



Ciencia Nicolaita

ISSN: 2007-7068



Universidad Michoacana
de San Nicolás de Hidalgo

Eucalyptus (Myrtaceae) y *Casuarina* (Casuarinaceae) en los parques urbanos, un asunto ambiental

Eucalyptus (Myrtaceae) and *Casuarina* (Casuarinaceae) in urban parks, an environmental issue

Saúl Ortiz Almendáriz y Juan Antonio Reyes Agüero*

Para citar este artículo: Saúl Ortiz Almendáriz, Juan Antonio Reyes Agüero, 2022. *Eucalyptus* (Myrtaceae) y *Casuarina* (Casuarinaceae) en los parques urbanos, un asunto ambiental. *Ciencia Nicolaita* no. 84, 61-70.

DOI: <https://doi.org/10.35830/cn.vi84.609>

Historial del artículo:



Recibido: 2 de febrero de 2022

Aceptado: 5 de mayo de 2022

Publicado en línea: mayo de 2022



Ver material suplementario



Correspondencia de autor: reyesaguero@uaslp.mx



Términos y condiciones de uso: <https://www.cic.cn.umich.mx/cn/about/privacy>



Envíe su manuscrito a esta revista: <https://www.cic.cn.umich.mx/cn/about/submissions>

Eucalyptus (Myrtaceae) y *Casuarina* (Casuarinaceae) en los parques urbanos, un asunto ambiental

Eucalyptus (Myrtaceae) and *Casuarina* (Casuarinaceae) in urban parks, an environmental issue

Saúl Ortiz Almendáriz¹ y Juan Antonio Reyes Agüero^{2*}

¹Graduado, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de San Luis Potosí

²Instituto de Investigación de Zonas Desérticas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. reyesaguero@uaslp.mx, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5977-7039>

Resumen

En el presente trabajo se realizó una revisión de publicaciones científicas acerca de los impactos generados por los árboles de los géneros *Casuarina* y *Eucalyptus* en ambientes urbanos, evaluándolos por medio de indicadores como la frecuencia de invasión de plagas, capacidad biológica para filtrar contaminantes, la dinámica de su polen y de raíz que inciden directamente en cuestiones económicas y sociales debido a su uso excesivo para crear áreas verdes urbanas.

El uso de árboles de *Eucalyptus* y *Casuarina* se debe a la supuesta ventaja que ofrece una relativamente rápida velocidad de crecimiento y sobre todo para proyectos públicos que demandan una rápida respuesta; sin embargo, evidentemente generan un impacto ambiental, producen alergias en personas sensibles a su polen, especialmente *Casuarina*, así como daños a la infraestructura urbana. Se concluye entonces que *Eucalyptus* y *Casuarina* como especies exóticas reducen la eficiencia ecosistémica de los parques. Es necesario reforzar la normativa en México, consolidar programas de sustitución de arbolado que no presente altos índices de riesgo, así como realizar una mejor estimación y localización de la presencia de *Eucalyptus* y *Casuarina* mediante inventarios y análisis científicos en todo el país. El error está en el mal manejo que los humanos hemos hecho de estas especies, al abusar de ellas para usarlas como especies forestales.

Palabras clave: Parques urbanos, arbolado, especies exóticas, especies autóctonas



Abstract

In the present paper, a review of scientific publications about the impacts generated by trees of the *Casuarina* and *Eucalyptus* genus in urban environments was carried out, evaluating indicators such as the frequency of pest invasion, biological capacity to filter contaminants, dynamics of its pollen and roots that directly affect economic and social issues due to its excessive use to create urban green areas. The use of *Eucalyptus* and *Casuarina* trees is due to the supposed advantage offered by a relatively fast growth rate, especially for public projects that demand a quick response. However, it generates some obvious environmental impact, it produces allergies in people sensitive to its pollen, especially *Casuarina*, as well as damage to urban infrastructure. Here, we concluded that *Eucalyptus* and *Casuarina* as exotic species reduce the ecosystem efficiency of the parks. It is necessary better regulations in Mexico, which consolidate tree replacement programs that do not present high risk indices, as well as make a better estimate and location of the presence of *Eucalyptus* and *Casuarina* through inventories and scientific analyzes throughout the country. The error lies in the poor management that humans have made of these species, by abusing them to use them as forest species.

Keywords: Urban parks, trees, exotic species, non-native species

Introducción

Las especies exóticas habitan áreas en las que han sido introducidas deliberada o involuntariamente por los humanos. Las áreas verdes citadinas (parques, jardines o camellones) o las áreas de reforestación suburbanas o rurales pueden ser la ruta de entrada para especies exóticas; se introducen a esos espacios por su valor ornamental, rápido crecimiento o por su cantidad y calidad de su follaje, pero estas especies exóticas son en sí mismas, potenciales problemas que atentan contra la diversidad nativa, al convertirse en plagas o alterar las características del suelo (Marzluff *et al.*, 2008, López y Zamudio, 2002). Los árboles de los géneros *Casuarina* y *Eucalyptus*, nativos de Oceanía, fueron ampliamente introducidos desde el siglo XIX a varias regiones del mundo, pues se intuía, para el caso de México, que podrían adaptarse bien a los climas del país (Bárcena *et al.*, 1883). Una de las intenciones iniciales para la introducción a México de estos géneros fue reforestar los alrededores desecados de lo que iba quedando de las zonas palustres del lago de Texcoco (Hinke, 2000). Aunque de hecho, se tiene registro de la presencia de *Casuarina* en México desde antes de 1852 con fines de ornato y reforestación principalmente en las ciudades (Morton, 1980). En efecto, la

