

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/333634450>

# Rasgos característicos y principales factores de expansión del *Ailanthus altissima* //Characteristic traits and main expansion factors of *Ailanthus altissima*

Article · June 2019

CITATION

1

READS

362

1 author:



[Mario Corral](#)

Universidad Autónoma de Madrid

14 PUBLICATIONS 5 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

RASGOS CARACTERISTICOS Y PRINCIPALES FACTORES DE  
EXPANSION DEL *AILANTHUS ALTISSIMA*

CHARACTERISTIC TRAITS AND MAIN EXPANSION  
FACTORS OF *AILANTHUS ALTISSIMA*

Corral Ribera, M.

[mario.corral@estudiante.uam.es](mailto:mario.corral@estudiante.uam.es)

Universidad Autónoma de Madrid

**RESUMEN:** En este trabajo se aborda el análisis de los rasgos más característicos (morfología, ciclo biológico, adaptaciones frente a factores abióticos y bióticos) así como la distribución (principalmente en el territorio de España peninsular) de la Especie Exótica Invasora Ailanto (*Ailanthus altissima*). Dicha especie, originaria de Asia (China y Vietnam del Norte), ha colonizado nuevos territorios a escala mundial. Este hecho se debe principalmente a su capacidad adaptativa y competitiva. Conllevando así a un serio problema, tanto a nivel económico, como ambiental, al genera un deterioro y pérdida de biodiversidad en los ecosistemas naturales que ocupa.

**PALABRAS CLAVE:** Ailanto, Especie Exótica Invasora, expansión, competencia, alelopatía.

**ABSTRACT:** The aim of this work is the analysis of the most significant characters (morphology, biological cycle and adaptation for abiotic and biotic factors) also the distribution (especially in the region of Spanish Peninsula) of the Invasive Alien Specie Ailanto (*Ailanthus altissima*). This specie that is original of Asia (China and North of Vietnam) has colonized new areas around world. This is result of its adaptive and competitive capacity. In consequence the expansion of Ailanto is a serious economic and environmental problem, because it deteriorates and makes lose biodiversity in the natural ecosystem that it colonizes.

**KEYWORDS:** *Ailanto, Invasive Alien Species, expansion, competence, Allelopaty.*

## INTRODUCCIÓN

Las diferentes especies exóticas que, por la acción humana, han sido directa o indirectamente transportadas fuera de su ámbito ecológico natural, presentan dificultades para poder adaptarse a las condiciones del nuevo hábitat. En este sentido, los factores bióticos y abióticos del medio desempeñan un papel primordial como barrera frente a la invasión. Por ejemplo; la fuerte y prolongada sequía estival del ambiente mediterráneo, las escasas precipitaciones y bajas temperaturas del clima continental de Centro Europa, la existencia de grandes formaciones vegetales como los bosques de *Pinus halepensis* en Croacia o los encinares y alcornocales del piso mesomediterráneo; entre otros condicionantes, dificultan el desarrollo y expansión de elementos foráneos introducidos. Sin embargo, otras especies son capaces de adaptarse, desplazando, bien por su alto carácter competitivo o por la posesión de sustancias alelopáticas (que inhiben funciones vitales de otras especies) a las especies autóctonas, causando así tanto daños ecológicos como económicos. De esta manera se acuña el término de Especie Exótica Invasora, haciendo referencia a aquellas especies cuya introducción y propagación fuera de su ámbito ecológico natural constituye una amenaza tanto para la biodiversidad como para la economía. El *Ailanthus altissima*; Ailanto; o árbol de los dioses, es considerada como una de las especies vegetales exóticas invasoras (EEI) más extendidas a nivel global. Se ha considerado dentro de las 20 especies exóticas de prioridad a controlar y reducir en la franja de Europa mediterránea (Sheppard et al., 2005; Kowarik & Säumel, 2007). Aunque la especie es originaria de Asia (China y

Vietnam del Norte), su rango de distribución secundario (asociado a la introducción directa o indirecta por parte de las actividades antrópicas), su alta plasticidad de adaptación a diferentes ambientes (desde aquellos con alto nivel de perturbación antrópica, hasta otros más naturalizados) y su carácter competitivo, han permitido a lo largo del siglo XX y XXI, la expansión sin precedentes de la especie.

Este trabajo<sup>1</sup> tiene como objeto principal el conocimiento exhaustivo de la especie, en todos aquellos aspectos que se refieren a la descripción de su morfología, su ciclo biológico, rango de distribución junto con su respuesta frente a factores abióticos y bióticos, entre otros aspectos singulares. Sólo acercándonos al estudio del comportamiento de la especie y de su relación con el medio que coloniza, será posible entender el papel que desempeña en estas áreas secundarias, a las que llega como amenaza para la vegetación natural preexistente.

Cuando se ha instalado en un territorio, el *Ailanthus altissima* ejerce, en primer lugar, una fuerte presión sobre el resto de organismos vegetales; no solo debido a la competencia interespecífica natural por la obtención de recursos (luz, fracción de suelo para desarrollar sus raíces, nutrientes, recursos hídricos, entre otros) sino mediante la segregación de sustancias alelopáticas<sup>2</sup>. De esta forma, es un agente causante del desplazamiento de especies autóctonas cuando ha conformado masas de varios individuos, haciendo casi imposible su erradicación.

En este contexto, la expansión del Ailanto es uno de los principales temas de investigación desde 2008, cuando el proyecto Delivering Alien Invasive Species Inventories of Europe (DAISIE) unido con

<sup>1</sup> El presente artículo forma parte de la tesis doctoral en curso que tiene como objetivo principal el estudio del *Ailanthus altissima* en el interior de la Península Ibérica. Dicha tesis está siendo realizada por Mario Corral Ribera y dirigida conjuntamente por Concepción Fidalgo Hijano y Nieves López Estébanez. Ambas directoras pertenecen al

departamento de Geografía en la Universidad Autónoma de Madrid.

<sup>2</sup> Alelopático: *adj. rel.* La influencia o efectos (a veces inhibidores o perjudiciales) de una planta sobre otras plantas o microorganismos con los que comparte espacio en el ecosistema. (Lawrence, 2003).

el organismo competente en materia de medio ambiente a nivel europeo entran en materia sobre Especies Exóticas Invasoras y su problemática sobre los hábitats, ecosistemas y especie autóctonas del continente.

