



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CHILE

enel

ARBOLADO URBANO DESAFÍOS Y PROPUESTAS PARA LA REGIÓN METROPOLITANA

María Paulina Fernández • Ingeniero Forestal, Ph.D.
María Alejandra Vargas • Ingeniero Agrónomo, MSc.
Nicolás Allamand • Abogado

Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal
Pontificia Universidad Católica de Chile



ARBOLADO URBANO
DESAFÍOS Y PROPUESTAS PARA
LA REGIÓN METROPOLITANA

María Paulina Fernández, Ingeniero Forestal, Ph.D.
María Alejandra Vargas, Ingeniero Agrónomo, M.Sc.
Nicolás Allamand, Abogado.

Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal
Pontificia Universidad Católica de Chile

Enel Distribución

Santiago, 2022.





PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CHILE



ARBOLADO URBANO

DESAFÍOS Y PROPUESTAS PARA LA REGIÓN METROPOLITANA

María Paulina Fernández, Ingeniero Forestal, Ph.D.
María Alejandra Vargas, Ingeniero Agrónomo, M.Sc.
Nicolás Allamand, Abogado.

I. INTRODUCCIÓN

La indetenible expansión de las ciudades, sea a nivel global o nacional, busca atraer a sus habitantes ofreciendo mejores condiciones de vida. Para ello, deben conjugar una compleja red de factores e intereses, entre ellos, los derechos, obligaciones y expectativas de sus actores -sean autoridades, empresas y/o privados-, su realidad socioeconómica, y, por cierto, las condiciones propias del territorio en el cual se insertan o expanden.

Para lograr ciudades con buenos estándares de calidad de vida, es importante suplir la necesidad que tiene la población de ver y relacionarse con la naturaleza. Diversos estudios concuerdan en la importancia que tiene para las personas, a nivel fisiológico y psicológico, el contar con un arbolado urbano extenso, sano, longevo, que les permita sentirse inmersos en un ambiente natural y gozar de sus virtudes, como la sombra, la reducción de temperatura y la belleza escénica, entre otras. Dicho objetivo no siempre resulta fácil de lograr en un entramado urbano, menos aún en un contexto de crisis climática que impone crecientemente condiciones y restricciones a su adecuado crecimiento y desarrollo.

Enel Distribución, es una empresa de distribución de electricidad que suministra energía a alrededor de 2 millones de clientes, ubicados exclusivamente en 33 comunas de la Región Metropolitana: Cerrillos, Cerro Navia, Conchalí, Estación Central, Independencia, La Cisterna, La Florida, La Granja, La Reina, Las Condes, Lo Espejo, Lo Prado, Macul, Maipú, Ñuñoa, Pedro Aguirre Cerda, Peñalolén, Pudahuel, Quinta Normal, Recoleta, Renca, San Joaquín, San Miguel, San Ramón, Vitacura, Santiago, Providencia, Huechuraba, Quilicura, Lo Barnechea, Colina, Lampa y Til Til. En su compromiso por impulsar el desarrollo sostenible de la ciudad, Enel Distribución busca abordar los desafíos que ésta impone al arbolado urbano, fomentando el análisis y discusión de los temas relacionados con los desafíos que implica forestar una ciudad. Por lo anterior, la empresa ha contribuido a exponer información que permita a autoridades, empresas y privados, obtener datos, recomendaciones y directrices para el establecimiento, mantención e intervención de los árboles urbanos, con el objetivo de proyectar ciudades con más y mejores árboles que contribuya a mejorar la calidad de vida de sus ciudadanos. Por lo anterior, este estudio pretende aportar información e ideas que contribuyan en el debate sobre cómo debemos enverdecer las ciudades, acogiendo los desafíos climáticos que enfrentamos hoy.



II. ARBOLADO URBANO: Historia, cambios climáticos y una nueva selección adecuada para la Región Metropolitana

El arbolado urbano de la Región Metropolitana está formado por un gran número de especies exóticas traídas de diversas latitudes del planeta, así como algunas nativas. Muchas de estas especies provienen de climas muy diferentes al de la región y han tenido que adecuarse a las condiciones locales. Algunas lo han logrado, pero otras se han visto seriamente perjudicadas con los cambios climáticos que la zona ha experimentado en los últimos años. Conocer la situación de origen de las especies y la situación climática que actualmente enfrentan en país es clave para proyectar el desarrollo de la futura forestación urbana de las ciudades.

1 Llegada de especies a Chile: una breve reseña

El paisajismo en Chile se remonta a la mitad del siglo XIX, cuando se da comienzo al proyecto de la Quinta Normal de Agricultura. Inaugurada el año 1841 por el presidente Manuel Bulnes, la Quinta Normal, con una extensión original de 25

Inaugurada el año 1841 por el presidente Manuel Bulnes, la Quinta Normal, con una extensión original de 25 hectáreas dentro de la ciudad de Santiago, fue pensada como un espacio público de educación agronómica, donde se probarían especies agrícolas y forestales, para estudiar su aclimatación y cultivo

hectáreas dentro de la ciudad de Santiago, fue pensada como un espacio público de educación agronómica, donde se probarían especies agrícolas y forestales, para estudiar su aclimatación y cultivo. Se pensó también como un espacio de esparcimiento, con un jardín botánico, y como un centro de propagación y producción de material vegetal [1], [2]. El modelo a seguir estaba centrado en lo que ocurría en los referentes de aquellos años, Europa y Norteamérica, por lo que el año 1849 se contrata al ingeniero agrónomo italiano Luis Sada di Carlo, quien participa del diseño y organización de este espacio, y realiza una considerable importación de especies forestales desde el extranjero [2], [3].