buena adaptación de los eucaliptos y casuarinas se observó con su aceptable establecimiento y su rápido crecimiento. Así, especies como *E. globulus*, *E. camaldulensis*, *C. equisetifolia* y *C. cunninghamiana* son dominantes en muchos parques, camellones y banquetas de varias ciudades, así como en zonas suburbanas y áreas reforestadas del país (Yáñez-Espinosa *et al.*, 2019).

Los primeros planes de reforestación para México fueron mencionados en 1894 por Fernando Altamirano y José Ramírez e incluyeron un catálogo con las especies ideales para estos planes (Flores y Lindig, 2005); desde entonces se destacó el interés por hacer uso de especies nativas para tal fin. Sin embargo, varias especies exóticas estaban incluidas en ese primer catálogo, debido probablemente a la escasa información de la que se disponía sobre la flora mexicana y sobre el origen geográfico de las especies (Cervantes *et al.*, 2008).

Entre los años de 1909 y 1933 se realizó la primera etapa de repoblación forestal en México con la intención de mitigar los efectos erosivos hídricos y eólicos en distintas partes del país. La actividad la realizó la Junta Central de Bosques y posteriormente la Secretaría de Agricultura y Fomento. En esa primera etapa, al poco conocimiento que existía sobre la biología de

las especies para reforestar, se sumó la falta de personal técnico capacitado y de recursos económicos, todo ello agravado por la confusión en los objetivos a cumplir con esas repoblaciones forestales pioneras (Cervantes *et al.*, 2008).

En los años sesenta del siglo pasado empezaron las críticas por el uso de especies de *Eucalyptus* para la repoblación forestal y urbana; López y Zamudio (2002) resumen estas críticas en que es un género impropio para alineaciones (plantación en calles y plazas), competitivamente agresivo, por su alta capacidad de multiplicación vegetativa a través de la producción de rebrotes, alto consumo de agua y nutrientes que impiden el crecimiento del herbáceas y arbustos, por sus raíces superficiales, que en lugares con suelos someros propician el desplome del árbol a los pocos años y cuando crecen en las ciudades, las raíces superficiales destruyen la infraestructura urbana, en especial pavimento y tuberías. A pesar de todas las críticas, las plantaciones de especies de *Eucalyptus* y *Casuarina* se incrementaron sustantivamente, apoyadas por programas gubernamentales con nulo criterio biológico (Cervantes, 1995). Por ejemplo, entre 1993 y 1994 mediante el Programa de Solidaridad Forestal a cargo de la Secretaría de Desarrollo Social, se produjeron poco menos que 140 millones de plantas maderables, de las que cerca del 25 % eran de *Eucalyptus* y *Casuarina*. La mayoría de las plantaciones con estos géneros fueron destinadas a la reforestación en campo abierto y en menor proporción en zonas urbanas y periurbanas (Cervantes *et al.*, 2008). El objetivo del presente trabajo fue analizar la literatura sobre los problemas ambientales que genera la introducción de especies exóticas como *Eucalyptus* y *Casuarina*.

Materiales y Métodos

Para cumplir con el objetivo se realizó una búsqueda de información enfocada principalmente al uso de *Eucalyptus* y *Casuarina* en parques urbanos en México, Latinoamérica y en el mundo. Se comenzó con el análisis y revisión de artículos o capítulos referentes al problema en México, para ello, fue muy útil el trabajo de López *et al.*, 2002. Para obtener más publicaciones, se realizó una búsqueda abierta, en la que se exploraron bases de datos académicas como Google Scholar (www.scholar.google.com), Academia

(www.academia.edu), SciELO (www.scielo.org), Redalyc (www.redalyc.org) y ScienceDirect (www.sciencedirect.com), se utilizó la combinación de palabras clave, en español e inglés “eucalipto”, “casuarina”, “parques urbanos”, “servicios ecosistémicos”, “problemas ambientales”. La búsqueda no tuvo un límite temporal. De igual forma, se revisaron las citas bibliográficas relevantes de los artículos obtenidos y así se identificaron y localizaron artículos que no fueron registrados por ningún motor de búsqueda.

