

Riqueza y representación taxonómica del género *Platanus* en Santiago (Chile) basada en procedimiento PCR del gen *LFY-i2*

Richness and taxonomic representation of the genus *Platanus* in Santiago (Chile) based on PCR procedure on the LEAFY gene (*LFY-i2*)

Sergio A. Castro^{1,*}, Felipe Sobarzo^{1,2}, Martín R. Carmona², Camilo Castro-Comte¹, Juan Pablo Castro-Comte¹ & Javier A. Figueroa³

¹Laboratorio de Ecología y Biodiversidad, Facultad de Química y Biología, Universidad de Santiago de Chile, Avenida Bernardo O'Higgins 3363, Santiago, Chile.

²Plant System Biology Lab, Facultad de Ciencias Biológicas, Pontificia Universidad Católica de Chile, Avenida Bernardo O'Higgins 340, Santiago, Chile.

³Instituto de Investigación y Postgrado, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Central de Chile, Avenida Santa Isabel 1186, Santiago, Chile.

*E-mail: sergio.castro@usach.cl

RESUMEN

Las especies del género *Platanus* se encuentran ampliamente distribuidas en el globo, por su uso ornamental. Aunque existen 10 especies válidas, de ellas se ha generado un número no determinado de híbridos. Por ello, en distintas ciudades donde estos taxa se han plantado la riqueza y representación taxonómica de *Platanus* es confusa y controversial. A través de un procedimiento basado en PCR sobre el gen *LFY-i2*, un gen informativo para identificar especies de *Platanus*, analizamos la diversidad del género en Santiago, midiendo además, su representación. Para ello, muestreamos 269 árboles de *Platanus* distribuidos en calles y avenidas de Santiago, evidenciando que existen al menos, siete taxa, entre las que se hallan las especies *P. occidentalis* y *P. orientalis*, además de cinco taxa híbridas; uno de estos híbridos es *P. × hispanica*, en tanto que los otros cuatro no tienen nominación ni origen discernible a partir del gen *LFY-i2*. En términos de la representación, el conjunto de taxa híbridos acumuló 84,7% de los árboles muestreados; mientras que *P. orientalis* y *P. occidentalis* juntos acumularon el 15,3% de los árboles. De las dos especies, *P. orientalis* fue la más frecuente (14,9%), mientras que entre los híbridos, el más frecuente fue *Platanus A* (40,8%); en contraste, *P. × hispanica* representó una baja proporción de la muestra (1,9%). Estos resultados confirman la presencia *P. occidentalis*, *P. orientalis* y *P. × hispanica* en Santiago, no obstante, la representación acumulada de estos tres taxa (17,2%) es menor a la de híbridos no determinados (82,8%). El reconocimiento taxonómico y representación de especímenes de *Platanus* en Santiago es una importante herramienta para proyectar futuros esfuerzos de arborización urbana, especialmente en atención a los servicios ecosistémicos que de ellas devienen.

Palabras clave: árboles urbanos, flora urbana, híbridos, ornamentación.

ABSTRACT

Species of the genus *Platanus* are widely distributed around the globe, due to their ornamental use. Although there are 10 valid species, an undetermined number of hybrids have been generated from them. Therefore, in different cities where these taxa have been planted -including Chilean cities- the diversity and taxonomic representation of *Platanus* is confusing and controversial. Through a PCR -based procedure on the LEAFY gene (*LFYi2*), an informative gene to identify *Platanus* species, we analyzed the

diversity of the genus in Santiago, measuring also its representation. We sampled 269 *Platanus* trees distributed in streets and avenues of Santiago, showing that there are at least seven taxa, including the species *P. occidentalis* and *P. orientalis*, and five hybrid taxa; one of them is *P. × hispanica*, while the other four have no discernible origin from Leafy-i2 (here called *Platanus* A, *Platanus* B, *Platanus* C and *Platanus* D). In terms of representation, the set of hybrid taxa accumulated 84.7% of the trees sampled; while *P. orientalis* and *P. occidentalis* together accumulated 15.3% of the trees. Of the species, *P. orientalis* was the most frequent (14.9%), while among the hybrids, the most frequent was *Platanus* A (40.8%); in contrast, *P. × hispanica* represented a low proportion of the sample (1.9%). These results confirm the presence of *P. occidentalis*, *P. orientalis* and *P. × hispanica* in Santiago; however, the cumulative representation of these three taxa (17.2%) is lower than that of undetermined hybrids (82.8%). The taxonomic recognition and representation of *Platanus* specimens in Santiago is an important tool for projecting future urban tree planting efforts, especially in view of the ecosystem services provided by them.

