

LAS ESPECIES ARBÓREAS EXÓTICAS EN ARGENTINA: CARACTERIZACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LAS ESPECIES ACTUAL Y POTENCIALMENTE PROBLEMÁTICAS

M. Victoria Yansen  & Fernando Biganzoli* 

*Departamento de Métodos Cuantitativos y Sistemas de Información, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Av. San Martín 4453, C1417, Buenos Aires, Argentina; *biganzol@agro.uba.ar (autor corresponsal).*

Abstract. Yansen, M. V. & F. Biganzoli. 2022. Exotic tree species in Argentina: characterization and identification of current and potentially problematic species. *Darwiniana*, nueva serie 10(1): 80-97.

Biological invasions are one of five direct drivers of global change that act synergistically threatening biodiversity and the provision of ecosystem services globally. In this work we compile the list of exotic woody species that have been introduced in Argentina, we characterize them according to their geographical origin, use, foliage phenology, reproduction, dispersal, and we analyse their geographical distribution within Argentina. Based on the bibliography, we identify those species that are currently or potentially problematic for Argentina. Most of the species are native to Eurasia and the main reason for their introduction was their ornamental use. They are mostly monoecious, with deciduous leaves, without vegetative reproduction, with fleshy fruits and dispersed by animals. The area corresponding to the Yungas, the Paranaense Forest and the Humid Chaco presents the largest number of exotic species; the area corresponding to the Espinal and Dry Chaco has the largest number of currently problematic species and, together with the Pampeana area, the largest number of potentially problematic species. Finally, we propose actual problematic species in areas without native trees and potentially problematic species with broad distribution in Argentina should be monitored and probably managed among the studied species.

Keywords. Argentina; biological invasions; lignification; troublesome species; woody species.

Resumen. Yansen, M. V. & F. Biganzoli. 2022. Las especies arbóreas exóticas en Argentina: caracterización e identificación de las especies actual y potencialmente problemáticas. *Darwiniana*, nueva serie 10(1): 80-97.

Las invasiones biológicas son uno de los cinco impulsores directos del cambio global que actúan sinérgicamente amenazando la diversidad biológica y la provisión de servicios ecosistémicos a nivel mundial. En este trabajo compilamos la lista de las especies de árboles exóticos que han sido introducidas en Argentina, las caracterizamos según su origen geográfico, uso, fenología del follaje, reproducción, dispersión, y analizamos su distribución geográfica dentro de Argentina. Con base en una revisión bibliográfica, identificamos aquellas especies que actual o potencialmente son problemáticas en la Argentina. La mayoría de las especies son oriundas de Eurasia y el motivo principal de introducción fue su uso ornamental. Son mayoritariamente monoicas, con hojas caducas, sin reproducción vegetativa, con frutos carnosos y dispersados por animales. La zona que agrupa a las Yungas, la Selva Paranaense y el Chaco Húmedo presenta la mayor cantidad de especies exóticas; la zona de Espinal y Chaco Seco cuenta con el mayor número de especies actualmente problemáticas y, junto con la zona Pampeana, el mayor número de especies potencialmente problemáticas. Finalmente, proponemos que las especies problemáticas en ambientes originalmente sin árboles y las especies potencialmente problemáticas que ya colonizaron varias regiones en Argentina serían las especies prioritarios para monitorear o manejar entre las especies estudiadas.

Palabras clave. Argentina; especies leñosas; especies problemáticas; invasiones biológicas; lignificación.

INTRODUCCIÓN

Las especies exóticas, aloctonas, introducidas o adventicias son aquellas ajenas a la biota nativa de un lugar y deben su presencia a la actividad involuntaria o intencional del ser humano que transporta los propágulos desde el área de origen hacia el ecosistema receptor, permitiendo que se superen barreras biogeográficas o largas distancias (Pyšek et al., 2004; Theoharides & Dukes, 2007; Milanović et al., 2020). Algunas de estas especies son “naturalizadas” ya que mantienen poblaciones viables sin intervención humana (Pyšek et al., 2004). Un subgrupo dentro de las especies naturalizadas son las especies invasoras que, una vez introducidas y establecidas, mantienen poblaciones viables sin asistencia humana y se expanden dentro del ecosistema receptor (Richardson et al., 2000; Rejmánek et al., 2005; Richardson & Rejmánek, 2011).

Desde un análisis ecológico, una especie invasora puede ser clasificada como transformadora o ingeniera al cambiar la fisonomía de la vegetación, la fenología de la comunidad, la estacionalidad del follaje, el ciclado de nutrientes, la hidrología o el régimen de disturbios entre otras características (Pyšek et al., 2004). En cambio, una mirada antropocéntrica permite clasificar las especies invasoras como problemáticas o no problemáticas, tomando en cuenta la presencia o ausencia de impactos negativos tanto económicos como ecológicos (Mack et al., 2000; Duboscq-Carra et al., 2021). Acorde a esta mirada, la Plataforma Intergubernamental sobre Biodiversidad y Servicios de los Ecosistemas clasifica a las invasiones biológicas como uno de los cinco impulsores directos del cambio global que actúan sinérgicamente amenazando la diversidad biológica y la provisión de servicios ecosistémicos a nivel mundial (IPBES, 2019).

Hay abundantes discusiones sobre las características que comparten las especies invasoras a pesar de la gran variabilidad pero, en líneas generales, lo esencial para su éxito es el acople de los atributos de la especie con las condiciones ambientales del lugar (Ríos & Vargas, 2003; Theoharides & Dukes, 2007). Algunas de las características que se repiten en muchas especies invasoras son la captación oportunista

y rápida de recursos con una consecuente tasa de crecimiento alta, la producción de muchos propágulos y reproducción vegetativa (Grotkopp & Rejmánek, 2007; Tecco et al., 2010), también una aclimatación rápida y eficiente como consecuencia de su plasticidad fenotípica y de su flexibilidad funcional (Castro-Díez et al., 2005). En cuanto a la reproducción, la presencia de flores hermafroditas y sistemas sexuales monoicos junto con la capacidad de reproducción asexual son características asociadas a las especies de plantas invasoras que facilitarían la instalación de una población en un sitio nuevo (Marco & Páez, 2000; Herrera, 2009). La dispersión exitosa es clave para expandirse en el área colonizada e invadir áreas nuevas; en este sentido, las aves son el vector más eficiente ya que permiten el arribo de semillas a sitios con características ecológicas similares a donde se encuentra la población adventicia (e.g. de bosque a bosque). En segundo lugar, se encuentra el viento como vector de dispersión (Gosper et al., 2005; Vittoz & Engler, 2007; Richardson & Rejmánek, 2011). Sin embargo, las características intrínsecas de las especies no son los únicos factores determinantes en los procesos de invasiones biológicas. También hay otros factores que influyen en el éxito y son ajenos a la especie como la cantidad de eventos de ingesión, la liberación de enemigos naturales, la existencia de combinaciones de factores ambientales no explotado por ninguna especie nativa (“nicho vacío”), la ocurrencia de disturbios que liberan recursos y la resistencia biótica de la comunidad receptora (Elton, 1958; Stachowicz et al., 1999; Lockwood et al., 2005; Simberloff, 2009).

Aunque existen casos de especies exóticas herbáceas de gran impacto ecológico y/o económico (Valliant et al., 2007; Cipriotti et al., 2010; Duboscq-Carra et al., 2021), el estudio de las especies leñosas exóticas es prioritario para monitorear y prevenir la invasión o manejar y controlar el impacto de las invasiones. La invasión de especies arbóreas, que puede ser especialmente problemática en ambientes que naturalmente carecen o presentan escasas especies leñosas como pastizales y sabanas, conlleva un importante cambio fisonómico, por lo que los impactos de la invasión tienen mayor magnitud (Huxman et al., 2005; Rolhauser & Batista, 2014; Archer et al., 2017).

La lignificación de las sabanas es un cambio drástico y conspicuo, pero existen otros más sutiles como la invasión de especies perennes en bosques caducifolios que modifican la cantidad de luz y temperatura del sotobosque (Aragón et al., 2014; Fernández et al., 2020), o la invasión de especies que fructifican en una estación diferente a la comunidad nativa (Lediuk et al., 2014).

Hasta el momento, no existe una lista comentada de las especies de árboles exóticos presentes en la Argentina. En este trabajo, compilamos la lista de todas las especies de árboles exóticos registrados para la flora argentina, las caracterizamos e identificamos el riesgo actual o potencial como especies problemáticas. Para cada especie identificamos las posibles vías de ingreso y las áreas con registro de colonización en Argentina, registramos algunas características consideradas importantes para el establecimiento y expansión de las poblaciones y evaluamos el estatus actual o potencial como especie invasora problemática en Argentina. Finalmente, proponemos cuáles serían los criterios para definir prioridades de monitoreo o control entre las especies estudiadas. La información aquí provista servirá para desarrollar planes para detección y control temprano de las especies potencialmente problemáticas y para evaluar planes de acción y mitigación del impacto de las especies ya problemáticas en alguna región de la Argentina.

METODOLOGÍA

Para realizar este trabajo tomamos como base de datos inicial el registro de especies introducidas de hábito arbóreo compilado por Flora Argentina (<http://www.floraargentina.edu.ar>, último acceso octubre de 2021). Consideramos especies arbóreas a especies leñosas de más de 3 metros de altura que generalmente no ramifican del nivel del suelo. Completamos la lista con especies registradas en la bibliografía, en la Resolución N° 109/2021 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible sobre la gestión integral de especies exóticas invasoras y potencialmente invasoras (MADS, 2021) y en Bentivegna & Zalba (2014). La base de datos final consta de 109 especies arbóreas introducidas en Argentina.