## Descripción de la especie

El *Ailanthus altissima*, es junto con *A. excelsa*, *A. integrifolia*, *A. malabarica*, *A. triphysa* y *A. vilmoriniana* una de las seis especies que componen el género *Ailanthus*. Pertenecen a la familia Simaroubaceae, cuyas características se resumen en los siguientes aspectos: Árboles y arbustos perennifolios o caducifolios; hojas alternas, más raramente opuestas o sub-opuestas; inflorescencia en racimos con flores pequeñas y poco vistosas y fruto en cápsula, sámara, rara vez drupa o baya (Kowarik & Säumel, 2007; Fidalgo et al., 2004).

## Morfología

### Tallos y ramas

El crecimiento del porte de los individuos de *Ailanthus altissima* presenta relación con su rango de expansión; así, el mayor tamaño medio en zonas templadas oscila entre 27 a 30m.; mientras que en zonas más meridionales de 18 a 20m. (Hegi, 1912; Lauche, 1936; Hunter, 2000 y Arnaboldi et al., 2003). Este carácter, se asocia con la disponibilidad de recursos (sobre todo hídricos) de los diferentes ambientes. En las zonas más meridionales, la xericidad estacional implica carencia de agua o de humedad edáfica en distintos momentos del año, reduciendo el crecimiento de esta especie, al igual que sucede con otras. En cuanto al desarrollo, las nuevas ramificaciones salen a partir de los brotes laterales mientras que los terminales tienden a desaparecer. Así la especie muestra una ramificación acrotónica (presentando la antera unida por su ápice con el roseto (Lawrence, 2003), además su crecimiento en altura es simpodial (Kowarik & Säumel, 2007). A partir de los 10 a 15 años de edad una de las ramificaciones se desarrolla verticalmente, conformando el tronco principal del individuo, mientras que el resto se

dispondrán lateralmente como ramas secundarias. Estas ramas cuando son jóvenes y portan hojas con un color verde, a medida que envejecen, comienzan a tomar una coloración marrón-rojiza (Hu, 1979; Hunter, 2000).

### Hojas

Las inferiores presentan gran tamaño, imparipinnadas, alternas; mientras que las superiores son opuestas, pecioladas y compuestas por 7 ó 9 pares de folíolos oval-lanceolados. Su borde es entero salvo los primeros pares de folíolos que presentan entre uno o dos dientes/lóbulos en la base. Tienen color lustroso por el haz y mate por el envés, lampiños (Fidalgo et al., 2004). Cuando las hojas brotan de las raíces emergentes muestran coloración verde amarillento (Figura 1) variando en el número de divisiones desde unifoliadas a pinnadas compuestas (Hu, 1979).



**Figura 1.** Chirpial de *Ailanthus altissima*, se puede observar como la coloración cambia de un tono rojizo (primeras semanas de desarrollo) a esa coloración verde amarillenta característica de las hojas provenientes de las raíces emergentes. Foto realizada por Mario Corral Ribera.

Se ha demostrado que los caracteres descritos, en relación a las hojas, no varía en función de la distribución geográfica, pudiendo así encontrar similitudes entre poblaciones de Europa central y la franja Mediterránea (Kowarik & Säumel, 2007), ello podría ser un rasgo de aclimatación, acrecentando la capacidad adaptativa de la especie.

### Flores y frutos

El Ailanto es un árbol dioico. En este sentido, mientras que las flores femeninas son de pequeño tamaño y carecen de polen (Nooteboom, 1962) las inflorescencias masculinas son más grandes y

producen un mayor número de estructuras reproductivas (Hu, 1979).

Tras la floración los carpelos<sup>3</sup> se desarrollan en cinco sámaras lingüiformes con una tonalidad verdosa, rosada o purpúrea en un primer momento, tornándose grisácea en su madurez; en su centro se encuentra la semilla (Fidalgo *et al.*, 2004). La capacidad reproductiva del *Ailanthus* es significativa, pudiendo producir entre 27.000 a 33.000 semillas/kg (Little, 1974).

### Raíces

Desde que el *Ailanthus* se desarrolla como plántula comienza a generar un gran número de raíces laterales, entre ellas aparece una principal que almacena la mayoría de las reservas de carbohidratos y proteínas (Dubroca & Bory, 1981). Entre los 0 a 100cm. de profundidad, las raíces presentan pequeñas protuberancias (primordios) que facilitan la formación y desarrollo de próximos brotes de raíz. El potente sistema radical que despliega el Ailanto varía en función de la disponibilidad hídrica y de nutrientes del suelo, no obstante, se han llegado a realizar mediciones de raíz a 27m. de distancia del árbol principal ocupando así grandes extensiones de suelo (Kiermeier, 1987; Pan & Bassuk, 1986); siendo este otro carácter que puede asociarse a su adaptabilidad y competitividad.

### Rasgos morfológicos y capacidad adaptativa

En la morfología específica se han observado tres rasgos que pueden mostrar su capacidad de adaptación.

- I. La aclimatación de las hojas en tamaño y forma en diferentes condiciones ambientales, pudiendo así continuar con la actividad fotosintética pese a situaciones desfavorables.
- II. Su alta cabida de producción de semillas, 27,000 a 33,000 por kilogramo, da al Ailanto una gran capacidad dispersiva y competitiva (**Figura 2**). De esta forma, las posibilidades de germinar en nuevos territorios son significativas, pues con alta probabilidad, una de sus unidades reproductoras podrá germinar y, si las

condiciones ambientales lo permiten, desarrollarse hasta individuo adulto.

- III. Una extensa superficie ocupada por numerosas raíces secundarias de gran grosor que se desarrollan lateralmente. Éstas impiden el crecimiento de otras especies, pues tanto el espacio como la obtención de nutrientes se ven mermadas, convirtiéndose en factores limitantes de crecimiento.



**Figura 2.** Gran número de semillas que se quedan adheridas a las ramas durante largos periodos de tiempo. Foto realizada por Mario Corral Ribera.

### Respuesta ante factores abióticos

Como al resto de especies vegetales, los diferentes factores ambientales tales como: temperatura, heladas, periodo nival, sequía y disponibilidad hídrica, intensidad y cuantía lumínica, estructura y composición de suelos, polución o contaminación atmosférica condicionan el crecimiento del *Ailanthus altissima*. Aunque esta especie presenta gran plasticidad de adaptación frente a diversos factores bióticos se ha demostrado que ante periodos de heladas en edad temprana o la falta de luminosidad frenan el avance de la especie (Kowarik & Säumel, 2007).