Keywords: hybrids, urban flora, urban ornamentation, urban trees.

INTRODUCCIÓN

El género *Platanus* L. es el único representante de la familia Platanaceae (Nixon & Poole 2003). Está conformado por 10 especies válidas y otras cuatro taxa en revisión nomenclatural (The Plant List 2021). Las 10 especies son de hábito arbóreo y hoja caduca, con excepción de *P. kerrii* Gagnep., la que presenta follaje perennifolio (Leroy 1982). Dado su origen Cretácico (Friis *et al.* 1988), *Platanus* exhibe una distribución asociada al Hemisferio Norte, particularmente en las regiones Paleártica (Europa) y Neártica (Norte América) (Stebbins 1950; Tutin *et al.* 1993; Friis *et al.* 2011). Sin embargo, el género ha sido extensamente propagado en ciudades de todo el mundo, debido a su valor ornamental (Besnard *et al.* 2002; Rosati *et al.* 2015).

Los primeros registros de *Platanus* en Chile fueron realizados en Santiago, cuando un número no determinado de árboles de *P. occidentalis* L. fue plantado al interior del Jardín Botánico de la Quinta Normal (actual Parque Quinta Normal, Santiago) (Philippi 1881, 1884). Aparentemente, a partir de esta introducción inicial, especímenes de *P. occidentalis* fueron propagados y plantados en otros parques y plazas de Santiago, así como en otras ciudades del país. Posteriormente, Sanz (1942) documentó la presencia de *P. occidentalis* y *P. × hispanica* Mill. ex Münchh., como elementos de la flora ornamental de calles y avenidas de Santiago, pero también en bordes de caminos rurales de Chile central. Por su parte, Hoffmann (1995, 1998) mencionó explícitamente la presencia de *P. orientalis* L. en ciudades de Chile, añadiendo que: “Dos especies y un híbrido son muy difundidos en las zonas templadas y semitempladas: *P. orientalis*, *P. occidentalis*

y *P. acerifolia* o *P. hispanica*, híbrido entre las dos anteriores” (Hoffmann 1995, p. 64), sin explicitar si estas taxa se hallaban presentes en Chile. Posteriormente, Rodríguez *et al.* (2005) reconocieron la presencia de *P. orientalis* var. *acerifolia* Aiton (actualmente, *Platanus × hispanica*), señalando, además, que en Chile se cultivan con menor frecuencia, *P. orientalis* var. *orientalis* y *P. occidentalis* (Rodríguez *et al.* 2005, p. 115). Recientes muestreos florísticos realizados en Santiago, han reportado la presencia de *P. × hispanica* (sinónimos: *P. acerifolia* = *P. × acerifolia*; de la Maza *et al.* 2003; Figueroa *et al.* 2016; Hernández & Villaseñor 2018; Santilli *et al.* 2018), y *P. orientalis* L. (Alvarado-Ojeda *et al.* 2013; Hernández & Villaseñor 2018), sin que hasta la fecha se haya confirmado la presencia de *P. occidentalis* en la ciudad, la primera especie del género que fue introducida al país (Philippi 1881).

La ausencia de una revisión crítica de *Platanus* en Chile ha incrementado la confusión respecto de qué taxa se hallan y/o cuál es su representación en las ciudades. En esta línea, algunos autores han señalado, por ejemplo, que *P. orientalis* no estaría en Santiago, así como que la mayor parte de los árboles pertenecientes al género *Platanus* en Santiago correspondería a *P. × hispanica*. Este hecho es particularmente controversial debido a que la determinación de la diversidad taxonómica de *Platanus* en Chile descansa sobre la base de rasgos morfológicos (tronco y hojas), los que son considerados taxonómicamente ambiguos para el género (Dode 1908; Henry & Flood 1919; Santamour & McArdle 1986; Vigouroux *et al.* 1997; Besnard *et al.* 2002), privilegiándose el uso de marcadores moleculares (e.g., Nixon & Poole 2003; Feng *et al.* 2005; Grimm & Denk 2008, 2010).