Resultados

Análisis de impacto ambiental del parque urbano sobre las especies y su función

Aproximadamente el 55 % de la población humana mundial residía en ambientes urbanos en 2018 y se estima que en 2050 residirá en ellas el 68 % (UN, 2019). De acuerdo con DeFries y Pandey (2010), la urbanización acelerada causa cambios en los sistemas ecológicos, económicos y sociales; por ejemplo, el desarrollo urbano modifica los parámetros sobre el comportamiento de las especies, generando barreras físicas en los hábitats naturales de especies autóctonas (es decir, especies propias, nativas, que se han originado en el ecosistema en que se encuentran), reduciendo incluso la riqueza de las comunidades arbóreas por el incremento de especies alóctonas (que son especies que se han originado en ecosistemas diferentes en el que se les localiza; es decir, que se han introducido a ese lugar).

López y Zamudio (2002) comentan que en las culturas egipcia, fenicia, romana y azteca, entre otras, ya se incorporaban árboles en las áreas urbanas con criterios estéticos y de recreación. Estos criterios para los parques urbanos han perdurado y las ciudades de la actualidad también incluyen áreas arboladas. Al inicio del siglo XXI la Organización de Naciones Unidas hizo énfasis en que los parques urbanos brindan beneficios espirituales, estéticos, educativos y recreativos, así como servicios tales como la purificación del agua, el hábitat de la vida silvestre, la gestión de desechos y el secuestro de carbono (MEA, 2005) y en 2019 señaló la necesidad de que las ciudades contaran, entre otras medidas, con 15 m² de áreas verdes per cápita, para asegurar un índice de prosperidad adecuado para sus habitantes (ONU-hábitat, 2019).

Así, se hizo énfasis en los parques urbanos como áreas que deben proveer beneficios a la población; es decir, servicios ecosistémicos que deriven directa o indirectamente de las funciones del ecosistema para beneficio de los humanos (Costanza *et al.*, 1997).

Los servicios ecosistémicos consisten en el flujo de material, energía e información por parte del capital natural, que entrelazado con los servicios de capital manufacturado y humano producen bienestar (Costanza *et al.*, 1997), con esta idea se plantea la posibilidad de que estos servicios pueden ser valorados económicamente y de hecho se calculó el costo monetario de estos servicios (Costanza *et al.*, 1997). Sin duda que las 17 categorías de los servicios ecosistémicos señaladas en el MEA (2005) son provistos por los parques urbanos, pero Bolund y Hunhammar (1999) destacan seis de ellos: recreación, regulación de gases, regulación microclimática, regulación de disturbios ambientales, regulación hidrológica y tratamiento de residuos. Más recientemente autores como Montes y Forero (2021) y Dai *et al.* (2019) hacen mayor énfasis en los servicios culturales (estéticos, recreativos, deportivos, así como lugares ideales para la inspiración, la tranquilidad, la educación, y como patrimonio cultural). La eficiencia de cada uno de los servicios ecosistémicos anteriores dependerá, en buena medida, de la composición de especies arbóreas en los parques; en el caso que nos ocupa, analizaremos el papel de las especies de los géneros *Eucalyptus* y *Casuarina* en los ambientes citadinos.

Invasiones biológicas y plagas

Los monocultivos, expresado en este caso en los parques en donde se ha abusado de la presencia casi exclusiva de eucalipto y/o casuarina, son susceptibles a plagas y enfermedades (SMA, 2004). Por ejemplo, en el caso del parque urbano Juan H. Sánchez, en la zona de Morales en la ciudad de San Luis Potosí, la cubierta vegetal es dominada, entre otros, por árboles de eucalipto de hasta 30 m de altura (Yáñez-Espinosa *et al.*, 2019). Con estas alturas estos árboles representan un peligro sustancial para los transeúntes (peatones y vehículos) y para las construcciones circundantes, en especial cuando los árboles han sido víctimas de ataques de plagas que provocan su defoliación, la desecación de las ramas o el árbol completo que, debilitado, termina derrumbándose; en especial en los

meses finales del invierno, en que pasan por la ciudad fuertes corrientes de aire.

Una de las plagas que ataca al eucalipto es el insecto, de origen australiano *Glycaspis brimblecombei*, conocido como psilido del eucalipto (Villa y Herrera, 2002). Fue detectado en 1998 en California, Estados Unidos (Brennan *et al.*, 1998) y en el 2000 en 24 estados del territorio mexicano y en ciudades como la de México, Durango, Morelia, Querétaro, San Luis Potosí y Zacatecas (Villa y Herrera, 2002; García *et al.*, 2003). Este insecto se coloca en el envés de la hoja y consume la savia, provocando la muerte del árbol (Villa y Herrera, 2002). La SEMARNAT (2002), informó que en 2001 la Dirección de Servicios Urbanos y Educación Ambiental detectó 101,642 árboles de eucalipto infestados de *G. brimblecombei* en la ciudad de México; es decir, el 83.8 % de los árboles muestreados. La especie *E. camaldulensis* es una de las más distribuidas en México, fue reportada como una de las especies más susceptible al ataque de ese insecto (García, 2003). Como un método de control biológico para controlar el psilido del eucalipto se utilizó al parasitoide *Psyllaephagus bliteus* (Romo *et al.*, 2007).