### Factores térmicos

Aunque la especie tolera gran amplitud de condiciones climáticas, la variación estacional en las

<sup>3</sup> Carpelo: *sust.* Estructura reproductora femenina de las flores angiospermas, compuesta por un estigma, un estilo y un ovario, el cual puede tener uno o más óvulos. Una flor puede

poseer varios, dando lugar al pistilo o gineceo. (Lawrence, 2003).

temperaturas produce efectos negativos tanto para su supervivencia, como crecimiento y propagación. Con temperaturas relativamente bajas (entre los 0°C a 10°C) el crecimiento de los tallos, ramas, raíces y hojas del *Ailanthus altissima* se ralentiza. Tan solo la biomasa del tallo principal, el tiempo de crecimiento de las hojas y la superficie foliar para cada individuo no se ven afectadas por las bajas temperaturas. Incluso en algunos casos, estos rasgos se han visto significativamente beneficiados en ambientes fríos (Kowarik & Säumel, 2007).

No obstante entre 15 y 20°C hay una serie de variables (número de tallos, diámetro y volumen de éstos; número de nodos; número de raíces, dimensiones de las mismas, desarrollo de raíces secundarias; superficie foliar o tamaño de hojas, entre otras) que son positivamente reforzadas. Con esto se puede concluir que el Ailanto está más adaptado a patrones cálidos que fríos.

El ámbito mediterráneo, caracterizado por sequía estival y coincidencia entre las temperaturas más elevadas y el mínimo de precipitaciones, conlleva un estrés hídrico, nocivo para la mayoría de las especies incapaces de adaptarse a este periodo xérico. Es el caso de especies mesófitas, higrófitas e hidrófilas, pero no el del Ailanto ya que ha desarrollado adaptaciones a la sequía estival: reduce la transpiración; aumenta la biomasa subterránea (número de raíces secundarias), las raíces ya existentes se ensanchan (ocupando mayor espacio e impidiendo el desarrollo de las raíces de otras especies) y las nuevas (con un diámetro muy pequeño) se introducen en pequeñas grietas del subsuelo incrementando la obtención de recursos hídricos (Kowarik & Säumel, 2007). Además, el aumento de la temperatura conlleva la generación de mayor cantidad de sustancias alelopáticas (Ailantona) que sumado a lo anterior, imposibilita la competencia a otras especies (Lawrence *et al.*, 1991).

### **Heladas y periodos de nevadas**

En los periodos iniciales, es cuando el chirpial es más susceptible a las heladas. Aunque en los ambientes mediterráneos son extraños los casos con mínimas inferiores a -10°C, en Europa central (Berlín), se ha observado que en la transición de un ambiente urbano a rural (con una variación de temperaturas mínimas en torno a 5 ó 6°C), cuando

se produce una rápida bajada térmica a principios de diciembre, la tasa de mortandad de individuos jóvenes de *Ailanthus altissima* era de prácticamente el 100% (von der Lippe *et al.*, 2005). Este rasgo podría ser significativo para una posible actuación erradicadora por ejemplo mediante el empleo de hidrógeno líquido.

Sin embargo, al contrario de la mayoría de las especies, los individuos adultos de *Ailanthus* muestran pocos daños en sus tejidos vegetales frente a periodos nivales de larga duración (Croxtton, 1939) e incluso presentan tolerancia a las bajas temperaturas.

### **Factores hídricos**

El Ailanto, ante un proceso de estrés por sequía, como puede ser el caso del mundo Mediterráneo, se adapta cambiando su plasticidad morfológica y modificando su fisiología (disminución de tejidos vegetales para reducir la transpiración, por ejemplo). El potente sistema de raíces (más desarrollado que en otras especies) explora los escasos recursos hídricos existentes en el subsuelo.

Con el incremento de la temperatura esta especie tiene la capacidad de ralentizar o frenar el crecimiento de ramas y hojas e invertir mayor cantidad de energía y biomasa en el desarrollo de estructuras subterráneas (sistema radicular) y en el tallo principal.

Lo primero, permite una mayor captación de agua del suelo y por su parte, el crecimiento del tallo principal, proporciona un movimiento vascular más continuado e incremento de la estructura porosa del tejido vegetal conductor de agua, favoreciendo la rápida transferencia hídrica raíz-hoja (Meyer, 1982).

Otra de las adaptaciones, aunque ésta también la desarrollan otras especies perennifolias como *Quercus ilex* ssp. *ballota*, es la capacidad de cerrar los estomas progresivamente reduciendo así la pérdida de agua por la superficie foliar.

Estas adaptaciones favorecen a que los procesos de hidrólisis y síntesis de hidratos de carbono, reservas de proteínas y almidón se hagan de forma rápida tanto en hojas, tallos y raíces, permitiendo al Ailanto proseguir con sus funciones vitales incluso en condiciones de sequía extrema (Dubroca & Bory, 1981; Clair-Maczulajtyś *et al.*, 1993).



Factores lumínicos

Se ha clasificado al Ailanto como una especie intolerante a la sombra de forma continuada (Knapp y Canham, 2000), así presenta alta eficiencia fotosintética en sitios abiertos (Marek, 1988). No obstante incluso en condiciones de baja intensidad lumínica es capaz de mantener su cabida estomática optimizando así la captación de agua del suelo y limitar su pérdida por transpiración (Hamerlynck, 2001); otros investigadores aluden que, en contraste con otras especies tolerantes a la sombra, las hojas del Ailanto que se desarrollan en condiciones de poca luminosidad presentan tasas fotosintéticas más bajas, de tal manera que las plántulas pueden germinar, pero no prosperar hasta individuo adulto bajo un dosel arbóreo cerrado (Grime & Jeffrey, 1965; Kowarik, 1995; Knapp and Canham, 2000). Sin embargo, cuando aparece un claro en el dosel arbóreo, el Ailanto puede alcanzar el estado arbóreo de forma más rápida que otras especies naturales del entorno (Knapp & Canham, 2000).

Factores edáficos

El Ailanto es capaz de desarrollarse en diferentes tipos de suelos: con alto contenido de sustrato rocoso, arenoso o arcilloso; o bien suelos secos calcáreos poco profundos, tolerando también suelos salinos y alcalinos. Puede emplazarse sobre suelos con pH inferior a 4. Así mismo también aparece en suelos artificiales como carreteras o aceras (Kowarik & Böcker, 1984; Miller, 1990; Singh *et al.*, 1992).