En el presente artículo analizamos la riqueza taxonómica

de *Platanus* en Santiago, basados en el análisis del gen *LFY-i2*, que ha mostrado mayor eficacia al momento de reconocer linajes en el género (Frohlich & Meyerowitz 1997; Grimm & Denk 2010). Con ello buscamos, por una parte, confirmar (o descartar) la presencia de *P. occidentalis*, *P. orientalis*, y *P. × hispanica*; y por otra, establecer su representación en calles de Santiago. Nuestro estudio constituye un primer paso hacia reconocer la diversidad de *Platanus* en Santiago, así como establecer su representación al interior de la ciudad.

MATERIALES Y MÉTODOS

MUESTREO DE *Platanus*

Durante el año 2017 y 2018, un total de 269 especímenes de *Platanus* fueron ubicados y geo-posicionados en la ciudad de Santiago (Fig. 1). Muestras de hojas frescas y sanas fueron extraídas de todos estos árboles. En terreno, estas muestras

fueron depositadas en bolsas de papel (conteniendo en su interior sílica gel), debidamente rotuladas, e inmediatamente, transportadas al laboratorio para análisis molecular.

ANÁLISIS MOLECULAR

Las muestras de cada espécimen fueron sometidas a extracción de DNA, y luego analizadas por PCR, lo que permitió la amplificación de un sector del gen *LEAFY* de valor taxonómico para *Platanus* (Pilotti *et al.* 2009). El gen *LEAFY* corresponde a un gen nuclear con una estructura de tres exones y dos intrones, que se presentan en una sola copia en angiospermas diploides. Este gen muestra un alto grado de variabilidad entre especies de *Platanus*, en la región 3' del segundo intrón, lo que permite la identificación entre especies o grupos de especies diferentes (Frohlich & Meyerowitz 1997). La identificación de las taxa fue llevada a cabo por medio de electroforesis horizontal, en gel de agarosa.