Para cada una de las especies realizamos una búsqueda bibliográfica y registramos el origen geográfico y vía de ingreso a la Argentina basados en el uso que tiene/tuvo en el país (e.g. ornamental, forestal e industrial, alimenticia y medicinal o ecológica) o ingreso accidental (e.g. contaminante de semillas o suelo importado). El uso ecológico incluye el control de la erosión, fijación de bordes de cursos de agua y la fijación de dunas (Giorgis & Tecco, 2010; Delucchi et al., 2011; Méndez, 2012). Hay especies que presentan más de una vía de ingreso identificada por lo que la suma total en la sección resultados (144) es mayor al número de especies (109). También caracterizamos a las especies en dioicas o monoicas (donde incluimos todas las variantes que incluyen los dos sexos en una misma planta) y por la presencia o ausencia de reproducción asexual (vegetativa) como indicadores de la facilidad para establecer una población (Tourn et al., 1999; Roilola et al., 2015). Además registramos si el follaje es caducifolio o perennifolio. Registramos el tipo de fruto de cada especie a partir de las descripciones taxonómicas de cada especie e identificamos el síndrome de dispersión (anemocoria, autocoria, hidrocoria, zoocoria). En el caso de poseer más de un dispersor registrado, consideramos en los análisis el que alcanza mayor distancia.

Clasificamos a las especies en “problemáticas” y “no problemáticas”. Para ello, a partir de la búsqueda bibliográfica para cada especie, clasificamos como problemática a las especies para las que encontramos publicaciones que resaltaban los impactos negativos en cualquier parte del mundo. A estas especies problemáticas las dividimos en “actualmente problemáticas en Argentina” si hay registros de sus impactos negativos en Argentina y “potencialmente problemáticas en Argentina” si aún no hay registros de impacto negativo en Argentina, pero sí en otros países. Para la recopilación de la información utilizamos la base de datos de especies invasoras del Centro de Biociencia Agrícola Internacional (CABI, <https://www.cabi.org>), la información disponible del Instituto de Botánica Darwinion (<http://www.floraargentina.edu.ar>), el Sistema de Información de Biodiversidad (SIB, <https://sib.gob.ar>), ARBOREA (<http://arborea.proyungas.org.ar>) y búsqueda de publicaciones científicas por nombre científico de las especies en Google Académico (<https://scholar.google.com>) y Scopus (<https://www.scopus.com>).

Tabla 1. Caracterización de las 5 zonas obtenidas agrupando según la densidad de árboles las ecorregiones de Olson et al. (2001) en Argentina.

Zona	Ecorregiones Olson et al. (2001)	Fisonomía	Clima
Yungas Selva Paranaense Chaco Húmedo (YPCH)	Chaco húmedo Selva Paranaense Selva del pino Paraná Delta e Islas del Paraná Yungas Andinas Australes	Bosque húmedo subtropical Selva en galería Sabana Humedal	Subtropical a Templado y húmedo T° media: 22°C PP: 750-1300 mm anuales
Espinal Chaco Seco (ECS)	Espinal Chaco Seco	Bosque xerófito Bosque en galería Pastizal Sabana Matorral	Templado y seco T°: 21°C PP: 500-700 mm anuales
Bosque Subantártico (BS)	Bosques Templados Valdivianos Bosques subpolares magallánicos	Bosque Matorral	Frío y húmedo T°: 7°C PP: 500-3000 mm anuales
Monte Patagonia (MP)	Puna seca andina central Puna andina central Monte alto Monte Bajo Estepa Patagónica Estepa Andina del Sur	Estepa arbustiva Estepa gramínea Pradera montana	Frío a Templado y seco T°: 13°C PP: 80-400 mm anuales
Pampa (PAM)	Pampa húmeda Sabana Mesopotámica del Conosur	Pradera Sabana Matorral	Templado y húmedo T°: 14-20°C PP: 400-1000 mm anuales

Para compilar la información sobre la ubicación geográfica de cada especie en Argentina utilizamos principalmente los registros de ejemplares depositados en herbarios y almacenados en bases de datos como Global Biodiversity Information Facility (<https://gbif.org>), Instituto de Botánica Darwinion (<http://www.floraargentina.edu.ar>), Sistema de Información de Biodiversidad (<https://sib.gob.ar>), complementando la búsqueda con publicaciones científicas específicas. En todos los casos confirmamos que los ejemplares correspondan a poblaciones naturalizadas y no a ejemplares cultivados. Para ubicar las especies en el mapa, agrupamos las regiones de Argentina según su fisonomía. Las regiones resultaron de aglomerar la clasificación de ecorregiones de Olson et al. (2001) en 5 zonas contrastantes que agrupan ecorregiones con fisonomías de la vegetación similares (Tabla 1). Para ello nos basamos principalmente en la densidad del estrato arbóreo con el fin de identificar a las especies que potencialmente podrían tener mayor impacto modificando la estructura de la vegetación del área invadida. Aquellas ecorregiones que no tienen especies arbóreas nativas podrían presentar un proceso de lignificación y cambio de fisonomía en una situación de invasión arbórea mientras que

las ecorregiones típicamente con árboles podrían presentar cambios funcionales pero no fisonómicos (Archer et al., 2017).

Análisis de datos. Para comparar las características de la flora exótica realizamos pruebas de χ^2 con el programa estadístico R (R Core Team 2020).

RESULTADOS

Confirmamos la presencia de 109 especies arbóreas introducidas en Argentina (Apéndice), pertenecientes a 28 familias. Las familias con mayor número de especies arbóreas introducidas son Rosaceae (n=18), Fabaceae (n=12), Pinaceae (n=11), Myrtaceae (n=9) y Salicaceae (n=8).

Las especies arbóreas introducidas provienen principalmente de Eurasia (62%) y en segundo lugar del continente americano (23%) (Fig. 1A; Apéndice). En cuanto a las vías de ingreso, el 53% de las especies exóticas arbóreas fueron introducidas con fines ornamentales; el 30% con fines forestales e industriales, el 14% con fines alimenticios y medicinales y el 3% restante, ecológicos (Fig. 1B; Apéndice).

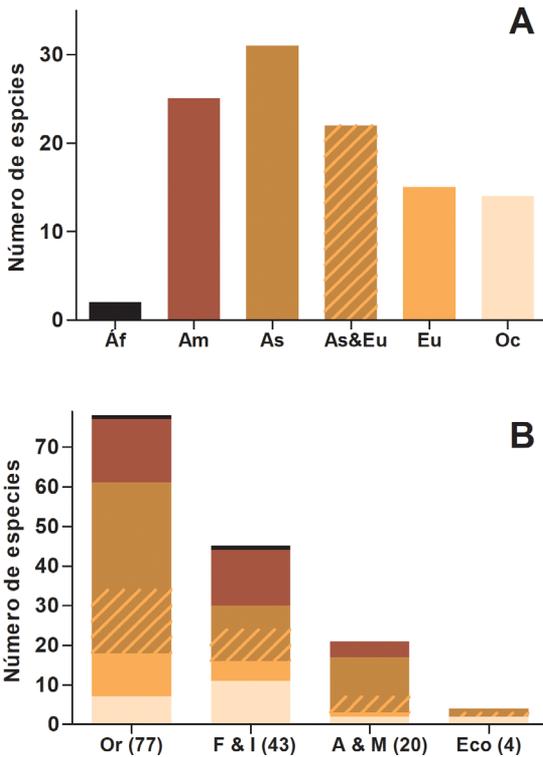


Fig. 1. A, origen geográfico de las especies arbóreas introducidas que se encuentran en la Argentina. B, caracterización de las cuatro principales vías de ingreso: Or: ornamental, F & I: forestal e industrial, A & M: alimenticio y medicinal y Ec: ecológico, de las especies de árboles introducidos en la Argentina según su origen geográfico; los colores de las regiones como en el panel A. Figura en color en la versión en línea <http://www.ojs.darwin.edu.ar/index.php/darwiniana/article/view/1001/1246>

Tanto las especies introducidas con fines ornamentales como alimenticios y medicinales se caracterizan por ser, en su mayoría, oriundas de Asia (Asia + Eurasia). En cambio, las especies introducidas con fines forestales e industriales provienen principalmente y en igual proporción de América y Asia.

Con relación a la fenología del follaje, aproximadamente la mitad de las especies arbóreas introducidas son caducifolias y la otra mitad son especies perennifolias (Fig. 2A; Apéndice). Con respecto a la reproducción, predominan las especies exóticas monoicas (79%) sobre las especies dioicas (21%). Además, el 29% de las

especies exóticas tiene registros de reproducción vegetativa. Estas dos características son independientes (Fig. 2B, $\chi^2=0,039$, $p=0,844$, 1gl); esto es, la presencia de reproducción vegetativa es independiente del tipo de flores en los árboles estudiados.

Los síndromes de dispersión más frecuentes entre las especies introducidas son anemocoria y zoocoria, y en tercer lugar de importancia, autocoria (Fig. 2C). El cuarto síndrome de dispersión es la hidrocoria, y aunque puede ser importante en algunos casos, como *Gleditsia triacanthos*, no hay especies que lo presenten como único mecanismo de dispersión. Un 24% de las especies analizadas cuenta con más de un síndrome de dispersión (Apéndice), aunque para el análisis se consideró la vía de dispersión que alcanzaría mayor distancia (anemocoria = zoocoria > hidrocoria > autocoria). En general, el tipo de fruto determina el síndrome de dispersión, con los frutos carnosos principalmente dispersados por animales y los secos por el viento. Sin embargo, hay mucha variedad entre esos grandes grupos (Apéndice), y existen excepciones sobre todo entre los frutos secos. El 37% de las especies arbóreas exóticas presentes en Argentina tienen frutos carnosos, el 39% de frutos secos dehiscentes y el 24% restante de frutos secos indehiscentes. La mayoría de las especies con frutos carnosos son dispersadas por animales seguidas por las especies de frutos secos dehiscentes o secos indehiscentes dispersados por el viento. La especie *Persea americana*, conocida como Paltero, es la única especie que presenta fruto carnoso con dispersión por autocoria (Wolstenholme & Whiley, 1999) aunque podría tener dispersión secundaria ocasional por animales.