Contaminación atmosférica

Es considerada como una de las especies más tolerantes a la contaminación atmosférica. Siendo altamente resistente a SO<sub>2</sub> y otros compuestos principales causantes de la contaminación. Esto se debe a su alta capacidad antioxidante de sus hojas. Presenta una gran capacidad de desintoxicación de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> en sus hojas en comparación con otras especies de árboles urbanos de los géneros *Betula*, *Tilia* o *Platanus* (Kovacs *et al.*, 1982).

Ciclo biológico

Reproducción

*Ailanthus altissima* presenta una doble

reproducción: sexual, por medio de semilla y mediante rebrote de raíz del árbol principal. Ambos mecanismos presentan un elevado porcentaje de eficacia. Como ejemplo, en un área urbana un 42,5% de los retoños procedentes de semilla y un 57.5% por rebrote llegan a desarrollarse al menos durante su primer año (Pan & Bassuk, 1986).

I) Reproducción por semilla

Por regla general, los individuos a partir del tercer al quinto año de edad producen flores, aunque puede darse el caso que, bajo condiciones idóneas, en el primer año ya aparezcan las primeras (Hegi, 1912); y en tres semanas las flores emergen de las plántulas. No obstante, son los individuos de edades comprendidas entre los 12 a 20 años los que presentan una mayor producción de semillas (Miller, 1990). La elevada efectividad de la reproducción sexual, se debe al gran número de semillas que un individuo de Ailanto puede llegar a desarrollar, por ejemplo, Clair-Maczulajtys (1980) observó que, en el sur de Francia, un individuo adulto desarrolló en torno a un total de 325.000 semillas, de las cuales, un 59% y 98% fueron viables para poder generar nuevos vástagos.

El intenso olor de las flores masculinas implica que un gran número de polinizadores (abejas, hormigas o escarabajos) den comienzo al proceso de polinización (Hegi, 1912; Miller, 1990).

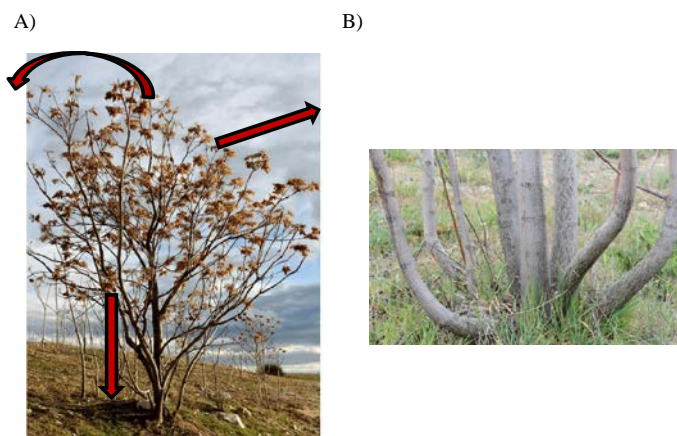
Además de la capacidad de producir semilla, hay que sumar la variabilidad de medios dispersivos que desempeñan un *roll* principal en la llegada a nuevos ambientes. A saber:

Anemocoría	Las semillas del Ailanto pueden dispersarse de formas diferentes a través del viento (véase <b>Figura 3 A</b> ). Éste puede dispersar tanto individual como grupalmente a las semillas. La morfología de las sámaras (alas torcidas en espiral, un pericarpio que ha ramificado y lignificado las células que sirven de contrapeso para permitir un mayor tiempo de vuelo) las proporciona una buena adaptación para ser dispersadas por anemocoría (Bory & Clair Maczulajtys, 1980). En las zonas urbanas, su distribución a lo largo de las líneas de comunicación, perite un mayor alcance gracias al viento procedente de los medios de transporte (Kowarik & von der Lippe, 2006).
Hidrocoría	Se ha observado que en los márgenes de cursos fluviales, así como en las llanuras de inundación de los mismos el <i>Ailanthus altissima</i> puede llegar a desarrollar masas boscosas, aunque en su mayoría compartiendo territorio con otras formaciones de ribera de <i>Fraxinus</i> o <i>Populus</i> (Corral, 2018), por lo que se ha de tener en cuenta a los cursos fluviales como un agente de dispersión secundario (Lepart & Debussche, 1991; Thébaud & Debussche, 1991; Parsons y Cuthbertson, 1992).

## II) Reproducción por medio de rebrote.

Tanto las perturbaciones naturales (incendios, riadas, heladas, entre otras) como las actuaciones antrópicas (talas, aclareo, mala praxis en la eliminación de individuos) inducen a la aparición de nuevos individuos procedentes de la raíz del individuo principal.

Este segundo mecanismo reproductivo no tiene la misma eficacia para generar masas que cubran grandes extensiones territoriales ya que la mayor dispersión por este procedimiento se ha encontrado en un individuo localizado a 27m del árbol principal (Howard, 2004). No obstante de una raíz, tallo o corona (véase **Figura 3 B**) pueden generarse numerosos vástagos (Hoshovsky, 1988; Bory *et al.*, 1991).



**Figura 3.** Representación de dos métodos reproductivos del *Ailanthus altissima*. **A)** Dispersión por anemocoría. **B)** Reproducción asexual por rebrote de raíz. Realización propia a partir de los trabajos de (Bory & Clair-Maczulajty, 1980; Bory *et al.*, 1991).

Fotografías realizada por Mario Corral Ribera.

## Alelopatía

Tanto el tejido vegetal que recubre la raíz, como la propia raíz, la corteza de tallos y ramas, las hojas, las sámaras y la madera del *Ailanthus altissima* presentan diferentes composiciones y concentración de sustancias alelopáticas: la corteza contiene oleorresina, mucílago, alcohol cerílico, cristales de oxalato de calcio, tanino, entre otras; las hojas contienen un 12% de tanino, quercetina, linutina alcaloide y por último, las semillas

contienen cuasina (List & Horhammer, 1967 y 1979 y Perry, 1980) Además de la ya mencionada ailantona. Todas estas sustancias son tóxicas tanto para otras especies de leñosas como de herbáceas (Margen, 1959; Heisey, 1990 y 1996; Lawrence *et al.*, 1991), si bien la concentración de toxicidad de la ailantona prevalece por encima del resto de sustancias. En 1996, Heisey destacó que en una concentración de  $0.7\text{ml}^{-1}$  causó la inhibición del 50% de la elongación de la radícula de semillas de *Lepidium sativum* (mastuerzo o berro hortelano).