En México existen extensas plantaciones de *Casuarina* a lo largo de las costas del Pacífico y del Golfo de México (Nee, 1983; Arellano *et al.*, 1998). Hasta ahora no se han presentado estados de emergencia en el país sobre ataques de plagas o enfermedades que afecten las áreas forestales de *Casuarina*; como sí ha ocurrido en la India, donde han sido dañadas por insectos barrenadores de corteza como *Arbela tetraonis*, *Colesterina scabrata* y *Phassus malabaricus* (Parrotta, 1993), así como por el hongo *Trichosporium vesiculosus* (Orwa *et al.*, 2009). En China, los individuos de *Casuarina equisetifolia* enferman y cientos de ellos mueren cada año debido a la bacteria *Pseudomonas solanacearum* que infestan las raíces en las plantaciones (Burns *et al.*, 1998). En Nigeria y Senegal se han reportado invasiones por termitas que han sido capaces de aniquilar árboles de casuarina (Parrotta, 1993). En México, se calcula la existencia 150 especies de isópteros (Méndez y Equihua, 2001), y aunque *Casuarina* no sea blanco de ataques severos por parte de estos (Parrotta, 1993), sí lo ha sido *Eucalyptus*, en especial en ambientes húmedos, por *Coptotermes crassus*, en muchas zonas del sur del país (Izquierdo *et al.*, 1999; Cibrián *et al.*, 1995, Méndez y Equihua, 2001).

Eficiencia con respecto a la contaminación atmosférica

Las ciudades, en comparación con el campo abierto, tienen mayor capacidad de retención de calor por efecto de emisión de gases y aerosoles, y el aumento de los mismos puede llegar a ser perjudicial para la salud humana, generando problemas psicológicos, cardiovasculares y respiratorios (Dickson, 2009; Piver *et al.*, 1999). Parte de los contaminantes proviene de la actividad industrial y la circulación de vehículos, sus efectos en la salud humana dependerán de cómo fluyen los gases y las partículas contaminantes, pero se pueden atenuar con la capacidad del arbolado para captarlos. Sin embargo, el eucalipto es de las especies menos efectivas para retener partículas del ambiente. La mayoría de las partículas de interés ambiental tienen un tamaño de entre 0.1 μm y 10.0 μm y dado que presentan movimiento aleatorio, su velocidad de sedimentación dependerá de su tamaño, siendo mayor su deposición conforme aumenta el tamaño de la partícula (Masters y Ela, 2008). Las partículas entre 0.5 μm y 10.0 μm pueden ser lo suficientemente pequeñas para circular por las vías respiratorias hasta los pulmones y lo suficientemente grandes para una deposición por sedimentación (Masters y Ela, 2008). Según Freer-Smith *et al.* (2004), con independencia de la velocidad del aire, la eficiencia de captura (Cp %) del eucalipto para retener partículas de 1.0 μm sobre su superficie foliar es de entre 0.006 y 0.009; en comparación, *Quercus petraea* presenta valores de entre 0.277 y 0.340, por lo que la eficiencia del eucalipto es mucho menor, pues la superficie lisa y angosta de las hojas de los eucaliptos las hace poco eficientes para retener partículas pequeñas (Freer-Smith *et al.*, 2004).

Filtración biológica

En general, los árboles son filtros biológicos que pueden reducir las partículas peligrosas en suspensión como PM₁₀ (Depietri *et al.*, 2012) o gases como dióxido de azufre (SO₂) y óxidos de nitrógeno (NO_x), que en condiciones húmedas se pueden transformar en gotas líquidas de sulfatos (ácido sulfúrico) y nitratos (ácido nítrico) (Masters y Ela, 2008), dos componentes de la lluvia ácida. Las emisiones de estas sustancias provienen de centrales eléctricas y en menor cantidad de vehículos y de la combustión de carbón o petróleo. Si la concentración de estos gases aumenta en zonas de

desarrollo industrial, su impacto sobre los árboles urbanos puede ocasionarles daños, incluso disminuir su capacidad de absorción de nutrientes (Masters y Ela, 2008). Así, las poblaciones urbanas de *Eucalyptus* y *Casuarina* están expuestas a estos contaminantes severos. Suvarna *et al.* (2009) evaluaron a *Eucalyptus* ssp. y *Casuarina equisetifolia*, junto con otras 22 especies, en diferentes áreas industriales en Visakhapatna, India, con clima tropical húmedo, con 77 % de humedad relativa media anual y variaciones de temperatura máxima entre 27 °C y 34 °C y mínimas de 14°C a 28°. Los niveles de tolerancia a los gases contaminantes los determinaron con base en el Índice de Tolerancia por Contaminación del Aire (APTI, por sus siglas en inglés) (Singh y Rao, 1983). Las especies de *Eucalyptus* tuvieron un APTI bajo, de 11.34. Los mayores valores fueron de especies como *Ficus religiosa* con valores de APTI de entre 30 y 100. Sin embargo, los valores aún más bajos (entre 1 y 16) fueron de *Casuarina equisetifolia* (Tiwari y Tiwari, 2006; Das y Prasad, 2010; Begum y Harikrishna, 2010).