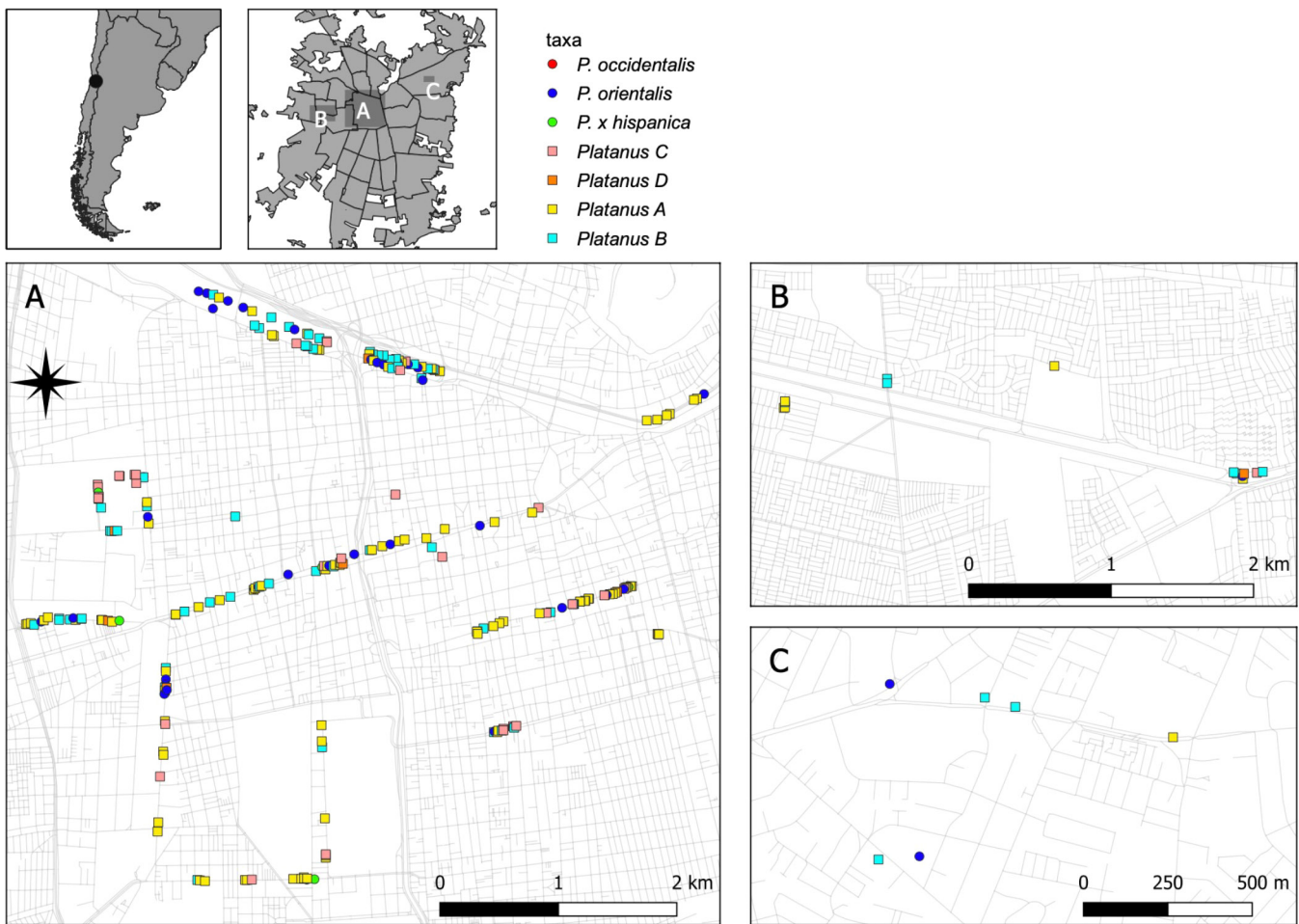


FIGURA 1. Distribución de los 269 árboles de *Platanus* estudiados en Santiago. / Distribution of the 269 *Platanus* trees studied in Santiago.

EXTRACCIÓN DE DNA

El material genético total de *Platanus* fue extraído siguiendo el protocolo CTAB (Gebhart *et al.* 1989). Para ello, 100 mg de tejido foliar fue pulverizado con la ayuda de mortero, en presencia de nitrógeno líquido. El polvo obtenido fue depositado en tubos de 1,5 mL, y resuspendido en 1 mL de buffer CTAB 2X (Tris HCl 100 mM pH 8,0, NaCl 1,4 M, ácido etilendiaminicotetracético (EDTA) sal disódica 20 mM pH 8,0 bromuro de cetil-trimetil-amonio (CTAB) 2%, polivinilpirrolidona (PVP-40) 1% y ditiotreitól (DTT) 0,2%), previamente calentado a 65°C. La solución obtenida fue incubada a 65°C por 30 min, con agitación periódica, y luego se dejó enfriar, recuperándose la fase acuosa. Esta fase fue sometida a sucesivos lavados con solución de fenol-cloroformoalcohol isoamílico 25:24:1. Luego, el material fue lavado utilizando una mezcla de CTAB 10% y NaCl 5 M, y finalmente, con una solución cloroformo-alcohol isoamílico 24:1.

AMPLIFICACIÓN DE LFY-i2 MEDIANTE PCR

Se realizó una amplificación de la región 3' del segundo intrón del gen *LFY-i2* utilizando el set de partidores Un.For/Un.Rev. y Occ.For/Occ.Rev (Pilotti *et al.* 2009). Las secuencias de estos primers, así como su posición relativa (tomando como referencia a *P. occidentalis*), son: Un.For: 50 GYTCTGCTTGTTAAGACCCCTARGTTG 30 (de la posición 32 a la 58); Un.Rev: 50 CATTAAAT CTCAAACCAGAAGACTACC 30 (de la posición 779 a la 805); Occ.For: 50 CYAGCTTGGCTAAGMTTGG ACYAC 30 (de la posición 84 a la 107); Occ.Rev: 50 CAACTTTCATTTTTTTAGGCTGC 30 (de la posición 470 a la 496). El par de primers Un.For/ Un.Rev genera un producto de amplificación esperado entre 821-831

pb en el caso de *P. occidentalis*, y de 706-727 pb en el caso de *P. orientalis* (Pilotti *et al.* 2009). Por extensión, *P. × hispanica* (*P. occidentalis* × *P. orientalis*), produce ambos fragmentos. Por otra parte, el par de primers Occ.For/Occ.Rev genera un producto de amplificación esperado de 413 pb, compatible con la presencia de especímenes pertenecientes al “grupo *P. occidentalis*”, entre los que se hallan híbridos provenientes del cruce en los que han participado *P. occidentalis*, *P. mexicana*, y/o *P. rzedowskii*.