Si bien el índice de concentración de la ailantona varía en función del individuo, presentando una mayor toxicidad los individuos de corta edad (Heisey, 1990). También en periodos de mayor precipitación y temperaturas bajas, la cantidad de toxicidad disminuye; mientras que con temperaturas elevadas y escasas precipitaciones (largo periodo estival del clima mediterráneo) la concentración de ailantona aumenta considerablemente.

Al estar las formaciones de Ailanto acompañadas por otras especies, dichas poblaciones preexistentes presentan tolerancia a las sustancias alelopáticas; sin embargo, si prosperan nuevas plántulas, su germinación es prácticamente nula, pues aún no han desarrollado tolerancia (Lawrence *et al.*, 1991).

## Distribución y requerimientos ambientales

### Distribución geográfica

Los registros fósiles recogen que desde el Paleoceno hasta el Pleistoceno aparece en el Este de Asia, desde el Paleoceno hasta el Plioceno en el Norte de América y entre el Eoceno al Plioceno en Europa, Oeste de Siberia y Kazakstán (Mai, 1995; Corbett & Manchester, 2004). El área principal de distribución del Ailanto se encuentra en China y Vietnam del norte, donde la especie crece como componente principal de las formaciones forestales de árboles caducifolios. No obstante este núcleo principal del área de origen se asocia con las actividades humanas de cultivo de la especie (Hu, 1979), por lo que puede ser generada a partir de una expansión inducida por acciones antrópicas tal y como ha sucedido en el resto de áreas colonizadas.

El segundo rango de distribución se localiza en el resto de las superficies continentales, donde

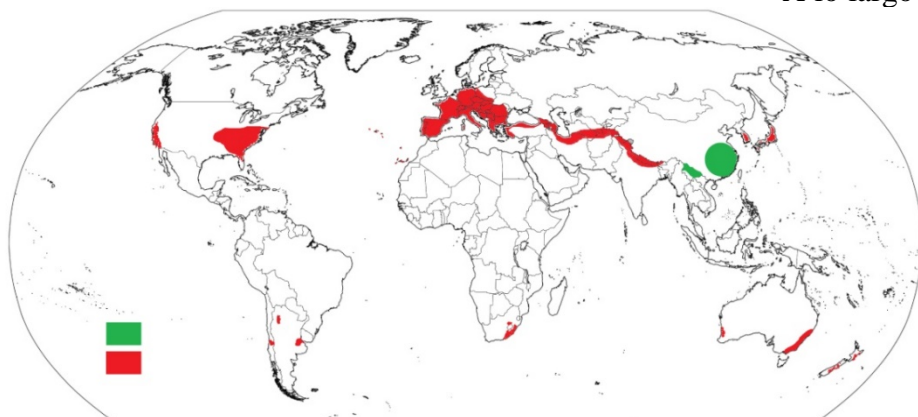


manifiesta un amplio rango latitudinal (desde zonas templadas hasta las más meridionales).

Ambos rangos de distribución (**Figura 4**) presentan condiciones climáticas muy caracterizadas por una estación cálida de larga duración (que coincide con el periodo de crecimiento del *Ailanthus altissima*), un periodo de heladas regulares en invierno y precipitación anual que supera los 500mm. En la franja templada del continente europeo, el Ailanto está prácticamente confinado en las tierras bajas y en pequeñas cadenas montañosas de poca altitud, como el Valle del Rin, donde la suave climatología favorece su avance. Mientras, en el ámbito mediterráneo, son numerosos los trabajos que establecen una distribución más acantonada.

Dado que la distribución potencial va rigurosamente correlacionada con los caracteres climáticos, el calentamiento global puede contribuir a un incremento en su expansión (Kowarik & Sämel, 2007).

Hasta la década de los 80, *Ailanthus* colonizó zonas de Europa central sujetas a clima continental o mediterráneo de interior. Tal como se aprecia en la (figura 1) el Ailanto ocupa un rango entre los 35° y 60° de latitud en el Hemisferio Norte y entre los 30° a 60° de latitud en el Sur. Características muy acordes con ambientes mediterráneos como los que nos encontramos en gran parte de la Península Ibérica (Meusel & Jäger, 1992; Gassó *et al.*, 2012).



**Figura 4.** Área de expansión del Ailanto con una diferencia del área nativa en China y Norte de Vietnam (color verde) y su distribución a lo largo del Mundo (color rojo) a partir de su introducción en Europa en los años 1740. Modificado a partir de (Kowarik & Sämel, 2007).

Así en la España peninsular y Baleares está especialmente representado en el Este, zona de Cataluña, siguiendo una tendencia hacia el Levante, además en la zona centro de la Comunidad de Madrid y al Sur (Granada y Almería). En Castilla-León ocupa parte de Salamanca. Y aparecen pequeños retazos en el País Vasco (**Figura 5**)



**Figura 5.** Representación por medio la cuadrícula 10x10 km. del área de expansión del Ailanto en España peninsular y Baleares. Autor Mario Corral Ribera tomando como fuente Gassó *et al.*, 2012.

### Introducción ligada a usos antrópicos

A lo largo de un gradiente latitudinal, desde la zona meridional a la templada, la aparición de grandes masas de Ailanto tiende a conformar manchas, esencialmente, en las proximidades de los núcleos urbanos. Ello se atribuye a los efectos de un clima urbano que proporciona un periodo vegetativo más largo, compensando las sumas de calor, reduciendo la duración de las heladas e incrementando la actividad fotosintética (Kowarik & Böcker, 1984; Gutte *et al.*, 1987; Sudnik-Wojcikowska, 1998).

En la ciudad de Berlín, el 92,2% de las unidades de la red urbana tenían *Ailanthus* pero este porcentaje disminuía a medida que se entraba en un ámbito más ruralizado, reflejando así el impacto e importancia del clima urbano (Kowarik & Böcker, 1964). Este carácter varía en la zona mediterránea, donde el Ailanto coloniza tanto ciudades como ámbitos más ruralizados, (Krigas & Kokkini, 2004).

Aunque los estudios de Kowarik y Böcker (1984) en la ciudad de Berlín determinan patrones de distribución del Ailanto con un confinamiento en las zonas centrales de las urbes, en localidades mediterráneas (Colmenar Viejo, Madrid) se ha observado cómo en el ámbito central de la población la presencia de esta especie queda marcada por individuos aislados en patios de casas abandonadas, mientras que la mayor proporción (conformando formaciones lineales) se encuentran en la periferia del mismo (Corral, 2018).