De la totalidad de las especies analizadas, el 56% ya son reconocidas como problemáticas en algún lugar del mundo. Este subgrupo reúne 61 especies, de las cuales 17 ya fueron detectadas como un problema actual en la Argentina y las 44 restantes son problemáticas en otros países pudiendo implicar problemas dentro de Argentina en el futuro (Apéndice). Entre las especies actualmente problemáticas, *Prunus mahaleb* y *Juniperus communis* son las únicas que solamente implican un problema en Argentina ya que no encontramos registros en otros países.

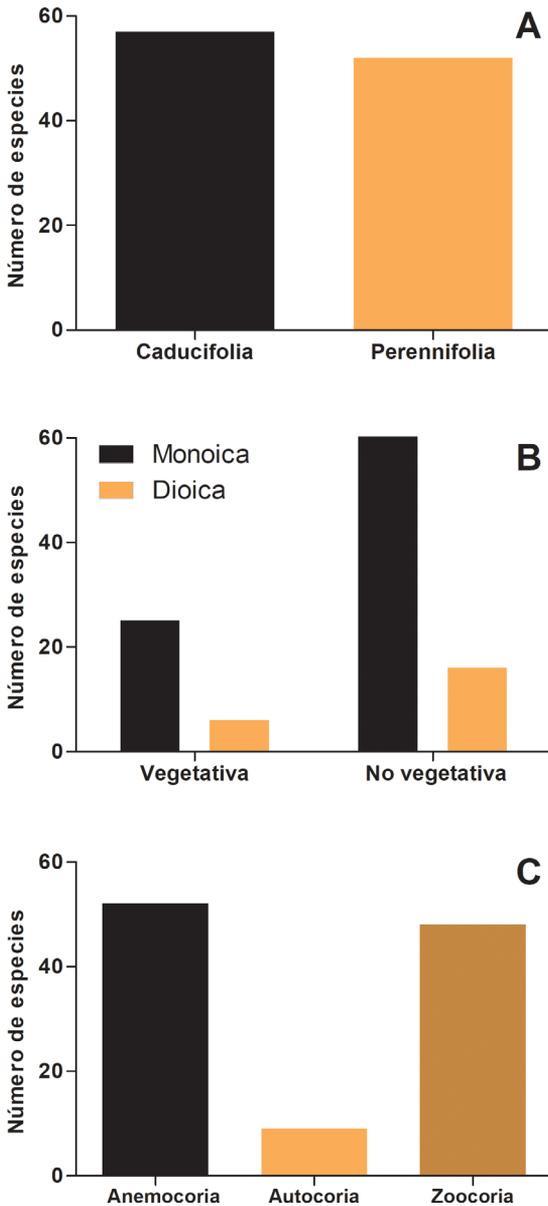


Fig. 2. **A**, caracterización de las especies arbóreas introducidas en Argentina según la fenología del follaje: caducifolia y perennifolia. **B**, clasificación de las especies de árboles introducidos en Argentina según su tipo de reproducción tanto sexual (monoica o dioica) como asexual (con o sin reproducción vegetativa). **C**, clasificación de las especies arbóreas introducidas en Argentina según los síndromes de dispersión anemocoria, autocoria y zoocoria. Figura en color en la versión en línea <http://www.ojs.darwin.edu.ar/index.php/darwiniana/article/view/1001/1246>

Por otro lado, 19 especies ya fueron reconocidas como problemáticas en más de un continente: *Gleditsia triacanthos*, *Laurus nobilis*, *Leucaena leucocephala*, *Ligustrum lucidum*, *Ligustrum sinense*, *Melia azedarach*, *Morus alba*, *Pinus contorta*, *Pinus radiata*, *Pinus halepensis*, *Pinus ponderosa*, *Pseudotsuga menziesii*, *Pyracantha angustifolia*, *Racosperma dealbatum*, *Racosperma longifolium*, *Tamarix chinensis*, *Tamarix ramosissima*, *Trachycarpus fortunei* y *Ulmus pumila*.

Las especies presentes en la Argentina identificadas como problemáticas son en su mayoría monoicas (78%) pero estas características son independientes ($\chi^2=0,140$, $p=0,708$, 1gl; Fig. 3A). Entre las especies identificadas como problemáticas es más frecuente que presenten reproducción vegetativa ($\chi^2=4,183$, $p=0,041$, 1gl; Fig. 3B). La proporción de especies problemáticas dentro de las especies caducifolias es similar a la proporción dentro de las especies perennifolias ($\chi^2=0,418$, $p=0,518$, 1gl; Fig. 3C). Por último, las especies problemáticas son dispersadas principalmente por el viento, en segundo lugar, por animales y por último, por la gravedad (Fig. 3D). Sin embargo, el carácter problemático de las especies tampoco está relacionado con el síndrome de dispersión ($\chi^2=1,271$, $p=0,530$, 2gl).

En cuanto a la distribución de las especies arbóreas introducidas en Argentina, la mayoría tienen aún una distribución geográfica restringida. El 64% se encuentra únicamente en una zona, el 24% se encuentran en 2 zonas, el 9% en 3 zonas y solamente un 4% se encuentra en 4 zonas. Las 5 especies que se encuentran en 4 de las 5 zonas delimitadas son *Acer negundo* (BS, Pam, ECS, YPCH), *Fraxinus pennsylvanica* (ECS, MP, Pam YPCH), *Pinus elliottii* (BS, Pam, ECS, YPCH), *Populus alba* (BS, ECS, MP YPCH) y *Salix fragilis* (BS, MP, Pam YPCH). Encontramos una gran diferencia en número de especies introducidas entre zonas (Fig. 4), donde las zonas con la mayor cantidad (YPCH y ECS) tienen más del doble que la zona con menor número de especies (MP).

La situación de Argentina registra 17 especies actualmente problemáticas y 44 que implican un problema potencial (Apéndice).

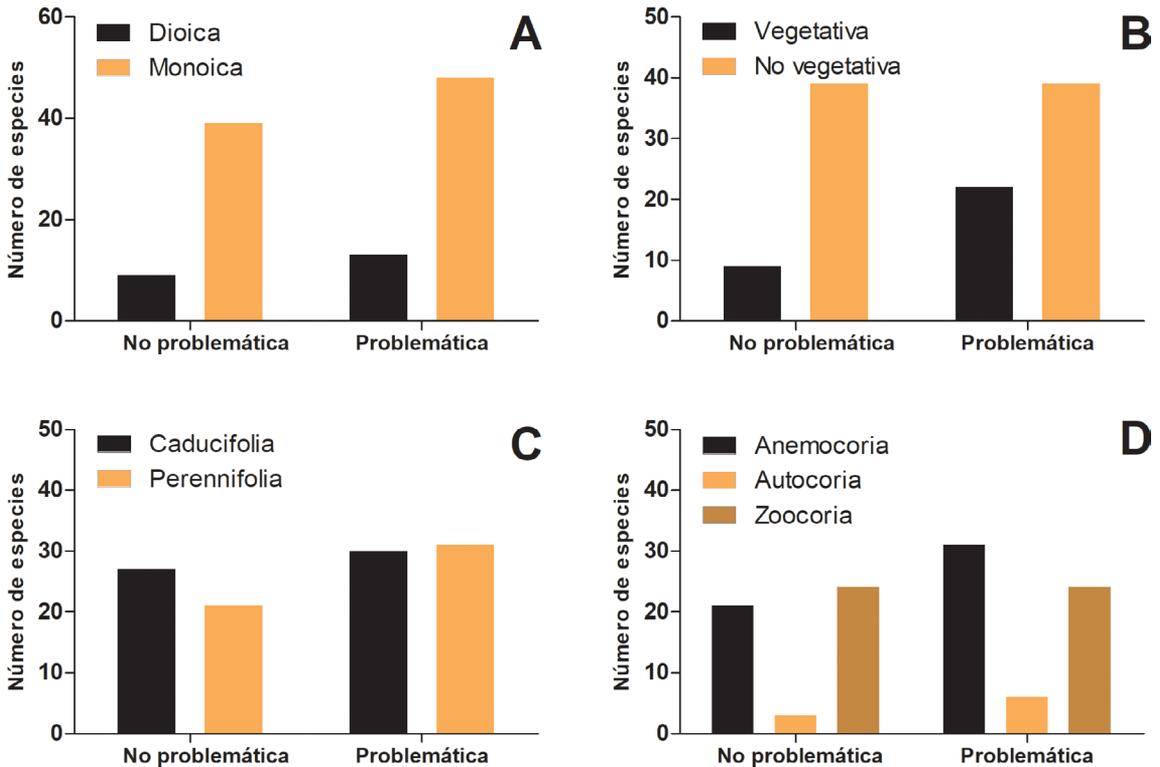


Fig. 3. Clasificación de las especies problemáticas y no problemáticas dentro del conjunto de especies de árboles exóticos en Argentina de acuerdo con A, la presencia de reproducción vegetativa, B, tipo de reproducción sexual, C, fenología del follaje y D, síndrome de dispersión. Figura en color en la versión en línea <http://www.ojs.darwin.edu.ar/index.php/darwiniana/article/view/1001/1246>

Las especies actualmente problemáticas corresponden a 11 familias: Cupressaceae (1), Fabaceae (1), Lauraceae (1), Melicaceae (1), Moraceae (1), Myrtaceae (1), Oleaceae (2), Pinaceae (5), Rosaceae (3) y Ulmaceae (1). Se destaca la familia Pinaceae por contar con el mayor número de especies actualmente problemáticas (*Pinus contorta*, *P. halepensis*, *P. pinaster*, *P. ponderosa* y *Pseudotsuga menziesii*). De las especies de amplia distribución en la Argentina, sólo *Pinus elliotii* está registrada como especie problemática en la Argentina, mientras que *Acer negundo*, *Fraxinus pennsylvanica* y *Populus alba* son potencialmente problemáticas y *Salix fragilis* no sería problemática. La zona con mayor número de especies actualmente problemáticas así como potencialmente problemáticas en la Argentina es Pam.