La reacción de PCR fue realizada en un volumen total de 20 µL los que contenían 0,4 µM de cada primer, 50 ng de DNA y 10 µL de Sapphire PCR Master Mix (SapphireAmp®Fast PCR Master Mix, TAKARA). El programa usado consideró un ciclo de desnaturación inicial a 94°C durante 1 min, seguido de 30 ciclos de desnaturación a 98°C por 5 s, alineamiento a 55°C por 5 s y extensión a 72°C por 5 s (SapphireAmp®Fast PCR Master Mix, TAKARA).

Finalmente, los productos de PCR fueron cargados en un gel de agarosa 1,5% durante 1 hora a 90 mV, y posteriormente revelados utilizando SYBR SAFE DNA Gel stain.

RESULTADOS

De los 269 árboles de *Platanus*, el 14,9% de los individuos correspondió a la especie *P. orientalis* y 0,4% a *P. occidentalis* (ver Tabla 1). En tanto, el 84,7% fueron árboles híbridos, entre los que *P. × hispanica* representó el 1,9% de los individuos; otros taxa híbridos fueron reconocidos y nominados aquí como *Platanus A* (40,8% de los individuos), *Platanus B* (26,0%), *Platanus C* (13,0%) y *Platanus D* (3,0%) (ver Tabla 1). Estos híbridos se distinguieron por los patrones diferenciales en la

TABLA 1. Frecuencia absoluta (N) y relativa (%) de taxa de *Platanus* en Santiago (Chile). Se incluye la representación de fragmentos amplificados, que identifican a cada taxa a partir de procedimiento de PCR; símbolos +, - denotan presencia, ausencia, respectivamente. / Absolute (N) and relative (%) frequency of *Platanus* taxa in Santiago (Chile). The representation of amplified fragments, which identify each taxa from PCR procedure, is included; symbols +, - denote presence, absence, respectively.

Taxa	N	%	Partidores (Primers)		
			Un.For/Un.Rev (Fragmento de 821-831 pb)	(Fragmento de 706-727 pb)	Occ.For/Occ.Rev (Fragmento de 413 pb)
<i>P. occidentalis</i>	1	0,4	+	-	-
<i>P. × hispanica</i>	5	1,4	+	+	-
<i>Platanus D (P. occidentalis group)</i>	8	3,0	-	+	+
<i>Platanus C (P. occidentalis group)</i>	35	13,0	+	-	+
<i>P. orientalis</i>	40	14,9	-	+	-
<i>Platanus B (P. occidentalis group)</i>	70	26,0	-	-	+
<i>Platanus A (P. occidentalis group)</i>	110	40,8	+	+	+
Total	269	100%			

amplificación de los fragmentos de 821-831 pb y 706-727 pb (Tabla 1). Finalmente, no registramos asociación estadística entre las calles y avenidas muestreadas con la presencia de especies e híbridos ($\chi^2= 1,2$; g.l.= 1; $P > 0,05$), resultado que indica que tanto especies como híbridos se encuentran entremezclados en las calles donde se hallan plantados (ver Fig. 1).

DISCUSIÓN

El interés por el uso de *Platanus* en la ornamentación urbana data, al menos, del siglo XVII, cuando la introducción de *P. occidentalis* a Europa propició su hibridación con *P. orientalis* (Henry & Flood 1919; Santamour & McArdle 1986). A partir de este evento, se dio origen a un conjunto de otras taxa híbridas cruzando especies de origen Paleártico y Neártico, así como también individuos procedentes de distintas generaciones híbridas (Santamour 1970). Los híbridos resultantes exhiben una amplia variación y sobreposición en sus rasgos morfológicos, lo que dificulta su determinación y diferenciación respecto de las especies de origen (i.e., Dode 1908; Henry & Flood 1919; Vigouroux et al. 1997; Besnard et al. 2002). Tanto las especies como los híbridos de *Platanus* han sido propagados en diversas ciudades del globo, resultando en patrones de diversidad local desconocidos y confusos (Besnard et al. 2002). Sin embargo, a la fecha no se dispone de una revisión crítica que permita reconocer todos los taxa del género *Platanus*, aunque avances que promueven el uso de marcadores moleculares han emergido en los últimos 20 años (e.g., Nixon & Poole 2003; Zhiyun et al. 2003; Feng et al. 2005; Grimm & Denk 2008, 2010).