Otro gas de efecto invernadero es el ozono, que en altas concentraciones puede poner en riesgo mortal a la población humana (Filleul *et al.*, 2006). Elkiey y Ormrod (1987) hicieron un estudio acerca de la sensibilidad de *Casuarina cunninghamiana* y *Eucalyptus camaldulensis* a las concentraciones de ozono (O₃), dióxido de azufre (SO₂) y dióxido de nitrógeno (NO₂). *Eucalyptus* obtuvo los niveles de mayor sensibilidad hacia los tres gases; mientras *Casuarina* mostró mejores tasas de absorción. Se concluyó de esta manera que *Casuarina cunninghamiana* tiene una mayor eficiencia para su establecimiento en áreas industriales con problemas en la calidad del aire.

Efecto alergénico de polen

Existen antecedentes desde 1940 de pacientes diagnosticados con alguna fiebre o asma debido al polen de *C. equisetifolia*, *C. glauca* y *C. cunninghamiana* (Zivitz, 1942; Morton, 1980).

Para ciertos modelos sobre el cambio climático se han encontrado alérgenos asociados al incremento de la temperatura y al dióxido de carbono, que puede significar un aceleramiento en el crecimiento de plantas y una mayor dispersión de polen, que aunado a la disminución de las precipitaciones, pueden incrementar la dispersión de polen en el aire (Ziska y Caulfield,

2000). En efecto, se ha producido un aumento de enfermedades alérgicas a nivel mundial, previéndose que se sigan incrementando conforme la contaminación atmosférica y la temperatura ambiente aumenten (Pawankar *et al.*, 2011). De un estudio realizado con extracto de polen de *Casuarina*, diez de 14 personas con rinitis alérgica dieron positivo en las pruebas cutáneas del extracto de polen de ese género; de igual forma resultó para cinco de 10 individuos con asma (Bucholtz *et al.*, 1987). García *et al.* (1997) realizaron estudios clínicos de las reacciones del extracto de polen de *Casuarina* en 210 pacientes con algún antecedente de asma y rinitis, de los que únicamente seis pacientes dieron positivo. Es importante subrayar que la temporada de polinización de *Casuarina* es diferente según su área geográfica y según la especie (García *et al.*, 1997).

Otros impactos

Las banquetas y los camellones han sido de los sitios en las ciudades en donde más frecuentemente se plantan *Eucalyptus* y *Casuarina*, estos generan daños a la infraestructura urbana, como al drenaje, tomas de agua, deterioro de banquetas, obstrucción en el cableado eléctrico (subterráneo y aéreo) e incluso, invasión de depósitos subterráneos de agua (aljibes).

Desde 1952 la ciudad de Hollywood, Estados Unidos, prohibió las plantaciones urbanas de *Casuarina*, debido a que las raíces penetraban las redes de distribución de agua y ocasionando su rompimiento y la consecuente pérdida de agua (Morton, 1980). *Eucalyptus* es considerado un árbol de alto riesgo ya que su débil anclaje al suelo, por sus raíces superficiales, propicia su caída, principalmente en épocas de fuertes vientos. Por ejemplo, en 2003 en la Ciudad de México, se reportó la caída de 1700 árboles, de los cuales, el 80 % fueron *Eucalyptus* (SMA, 2004).

Casuarina equisetifolia es una de las especies más cultivadas en algunas regiones de América Central y el Caribe por su rápido crecimiento, incluso en condiciones desfavorables con suelos compactados o temporalmente inundados, así como su adaptación a lugares con climas con estación seca prolongada. También existen grandes plantaciones de *Casuarina* usadas como cortinas rompavientos debido a que sus abundantes ramas son flexibles y absorben gran cantidad

de energía eólica, además de dar estabilidad a las dunas (CATIE, 1991). Sin embargo, Digiamberardino (1986) señala que mientras las especies nativas son fundamentales para prevenir la erosión eólica e hídrica, *Casuarina* y *Eucalyptus* inhiben la proliferación de sotobosque por exudación de fitotoxinas (Canhoto y Graca, 1995) y con ello aceleran los procesos erosivos.

Discusión

Introducir especies alóctonas como plantaciones forestales monoespecíficas (por ejemplo, en la Ciudad de México existen alrededor de 3 millones de eucaliptos, 80 % de una especie, *E. camaldulensis*, Romo *et al.*, 2007), puede ofrecer una ventaja dada su relativa mayor velocidad de crecimiento que permite su aprovechamiento en menor tiempo, lo que resulta conveniente en proyecto dirigidos al aprovechamiento forestal y que son económicamente viables y políticamente convenientes. En efecto, la principal ventaja de *Eucalyptus* y *Casuarina* radica en la velocidad de producción de biomasa. *Eucalyptus* tienen una productividad de 30 a 50 m³/ha/año, mientras que la producción anual con especies nativas es de 5 a 10 m³/ha/año (Lindenmayer y Cunningham, 2000). De igual forma, *Casuarina* forma parte de los programas forestales para el arbolado urbano y de reforestación por que presenta un rápido crecimiento de 1.5 a 3 m/año (Morton, 1980). Sin embargo, como especies invasores colonizan áreas y deterioran el ambiente (Singwane y Malinga, 2012), por ello, entre 1995 y 2008 se erradicaron 185,000 casuarinas en la reserva de la biosfera Sian Ka'an, en Quintana Roo (Cervantes *et al.*, 2008).