DISCUSIÓN

En este trabajo identificamos 109 especies exóticas de árboles en la Argentina pertenecientes a 28 familias. Actualmente muchas especies pueden llegar a una región nueva debido a la actividad humana pero no todas logran mantener poblaciones estables (naturalizarse) y menos aún, expandirse activamente (Pyšek et al., 2004; Rejmánek et al., 2005; Richardson & Rejmánek, 2011). Las 109 especies analizadas se encuentran naturalizadas en Argentina y 61 de ellas fueron clasificadas como problemáticas debido a que se expanden activamente y generan impactos negativos en alguna región del planeta. Sin embargo, solo 17 son actualmente problemáticas dentro de Argentina mientras que las 44 restantes son potencialmente problemáticas con impactos negativos registrados fuera de Argentina.

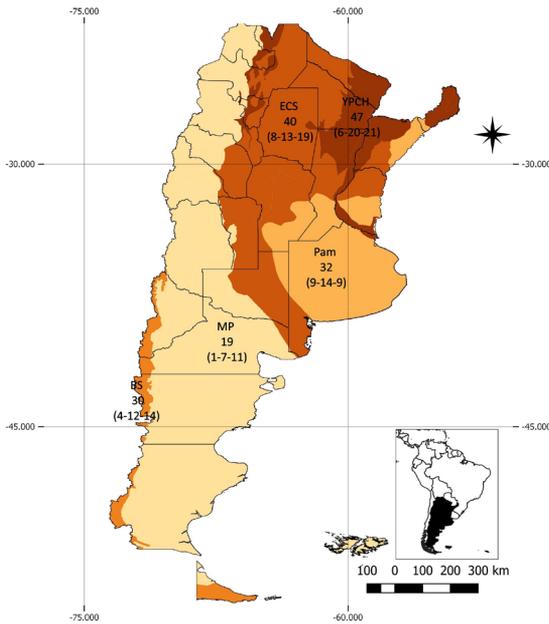


Fig. 4. Mapa de las ecorregiones de Argentina agrupadas en cinco zonas según la densidad de árboles en la vegetación dominante. El número de especies exóticas totales se refleja en el orden de colores donde las zonas más oscuras corresponden a un mayor número de especies. Las zonas son: YPCH (Yungas, Selva Paranaense y Chaco Húmedo), ECS (Espinal y Chaco Seco), Pam (Pampa), MP (Monte y Patagonia) y BS (Bosque Subantártico). El número total de especies se encuentra desagregado entre paréntesis (a-b-c): (a) número de especies actualmente problemáticas (b) número de especies potencialmente problemáticas y (c) número de especies no problemáticas. Figura en color en la versión en línea <http://www.ojs.darwin.edu.ar/index.php/darwiniana/article/view/1001/1246>

Los resultados de este trabajo muestran que la mayoría de las especies arbóreas exóticas de Argentina son originarias de Eurasia, luego de América, Oceanía y, por último, África. La mayoría de las especies exóticas presentes en Latinoamérica fueron introducidas, intencional o accidentalmente, a finales del siglo XIX y principios del siglo XX como consecuencia del movimiento migratorio de pobladores europeos que traían especies europeas o asiáticas previamente introducidas en Europa por sus usos ornamentales (Speziale et al., 2012).

Esto se enmarca en el concepto “Imperialismo Ecológico” planteado por Alfred Cosby en 1986 (Foster & Clark, 2004) e implica la introducción de flora y fauna europea en gran parte del resto del mundo entre los años 900 y 1900 como parte de la expansión y migración europea hacia nuevas tierras (Mack et al., 2000; Foster & Clark, 2004). Por ejemplo, *Melia azedarach* (paraíso) es una especie originaria del sureste de Asia que fue introducida en Europa por sus usos agroforestales y también fines ornamentales, medicinales e insecticidas (Falasca et al., 2015) y luego fue introducida en Latinoamérica como consecuencia de la migración europea (Badalamenti et al., 2013). También *Ligustrum lucidum* (ligustro) originaria de China fue introducida en Argentina como ornamental a comienzos del siglo XX (Franco et al., 2018).

La introducción de plantas vasculares puede ser intencional, debido a causas comerciales (forestal, horticultura, silvicultura) u ornamentales, o puede ser accidental (Reichard & Hamilton, 1997; Figueroa & Marquet, 2004). Las especies herbáceas son en su mayoría introducidas accidentalmente (Oliván & Volponi, 2007) mientras que las especies leñosas son en su mayoría introducidas intencionalmente. A nivel global, la causa principal es la horticultura (ornamental), seguido por el uso forestal, el alimenticio y, por último, el agroforestal (Richardson & Rejmánek, 2011). Nuestros resultados coinciden con Richardson y Rejmánek (2011) y muestran que todas las introducciones fueron intencionales. Además, las 109 especies analizadas también fueron introducidas principalmente con fines ornamentales, seguido por forestal e industrial, en tercer lugar, alimentario y medicinal y, por último, ecológico.

Con respecto a las características recopiladas para las especies exóticas arbóreas, encontramos una mayor frecuencia de especies caducifolias, monoicas y zoócoras. En general se propone que las especies invasoras tienen capacidad de dispersarse largas distancia gracias a vectores muy eficientes para dichas distancias como las aves o el viento y tienen la capacidad de instalar una población a partir de pocos individuos (Gosper et al., 2005; Vittoz & Engler, 2007; Richardson & Rejmánek, 2011).

Esto último estaría facilitado por la presencia de flores hermafroditas o sistemas sexuales monoicos y por contar con reproducción asexual que facilitan el establecimiento en un nuevo sitio (Reichard, 1996; Marco & Páez, 2000; Ríos & Vargas, 2003; Castro-Díez, 2005; Díez et al., 2009; Herrera, 2009). Los resultados sobre la reproducción sexual están alineados con las características esperadas ya que muestran la predominancia de especies monoicas sobre las especies dioicas. Sin embargo, la caracterización de la reproducción asexual difiere de lo esperado al presentar una baja proporción de especies con reproducción vegetativa. Esta discrepancia junto con la independencia entre la caracterización de la reproducción sexual (monoica o dioica) y la presencia de la vía vegetativa podría deberse al mayor peso relativo de la influencia humana en la presencia de especies exóticas. Actualmente las invasiones biológicas están determinadas en mayor medida por la presión de propágulos (el número de individuos y la frecuencia de introducción, modelados por la actividad humana) que por las características intrínsecas de las especies (Lockwood et al., 2005; Seebens et al., 2018; Gallardo & Vilà, 2019). Sin embargo, aunque no encontramos relación entre invasión y reproducción, esta característica aún puede ser muy importante al momento de determinar la o las formas de control de una especie en un área invadida.

Los síndromes de dispersión más frecuentes de las especies analizadas en este trabajo son en primer lugar zoocoria seguido por la anemocoria. Estos dos síndromes permiten dispersar las semillas a largas distancias y, de todos los vectores existentes, las aves tienen la mayor eficiencia (Gosper et al., 2005; Richardson & Rejmanek, 2011). Estos resultados también coinciden con lo reportado por Richardson & Rejmanek (2011) a escala global.

El impacto de la invasora puede incrementarse si modifica la fenología del ecosistema, o la abundancia de un tipo fenológico particular. Un cambio fenológico puede magnificar cambios ambientales (e.g. modificar el ciclado de nutrientes o del agua y la disponibilidad lumínica) y cambios bióticos (e.g. composición florística) (Levine et al., 2003). En general, los tipos de ambientes que

identificamos difieren en su fenología, inclusive dentro de un mismo tipo. Por ejemplo, la zona YPCH (Yungas-Paranaense-Chaco Húmedo) cuenta con las yungas con alta proporción de especies deciduas y con la Selva Paranaense, donde la mayoría de las especies nativas son perennes. Los resultados de este trabajo muestran que las especies actualmente más problemáticas, o con mayor registro de sus impactos negativos, son *Ligustrum lucidum* y tres especies de pinos: *Pinus contorta*, *Pinus halepensis* y *Pinus ponderosa*. Estas especies son todas perennes y están invadiendo tanto ecosistemas libres de árboles como sistemas caducifolios. *Ligustrum lucidum* invade principalmente la zona de Yungas (Zamora Nasca et al., 2014; Fernández et al., 2020) o los talares del NE de la provincia de Buenos Aires (Franco et al., 2018), mientras que las especies *Pinus contorta* y *Pinus ponderosa* invaden la meseta patagónica en la zona MP (Monte-Patagonia) (Raffaele et al., 2015) y la especie *Pinus halepensis* en la Reserva Natural Ernesto Tornquist en la zona Pam (Pampa) (Zalba et al., 2008). Por otro lado, la especie caducifolia *Gleditsia triacanthos* invade los pastizales típicamente sin árboles de la zona Pam (Ghersa et al., 2002). En algunos casos se estudió la fenología de la floración y fructificación de las especies invasoras y nativas de una comunidad (Lediuk et al., 2014; Vergara-Tabares et al., 2016). Los ejemplos mencionados antes, sugieren que aunque la fenología del follaje no fue propuesta como rasgo para estudiar en especies invasoras, es importante caracterizar su impacto en la comunidad invadida.