Si nos centramos en las especies arbóreas, el listado propuesto por Sada di Carlo correspondió a 142 especies arbóreas, que se sumaron a las 155 especies que ya habían sido introducidas por la administración anterior del parque, con participación del naturalista francés Claudio Gay. De acuerdo al estudio realizado en 2015 por Guevara y Fernández [2], del total de especies de la Quinta Normal en la segunda mitad del siglo XIX, casi el 100% correspondía a especies exóticas, provenientes en su mayoría de Europa y Norteamérica (50.2%), y el resto a especies de Asia, Oceanía y África, con una participación de un 10.8% de especies de Sudamérica.

En relación a los climas de origen de las especies, sólo un 21.2% era originaria de un clima mediterráneo, siendo el resto de las especies provenientes de climas templado lluvioso, tropicales, tropical de sabana, clima frío continental [2], entre otros.

Esta prodigiosa variedad de especies se ve reflejada en la diversidad que se puede encontrar hoy en día en Santiago de Chile, y en general en la Región Metropolitana, pero que en un gran porcentaje no se ajustaban al clima local.

2 Situación climática y de crisis hídrica actual

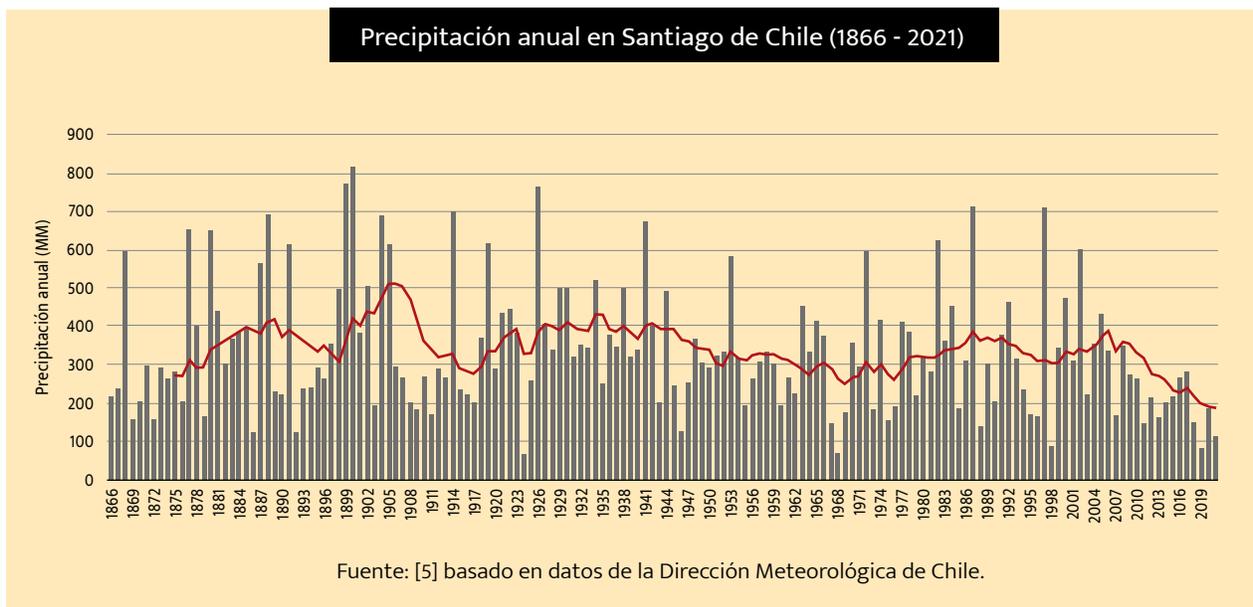
La Región Metropolitana, y particularmente Santiago, se ubica dentro de los llamados climas mediterráneos con estación seca prolongada¹, temperaturas promedio de 15,7°C y precipitaciones anuales de 334 mm.

Sin embargo, la zona central de Chile, en la cual está ubicada la Región Metropolitana, ha registrado en la última década cambios importantes en su régimen climático. Durante los últimos 14 años se ha experimentado la sequía más prolongada desde la existencia de registros. Este tipo de eventos se han repetido en contadas ocasiones en el último milenio [4]. Es así como, considerando la última década, en el periodo 2012-2021 las precipitaciones anuales en promedio solo alcanzaron los 188.4 mm, contra los 315.7 mm de precipitación anual promedio registrados en el periodo 2002-2011. Si consideramos los cincuenta años antes del comienzo de la sequía, es decir, antes del año 2007, entre los años 1957 y 2006, se observan 323.7 mm al año².

Esta condición de bajas precipitaciones, si bien algo atenuada, podría mantenerse en el futuro [4]. Esto es consistente con los reportes generados por el IPCC³ 2022 en que, de acuerdo con los modelos, las precipitaciones en la zona central en el futuro podrían reducirse hasta en un 20% [6].