Es importante subrayar que los parques con mayor densidad vegetal también requieren presupuestos mayores y por ello debe considerarse la pertinencia de seguir o no plantando especies exóticas, que convierten los riesgos de las especies introducidas en factores que generan pérdidas económicas por el daño a la infraestructura, caída de árboles y poca capacidad para generar un sotobosque apacible. Además, depender de un arbolado poco diverso y con plantas exóticas incrementa sustancialmente el riesgo de invasión y establecimiento de plagas y parásitos, la poca

capacidad de retención de contaminantes ambientales e incrementa también los riesgos de alergias (López y Zamudio, 2002; SMA, 2004).

Eucalyptus y *Casuarina* como especies exóticas reducen la eficiencia ecosistémica de los parques (Elkiey y Ormrod, 1987); además, bajan la calidad de vida de las personas, por su importancia en el incremento de alergias. Es necesario reforzar la normativa en México, así como consolidarla mediante programas de sustitución de arbolado que no presente altos índices de riesgo, así como realizar una mejor estimación y localización de la presencia de *Eucalyptus* y *Casuarina* mediante inventarios y análisis científicos en todo el país.

El error está en el mal manejo que los humanos hemos hecho de estas especies, al abusar de ellas para usarlas como especies forestales.

Bibliografía

- Arellano G., A., García B., G. y Manzanero A., L. A., 1998, Programa de erradicación de la casuarina (*Casuarina* sp.) en la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an: *Informe final Amigos de Sian Ka'an AC SNIB-CONABIO* sin ISBN.
- Bárcena, M., Pérez, M., Urbina, M., Ramírez, J. y Segura, J. C., 1883, Dictamen sobre la repoblación vegetal del valle de México: *La Naturaleza*, 6, 245-251. Sin ISSN
- Begum, A. and Harikrishna, S., 2010, Evaluation of some tree species to absorb air pollutants in three industrial locations of south Bengaluru: *Indian Journal of Chemistry*, 7, 151-156. ISSN: 0975-0975.
- Bolund P. and Hunhammar, S., 1999, Ecosystem services in urban areas: *Ecological Economics*, 29, 293–301. ISBN: 0921-8009
- Brennan, E. B., Gill, R. J., Hrusa, G. F., and Weinbaum, S. A., 1999, First record of *Glycaspis brimblecombei* (Moore) (Homoptera: Psyllidae) in North America: initials observations and predator associations of potentially serious pest of *Eucalyptus* in California: *Pan-Pacific Entomologist*, 75, 55-57. ISSN: 0031-0603.
- Bucholtz, G. A., Hensel, A. E., Lockety, R. F., Serbousek, D. and Wunderlin, R. P., 1987, Australian pine (*Casuarina equisetifolia*) pollen as an aeroallergen: *Annals of Allergy*, 59, 52-56. ISSN 1081-1206.
- Burns, R. M., Menandra, S., Mosquera, J. and Whitmore, L., 1998, Useful trees of the tropical region of North America: *North American Forestry Commission* p. 41, sin ISBN
- Canhoto, C. and Graca M., A. S., 1995, Food value of introduced eucalypt leaves for a Mediterranean stream detritivore: *Tipula lateralis*: *Freshwater Biology*, 34, 209-214. ISSN: 1365-242.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza), 1991, *Casuarina equisetifolia* L. ex J. R. Forst y G. Forst., árbol de uso múltiple en América Central: *Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza*, p. 53, ISBN: 9977-57-094-9.
- Cervantes, V., 1995, El programa nacional de reforestación: avances, limitantes y perspectivas, Anónimo, Congreso Mexicano de Botánica, Cuernavaca: *Sociedad Botánica de México*, pp. 5-11 sin ISBN.
- Cervantes, V., Carabias, J., y Arriaga, V., 2008, Evolución de las políticas públicas de restauración ambiental, Sarukhán, J., Dirzo, R., González, R. y March. I. (Eds.), *Capital natural de México: CONABIO. Vol. III*, pp. 155-226, ISBN: 978-607-7607-07-6.
- Cibrián, T. D., Méndez J. T., Campos M., R., Yates B., H. O. III y Flores L., J. E., 1995, Insectos forestales de México: *Universidad Autónoma Chapingo – Comisión Forestal de América del Norte*, 453 p, ISBN: 9688-84-281-8.
- Costanza, R., d'Arge, R., De Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill. R. O., Pa-ruelo, J., Raskin, R. G., Sutton, P. and Van den Belt, M., 1997, The value of the world's ecosystem services and natural capital: *Nature*, 387, 253-260. ISSN: 1476-4687.
- Dai, P., Zhang, S., Chen, Z., Gong, Y., and Hou, H. 2019. Perceptions of cultural ecosystem services in urban parks based on social network data: *Sustainability*, 11, 5386. ISSN 2071-1050.
- Das, S. and Prasad, P., 2010, Seasonal variation in air pollution tolerance indices and selection of plant species for industrial areas of Rourkela: *Indian Journal of Environmental Protection*, 30, 978-988. ISSN: 0253-7141.
- DeFries, R. and Pandey, D., 2010, Urbanization, the energy ladder and forest transitions in India's emerging economy: *Land Use Policy*, 27, 130-138. ISSN: 2648-377.
- Depietri, Y., Renaud, F. G., and Kallis, G., 2012, Heat waves and floods in urban areas: a policy-oriented review of ecosystem services: *Sustainability Science*, 7, 95-107. ISSN: 1862-4057.
- Dickson, T. R., 2009, Química, enfoque ecológico: Limusa, Noriega Editores p. 324 ISBN: 9789-68-180-886-0.
- Digiamberardino, T., 1986, Changes in a south east Florida coastal ecosystem after elimination of *Casuarina equisetifolia*: Msc Thesis, *Nova Southeastern University*, 90 pp.