En Chile, *Platanus* fue introducido con fines ornamentales en el siglo XIX (Philippi 1881, 1884), sin embargo, su riqueza taxonómica permanece confusa. De acuerdo a la literatura, distintos autores reconocen entre una y tres taxa para Santiago: *P. occidentalis*, por ejemplo, ha sido registrado por Philippi (1881, 1884), Sanz (1942) y Rodríguez et al. (2005); en tanto que *P. orientalis* fue reconocido por Hoffmann (1995, 1998), Hernández & Villaseñor (2018), Rodríguez et al. (2005), Alvarado-Ojeda et al. (2013); y finalmente, *P. × hispanica* (o taxa sinónimos) ha sido reportado por Sanz (1942), Rodríguez et al. (2005), Figueroa et al. (2016), Hernández & Villaseñor (2018) y Santilli et al. (2018). Nuestros resultados, basados en procedimiento PCR sobre el gen *LFY-i2*, informan que las taxa de *Platanus* presentes en Santiago son, al menos, siete. Por una parte, se confirma la presencia de *P. occidentalis* y *P. orientalis*, pero además, se reportan otros cinco taxa híbridos, entre los que se halla *P. × hispanica*. A excepción de *P. × hispanica*, el resto de los híbridos encontrados en Santiago no

tienen un origen discernible a partir del marcador molecular empleado (*LFY-i2*); no obstante, la amplificación del amplicón 413 pb (ver Tabla 1) denota la presencia de taxa del “grupo *P. occidentalis*” (*sensu* Pilotti et al. 2009), al que pertenecen las especies e híbridos relacionados a *P. occidentalis*, *P. mexicana* y *P. rzedowskii* (Pilotti et al. 2009). Por otra parte, nuestros resultados confirman, no solo la presencia de la especie *P. orientalis* en Santiago (la que algunos autores han señalado como “ausente”), sino que destacan que es la especie más frecuente (ver Tabla 1). También nuestros hallazgos permiten establecer que las taxa más frecuentes de *Platanus* son híbridos, entre los que *P. × hispanica* es la de menor representación (1,9%).

Pese a que existe amplio acuerdo en la importancia de los híbridos en la generación de plantas ornamentales, como ocurre en el género *Platanus*, aún resta establecer propuestas sistemáticas y taxonómicas que permitan identificarlos. Este problema es de particular relevancia, pues diversos taxa de *Platanus* han sido reconocidos como especies alergogénicas (Spieksma et al. 1993; Subiza et al. 1994; Varela et al. 1997), incluyendo las presentes en Chile (Rojas & Roure 2001; Toro et al. 2015). Por esta razón, algunos municipios de Santiago han optado por no incluir ejemplares de *Platanus* en sus programas de arborización (e.g., Providencia), aunque sin evidencia del nivel de alergogenicidad de los distintos taxa de *Platanus* (Staffolani & Hruska 2008). En esta línea, nuestros resultados constituyen un insumo clave para el presente y futuro manejo de *Platanus* en Santiago y otras ciudades, ya que permiten establecer el número de taxa presentes y su frecuencia relativa.

De las 218 especies arbóreas descritas para Santiago, 173 (79,3%) son exóticas (Figueroa et al. 2016; Santilli et al. 2018). De acuerdo a estos autores, la representación de *Platanus* es reducida en abundancia y restringida espacialmente, en comparación a otras especies arbóreas; por ejemplo, individuos de *Platanus* se hallaron en solo 35 (5,5%) de los 702 sitios muestreados en Santiago por Figueroa et al. (2016). Así mismo, de acuerdo a nuestras observaciones, los ejemplares de *Platanus* tienden a estar plantados en avenidas y calles principales (en ambas aceras para conformar túneles verdes), y ausentes en plazas y parques pequeños, así como en calles y pasajes de barrio (Castro, datos no publicados). Probablemente, este patrón distribucional es consecuencia del valor ornamental que *Platanus* tuvo en el pasado (Sanz 1942).