Si consideramos las variaciones en la precipitación registradas en la última década, podemos observar que la ciudad de Santiago ya no corresponde a un clima mediterráneo de veranos cálidos (Csa) si no que desde el año 2009 los valores corresponden a la definición de un clima semi árido cálido (BSh). De acuerdo a Bonelli et al. [7], en escenarios de reducción de las precipitaciones y sin adaptación, es probable que la ciudad de Santiago sufra una reducción del 97% al 77% en la continuidad de la cobertura de abastecimiento de agua⁴ hacia la mitad de este siglo.

En cuanto a las temperaturas medias, la ciudad de Santiago no ha sufrido mayores cambios en los últimos 50 años. De acuerdo con los datos obtenidos de la Dirección Meteorológica de Chile en la estación de Quinta Normal, en la última década



1. De acuerdo con la clasificación de climas de Köppen-Geiger, corresponde a la sigla "Csa".
2. En base a registros de la estación meteorológica de Quinta Normal, Santiago, Chi72

3. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, por el acrónimo en Inglés IPCC o Intergovernmental Panel on Climate Change.
4. Continuidad de la cobertura de abastecimiento de agua corresponde al porcentaje de tiempo en que la demanda es cubierta totalmente.

(2012 – 2021), la temperatura media fue de 15.7°C, la misma que en el periodo comprendido entre 1972-2011. Sin embargo, advertimos un aumento de las temperaturas máximas, que pasaron de 34,5°C promedio anual entre 1972 y 2011 a 36,0°C en la última década. A su vez, las temperaturas mínimas aumentaron de -1,9°C en el periodo 1972-2011 a -1,6°C en la última década. Sumado a esto, una visión un poco más detallada nos muestra cambios considerables en el patrón de temperaturas.

Si consideramos las variaciones en la precipitación registradas en la última década, podemos observar que la ciudad de Santiago ya no corresponde a un clima mediterráneo de veranos cálidos

Es posible verificar, a través de los datos de la estación de Quinta Normal, un aumento del número de días y noches cálidos y una disminución de los días y noches fríos. Por otro lado, existen más días de verano en que la temperatura supera los 30°C, pasando de 49,7 días en promedio en el periodo 1972-2011 a 75,6 días en promedio para la última década. Finalmente, entre los años 1972 y 2011 existían en promedio 2,8 olas de calor anuales, sin embargo, entre el año 2012 y 2021 estas se incrementan a 7,6 eventos anuales en promedio[5]. Este aumento de las temperaturas máximas (días sobre 30°C y de las olas de calor) tienen efectos importantes en el metabolismo de las plantas, al exigirles una mayor evapotranspiración a los individuos, y/o sobrepasar en muchos casos las temperaturas máximas umbrales de funcionamiento de las especies, sobre las cuales distintos procesos y/o estructuras pueden sufrir deterioros, a veces irreversibles. Esto ocurre particularmente en aquellas especies no adaptadas a climas secos y cálidos.

En resumen, esto nos pone ante una muy severa restricción hídrica, con temperaturas extremas altas más frecuentes, y, por lo tanto, la urgencia de considerar una matriz de especies adaptadas a climas más bien áridos y cálidos es fundamental.

3 Criterios de selección de especies en un contexto de semiaridez

Toda especie proviene de algún ecosistema en el planeta, donde a lo largo de millones de años evolucionó y se adaptó a condiciones específicas de suelo y clima, y a ensamblajes funcionales con otras especies aledañas, tanto vegetales, como hongos, insectos, mamíferos y aves. Esto hace que, al ser trasladadas a un ambiente urbano de condiciones muy distintas a las de origen, las especies puedan presentar problemas de adaptación y crecimiento. Dichos problemas muchas veces no son tan evidentes, ya que la plasticidad de las especies les permite vivir en condiciones limítrofes a sus capacidades fisiológicas, pero se manifiestan finalmente en desempeños inferiores en cuanto a crecimiento, mayor susceptibilidad a plagas y enfermedades, problemas en el desarrollo de flores y frutos, desganches por desecación excesiva de la madera en especies no adaptadas a estaciones secas con déficit hídrico, entre otros.

Si en los comienzos del paisajismo en Chile, la menor población de la ciudad y la mayor disponibilidad hídrica significó no cuestionar mayormente los requerimientos ambientales de las especies introducidas, hoy en día es fundamental considerar el escenario de déficit hídrico, olas de calor, y aumento promedio de las temperaturas. Enfrentamos, por lo tanto, un escenario altamente desafiante, que debe armonizar las necesidades del espacio urbano y los requerimientos de servicios ecosistémicos por parte de la vegetación urbana, con las exigentes limitaciones actuales. La sustentabilidad de un programa de arbolado urbano pasa por seleccionar especies que requieran un bajo soporte externo (por ejemplo, en riego), de manera que su permanencia y buen desempeño en el tiempo dependa principalmente del adecuado acople de la especie con el lugar de establecimiento.

En ese contexto, los criterios para la selección de especies deben considerar:

- » Requerimientos de suelo y clima de la especie;
- » Condiciones macro y microclimáticas del lugar donde será plantada; y
- » Fragilidad fitosanitaria y condiciones de riesgo si la especie se debilita;

Junto a otros aspectos menos ligados a las restricciones climáticas, pero sí ligados a los requerimientos y restricciones urbanas, tales como:

- » Requerimientos estéticos;
- » Requerimientos funcionales o servicios ecosistémicos esperados;
- » Crecimiento potencial de la copa y raíces y conflicto con la infraestructura urbana; y
- » Presencia de restricciones tales como órganos venenosos, alelopatías⁵, espinas, producción de polen alergénico, entre otros.