Durante los últimos 250 años la expansión de *Ailanthus altissima* en las áreas secundarias se ha visto facilitada por la transferencia de semillas y el posterior cultivo con diferentes fines. En Europa, fue introducido por primera vez en Francia en 1740 (Hu, 1979). Tradicionalmente, en sus regiones de origen (China y Vietnam del norte) ha sido empleado como remedio medicinal, para la obtención de madera y leña para combustible y para forraje en la cría de gusanos de seda (Hu, 1979).

Su llegada al resto de continentes se asocia con la implantación como especie ornamental paisajista de parques y jardines. Tal fue la importancia de la especie que se consideró como árbol simbólico de los espacios verdes de ciudades europeas y norteamericanas. No obstante, el fuerte olor que desprenden las flores masculinas, hizo que se promoviera su erradicación (con una mala gestión, conllevando la posterior expansión de la especie), sin embargo, en gran parte de las zonas verdes integradas en núcleos urbanos, el *Ailanthus altissima* sigue hoy día muy presente (Engelhardt, 1901).

Además de su uso decorativo, se empleó como fito-estabilizador de las cunetas de las carreteras y líneas ferroviarias. A este hecho se le suma la introducción en zonas costeras para el control de la erosión y desaparición de dunas. Directamente se utilizó para

la reforestación de espacios naturales en Hungría.

Por último, también se ha empleado en apicultura (Hegi, 1912; Singh *et al.*, 1992; Dalby, 2000)

## **Hábitat**

La alta plasticidad de adaptación que presenta el Ailanto, le permite crecer tanto en lugares antropizados como naturales, desde suelos pedregosos y estériles hasta fondos de valle. No obstante, la mayoría de los espacios ocupados están sujetos a cierto grado de perturbación; bien antrópica (contaminación, abandono o deterioro de espacio urbano y rural, construcciones, etcétera) o naturales que conllevan la pérdida de cubierta arbórea (incendios, aclareos, enfermedades fitosanitarias, entre otras) (Kowarik & Säumel, 2007)

## **Zonas urbanas. Corredores y vías de comunicación**

Entre los rangos latitudinales antes explícitos, coloniza diversos hábitats urbanos, desde muros o pequeñas grietas en viviendas y aceras, terraplenes y taludes de caminos, carreteras y vías del ferrocarril, patios de viviendas abandonadas hasta parques urbanos. En Italia, por ejemplo, es considerada como una de las especies exóticas vegetales más extendidas y comunes de su flora urbana. En Berlín y Viena se encuentra actualmente asociada a aéreas edificadas (Hu, 1979; Kowarik, 1983; Kowarik and Böcker, 1984; Pan and Bassuk, 1986; Wei, 1989).

En la periferia y exterior de las ciudades, el Ailanto tiene predilección por las vías de comunicación (carreteras o líneas ferroviarias).

Además pueden aparecer en fronteras agrarias (como linderos de prados, cultivos de leñosos o frutales) así como en campos abandonados (Kowarik, 1983; Facelli & Pickett, 1991; Huebner, 2003).

## **Espacios naturales (Bosques, dehesas, pastizales y formación forestal)**

Un dato significativo es el que aportan los estudios de Miller (1990) y Huebner (2003) destacando que el Ailanto invade, llegando incluso a codominar los bosques ribereños, bosques méxicos y xéricos en Europa. Ejemplos de bosques invadidos son las riberas y llanuras de inundación del Danubio (Gutte *et al.*, 1987) así como a lo largo de arroyos y pequeños lechos fluviales en regiones al sur de Suiza

(Arnaboldi *et al.*, 2002). Pero también en la región mediterránea, en las gargantas de Nuño Cojo y El Venerito en el valle del Tiétar, (Ávila, España) (García Quiroga, 2012) o en el Arroyo de Tejada (Colmenar Viejo, Madrid) afluente del río Manzanares (Madrid, España) (Corral, 2018).

Generalmente, en rangos latitudinales templados, zonas urbanas o espacios naturales, el Ailanto aparece en etapas de sustitución de formaciones vegetales naturales (desde comunidades pioneras, etapas con dominio de herbáceas que conforman pastizales hasta formaciones arbustivas). Además de etapas de sustitución, en los bosques de ribera se asocia con vegetación de ribera como *Populus alba* o *Fraxinus excelsior* como en las llanuras de inundación del Danubio (Gutte *et al.*, 1987). En la región mediterránea, el Ailanto puede llegar a invadir comunidades arbustivas perennes de *Quercetum coccifera* y en raras ocasiones se asocia o introduce en formaciones boscosas bien estructuradas y que no hayan sufrido alguna alteración; por lo que su rango principal de distribución son los márgenes de vías de comunicación y cursos fluviales (Kowarik, 1983).

## CONCLUSIONES

El *Ailanthus altissima* presenta las condiciones esenciales para ser considerada como una de las especies potencialmente invasora en el ámbito mediterráneo europeo.

En primer lugar las diferentes condiciones climáticas que se pueden encuentran entre ámbitos continentales (mayor amplitud térmica diaria y estacional, o incremento de la xericidad, o el frío invernal) y costeros, no parecen ser condicionantes esenciales para limitar su rango de expansión fuera de su hábitat natural, tal como demuestra la similitud morfológica de las hojas independientemente de su distribución geográfica (Kowarik & Säumel, 2007).

Otro de sus rasgos morfológicos significativos es su potente sistema de raíces (Kiermeier, 1987; Pan & Bassuk, 1986). Así mismo, al ocupar una gran superficie, impide al resto de especies vegetales desarrollarse. A estos dos rasgos, hay que sumar que los caracteres de sus semillas permiten al Ailanto la colonización de nuevos hábitats a larga distancia del árbol principal: la dispersión por

anemocoría y la flotabilidad de sus tejidos vegetales que favorece la hidrocoría. Por otra parte, la doble capacidad reproductiva (sexual por semilla y por rebrote de raíz del árbol principal) es otro de los rasgos que permiten al *Ailanthus altissima* expandirse cuando las condiciones del nuevos hábitat son las adecuadas. A ello se suma el elevado número de semillas y una alta viabilidad de germinación, estimada entre el 59% al 98% (dependiendo de las condiciones del ámbito).

La competencia con las especies ya instaladas está especialmente controlada por la presencia de ailantona, compuesto alelopático que generan todos los tejidos vegetales del Ailanto. Esta sustancia dificulta y merma las capacidades de crecimiento de las plántulas e individuos jóvenes de otras especies adyacentes. En este aspecto, la competencia por los recursos queda limitada a individuos adultos y a las pocas especies tolerantes a la ailantona.

