DAISIE partners (2010) How well do we understand the impacts of alien species on ecosystem services? A pan-European cross-taxa assessment. *Frontiers in Ecology and the Environment* 8:135-144
- Vilà M, Espinar JL, Hejda M, Hulme PE, Jarošík V, Maron JL, Pergl J, Schaffner U, Sun Y, Pyšek P (2011) Ecological impacts of invasive alien plants: a meta-analysis of their effects on species, communities and ecosystems. *Ecology Letters* 14:702-708.
- Walther GR, Roques A, Hulme PE, Sykes MT, Pyšek P, Kühn I, Zobel M, Bacher S, Botta-Dukát Z, Bugmann H, Czúcz B, Dauber J, Hickler T, Jarošík V, Kenis M, Klotz S, Minchin D, Moora M, Nentwig W, Ott J, Panov VE, Reineking B, Robinet C, Semchenko V, Solarz W, Thuiller W, Vilà M, Vohland K, Settele J (2009) Alien species in a warmer world: risks and opportunities. *Trends in Ecology & Evolution* 24:686-693