A continuación, nos concentraremos en dos aspectos, los requerimientos climáticos de las especies y las adaptaciones a condiciones de estrés hídrico y altas temperaturas. Sin embargo, hay que recalcar que una siguiente mirada al tema de compatibilidad climática, pasa por analizar las condiciones microclimáticas de la ciudad, que en algunos casos puede llevar a diferencias importantes en cuanto a régimen de temperaturas (sobre todo producto de las islas de calor urbanas), e incluso a diferencias en las precipitaciones[8].

3.1 *Requerimientos climáticos de las especies*

El primer criterio fundamental para la selección de especies es revisar la compatibilidad climática entre el lugar de desempeño óptimo de la especie, que suele ser su lugar de origen, y las condiciones climáticas del lugar donde será instalada. Para la Región Metropolitana, en condiciones restrictivas como las actuales, lo ideal es usar especies del mismo clima, que en este caso corresponde históricamente al clima mediterráneo de veranos cálidos, pero a partir de 2009 los valores corresponden a la definición de un clima semiárido cálido.

Históricamente, Santiago y la Región Metropolitana en general, se pobló principalmente de especies exóticas, provenientes de lugares con regímenes de temperatura que no difieren excesivamente con los de la zona central de

5. Alelopatías: generación por parte de una planta de metabolitos secundarios que son exudados por las hojas, raíces, tronco, u otros órganos, y que impiden el desarrollo de otras especies vegetales cerca del individuo. Es una estrategia de sobrevivencia, sobre todo en especies de zonas con escasez hídrica, para evitar la competencia por agua.

Chile. Sin embargo, muchas de ellas provienen de condiciones de humedad mucho mayores, las cuales fueron suplidas abundantemente por riego[5]. Esto les permitió desarrollarse bien, en la medida de que se mantuviera el riego necesario para suplir la diferencia en precipitaciones entre el lugar de origen y la Región Metropolitana. Hoy, en condiciones de sequía, y, por tanto, de restricción de riego, estas especies están comenzando a colapsar. Esto refuerza la importancia de acotar la selección de especies a aquellas realmente adaptadas a nuestro clima.

El primer criterio fundamental para la selección de especies es revisar la compatibilidad climática entre el lugar de desempeño óptimo de la especie, que suele ser su lugar de origen, y las condiciones climáticas del lugar donde será instalada

La primera aproximación al tema es tomar la matriz actual de especies arbóreas cuya compatibilidad térmica es razonable, y depurarla en cuanto a requerimientos hídricos que se ajusten mejor a las condiciones actuales. La segunda aproximación es revisar ampliamente la oferta de especies ornamentales de ecosistemas mediterráneos y semiáridos que no estén actualmente incluidas en nuestros ambientes urbanos, y considerar el integrarlas a nuestra matriz actual.

El clima mediterráneo es un tipo de clima complejo, ya que concentra en pocos meses toda la pluviometría del año, dejando luego un largo período seco. Si bien ocurre en menos de un 5% de la superficie continental del planeta, presenta una muy alta diversidad biológica [9], lo que nos ofrece una amplia paleta de especies. Esto implica que, además de buscar especies dentro de nuestros propios ecosistemas mediterráneos y semiáridos, podemos acudir a los listados de especies provenientes de la cuenca del Mediterráneo, que incluye el sur de España y Francia, gran parte de

Italia, costa Adriática de Croacia, Grecia, costa mediterránea de Turquía, Líbano, Israel, costa de Túnez, costa de Marruecos, costa de Algeria, además de algunas zonas de Portugal; en Norteamérica comprende a California; en Sudáfrica, a la zona costera de Ciudad del Cabo; en Australia el extremo suroeste donde se ubica Perth, así como la zona sur de Adelaide.

Es interesante acotar, que existe una amplia diversidad taxonómica en Santiago[10] que incluye muchas especies nativas poco propagadas, que podríamos reconsiderar en nuestra matriz activa de especies de arbolado urbano. Hay que considerar que las especies de zonas mediterráneas, semiáridas y áridas, suelen ser especies de crecimiento más lento, alturas menos imponentes que especies de climas templados o templado lluviosos, y probablemente estos atributos menos atractivos a nivel de arbolado urbano, fue desincentivando el uso masivo de estas especies, que fueron quedando relegadas a algunos parques o jardines.

3.2 Revisión de adaptaciones de la especie

Para sobrevivir a condiciones de escases hídrica prolongada, las especies de climas áridos, semiáridos y mediterráneos han desarrollado evolutivamente una serie de adaptaciones morfológicas y fisiológicas que les permiten sobrellevar mejor la escasez hídrica y las altas temperaturas.