En cuanto a las especies detectadas como problemáticas, la mayoría (74%) fue clasificada como potencialmente problemática y el 26% restante como actualmente problemática en Argentina. Una de las razones por la cual no todas las especies problemáticas implican un problema actual en Argentina puede ser la variabilidad de ecosistemas receptores respecto a la invasibilidad, i.e. la susceptibilidad a la invasión (Rejmanek et al., 2005; Brook et al., 2008). La otra razón puede ser que las especies, aunque naturalizadas, aún no colonizaron las zonas más susceptibles. Ecosistemas con mayor biodiversidad contarían con una mayor resistencia a invasiones biológicas mientras que procesos como el cambio del

uso del suelo, el aumento de la agricultura, la pérdida o fragmentación de hábitats, la creciente urbanización y el cambio climático disminuyen la resistencia y aumentan la invasibilidad (Brook et al., 2008; Chaneton et al., 2012). De esta manera, la historia y el manejo de los ecosistemas pueden alterar la invasibilidad entre ecosistemas similares. Las invasiones biológicas no son inmediatas y sus impactos están positivamente relacionados con el tiempo de residencia (Simberloff et al., 2013). Por ello, las especies actualmente problemáticas pudieron haber sido introducidas en los ambientes más susceptibles o son ingresiones más antiguas que las especies potencialmente problemáticas cuyos impactos negativos todavía son poco perceptibles (Pyšek & Jarošík, 2005). Un análisis más detallado de las fechas de ingreso de las especies podría aclarar este aspecto.

Las especies que tienen capacidad de reproducirse asexualmente pueden tener un crecimiento poblacional exponencial en situaciones de densidades poblacionales bajas y esto favorece su carácter de invasoras (Ríos & Vargas, 2003; Castro-Díez et al., 2005; Vilà et al., 2010; Datri et al., 2015). A su vez, los síndromes de dispersión zoocoria y anemocoria y la presencia de flores hermafroditas y sistemas monoicos también favorecen el carácter invasor de las especies (Ríos & Vargas, 2003; Gosper et al., 2005; Vittoz & Engler, 2007; Díez et al., 2009; Richardson & Rejmánek, 2011). Sin embargo, la independencia estadística entre todas estas características y el carácter de “problemática” muestran que la generalización de estrategias debe mirarse atendiendo a las singularidades de cada caso. Por ejemplo, la actividad humana es el factor clave en la distribución geográfica y expansión de las especies, mientras que las características intrínsecas de las especies, no serían el factor principal determinando la característica “problemática” (Seebens et al., 2018; Gallardo & Vilà, 2019).

En general, acorde al triángulo de Whittaker (1975) las precipitaciones definen la presencia de ecosistemas boscosos. En Argentina la diversidad de especies y la diversidad de árboles se encuentran en las regiones con mayores precipitaciones (Zuloaga et al., 1999) y encontramos que la riqueza de las leñosas exóticas

sigue aproximadamente ese patrón (Yungas-Selva Paranaense-Chaco Húmedo > Espinal-Chaco Seco, Pampa, Bosques Subantárticos > Monte-Patagonia). Estos resultados podrían estar explicados por la disponibilidad de recursos, ya que una mayor disponibilidad de recursos como agua, luz y nutrientes aumenta la invasibilidad del ecosistema (Ríos y Vargas, 2003). Sin embargo, el impacto de las especies exóticas podría tener un patrón opuesto. La lignificación de ambientes que carecen o presentan escasas especies arbóreas conlleva un importante cambio fisonómico, por lo que los impactos en el funcionamiento y biodiversidad tienen mayor magnitud (Huxman et al., 2005; Rolhauser & Batista, 2014; Archer et al., 2017). Este proceso suele ser más drástico en sabanas o pastizales y más sutil en bosques caducifolios invadidos por especies perennes (Aragón et al., 2014; Fernández et al., 2020).

CONCLUSIÓN

Este trabajo expone información sobre especies arbóreas, exóticas e invasoras en Argentina. Hay varios factores que determinan el éxito de una invasión biológica como las características intrínsecas de las especies, la presión de propágulos, la disponibilidad de recursos como también la ausencia de predadores y competidores y las nuevas asociaciones mutualistas. En este trabajo encontramos que 17 especies ya son problemáticas en Argentina y que ese número podría triplicarse con las 44 especies que son problemáticas en otras regiones del planeta. Todas las especies exóticas de árboles llegaron intencionalmente a Argentina y las características analizadas no definen su calidad de problemática, con la excepción de la reproducción vegetativa. Esto resalta que ante futuros planes de ingreso de nuevas especies, es prioritario analizar su comportamiento en otras regiones ya que los rasgos de invasoras no serían buenos predictores, al menos en periodos relativamente cortos de tiempo. Además, en este estudio nos enfocamos en algunas las características intrínsecas de las especies y, por ello, futuras investigaciones podrían centrarse en los factores restantes para tener una mirada complementaria y ampliar el conocimiento de la situación actual.

Por otra parte, el análisis geográfico de las especies es una herramienta clave para guiar los esfuerzos futuros de control de invasiones biológicas en el país. Hay varios indicadores que pueden ser tomados en cuenta para medir el riesgo que presenta una zona determinada ya que tanto la capacidad de invasión de cada especie y la invasibilidad de cada ecosistema son influyentes. En este trabajo los indicadores utilizados están relacionados con la cantidad de especies problemáticas por zona. Aunque en este trabajo encontramos información de localidades para todas las especies, la distribución podría estar algo subestimada debido a que muchas veces se evita coleccionar especies exóticas en las expediciones botánicas (Schmidt-Lebuhn et al., 2013). Futuras investigaciones podrían involucrar indicadores que reflejen la invasibilidad de los ecosistemas argentinos y consideren la presencia de disturbios o la disponibilidad de recursos, para mejorar los planes de control y manejo.

En un contexto de recursos limitados y con incipientes evaluaciones del costo asociado con las especies invasoras en Argentina (Duboscq-Carra et al., 2021) establecer prioridades de acción es imprescindible. Las especies que de acuerdo a nuestros resultados son prioritarias y requieren monitoreo urgente serían las que presentan un riesgo actual o potencial alto y que podrían implicar impactos negativos considerables. Por un lado, aquellas especies que son actualmente problemáticas y que implican cambios fisonómicos en la comunidad invadida (*Pinus contorta* en MP, *Pinus halepensis*, *Pinus pinaster* y *Gleditsia triacanthos* en PAM, etc.) requieren monitoreo constante, acciones para detener su expansión y, posiblemente, planes de restauración en áreas de alto valor económico o ecológico. Por otro lado, aquellas especies que son potencialmente problemáticas, que presentan características que favorecen su invasión y que ya se encuentran en 3 o 4 de las 5 zonas delimitadas en Argentina (e.g. *Acer negundo*, *Fraxinus pennsylvanica*, *Pinus elliottii* y *Populus alba*) serían las especies que requieren programas de monitoreo a gran escala con evaluación de impactos a los sectores productivos y la biodiversidad.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a N. Mazía y P. A. Cipriotti por la lectura y comentarios de la versión preliminar del manuscrito. También agradecemos a los revisores que con sus comentarios ayudaron a mejorar este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- Aragón, R.; L. Montti, M. M. Ayup & R. Fernández. 2014. Exotic species as modifiers of ecosystem processes: Litter decomposition in native and invaded secondary forests of NW Argentina. *Acta Oecologica* 54: 21-28.
- Archer, S. R.; E. M. Andersen, K. I. Predick, S. Schwinning, R. J. Steidl & S. R. Woods. 2017. Woody plant encroachment: causes and consequences. En Briske, D. D. (ed.) *Rangeland Systems*. Springer Series on Environmental Management. 25-84.
- Badalamenti, E.; D. Cusimano, T. La Mantia & S. Pasta. 2013. The recent spread of the invasive woody alien plant *Melia azedarach* L. (Meliaceae) in Sicily. *Naturalista Siciliano* 37: 505-513.
- Bentivegna, D. J. & S. M. Zalba. 2014. Capítulo 9 Plantas Invasoras. En: Fernández, O. A.; E. S. Leguizamón & H. A. Acciaresi. Malezas e invasoras de la Argentina. Tomo 1: Ecología y manejo. Editorial de la Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Ediuns.
- Brook, B. W.; N. S. Sodhi & C. J. Bradshaw. 2008. Synergies among extinction drivers under global change. *Trends in Ecology & Evolution* 23: 453-460.
- Castro-Díez, P.; F. Valladares & A. Alonso. 2005. La creciente amenaza de las invasiones biológicas. *Ecosistemas* 13: 61-68.
- Chaneton, E. J.; N. Mazía, W. B. Batista, A. G. Rolhauser & C. M. Ghersa. 2012. Woody plant invasions in Pampa grasslands: a biogeographical and community assembly perspective. En Myster, R. W. (ed.) *Ecotones between forest and grassland*. Springer New York. 115-144.
- Cipriotti, P. A.; R. B. Rauber, M. B. Collantes, K. Braun & C. Escartín. 2010. *Hieracium pilosella* invasion in the Tierra del Fuego steppe, Southern Patagonia. *Biological Invasions* 12: 2523-2535.
- Datri, C. W.; C. L. Pray, Y. Zhang & W. H. Nowlin. 2015. Nutrient enrichment scarcely affects ecosystem impacts of a non-native herbivore in a spring-fed river. *Freshwater Biology* 60: 551-562.
- Delucchi, G.; F. Buet Costantino & E. L. Guerrero. 2011. Leguminosas adventicias de la República Argentina: una caracterización. *Historia Natural* 1: 75-84.