- Elkies, T. and Ormrod, D. P., 1987. Casuarina and Eucalyptus response to single and multiple gaseous air pollutants: *Water, Air, and Pollution*, 36, 365-370. ISSN: 0568-3408.
- Filleul, L., Cassadou, S., Medina, S., Fabres, P., Lefranc, A., Eilstein, D., Tertre, A. L., Pascal, L., Chardon, B., Blanchard, M., Declercq, C., Jusot, J. F., Prouvost, H., and Ledrans, M., 2006, The relation between temperature, ozone, and mortality in nine French cities during the heat wave of 2003: *Environmental Health Perspectives*, 114(9), 344-347. ISSN: 0091-6765.
- Flores O., H. M., y Lindig C., R., 2005, La lista de nombres vulgares y botánicos de árboles y arbustos propicios para repoblar los bosques de la república de Fernando Altamirano y José Ramírez a más de 110 años de su publicación: *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 76, 11-35. ISSN: 2007-8706.
- Freer-Smith, P. H., El-Khatib, A. A., and Taylor, G., 2004, Capture of particulate pollution by trees: A comparison of species typical of semi-arid areas (*Ficus nitida* and *Eucalyptus globules*) with European and North American species: *Water, Air and Soil Pollution*, 155, 173-187. ISSN: 1573-2932.
- García, J. J., Trigo M., M., Cabezudo B., Redo, M., Vega, J. M., Barber, D., Carmotia, M. J., Cervera, J. A., Toro, F. J. and Miranda, A., 1997, Pollinosis due to Australian pine (*Casttatina*): an aerobiologic and clinical study in southern Spain: *Allergy*, 52, 11-17. ISSN: 1398-9995.
- García, J., J., 2003, Análisis económico del control biológico del psílido del eucalipto en la Ciudad de México: MSC Thesis, *Universidad Autónoma Chapingo*. 92 pp.
- García, R., A. L., Mercado, M. G. y Guerra S., J. J., 2003, Análisis del efecto de las condiciones ambientales en la fluctuación poblacional del psílido del eucalipto en el Estado de México. Anónimo II Simposium Internacional de Ciclones Tropicales "Benito Viñes in Memoriam": *Congreso Cubano de Meteorología*, p 634, sin ISBN
- Hinke, N., 2000, La llegada del eucalipto a México: *Ciencias*, 58, 60-62. ISSN: 0187-6376.
- Izquierdo, C. I., Soberano, J., Carabeo, M., F., y Gilli M., F., 1999, Hospederos nativos de la termita subterránea *Coptotermes crassus* (Isoptera: Rhinotermitidae) en Balancán, Tabasco. Memorias del X Simposio Nacional sobre Parasitología Forestal; *Red Temática en salud Forestal*, p. 6, sin ISBN.
- Lindenmayer, D. B. and Cunningham, R. B., 2000, Cavity sizes and types in Australian eucalypts from wet and dry forest types: A simple of rule of thumb for estimating size and number of cavities: *Forest Ecology and Management*, 137, 139-150. ISSN: 0378-1127.
- López, A., R. y Zamudio C., E., 2002, "Importancia de las plantas nativas en la dasonomía urbana". En López O., J., Revuelta A.M. y B. Villa C.B., Memoria. Seminario michoacano sobre la problemática ambiental de las especies introducidas. Caso Eucalyptus, *Centro de Investigación y Desarrollo del Estado de Michoacán*, p. 186. Sin ISBN.
- López O., J., Revuelta A.M. y B. Villa C.B., 2002, Memoria. Seminario michoacano sobre la problemática ambiental de las especies introducidas. Caso Eucalyptus, *Centro de Investigación y Desarrollo del Estado de Michoacán*, p. 186 p. Sin ISBN.
- Marzluff J M., E. Shulenberger, W. Endlicher, M. Alberti, G. Bradley V. Ryan. C. ZumBrunnen and U. Simon, 2008, Urban ecology: *Springer*, 807 p. ISBN: 978-0-387-73411-8.
- Masters, G. M. y Ela, W. P., 2008, Introducción a la ingeniería medioambiental: *Pearson Educación*. p. 752. ISBN: 978-84-8322-444-1.
- MEA (Millennium Ecosystem Assessment), 2005, Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. *Island Press*, 137 p. ISBN 10: 1559634022.
- Méndez, M., J. T. y Equihua M., A., 2001, Diversidad y manejo de los termes de México (Hexapoda, Isoptera): *Acta Zoológica Mexicana*, número especial, 1,173-187. ISSN: 2448-8445.
- Montes P., C., y Forero, V. F. (2021). Servicios ecosistémicos culturales y diservicios en un parque urbano de Bogotá, Colombia: *Ambiente & Sociedad*, 24. ISSN: 2007-6576.
- Morton, J. F., 1980, The Australian pine or beefwood (*Casuarina equisetifolia* L.), an invasive "weed" in Florida. *Florida State Horticultural Society*, 93-102. ISSN: 0097-1219.
- Nee, M., 1983, Casuarinaceae: *Flora de Veracruz*, 27, 1-6. ISSN 2448-8445
- ONU-hábitat (Organización de las Naciones Unidas-hábitat), 2019, Reporte Nacional de Prosperidad Urbana en México: *Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos, ONU-Hábitat*. 211 p. ISBN: 978-92-1-132863-9.
- Orwa, C., Mutua, A., Kindt, R., Jamnadass, R. and Anthony, S., 2009, "Agroforestry database: a tree reference and selection guide version 4.0", <https://bit.ly/38yXY7e>, [consultado el 26 de octubre de 2021].