Seleccionar especies de dichos ambientes, que combinen una o más de estas adaptaciones debiera ser otro criterio para asegurar el buen desempeño de la especie en las condiciones actuales de Santiago. El objetivo de estas adaptaciones y algunos ejemplos son[5], [11]:

- » **Aumentar la captación de agua:** desarrollo de raíces pivotantes o profundizadoras, asociaciones de las raíces con hongos micorrízicos que aumentan la capacidad de absorción de agua; menor relación biomasa aérea versus biomasa radicular; hojas compuestas pinnadas o doblemente pinnadas que facilitan el tránsito de neblinas y su condensación en las hojas;
- » **Disminuir la pérdida de agua:** cutícula cerosa sobre la lámina de la hoja, lo que impide la pérdida de agua intersticial desde la hoja; mayor

desarrollo del esclerénquima o tejido de sostén en la lámina de la hoja, lo que le otorga mayor rigidez y resistencia y evita la pérdida de agua por estructuras que no sean los estomas⁶ - de ahí la denominación de bosque “esclerófilo”-; estomas encriptados -protegidos en pequeñas criptas en la hoja- que disminuye la transpiración; alto control de cierre estomático que impide la transpiración en condiciones de falta de agua en el suelo; pérdida facultativa de follaje en condiciones de mucho estrés hídrico; hojas compuestas pinnadas con folíolos pequeños, lo que disminuye la superficie de la hoja;

- » **Aumentar la capacidad de almacenamiento de agua:** típicamente especies con hojas y/o tallos suculentos;
- » **Evitar la competencia por agua por parte de otras especies:** compuestos químicos alelopáticos exudados desde las hojas, corteza y/o raíces que impregnan el suelo e impiden la proliferación de otras plantas en el entorno radicular del individuo;
- » **Amortiguar el exceso de energía sobre los órganos de las plantas, para controlar mejor la temperatura:** espinas blancas, cuyo albedo permite bajar la temperatura del entorno de la espina; cristales de sal y tricomas, estos últimos correspondientes a estructuras microscópicas sobre las hojas tipo “pelillos”, que aumentan el albedo o capacidad de reflejar la radiación incidente sobre la hoja, dando normalmente un color más claro, a veces grisáceo a blanquecino a las hojas; hojas compuestas pinnadas o bipinnadas que permiten un mejor paso del aire; y
- » **Disuadir la herbivoría o daño por insectos:** mediante espinas; mediante compuestos aromáticos que hacen poco palatables las hojas; órganos venenosos, alelopatías, entre otros.

6. Estomas: aperturas en las hojas a modo de diminutos poros, a través de los cuales la planta transpira agua, y se produce el intercambio de CO₂ y O₂ (anhídrido carbónico y oxígeno) con la atmósfera. Los estomas tienen dos células “de guarda” que pueden cerrar o abrir el estoma, dependiendo de las condiciones ambientales.

4 Frecuencia de especies en Santiago y discusión sobre pertinencia climática

Tal como se discutió anteriormente, la matriz arbórea de la ciudad de Santiago se compone mayoritariamente de especies exóticas provenientes de la Quinta Normal más algunas especies introducidas en tiempos más recientes, pero con criterios similares a los usados en el siglo XIX.

Una revisión de los catastros de arbolado urbano de diez comunas (de un total de 32 comunas) y que considera una muestra de 334.000 árboles y más de 300 especies [5], indica que las especies más plantadas en la ciudad de Santiago son: liquidámbar (*Liquidambar styraciflua*), robinia (*Robinia pseudoacacia*), ciruelo de flor (*Prunus ceracifera*), acer negundo (*Acer negundo*), plátano acerifolia⁷ o también llamado hispánica (*Platanus x acerifolia*), melia (*Melia azedarach*) y tulipero (*Liriodendrum tulipifera*), las que conforman el 54% de la masa arbórea plantada en las comunas consideradas en la muestra. Cabe destacar que, de todas las especies mencionadas, cuatro de ellas corresponden a especies de origen norteamericano, dos son de origen asiático y una europea. El otro 46% de especies está compuesto por cerca de 300 especies, donde de a poco se ha ido aumentando la presencia de especies nativas de la zona central como quillay (*Quillaja saponaria*), o de especies más resistentes a las sequías como Parkinsonia (*Parkinsonia aculeata*).

El análisis de la concordancia climática entre una submuestra de la distribución natural de cada una de las siete especies más abundantes y el clima actual de Santiago, usando distintos índices de comparación de temperaturas y precipitaciones[5], nos muestra que, si bien en algunos casos existe correspondencia entre la distribución nativa de

las especies mencionadas en cuanto a las temperaturas, en muchos casos las precipitaciones en las zonas de origen no se corresponden a las de la Región Metropolitana. Liquidámbar, robinia, acer negundo y tulipero provienen del este de Estados Unidos de Norteamérica, de zonas cuyas precipitaciones bordean los 1.100 a 1.400 mm al año, con una distribución de precipitaciones más pareja durante el año, por lo que estas especies en la Región Metropolitana requieren un considerable aporte hídrico vía riego para su subsistencia.

La matriz arbórea de la ciudad de Santiago se compone mayoritariamente de especies exóticas provenientes de la Quinta Normal

En el caso de melia, los índices de comparación muestran que no existe una correspondencia ni en temperaturas ni en precipitaciones, dado que la especie proviene de la India, donde crece en zonas con temperatura media anual de 27°C y precipitaciones de 1.100 mm al año. El ciruelo de flor, originario de Turquía, tiene una mejor correspondencia con la Región Metropolitana en cuanto a precipitaciones y temperaturas ya que crece en zonas con precipitaciones de 451 mm y temperatura media de 11°C, que son comparables a las de la Región Metropolitana. Sin embargo, el ciruelo, para su buen desarrollo requiere de inviernos con temperaturas bajo los 0°C. Así también las precipitaciones en su zona de origen se distribuyen de mejor manera, con una estación seca mucho más corta que la que encontramos en la zona central de Chile. Por lo tanto, su correspondencia con nuestro clima tampoco es completa; la especie, además, es altamente susceptible a pudrición masiva al realizar podas de diámetros grandes.