- Díez, J. M.; P. A. Williams, R. P. Randall, J. J. Sullivan, P. E. Hulme & R. P. Duncan. 2009. Learning from failures: testing broad taxonomic hypotheses about plant naturalization. *Ecology Letters* 12: 1174-1183.
- Duboscq-Carra, V. G.; R. D. Fernandez, P. J. Haubrock, R. D. Dimarco, E. Angulo, L. Ballesteros-Mejia, C. Diagne, F. Courchamp & M. A. Nuñez. 2021. Economic impact of invasive alien species in Argentina: a first national synthesis. En: Zenni, R. D.; S. McDermott, E. García-Berthou & F. Essl (eds). The economic costs of biological invasions around the world. *NeoBiota* 67: 329-348. DOI: <https://doi.org/10.3897/neobiota.67.63208>
- Elton, C. S. 1958. The Invasion of Continents. En Elton, C. S. (ed.) *The Ecology of Invasions by Animals and Plants*. Springer, Boston. 50-76.
- Falasca, S.; A. Ulberich & C. M. del Fresno. 2015. Potenciales áreas de cultivo de *Melia azedarach* L. en Argentina, como productora de aceite para biodiesel y bioinsecticida. *Quebracho-Revista de Ciencias Forestales* 23: 18-29.
- Fernandez, R. D.; S. J. Ceballos, R. Aragón, A. Malizia, L. Montti, J. I. Whitworth-Hulse, P. Castro-Díez & H. R. Grau. 2020. A global review of *Ligustrum Lucidum* (Oleaceae) invasion. *The Botanical Review* 86: 93-118.
- Figueroa, J. A. & P. A. Marquet. 2004. Exotic plant invasions to the mediterranean region of Chile: causes, history and impacts. *Revista Chilena de Historia Natural* 77: 465-483.
- Franco, M. G.; M. C. P. Behr, M. Medina, C. Pérez, I. A. Mundo, J. M. Cellini & M. M. F. Arturi. 2018. Talares del NE bonaerense con presencia de *Ligustrum lucidum*: Cambios en la estructura y la dinámica del bosque. *Ecología Austral* 28: 502-512.
- Foster, J. B. & B. Clark. 2004. *Imperialismo Ecológico: la maldición del capitalismo*. *Socialist register* 232-250.
- Gallardo, B. & L. Vilà. 2019. La influencia humana, clave para entender la Biogeografía de especies invasoras en el Antropoceno. *Cuadernos de investigación geográfica* 45: 61-86.
- Ghersa, C. M.; E. de la Fuente, S. Suarez & R. J. León. 2002. Woody species invasion in the Rolling Pampa grasslands, Argentina. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 88: 271-278.
- Giorgis, M. A.; P. A. Tecco, A. M. Cingolani, D. Renison, P. Marcora & V. Paiaro. 2011. Factors associated with woody alien species distribution in a newly invaded mountain system of central Argentina. *Biological Invasions* 13: 1423-1434.
- Gosper, C. R.; C. D. Stansbury & G. Vivian-Smith. 2005. Seed dispersal of fleshy-fruited invasive plants by birds: contributing factors and management options. *Diversity and Distributions* 11: 549-558.
- Grotkopp, E. & M. Rejmánek. 2007. High seedling relative growth rate and specific leaf area are traits of invasive species: phylogenetically independent contrasts of woody angiosperms. *American Journal of Botany* 94: 526-532.
- Herrera, I. 2009. La biología reproductiva en la predicción del potencial invasor de plantas exóticas. En Medel, R.; M. Aizen & R. Zamora (eds.) *Ecología y evolución de interacciones planta-animal: conceptos y aplicaciones*. Editorial Universitaria, S.A. Santiago de Chile. 263-283.
- Huxman, T. E.; B. P. Wilcox, D. D. Breshears, R. L. Scott, K. A. Snyder, E. E. Small & R. B. Jackson. 2005. Ecohydrological implications of woody plant encroachment. *Ecology* 86: 308-319.
- IPBES. 2019. Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services. *Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*.
- Lediuk, K. D.; M. A. Damascos, J. G. Puntieri & M. Svriz. 2014. Differences in phenology and fruit characteristic between invasive and native woody species favor exotic species invasiveness. *Plant Ecology* 215:1455-1467.
- Levine, J. M.; M. Vilà, C. M. D. Antonio, J. S. Dukes, K. Grigulis & S. Lavorel. 2003. Mechanisms underlying the impacts of exotic plant invasions. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences* 270(1517): 775-781.
- Lockwood, J. L.; P. Cassey & T. Blackburn. 2005. The role of propagule pressure in explaining species invasions. *Trends in Ecology & Evolution* 20: 223-228.
- Mack, R. N.; D. Simberloff, W. M. Lonsdale, H. Evans, M. Clout & F. Bazzaz. 2000. Invasiones biológicas: causas, epidemiología, consecuencias globales y control. *Tópicos en Ecología* 5:1-53.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2021. Plan de gestión integral de especies exóticas invasoras y potencialmente invasoras. <http://servicios.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/345000-349999/348718/norma.htm>
- Marco, D. E. & S. A. Páez. 2000. Invasion of *Gleditsia triacanthos* in *Lithraea ternifolia* montane forests of central Argentina. *Environmental Management* 26: 409-419.
- Méndez, E. 2012. Revisión del género *Salix* (Salicaceae) en la Provincia de Mendoza, Argentina. *Revista FCA UNCUIYO* 44: 157-192.
- Milanović, M.; S. Knapp, P. Pyšek & I. Kühn. 2020. Linking traits of invasive plants with ecosystem services and disservices. *Ecosystem Services* 42: 101072.
- Oliván, A. L. & C. R. Volponi. 2007. Introducción inadvertida de especies vegetales exóticas. *Revista de Investigaciones Agropecuarias* 36: 63-74.

- Olson, D. M.; E. Dinerstein, E. D. Wikramanayake, N. D. Burgess, G. V. Powell, E. C. Underwood & K. R. Kassem. 2001. Terrestrial Ecoregions of the World: A New Map of Life on Earth A new global map of terrestrial ecoregions provides an innovative tool for conserving biodiversity. *BioScience* 51: 933-938.
- Pyšek, P.; D. M. Richardson, M. Rejmánek, G. L. Webster, M. Williamson & J. Kirschner. 2004. Alien plants in checklists and floras: towards better communication between taxonomists and ecologists. *Taxon* 53: 131-143.
- Pyšek, P. & V. Jarošík. 2005. Residence time determines the distribution of alien plants. En Inderjit (ed.) *Invasive plants: ecological and agricultural aspects*. Birkhäuser Basel. 77-96.
- R Core Team. 2020. R: A language and environment for statistical computing. R 612 Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-613project.org/>
- Raffaële, E.; M. Núñez & M. Relva. 2015. Plantaciones de coníferas exóticas en Patagonia: los riesgos de plantar sin un manejo adecuado. *Ecología Austral* 25: 89-92.
- Reichard, S. H. 1996. What traits distinguish invasive plants from non-invasive plants. *Proceedings of the California Exotic Pest Plant Council* 4-6.
- Reichard, S. H. & C. W. Hamilton. 1997. Predicting invasions of woody plants introduced into North America. *Conservation Biology* 11: 193-203.
- Rejmánek, M.; D. M. Richardson & P. Pyšek. 2005. Plant invasions and invasibility of plant communities. En van der Maarel, E. & J. Franklin (eds.) *Vegetation ecology*. John Wiley & Sons, Ltd. 332-355.
- Richardson, D. M.; P. Pyšek, M. Rejmánek, M. G. Barbour, F. D. Panetta & C. J. West. 2000. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and Distributions* 6: 93-107.
- Richardson, D. M. & M. Rejmánek. 2011. Trees and shrubs as invasive alien species – a global review. *Diversity and Distributions* 17: 788-809.
- Ríos, H. & O. Vargas. 2003. Ecología de las especies invasoras. *Pérez Arbelaezia* 14: 119-148.
- Roiloa, S. R.; J. G. Campoy & R. Retuerto. 2015. Importancia de la integración clonal en las invasiones biológicas. *Ecosistemas* 24(1): 76-83. DOI: <https://doi.org/10.7818/ECOS.2015.24-1.12>
- Rolhauser, A. G. & W. B. Batista. 2014. From pattern to process: estimating expansion rates of a forest tree species in a protected palm savanna. *Landscape Ecology* 29: 919-931.
- Schmidt-Lebuhn, A. N.; N. J. Knerr & M. Kessler. 2013. Non-geographic collecting biases in herbarium specimens of Australian daisies (Asteraceae). *Biodiversity and Conservation* 22: 905-919.
- Seebens, H.; T. M. Blackburn, E. E. Dyer, P. Genovesi, P. E. Hulme, J. M. Jeschke, S. Pagad, P. Pyšek, M. van Kleunen, M. Winter, M. Ansong, M. Arianoutsou, S. Bacher, B. Blasius, E. G. Brockerhoff, G. Brundu, C. Capinha, C. E. Causton, L. Celesti-Gradow, W. Dawson, S. Dullinger, E. P. Economo, N. Fuentes, B. Guénard, H. Jäger, J. Kartesz, M. Kenis, I. Kühn, B. Lenzner, A. M. Liebhold, A. Mosena, D. Moser, W. Nentwig, M. Nishino, D. Pearman, J. Pergl, W. Rabitsch, J. Rojas-Sandoval, A. Roques, S. Rorke, S. Rossinelli, H. E. Roy, R. Scalera, S. Schindler, K. Štajerová, B. Tokarska-Guzik, K. Walker, D. F. Ward, T. Yamanaka & F. Essl. 2018. Global rise in emerging alien species results from increased accessibility of new source pools. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 115: 2264-2273.
- Simberloff, D. 2009. The role of propagule pressure in biological invasions. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 40: 81-102.
- Simberloff, D.; J. L. Martin, P. Genovesi, V. Maris, D. A. Wardle, J. Aronson & P. Pyšek. 2013. Impacts of biological invasions: what's what and the way forward. *Trends in Ecology & Evolution* 28: 58-66.
- Speziale, K. L.; S. A. Lambertucci, M. Carrete & J. L. Tella. 2012. Dealing with non-native species: what makes the difference in South America? *Biological Invasions* 14: 1609-1621.
- Stachowicz, J. J.; R. B. Whitlatch & R. W. Osman. 1999. Species diversity and invasion resistance in a marine ecosystem. *Science* 286(5444), 1577-1579.
- Tecco, P. A.; S. Díaz, M. Cabido & C. Urcelay. 2010. Functional traits of alien plants across contrasting climatic and land-use regimes: do aliens join the locals or try harder than them?. *Journal of Ecology* 98: 17-27.
- Theoharides, K. A. & J. S. Dukes. 2007. Plant invasion across space and time: factors affecting nonindigenous species success during four stages of invasion. *New Phytologist* 176: 256-273.
- Tourn, G. M.; M. F. Menvielle, A. L. Scopel & B. Pidal. 1999. Clonal strategies of a woody weed: *Melia azedarach*. *Plant and Soil* 217: 111-117.
- Valliant, M. T.; R. N. Mack & S. J. Novak. 2007. Introduction history and population genetics of the invasive grass *Bromus tectorum* (Poaceae) in Canada. *American Journal of Botany* 94: 1156-1169.
- Vergara-Tabares, D. L.; J. Badini & S. I. Peluc. 2016. Fruiting phenology as a “triggering attribute” of invasion process: Do invasive species take advantage of seed dispersal service provided by native birds? *Biological Invasions* 18: 677-687.
- Vilà, M. & Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural. 2010. La investigación sobre invasiones por especies vegetales