En resumen, este estudio de la diversidad de *Platanus* en Santiago, basado en procedimiento de PCR del gen *LFY-i2*, muestra al menos siete taxa, de las cuales dos corresponden a las especies *P. orientalis* y *P. occidentalis*; las otras cinco son híbridos, entre las que se confirma la presencia de *P.*

× *hispanica*, pero también la de otros híbridos de origen no determinado. En términos de abundancia, la representación de *P. orientalis* y *P. occidentalis* fue menor a la de los taxa híbridos, y entre los híbridos *P. × hispanica* mostró la menor frecuencia.

AGRADECIMIENTOS

JAF agradece a los proyectos CIP16012, CIP2020016 de la Universidad Central de Chile y ANID ID21I10028. SAC agradece a los proyectos DICYT 022042CM_AYUDANTE de la Universidad de Santiago de Chile.

REFERENCIAS

- Alvarado-Ojeda, A., Baldini-Urrutia, A., Guajardo-Becchi, F. 2013. Árboles urbanos de Chile: Guía de reconocimiento. Corporación Nacional Forestal. 367 pp.
- Besnard, G., Tagmount, A., Baradat, P., Vigouroux, A., Bervillé, A. 2002. Molecular approach of genetic affinity between wild and ornamental *Platanus*. *Euphytica* 126: 401-412.
- de la Maza, C., Hernández, J., Bown, H., Rodríguez, M., Escobedo, F. 2002. Vegetation diversity in the Santiago de Chile urban ecosystem. *Arboricultural Journal* 26: 347-357.
- Dode, L.A. 1908. Notes dendrologiques: sur les platanes. *Bulletin de la Société Dendrologique de France* 7: 27-68.
- Feng, Y., Oh, S.-H., Manos, P.S. 2005. Phylogeny and historical biogeography of the genus *Platanus* as inferred from nuclear and chloroplast DNA. *Systematic Botany* 30: 786-799.
- Figuroa, J.A., Teillier, S., Guerrero, N., Ray, C., Rivano, S., Saavedra, D., Castro, S.A. 2016. Vascular flora in public spaces of Santiago, Chile. *Gayana Botánica* 73: 85-103.
- Friis, E.M., Crane, P.R., Pedersen, K.R. 1988. Reproductive structures of Cretaceous Platanaceae. *Biologiske Skrifter* 31: 1-55.
- Friis, E.M., Crane, P.R., Pedersen, K.R. 2011. Early flowers and angiosperm evolution. Cambridge: Cambridge University Press.
- Frohlich, M.W., Meyerowitz, E.M. 1997. The search for flower homeotic gene homologs in basal angiosperms and Gnetales: A potential new source of data on the evolutionary origin of flowers. *International Journal of Plant Sciences (Suppl.)* 158: S131-S142.
- Gebhardt, C., Ritter, E., Debener, T., Schachtschabel, U., Walkemeier, B., Uhrig, U., Salamini, F. 1989. RFLP analysis and linkage mapping in *Solanum tuberosum*. *Theoretical and Applied Genetics* 78: 65-75.
- Grimm, G.W., Denk, T. 2008. ITS Evolution in *Platanus* (Platanaceae): Homoeologues, pseudogenes and ancient hybridization. *Annals of Botany* 101: 403-419.
- Grimm, G.W., Denk, T. 2010. The reticulate origin of modern plane trees (*Platanus*, Platanaceae): A nuclear marker puzzle. *Taxon* 59: 134-147.
- Henry, A., Floods, M.G. 1919. The history of the London Plane (*Platanus acerifolia*): Notes on the genus *Platanus*. *Proceedings of the Royal Irish Academy B* 35: 9-28.
- Hernández, H.J., Villaseñor, N.R. 2018. Twelve-year change in tree diversity and spatial segregation in the Mediterranean city of Santiago, Chile. *Urban Forestry and Urban Greening* 28: 10-18.
- Hoffmann, A. 1995. El árbol urbano en Chile. Fundación Claudio Gay, Santiago, Chile. 255 pp.
- Hoffmann, A. 1998. El árbol urbano en Chile. Fundación Claudio Gay, Santiago, Chile. 255 pp.
- Leroy, J.E. 1982. Botanique-origine et evolution du genre *Platanus* (Platanaceae). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences (Paris, France)* 295: 251-254.
- Nixon, K.C., Poole, J.M. 2003. Revision of the Mexican and Guatemala species of *Platanus* (Platanaceae). *Lundellia* 6:103-137.
- Philippi, P. 1881. Catálogo de las plantas cultivadas para el Jardín Botánico de Santiago hasta el 1° de mayo de 1881. Imprenta Nacional, Santiago, Chile.
- Philippi, P. 1884. Jardín Botánico de Santiago. Memoria i catálogo de las plantas cultivadas en el Jardín Botánico hasta el 1° de mayo de 1884. Imprenta Nacional, Santiago, Chile.
- Pilotti, M., Brunetti, A., Tizzani, L., Marani, O. 2009. *Platanus × acerifolia* genotypes surviving to inoculation with *Ceratocystis platani* (the agent of canker stain): First screening and molecular characterization. *Euphytica* 169: 1-17.
- Rodríguez, R.R., Ruiz, E., Elissetche, J.P. 2005. Árboles en Chile. Editorial Universidad de Concepción, Chile. 183 pp.
- Rojas, G., Roure, J. 2001. Atmospheric pollen in Santiago, Chile. *Grana* 40: 126-132.
- Rosati, L., Masi, A., Giardini, M., Marignani, M. 2015. Under the shadow of a big plane tree: Why *Platanus orientalis* should be considered an Archaeophyte in Italy. *Plant Biosystems* 149: 185-194.
- Santamour, F.S. 1970. Hybrid vigour in seedlings of re-created London plane. *Nature* 225: 1159-1160.
- Santamour, F.S., McArdle, A.J. 1986. Check list of cultivated *Platanus* (Plane Tree). *Journal of Arboriculture* 12: 78-83.
- Santilli, L., Castro, S.A., Figuroa, J.A., Guerrero, N., Ray, C., Romero-Mieres, M., Rojas, G., Lavandero, N. 2018. Exotic species predominates in the urban woody flora of central Chile. *Gayana Botánica* 75: 568-588.