Por último, evaluar el *Platanus x acerifolia*, híbrido entre *Platanus occidentalis* proveniente del centro hasta la costa este de Estados Unidos de Norteamérica, y el *Platanus orientalis*, proveniente del Cáucaso hasta Italia, es más difícil, dado que el carácter de híbrido puede

7. Existe una confusión generalizada respecto a la especie, ya que normalmente se le nombra equivocadamente como plátano oriental (*Platanus orientalis*), en circunstancias de que la especie más abundante en Santiago correspondiente al género *Platanus* es *Platanus x acerifolia*, híbrido entre *Platanus orientalis* y *Platanus occidentalis* [12].

conducir a combinaciones de características en diversas proporciones. Sin embargo, analizando ambas especies originales, se puede ver que en el ámbito de las temperaturas la distribución de ambas especies es acorde con las temperaturas de Santiago, y en términos de disponibilidad hídrica, *Platanus orientalis* tiene una muy buena coincidencia en cuanto a precipitaciones y distribución de la precipitación. En cambio, el *Platanus occidentalis* proviene de un ambiente con un promedio de 1.100 mm al año de precipitación, y una distribución pareja durante el año. Quizá esto explica que el híbrido *P. acerifolia* crezca muy bien en Santiago bajo condiciones de riego, pero soporte también situaciones de estrés hídrico.

En resumen, más de un cincuenta por ciento de la vegetación arbórea en Santiago, concentrada en las siete especies antes nombradas, presenta una buena compatibilidad térmica con el clima local a excepción de melia, y una deficiente compatibilidad en términos hídricos a excepción del ciruelo de flor. En las circunstancias actuales de extremo déficit hídrico para la región, podemos decir que enfrentamos una situación crítica, con una gran masa arbórea desadaptada climáticamente (considerando solamente el análisis sobre un 50% de los árboles), y que por lo tanto podría empezar a colapsar importantemente, sobre todo al restringir el riego.

En particular, para poder sobrellevar mejor las olas de calor cada vez más frecuentes, es importante mantener una disponibilidad hídrica abundante en el suelo que le permita a la planta mantener sus estomas abiertos y transpirar, disipando así de mejor manera el exceso de

calor. Como este no es el caso, la conjugación entonces de déficit hídrico como parte del clima mediterráneo, sumado a restricciones de riego producto de la escasez hídrica, más las olas de calor cada vez más frecuentes, sobre especies no adaptadas a climas de este tipo, hacen prever que la pérdida de arbolado será más rápida y dramática en el futuro cercano, y que se hace urgente un cambio importante de la matriz de especies.

5 Sugerencia de acciones

A partir de lo señalado en los acápite previos, se pueden sugerir como acciones prioritarias:

- » **Revisar** la matriz arbórea actual, seleccionando aquellas especies que tienen mejores posibilidades de sobrevivir a las condiciones actuales y futuras, producto de su mejor compatibilidad climática.
- » **Darle** prioridad a las especies que tengan adaptaciones para captar más agua (a), y a aquellas que tengan adaptaciones para no perder agua (b) (ver punto 3.2 anterior).
- » **Abrirse** a nuevos listados de especies arbóreas que han sido menormente consideradas para uso urbano en la Región Metropolitana, las cuales podrían contar con resistencia a la sequía, y estar presentes en el territorio nacional. Sin ser un listado exhaustivo, se proponen como especies y/o géneros interesantes de promover en ambientes urbanos de la zona central, y que actualmente están en uso,

El ciruelo de flor, originario de Turquía, tiene una mejor correspondencia con la Región Metropolitana en cuanto a precipitaciones y temperaturas ya que crece en zonas con precipitaciones de 451 mm y temperatura media de 11°C

a especies del género *Prosopis* como algarrobo (*Prosopis chilensis*), y algarrobo blanco (*Prosopis alba*), ceratonia (*Ceratonia siliqua*), especies del género *Schinus* como pimienta (*Schinus molle*, sinónimo *Schinus areira*), molle (*Schinus molle*), huigán (*Schinus molle*), espino (*Acacia caven*), belloto del norte (*Beilschmiedia miersii*), quillay (*Quillaja saponaria*), palma chilena (*Jubaea chilensis*), palma butia (*Butia capitata*), palmera canaria (*Phoenix canariensis*), palmeras *Washingtonia* (*Washingtonia robusta* y *Washingtonia filifera*, y el híbrido *W. filibusta*), especies mediterráneas del género *Quercus* como alcornoque (*Quercus suber*) y encina carrasca (*Quercus ilex*), almez (*Celtis australis*), los cedros mediterráneos (*Cedrus libani* y *Cedrus atlantica*), pino piñonero (*Pinus pinea*), parkinsonia (*Parkinsonia aculeata*), castaño de las Indias (*Aesculus hippocastanum*), fresno de flor (*Fraxinus ornus*), plátano (*Platanus acerifolia*), entre otros.