Pese a estos rasgos adaptativos, la aparición en el medio de condiciones climáticas desfavorables, que pueden actuar en las diferentes etapas de desarrollo del Ailanto, reducen sus capacidades biológicas, como sucede con el resto de especies. Así, el *Ailanthus altissima* se ve muy afectada por la variación estacional de las temperaturas, principalmente cuando la entrada del periodo frío (con las primeras heladas) coincide con el momento inicial de germinación y primeros años del individuo. A este fenómeno, se añade la intolerancia a la sombra.

En conclusión el *Ailanthus altissima* es una especie pionera, de rápido crecimiento juvenil, rebrotadora, con un sistema radicular muy potente, capaz de segregar sustancias alelopáticas y muy adaptada a las condiciones climáticas de sequía y variación estacional del ámbito mediterráneo. Por estos motivos, ha sido incluida en la lista de las 20 especies exóticas más nocivas y de prioridad a controlar y reducir en determinados ecosistemas como los mediterráneos. En España está incluida en la lista negra preliminar de especies exóticas invasoras, quedando prohibida su introducción, posesión, transporte, tráfico o comercio.

## Bibliografía

- ARNABOLDI, F., CONEDERA, M. & FONTI, P. (2003). Caratteristiche anatomiche e auxometriche di *Ailanthus altissima*. *Sherwood*, 91, 1-6.
- BORY, G., CLAIR MACZULAJTYS, D. (1980). Production, dissémination et polyphormisme des semences d'*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle, Simarubacées. *Gén. Bot.* 88, 297-311.
- BORY, G., SIDIBE, M. D. & CLAIR MACZULAJTYS, D. (1991). Effects of cutting back on the carbohydrate and lipid reserves in the tree of heaven (*Ailanthus glandulosa* Desf, Simaroubaceae). *Annales des Sciences Forestieres*. 48 (1). 1-13.
- CLAIR MACZULAJTYS, D., SARTHOU, C., HADDAD, Y. & BORY, G. (1993). Effects of drought stress on reserve metabolites and cambial activity of *Ailanthus glandulosa* Desf. (Simaroubaceae). *Acta Botanica Gallica (France)*.
- CORBETT, S.L., MANCHESTER, S.R. (2004). Phytogeography and fossil history of *Ailanthus* (Simaroubaceae). *Int. J. Plant Sci.* 165. 671-690.
- CORRAL RIBERA, M. (2018) La especie exótica invasora *Ailanthus altissima* llega a la Dehesa de Navalvillar. Colmenar Viejo. *El Guadarramista*: <https://elguadarramista.files.wordpress.com/2018/03/e-l-ailanto-caso-de-estudio-dehesa-de-navalvillar-colmenar-viejo.pdf> (consultado el 03/02/2019)
- CROXTON, W. C. (1939). A study of the tolerance of trees to breakage by ice accumulation. *Ecology*, 20(1), 71-73.
- DALBY, R. (2000). Minor bee plants in a major key: Tamarisk, *Ailanthus* and teasel. *American bee Journal*.
- DAISIE («Elaboración de inventarios de especies *Ailanthus altissima* Página 6 de 6 exóticas invasoras en Europa»). 2008. *Ailanthus altissima*. Disponible en: [http://www.europealiens.org/pdf/Ailanthus\\_altissima.pdf](http://www.europealiens.org/pdf/Ailanthus_altissima.pdf). (consultado el 25/03/2019)
- DUBROCA, E., BORY, G. (1981). Glucidic and nitrogen compounds and resistance to drought in *Ailanthus altissima*. *Biochem. Syst. Ecol.* 9(4), 283-288.
- ENGELHARDT, R. (1901). *Ailanthus glandulosa* und *Ulmus latifolia* als Strassen-und Alleebaume. *Mollers's Dtsch. Gartner*. 16. 324
- FACELLI, J. M. & PICKETT, S. T. A. (1991). Indirect effects of litter on woody seedlings subject to herb competition. *Oikos*, 129-138.
- FARAGÓ, S. (1964). The tree-of-heaven. *Erdész. Kutat.* 60, 87-110.
- FIDALGO, C., HUNGRÍA, P. & SANCHO, I. (2004). *Guía para una fácil identificación de especies arbóreas y arborescentes*. Ediciones AKAL. H. BLUME. Tres Cantos (Madrid). 255pp.
- GASSÓ N., THUILLER W., PINO J. & VILÀ M. (2012). Potential distribution range of invasive plant species in Spain. *Neobiota* 12. 25-40.
- GRIME, J.P. & JEFFREY, D.W. (1965). Seedling establishment in vertical gradients of sunlight. *The Journal of Ecology*. 53. 621-642.
- GUTTE, P., KLOTZ, S., LAHR, C. & TREFFLICH, A. (1987). *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle. Eine vergleichend pflanzengeographische Studie. *Folia Geobotanica et Phytotaxonomica*, 22(3), 241-262.
- HAMERLYNCK, E. P. (2001). Chlorophyll fluorescence and photosynthetic gas exchange responses to irradiance of Tree of Heaven (*Ailanthus altissima*) in contrasting urban environments. *Photosynthetic*, 39(1), 79-86.
- HEISEY, R. M. (1990). Allelopathic and herbicidal effects of extracts from tree of heaven (*Ailanthus altissima*). *American Journal of Botany*, 77(5), 662-670.
- HEISEY, R. M. (1996). Identification of an allelopathic compound from *Ailanthus altissima* (Simaroubaceae) and characterization of its herbicidal activity. *American Journal of Botany*, 83(2), 192-200
- HEGI, G. (1912). *Illustrierte flora von Mitteleuropa: Mit besonderer berücksichtigung von Deutschland, Oesterreich und der Schweiz. Zum gebrauch in den schulen und zum selbstunterricht* (Vol. 3). A. Pichler's Witve & Sohn
- HOSHOVSKY, M. C. (1988). Element stewardship abstract for *Ailanthus altissima*. *The Nature Conservancy, USA*.
- HOWARD, J.L. (2004) *Ailanthus altissima*. In: Fire Effects Information System, [Online]. US Department of Agriculture, *Forest Service*, Rocky Mountain Research Station, Fire Sciences Laboratory (Producer). <https://www.fs.fed.us/database/feis/plants/tree/ailalt/all.html> (consultado el 15/03/2019)
- HU, S. Y. (1979). *Ailanthus*. *Arnoldia*, 39(2), 29-50.
- HUEBNER, C. D. (2003). Vulnerability of oak-dominated forests in West Virginia to invasive exotic plants: temporal and spatial patterns of nine exotic species using herbarium records and land classification data. *Castanea*, 1-14.
- HUNTER, J. (2000). *Ailanthus altissima* (Miller) Swingle. Invasive Plants of California's Wildlands. *University of California Press, Berkeley*. 32-36.
- KIERMEIER, P. (1987). Ausbreitung von Gehölzen durch Ausläufer. *Neue Landsch*, 32, 371-377.
- KNAPP, L. B. & CANHAM, C. D. (2000). Invasion of an old-growth forest in New York by *Ailanthus altissima*: sapling growth and recruitment in canopy gaps. *Journal of the Torrey Botanical Society*, 307-315.