- en la actualidad. *Especies exóticas invasoras en Andalucía, Sevilla, Junta de Andalucía* 72-77.
- Vittoz, P. & R. Engler. 2007. Seed dispersal distances: a typology based on dispersal modes and plant traits. *Botanica Helvetica* 117: 109-124.
- Whittaker, R. H. 1975. Communities and ecosystems. New York, NY, Macmillan.
- Wolstenholme, B. N. & A. W. Whiley. 1999. Ecophysiology of the avocado (*Persea americana* Mill.) tree as a basis for pre-harvest management. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 5: 77-88.
- Zalba, S. M.; Y. A. Cuevas & R. M. Boó. 2008. Invasion of *Pinus halepensis* Mill. following a wildfire in an Argentine grassland nature reserve. *Journal of Environmental Management* 88: 539-546.
- Zamora Nasca, L.; L. Montti, R. Grau & L. Paolini. 2014. Efectos de la invasión del ligustro, *Ligustrum lucidum*, en la dinámica hídrica de las Yungas del noroeste argentino. *Bosque (Valdivia)* 35: 195-205.
- Zuloaga, F. O., O. Morrone & D. Roodríguez. 1999. Análisis de la biodiversidad de plantas vasculares de la Argentina. *Kurtziana* 27: 17-167.

Apéndice. Listado de todas las especies arbóreas introducidas en Argentina. Vía de ingreso: ornamental (O), forestal e industrial (FI), alimenticio y medicinal (AM) y ecológico (E). Fenología del follaje: caducifolia (Cad) y perennifolia (Per). Reproducción sexual: monoica (M) que incluye todas las combinaciones que llevan flores estaminadas y pistiladas en la misma planta o dioica (D). Síndromes de dispersión: anemocoria (Anemo), autocoria (Auto), hidrocoria (Hidro) y zoocoria (Zoo). Problemática: Actualmente problemática en Argentina (Act), Potencialmente problemática en Argentina (Pot) y No problemática (-). Distribución: Bosque subantártico (BS), Espinal-Chaco Seco (ECS), Monte-Patagonia (MP), Pampa (Pam), Yungas-Paranaense-Chaco Húmedo (YPCH). Nota: * Existe al menos una evaluación del costo actual de control de una especie no identificada de *Tamarix* en Argentina, por lo que alguna de las especies ya es actualmente problemática (Zilio, M. I. 2019. El impacto económico de las invasiones biológicas en Argentina: cuánto cuesta no proteger la biodiversidad. LIV Reunión Anua de la AAEP, Bahía Blanca).

Especie	Origen geográfico	Vía de ingreso	Hojas	Repr. Sex	Repr. Asex.	Fruto	Dispersión	Probl.	Distribución
Aceraceae									
Acer negundo L.	América	O/FI	Cad	D	Sí	Sámara	Anemo	Pot	BS, ECS,Pam, YPCH
Acer pseudoplatanus L.	Europa	O	Cad	D	No	Sámara	Anemo	Pot	BS
Adoxaceae									
Sambucus nigra L.	Asia / Europa	AM/O	Cad	M	No	Baya	Zoo	-	BS, MP, YPCH
Apocynaceae									
Plumeria rubra L.	América	O	Cad	M	No	Folículo	Anemo	-	BS
Areaceae									
Bactris gasipaes Kunth	América	AM/O	Per	M	Sí	Drupa	Hidro/Zoo	-	-
Phoenix canariensis Chabaud	Europa	O	Per	D	No	Baya	Zoo	-	ECS, Pam
Trachycarpus fortunei (Hook.) H. Wendl.	Asia	O/FI	Per	D	No	Drupa	Zoo	Pot	YPCH
Asparagaceae									
Yucca aloifolia L.	América	AM/O	Per	M	Sí	Cápsula	Zoo	-	ECS, YPCH
Yucca gloriosa L.	América	O	Per	M	Sí	Cápsula	Anemo	-	ECS

Apéndice. (Continuación). Listado de todas las especies arbóreas introducidas en Argentina.

Especie	Origen geográfico	Vía de ingreso	Hojas	Repr. Sex	Repr. Asex.	Fruto	Dispersión	Probl.	Distribución
Betulaceae									
<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn.	Asia / Europa	O/FI	Cad	M	Sí	Núcula	Anemo/Hidro	Pot	MP, YPCH
<i>Alnus incana</i> (L.) Moench	Europa	O/FI	Cad	M	Sí	Núcula	Anemo	Pot	BS
<i>Alnus rubra</i> Bong.	América	O/FI	Cad	M	Sí	Núcula	Anemo	Pot	BS
<i>Betula pendula</i> Roth	Europa	O	Cad	M	No	Aquenio	Anemo	Pot	BS
Cupressaceae									
<i>Cupressus arizonica</i> Greene	América	O	Per	M	No	Cono	Anemo	-	ECS
<i>Cupressus macrocarpa</i> Hartw. ex Gordon	América	O/FI	Per	M	No	Cono	Anemo	-	BS, ECS
<i>Cupressus sempervirens</i> L.	Asia / Europa	FI	Per	M	Sí	Cono	Auto	-	Pam
<i>Juniperus communis</i> L.	Asia / Europa	O	Per	D	No	Cono	Zoo	Act	BS
<i>Juniperus virginiana</i> L.	América	O	Per	M	No	Baya	Zoo	Pot	BS
Elaeagnaceae									
<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	Asia / Europa	O	Per	M	No	Drupa	Zoo	Pot	MP
Euphorbiaceae									
<i>Aleurites moluccanus</i> (L.) Willd.	Asia	O/FI	Per	M	No	Drupa	Zoo	-	YPCH
<i>Jatropha curcas</i> L.	América	FI	Cad	M	No	Cápsula	Auto/Zoo	-	YPCH
<i>Ricinus communis</i> L.	África	FI	Per	M	Sí	Cápsula	Anemo	Pot	YPCH
<i>Vernicia fordii</i> (Hemsl.) Airy Shaw	Asia	O	Cad	M	No	Drupa	Zoo	Pot	YPCH
Fabaceae									
<i>Acacia saligna</i> (Labill.) H.L. Wendl.	Oceanía	O	Per	M	No	Legumbre	Auto	Pot	Pam
<i>Albizia julibrissin</i> Durazz.	Asia	O	Cad	M	Sí	Legumbre	Anemo	Pot	ECS, Pam
<i>Amorpha fruticosa</i> L.	América	O	Per	D	No	Legumbre	Auto	Pot	Pam
<i>Bauhinia variegata</i> L.	Asia	O	Cad	M	No	Legumbre	Anemo	-	YPCH
<i>Gleditsia triacanthos</i> L.	América	O	Cad	M	Sí	Legumbre	Zoo	Act	ECS, Pam, YPCH
<i>Laburnum anagyroides</i> Medik.	Europa	O	Cad	M	No	Legumbre	Auto	-	BS
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	América	FI	Cad	M	No	Legumbre	Auto	Pot	YPCH
<i>Racosperma dealbatum</i> (Link) Pedley	Oceanía	O/FI	Cad	M	Sí	Legumbre	Auto	Pot	ECS, YPCH
<i>Racosperma longifolium</i> (Andrews) Pedley	Oceanía	E/O	Per	M	Sí	Legumbre	Auto	Pot	Pam
<i>Racosperma melanoxylon</i> (R. Br.) Pedley	Oceanía	O/FI	Per	M	Sí	Legumbre	Auto/Zoo	Pot	Pam, YPCH
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	Europa	O	Cad	D	No	Legumbre	Auto	Pot	ECS
<i>Vachellia karroo</i> (Hayne) Banfi & Galasso	África	O	Cad	M	No	Legumbre	Anemo/Hidro	Pot	MP, YPCH
Juglandaceae									
<i>Carya illinoensis</i> (Wangenh.) C. Koch	América	AM/FI	Cad	M	No	Núcula	Zoo	-	YPCH

Apéndice. (Continuación). Listado de todas las especies arbóreas introducidas en Argentina.