- Sanz, H. 1942. Arborización de calles, avenidas y caminos. Tesis Agronomía. Facultad de Agronomía, Universidad de Chile.
- Spieksma, F.T.M., Norlard, N., Frenguelli, G. 1993. Polen atmosférico de Europa. Brusel, UCB S.A.
- Staffolani, L., Hruska, K. 2008. Urban allergophytes of central Italy. *Aerobiologia* 24: 77-87.
- Stebbins, G.L. 1950. Variation and evolution in plants. Colombia University Press, New York.
- Subiza, J., Cabrera, M., Valdivieso, R., Subiza, J.-L. 1994. Seasonal asthma caused by airborne *Platanus* pollen. *Clinical and Experimental Allergy* 24: 1123-1129.
- The Plant List. 2021. <http://www.theplantlist.org/tpl1.1/search?q=PLATANUS>. Accedido: Julio 2021.
- Toro, A.R., Córdova, J.A., Canales, M., Morales, S.R.G., Mardones, P.P., Leiva, G.M.A. 2015. Trends and threshold exceedances analysis of airborne pollen concentrations in Metropolitan Santiago Chile. *PLoS One* 10: e0123077.
- Tutin, T.G., Burges, N.A., Chater, A.O., Edmondson, J.R., Heywood, V.H., Moore, D.M., Valentine, D.H., Walters, S.M., Webb, D.A. 1993. *Flora Europea*. 2ª Edición. Vol. 1. Cambridge University Press, Cambridge.
- Varela, S., Subiza, J., Rodríguez, R., García, B., Jerez, M., Jiménez, J., Panzani, R. 1997. *Platanus* pollen as an important cause of pollinosis. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 100: 748-754.
- Vigouroux, A., Besnard, G., Sossey-Alaoui, K., Tersac, M., Bervillé, A. 1997. Le statut d'hybride de *Platanus acerifolia* confirmé et celui de *P. densicoma* mis en évidence à l'aide de marqueurs génétiques moléculaires; conséquences. *Acta Botanica Gallica* 144: 243-251.
- Zhiyun, Z., Hongda, Z., Hung-ta, C. 2003. *Platanaceae*. *Flora China* 9: 44-45.

Received: 17.10.2021

Accepted: 21.04.2022