» **Abrirse** a ampliar la matriz de especies por la vía de revisar las especies en uso en otros ambientes mediterráneos y, tomando las precauciones necesarias, considerar el introducirlas para su uso en la zona central.

» **Comenzar** ya a incentivar a los viveros para que produzcan especies resilientes, de manera de ir preparando la generación de árboles de recambio.

Lo que sí es importante de reiterar es que parte de las adaptaciones a la sequía en los árboles genera como resultado, en muchos casos, crecimientos más lentos y/o tipos de copa más bajas, y en algunos casos menos frondosas. Es decir, adaptarnos como sistema urbano a la sequía tiene un costo importante; en el futuro, el paisajismo urbano bajo estas condiciones ambientales llevará a tener ciudades de vegetación más baja, menos imponente, perdiéndose así algunos atributos importantes a los cuales nos hemos acostumbrado.

III. LEYES Y ACTORES RELEVANTES: Quiénes deben seleccionar y mantener el arbolado urbano.

1 Marco regulatorio aplicable: una mirada fraccionada

El marco legal aplicable a la selección y mantenimiento del arbolado urbano es extenso y disímil. Tanto en su jerarquía, sus objetivos, definiciones, y, por cierto, a quienes obliga. Como se verá a continuación, esto dificulta una aplicación más armónica de los derechos y obligaciones de las autoridades y privados, y, por ende, la hace menos eficaz en sus resultados.

Actualmente se puede notar un creciente interés en contar con más y mejores técnicas para la adecuada selección y mantenimiento del arbolado urbano. Desde nuevos proyectos de ley a nuevas ordenanzas municipales, desde las autoridades a los privados, la conclusión pareciera ser que, para tener y preservar un buen arbolado urbano para nuestras generaciones futuras, se deben profundizar y expresar de forma clara las adecuadas técnicas de selección y mantenimiento.

2 Normativa municipal: más y mejores ordenanzas

Cuando se pregunta qué autoridad es la principal responsable del arbolado urbano, la primera respuesta la entrega la Ley Orgánica Constitucional de Municipalidades (“LOCM”) [13]. Esta establece que “corresponderá a las municipalidades, en el ámbito de su territorio (...) el aseo y ornato de la comuna” [13, artículo 3 letra f)], pudiendo desarrollar actividades relacionadas a “la salud pública y el medioambiente” [13, artículo 14 letra b)], y teniendo el derecho –entre otros- de “administrar los bienes municipales y nacionales de uso público, incluido su subsuelo” [13, artículo 5 letra c)]. Si bien esto no es una mención expresa a las áreas verdes o al arbolado urbano, dicha ley orgánica establece

luego que a la unidad encargada de la función de medioambiente, aseo y ornato le corresponderá [13, artículo 25]:

- » El aseo de las vías públicas, parques, plazas, jardines y, en general, de los bienes nacionales de uso público existentes en la comuna.
- » La construcción, conservación y administración de las áreas verdes de la comuna [énfasis añadido].
- » Proponer y ejecutar medidas tendientes a materializar acciones y programas relacionados con medio ambiente.
- » Aplicar las normas ambientales a ejecutarse en la comuna que sean de su competencia.
- » Elaborar el anteproyecto de ordenanza ambiental.

Así, por ejemplo, la LOCM exige que el Plan Regulador de cada comuna se pronuncie, entre otras cosas, sobre “las exigencias de plantaciones y obras de ornato en las áreas afectas a declaración de utilidad pública” [14, artículo 2.1.10 bis letra e)]. Esto incluye a todos los proyectos de urbanización, incluidos los privados. Pero ¿qué señala la ley respecto a las características de dichas plantaciones u obras de ornato? La verdad es que la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción sólo señala que respecto a la vegetación “debe ser **adecuada al clima**, incluida su correspondiente solución del riego [énfasis añadido]” [14, artículo 3.2.11]. El resto deberá ser resuelto y especificado por la municipalidad en sus propios instrumentos.

Sin embargo, los ciudadanos también pueden, y deben, participar en materias de arbolado urbano. Las municipalidades tienen la obligación de organizar y promover la participación comunitaria

ria para desarrollar, entre otras, “la conservación de los árboles y plantaciones en los espacios de uso público”⁸.

Al no establecer parámetros o requerimientos específicos de cómo habrán de realizarse dichas funciones por las municipalidades, la ley les otorga una alta independencia para desarrollar sus propios planes de intervención comunal. Entre ellos destacamos las denominadas ordenanzas ambientales, incorporadas recién en el año 2010 [16]. Si bien esto permite adecuar los planes de intervención del arbolado urbano a la realidad y condiciones edafoclimáticas propias de cada municipalidad, su contrapartida es que profundiza el fraccionamiento y desigualdad en el tratamiento del arbolado urbano a nivel nacional. Ello abre la pregunta ¿existen criterios de selección y mantención del arbolado urbano que puedan compartir las municipalidades del norte, centro y sur del país?

Ante el progresivo avance de condicionantes climáticas adversas, como la denominada *megasequía* y el cambio climático, se nota una creciente preocupación de las autoridades, públicas y privadas, por contar con un marco regulatorio más cohesionado, expreso y multifuncional. Por ejemplo, se han dictado un creciente número de normas de carácter administrativo-municipal que se abren a profundizar y estandarizar una más y mejor selección y manejo del arbolado urbano⁹, todas las cuales prohíben y, por cierto, sancionan a quienes intervengan sin la debida autorización al arbolado urbano de la comuna.