Especie	Origen geográfico	Vía de ingreso	Hojas	Repr. Sex	Repr. Asex.	Fruto	Dispersión	Probl.	Distribución
Lauraceae									
<i>Cinnamomum glanduliferum</i> (Wall.) Meisn.	Asia	O/FI	Per	M	No	Baya	Zoo	-	Pam
<i>Cinnamomum verum</i> J. Presl	Asia	AM	Per	M	No	Baya	Zoo	Pot	YPCH
<i>Laurus nobilis</i> L.	Asia / Europa	O	Per	D	No	Drupa	Zoo	Act	Pam
<i>Persea americana</i> Mill.	América	AM	Per	M	No	Baya	Auto	-	ECS, YPCH
Meliaceae									
<i>Melia azedarach</i> L.	Asia	O	Cad	M	Sí	Drupa	Zoo	Act	ECS, YPCH
Moraceae									
<i>Broussonetia papyrifera</i> (L.) Vent.	Asia	O/FI	Cad	D	Sí	Aquenio	Zoo	Pot	ECS, YPCH
<i>Morus alba</i> L.	Asia	AM/FI/O	Cad	D	No	Sincarpio	Zoo	Act	ECS, Pam, YPCH
Myrtaceae									
<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh.	Oceania	FI	Per	M	No	Cápsula	Anemo/Hidro	-	YPCH
<i>Eucalyptus cinerea</i> F. Muell. ex Benth.	Oceania	AM/FI/O	Per	M	No	Cápsula	Anemo/Auto	Pot	ECS
<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Oceania	FI	Per	M	No	Cápsula	Anemo/Hidro	-	Pam
<i>Eucalyptus grandis</i> W. Hill ex Maiden	Oceania	FI	Per	M	No	Cápsula	Anemo/Auto	-	YPCH
<i>Eucalyptus quadrangulata</i> H. Deane & Maiden	Oceania	FI	Per	M	No	Cápsula	Anemo/Auto	-	YPCH
<i>Eucalyptus sideroxylon</i> A. Cunn. & Woolls	Oceania	FI	Per	M	No	Cápsula	Anemo/Auto	Pot	ECS
<i>Eucalyptus tereticornis</i> Sm.	Oceania	AM/FI	Per	M	No	Cápsula	Anemo/Auto	-	ECS
<i>Eucalyptus viminalis</i> Hook.	Oceania	FI	Per	M	No	Cápsula	Anemo/Auto	Act	Pam
<i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston	Asia	AM/FI/O	Per	M	Sí	Drupa	Hidro/Zoo	Pot	YPCH
Oleaceae									
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	Europa	O	Cad	M/D	No	Sámara	Anemo	-	MP
<i>Fraxinus ornus</i> L.	Europa	FI	Cad	M	No	Sámara	Anemo/Hidro	Pot	MP
<i>Fraxinus pennsylvanica</i> Marshall	América	O	Cad	D	No	Sámara	Anemo	Pot	ECS, MP, Pam, YPCH
<i>Fraxinus velutina</i> Torr.	América	O	Cad	D	No	Sámara	Anemo	-	MP
<i>Ligustrum lucidum</i> W.T. Aiton	Asia	O	Per	M	Sí	Drupa	Zoo	Act	ECS, Pam, YPCH
<i>Ligustrum sinense</i> Lour.	Asia	O	Per	M	No	Drupa	Zoo	Act	Pam, YPCH
Pinaceae									
<i>Cedrus deodara</i> (Roxb. ex D. Don) G. Don	Asia	O	Per	M	No	Cono	Anemo	-	ECS
<i>Picea abies</i> (L.) H. Karst.	Europa	FI	Per	M	No	Cono	Anemo	Pot	BS
<i>Pinus contorta</i> Douglas ex Loudon	América	FI	Per	M	No	Cono	Anemo	Act	MP

Apéndice. (Continuación). Listado de todas las especies arbóreas introducidas en Argentina.

Especie	Origen geográfico	Vía de ingreso	Hojas	Repr. Sex.	Repr. Asex.	Fruto	Dispersión	Probl.	Distribución
<i>Pinus elliottii</i> Engelm.	América	FI	Per	M	No	Cono	Anemo	Pot	BS, Pam, ECS, YPCH
<i>Pinus halepensis</i> Mill.	Europa	O/FI	Per	M	No	Cono	Anemo	Act	ECS, Pam
<i>Pinus patula</i> Schtdl. & Cham.	América	FI	Per	M	No	Cono	Anemo	-	ECS
<i>Pinus pinaster</i> Aiton	Europa	FI	Per	M	No	Cono	Anemo	Act	Pam
<i>Pinus ponderosa</i> P. Lawson & C. Lawson	América	FI	Per	M	No	Cono	Anemo	Act	ECS
<i>Pinus radiata</i> D. Don	América	O/FI	Per	M	No	Cono	Anemo	Pot	BS, Pam
<i>Pinus sylvestris</i> L.	Asia / Europa	O/FI	Per	M	No	Cono	Anemo	Pot	BS
<i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirb.) Franco	América	O/FI	Per	M	No	Cono	Anemo	Act	BS
Proteaceae									
<i>Grevillea robusta</i> A. Cunn. ex R. Br.	Oceanía	O/FI	S-cad	M	Sí	Folículo	Anemo	Pot	ECS
Rhamnaceae									
<i>Hovenia dulcis</i> Thunb.	Asia	O	Cad	M	No	Cápsula	Zoo	Pot	ECS, Pam, YPCH
<i>Rhamnus catharticus</i> L.	Asia / Europa	O	Cad	D	No	Drupa	Zoo	Pot	ECS, Pam, YPCH
Rosaceae									
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	Europa	O	Cad	M	Sí	Pomo	Zoo	-	BS, YPCH
<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl.	Asia	AM/O	Per	M	No	Pomo	Zoo	-	ECS, YPCH
<i>Malus domestica</i> Borkh.	Europa	AM	Cad	M	No	Pomo	Zoo	-	MP
<i>Malus sylvestris</i> Mill.	Asia / Europa	AM/O	Cad	M	No	Pomo	Zoo	-	BS, MP
<i>Prunus armeniaca</i> L.	Asia	AM	Cad	M	No	Drupa	Zoo	-	BS, MP
<i>Prunus avium</i> (L.) L.	Asia / Europa	AM	Cad	M	Sí	Drupa	Zoo	-	ECS
<i>Prunus cerasifera</i> Ehrh.	Asia / Europa	O	Cad	M	No	Drupa	Zoo	-	BS, ECS
<i>Prunus cerasus</i> L.	Asia	AM/O	Cad	M	No	Drupa	Zoo	-	BS
<i>Prunus domestica</i> L.	Asia / Europa	AM/O	Cad	M	No	Drupa	Zoo	-	YPCH
<i>Prunus instititia</i> L.	Europa	O	Cad	M	No	Drupa	Zoo	-	Pam
<i>Prunus laurocerasus</i> L.	Asia / Europa	O	Per	M	No	Drupa	Zoo	Pot	BS
<i>Prunus mahaleb</i> L.	Asia / Europa	O	Cad	M	No	Drupa	Zoo	Act	BS, Pam
<i>Prunus padus</i> L.	Asia / Europa	O	Cad	M	No	Drupa	Zoo	Pot	BS
<i>Prunus persica</i> (L.) Batsch	Asia	AM	Cad	M	No	Drupa	Zoo	-	BS, ECS, YPCH
<i>Pyracantha angustifolia</i> (Franch.) C.K. Schneid.	Asia	O	Per	M	No	Pomo	Zoo	Act	ECS, Pam, YPCH
<i>Pyracantha atalantioides</i> (Hance) Stapf	Asia	O	Per	M	No	Pomo	Zoo	-	ECS
<i>Pyracantha coccinea</i> M. Roem.	Europa	O	Per	M	Sí	Baya	Zoo	Pot	Pam
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	Asia	O	Per	M	No	Pomo	Zoo	Act	BS

Apéndice. (Continuación). Listado de todas las especies arbóreas introducidas en Argentina.

Especie	Origen geográfico	Vía de ingreso	Hojas	Repr. Sex	Repr. Asex.	Fruto	Dispersión	Probl.	Distribución
Rutaceae									
<i>Citrus aurantium</i> L.	Asia	AM/O	Per	M	No	Hesperedio	Hidro/Zoo	-	ECS, YPCH
<i>Poncirus trifoliata</i> (L.) Raf.	Asia	AM/O	Cad	M	No	Hesperedio	Zoo	-	YPCH
Salicaceae									
<i>Populus alba</i> L.	Asia / Europa	O/FI	Cad	D	Sí	Cápsula	Anemo	Pot	YPCH
<i>Populus deltoides</i> W. Bartram ex Marshall	América	O/FI	Cad	D	No	Cápsula	Anemo	-	BS, ECS, MP, YPCH
<i>Populus nigra</i> L.	Asia / Europa	O/FI	Cad	D	Sí	Cápsula	Anemo	-	ECS, MP
<i>Salix alba</i> L.	Asia / Europa	E	Cad	D	No	Cápsula	Anemo/Hidro	-	Pam, YPCH
<i>Salix babylonica</i> L.	Asia	E/O	Cad	D	No	Cápsula	Anemo/Hidro	-	MP, Pam
<i>Salix caprea</i> L.	Asia / Europa	FI	Cad	D	No	Cápsula	Anemo/Hidro	-	BS
<i>Salix fragilis</i> L.	Asia / Europa	FI	Cad	D	Sí	Cápsula	Anemo/Hidro	-	BS, MP, Pam, YPCH
<i>Salix viminalis</i> L.	Asia / Europa	FI	Cad	D	No	Cápsula	Anemo/Hidro	-	BS, ECS
Scrophulariaceae									
<i>Myoporum laetum</i> Sol. ex G. Forst.	Oceanía	O	Per	M	No	Drupa	Zoo	Pot	Pam, YPCH
Simaroubaceae									
<i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swingle	Asia	O	Cad	D	Sí	Sámara	Anemo/Hidro	Pot	YPCH
Solanaceae									
<i>Brugmansia suaveolens</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Sweet	América	O	Cad	M	Sí	Baya	Zoo	-	ECS, MP, YPCH
Tamaricaceae *									
<i>Tamarix chinensis</i> Lour.	Asia	O	Cad	M	Sí	Cápsula	Anemo/Hidro	Pot	MP
<i>Tamarix gallica</i> L.	Asia / Europa	O	Cad	M	Sí	Cápsula	Anemo/Hidro	Pot	Pam
<i>Tamarix parviflora</i> DC.	Asia	O	Cad	M	Sí	Cápsula	Anemo/Hidro	Pot	Pam
<i>Tamarix ramosissima</i> Ledeb.	Asia	O	Cad	M	Sí	Cápsula	Anemo/Hidro	Pot	ECS, MP, YPCH
Theaceae									
<i>Camellia sinensis</i> (L.) Kuntze	Asia	AM	Per	M	No	Cápsula	Zoo	-	Pam, YPCH
Ulmaceae									
<i>Ulmus pumila</i> L.	Asia	O	Cad	M	No	Sámara	Anemo	Act	ECS