- KOVACS, M., OPAUSZKY, I., KLINCSEK, P.K. & PODANI, J. (1982). The leaves of city trees as accumulation indicators. In: Steubing, L.S., Jäger, H.J. (Eds.), *Monitoring of Air Pollutants by Plants. Methods and Problems*. Dr. W. Junk, The Hague, 149–153.
- KOWARIK, I. (1983). Zur Einbürgerung und zum pflanzengeographischen Verhalten des Götterbaumes *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle im französischen Mittelmeergebiet (Bas-Languedoc). *Phytocoenologia*, 389–405
- KOWARIK, I. (1995). Clonal growth in *Ailanthus altissima* on a natural site in West Virginia. *Journal of Vegetation Science*, 6(6), 853–856.
- KOWARIK, I. & BÖCKER, R. (1984). Zur Verbreitung, Vergesellschaftung und Einbürgerung des Götterbaumes (*Ailanthus altissima* [Mill.] Swingle) in Mitteleuropa. *Tuexenia*, 4.
- KOWARIK, I. & SÄUMEL, I. (2007). Biological flora of Central Europe: *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle. *Perspect. Plant Ecology Evolution System*. 8(4), 207–237.
- KOWARIK, I. & VON DER LIPPE, M. (2006). Long-distance dispersal of *Ailanthus altissima* along road corridors through secondary dispersal by wind. *BfN-Skripten* 184. 177 pp.
- KRIGAS, N. & KOKKINI, S. (2004). A survey of the alien vascular flora of the urban and suburban area of Thessaloniki, N Greece. *Willdenowia* 34(1), 81–100
- LAUCHE, R. (1936). Dendrologisches aus Bonn und Umgebung. *Mitt. Dtsch. Dendr. Ges*, 48, 143–145.
- LAWRENCE, J. G., COLWELL, A. & SEXTON, O. J. (1991). The ecological impact of Allelopathy in *Ailanthus altissima* (Simaroubaceae). *American journal of Botany*, 78(7), 948–958.
- LAWRENCE, E. (2003). *Diccionario Akal de términos biológicos*. Akal. 688pp.
- LEPART, J. & DEBUSSCHE, M. (1991). Invasion processes as related to succession and disturbance. *Biogeography of mediterranean invasions*, 159–177.
- LIST, P.H., HORHAMMER, L. (1969–1979). Hager's Handbuch der Pharmazeutischen Praxis, vols. 2–6. Springer, Berlin.
- LITTLE, S. (1974). *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle. *Ailanthus*. In: Schopmeyer, C.S. (Ed.), *Seeds of Woody Plants in the United States*. US Department of Agriculture, Forest Service, Washington, pp. 201–202.
- MEYER, F.H. (1982). Bäume in der Stadt. Ulmer, Stuttgart
- MAREK, M. (1988). Photosynthetic characteristics of *Ailanthus* leaves. *Photosynthetica*, 22(2), 179–183.
- MAI, D. H. (1995). Tertiäre Vegetationsgeschichte Europas. Methoden und Ergebnisse. *Feddes Rept.* 106(3–4), 331–331.
- MERGEN, F. (1959). A toxic principle in the leaves of *Ailanthus*. *Botanical Gazette*, 121(1), 32–36.
- MEUSEL, H., JÄGER, E., WEINERT, E. & RAUSCHERT, S. T. (1992). Vergleichende Chorologie der zentraleuropäischen Flora, vol. 3. *Gustav Fischer, Jena*
- MILLER, J. (1990). *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle. *Ailanthus*. In: Burns, R.M., Honkala, B.H. (Eds.), *Silvics of North America*, vol. 2: Hardwoods. US Department of Agriculture, Forest Service, Washington, pp. 101–104.
- PAN, E. & BASSUK, N. (1986). Establishment and distribution of *Ailanthus altissima* in the urban environment. *Journal of Environmental Horticulture*, 4(1), 1–4.
- PARSONS, W. T. & CUTHBERTSON, E. G. (1992). *Noxious Weeds of Australia* Inkata Press. Melbourne/Sydney.
- PERRY, L. M. & METZGER, J. (1980). *Medicinal plants of east and southeast Asia: attributed properties and uses*. MIT press. 630 pp.
- QUIROGA, F. G. (2012). La problemática de la expansión geográfica de las especies exóticas invasoras. Análisis y distribución de dos especies en la provincia de Ávila e iniciativas para la minimización de sus efectos/The problematic of the geographical expansion of invasive alien species. Analysis and distribution of two species in the province of Avila and initiatives for the minimization of their effects. *Observatorio Medioambiental*, 15, 175–196.
- SINGH, R. P., GUPTA, M. K. & CHAND, P. (1992). Autecology of *Ailanthus glandulosa* Desf. in western Himalayas. *Indian Forester*, 118(12), 917–921.
- SHEPPARD, A. W., SHAW, R. H. & SFORZA, R. (2005). Top 20 environmental weeds for classical biological control in Europe: a review of opportunities, regulations and other barriers to adoption. *Weed research*, 46(2), 93–117.
- SUDNIK-WOJCIKOWSKA, B. (1998). The effect of temperature on the spatial diversity of urban flora. *Phytocoenosis* 10, 97–105
- THÉBAUD, C. & DEBUSSCHE, M. (1991). Rapid invasion of *Fraxinus ornus* L. along the Herault River system in southern France: the importance of seed dispersal by water. *Journal of Biogeography*, 7–12.
- VON DER LIPPE, M., SAUMEL, I. & KOWARIK, I. (2005). Cities as drivers for biological invasions—the role of urban climate and traffic. *ERDE-BERLIN*, 136(2), 123–143.
- WEI, J. (1989). Study on the spontaneous trees in Beijing urban ecosystems. *Human Ecology in China*, 79–82.