- Parrotta, J. A., 1993. Casuarina equisetifolia L. ex J.R. y G. Forst. Casuarina, Australian pine.: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, p.11 sin ISBN.
- Pawankar, R., Canonica W., Holgate G., T., and Lockey, R. F., 2011, Libro blanco sobre alergia de la WAO: *World Allergy Organization*, p 26. Sin ISBN
- Piver, W. T., Ando, M., Ye, F., Portiert, C. J., 1999, Temperature and airpollution as risk factors for heat stroke in Tokyo, July and August 1980–1995: *Environmental Health Perspectives*, 107, 911-916. ISSN: 0091-6765.
- Romo Lozano, J. L., García Jiménez, L., Cibrián Tovar, D. y Serrano Gálvez, E., 2007, Análisis económico del control biológico de psílido del eucalipto en la ciudad de México: *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 13, 47-52. ISSN: 2007-4018
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales), 2002, Programa Nacional de Sanidad Forestal 2002: *Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos*, sin ISBN.
- Singh, S. K. and Rao, D. N., 1983, Evaluation of plants for their tolerance to air pollution. Anonymous, Proceedings of Symposium on Air Pollution Control: *Indian Association for Air Pollution Control, New Delhi*, pp 218-224, sin ISBN
- Singwane, S. S. and Malinga P, 2012, Impacts of pine and eucalyptus forest plantations on soil organic matter content in Swaziland-Case of Shiselwni forests: *Journal of Sustainable Development in Africa*, 14, 137-151. ISSN: 1520-5509.
- SMA (Secretaría de Medio Ambiente), 2004, Informe de avances del programa de sustitución de eucaliptos en condición de alto riesgo, Anónimo: *Secretaría de Medio Ambiente, Dirección General de Servicios Urbanos*, sin ISBN.
- Suvarna, L., P., Llitha S., K. y Srinivas, N., 2009, Air Pollution Tolerance Index of various plant species growing in industrial areas: *The Ecscan*, 2, 203-206. ISSN: 0974-0376
- Tiwari, S. and Tiwari, M., 2006, Air pollution tolerance indices of few plants growing near Raigarh (India): *Journal of Environment Research and Development*, 1, 129-135. ISSN: 2319-5983.
- UN (United Nations), 2019, World urbanization prospects: The 2018, revision: *United Nations*, 103 p. ISBN: 978-92-1-148319-2
- Villa, C., B. y Herrera, G. I., 2002, Análisis de la problemática de la plaga (*Glycaspis Brimblecombei* Moore) que ataca al eucalipto en México. Memoria del Seminario michoacano sobre la problemática ambiental de las especies introducidas. Caso Eucalyptus, *Centro de Investigación y Desarrollo del Estado de Michoacán*, p. 186. Sin ISBN.
- Yáñez-Espinosa, L., Salas Díaz del Castillo, N., Rodríguez Rangel, G.A, 2019, “Flora en zonas urbanas”, CONABIO, *La biodiversidad en San Luis Potosí. Estudio de estado*. Ciudad de México, pp. 139-144. ISBN: 978-607-8570-31-7
- Ziska, L. H. and Caulfield F. A., 2000, Rising carbon dioxide and pollen production of common ragweed, a known allergy-inducing species: implications for public health: *Australian Journal of Plant Physiology*, 27, 893–898. ISSN: 0310-7841.
- Zivitz, N., 1942, Allergy to Australian pine: a report of three cases: *Journal of Allergy*, 13, 314-316. ISSN: 2595-6155.