A pesar de que el Ministerio del Medio Ambiente publicó en el año 2018 un “Modelo Referencial de ordenanza medioambiental para municipalidades” [17], que aborda parcialmente el tratamiento

8. Artículo 82 letra a) de la Ley General de Urbanismo y Construcción, en relación con el artículo 22 letra c) Ley Orgánica de Municipalidades que otorga esta función, entre otras, a la Unidad de Desarrollo Comunitario de cada municipalidad.

9. Entre ellas, se pueden destacar la “Ordenanza Municipal de Gestión Ambiental” de la comuna de San Miguel, la ordenanza “Sobre cuidado de especies vegetales de ornato en bienes nacionales de uso público” de la comuna de Santiago, la ordenanza sobre “Ocupación de Bienes Nacionales de uso público con destino de antejardines” de la comuna de Pedro Aguirre Cerda.

municipal del arbolado urbano, el análisis comparativo de ordenanzas y decretos municipales confirma notorias diferencias y deficiencias en su tratamiento.

En conclusión, todos quienes deban o quieran participar e intervenir en el arbolado urbano, deberán tener en consideración y dar estricto cumplimiento a las normas que hayan dictado las autoridades municipales en dicho territorio, **aun cuando sean legítimos propietarios**. Recuerde que los Planes Comunales pueden establecer distintas zonas de uso de suelo para una misma comuna, por lo que siempre debe conocer y confirmar su zonificación antes de pretender seleccionar o intervenir en el arbolado urbano.

Ahora, siendo las municipalidades las principales encargadas de la selección y mantención del arbolado urbano, se abre la pregunta ¿existe una o más hipótesis que exceptúen o modifiquen las reglas generales? Y en caso afirmativo ¿cómo y quién interviene en la selección y mantención del arbolado?

3 Ley General de Servicios Eléctricos y normas complementarias: la seguridad eléctrica

En primer lugar, se deben destacar aquellas normas que dicen relación con los servicios eléctricos, y en particular las obligaciones bajo la Ley General de Servicios Eléctricos (“LGSE”) y sus normas complementarias. En dichas normas se establecen una serie de derechos y obligaciones para distintos actores.

Particularmente de interés resulta el **deber** de todo concesionario de servicio eléctrico público de “mantener las instalaciones en buen estado y en condiciones de evitar peligro para las personas o cosas, de acuerdo a las disposiciones reglamentarias correspondientes” [18]. Es decir, los concesionarios de servicios públicos eléctricos (e.g. compañías de electricidad) tienen la obligación de mantener las instalaciones, entre ellas, el cableado, transformadores, estructuras de soportes y demases, en buen estado y evitar el peligro para las personas o cosas. De acuerdo con la Superin-

tendencia de Electricidad y Combustibles (“SEC”) dicha obligación se extiende también a árboles vecinos o próximos que por sus características puedan constituir una amenaza o riesgo para las instalaciones [19].

Pero no hay que olvidar que bajo la LGSE los privados también deben velar por la seguridad eléctrica debiendo mantener en “iguales condiciones de seguridad las instalaciones de energía eléctrica de uso privado”.

Entonces ¿qué ocurre entonces con el arbolado urbano que habitualmente constatamos obstruye o interviene los tendidos eléctricos? ¿Quién puede o debe intervenirlo? ¿Existe algún arbolado con protección especial?

En primer lugar, no podemos dejar de señalar que fue la misma SEC quien, en 2017 [19]¹⁰, ya concluía que “uno de los factores de general ocurrencia frente a suspensiones de suministro eléctrico, proviene de problemas originados por el **contacto de ramas de árboles con las líneas eléctricas, así como por la caída de árboles ubicados en las cercanías de ellas** [énfasis añadido]. Estas situaciones, según declaran las empresas distribuidoras y transmisoras, previo a su materialización, ha sido advertida especialmente a los propietarios o poseedores de los predios, sin que éstos permitan –en determinados casos– realizar las oportunas acciones de podas, despejes, revisiones y planes de mantenimiento respectivos”.

Pues bien, la LGSE establece normas de seguridad eléctrica diferenciando entre nuevos y antiguos trazados eléctricos aéreos. Para aquellos trazados ya existentes establece que “**no se podrán hacer plantaciones, construcciones ni obras de otra naturaleza que perturben el libre ejercicio de las servidumbres establecidas por esta ley** [énfasis añadido]” [18, artículo 57]¹¹. Cualquier perturbación podría tanto constituir una infracción

La selección y plantación del arbolado urbano bajo las líneas de transmisión eléctrica ya existentes, debe ser adecuado para mantener siempre las instalaciones en buen estado y en condiciones de evitar peligro para las personas o cosas

del propietario del inmueble, o su poseedor que se reputa dueño, como adicionalmente el concesionario eléctrico tendrá el derecho a “subsana la infracción a costa del dueño del suelo”. Es decir, la selección y plantación del arbolado urbano bajo las líneas de transmisión eléctrica ya existentes, debe ser adecuado para mantener **siempre** las instalaciones en buen estado y en condiciones de evitar peligro para las personas o cosas.

De acuerdo con el Reglamento de la LGSE, los operadores de instalaciones eléctricas también “deberán incluir en sus programas de mantenimiento la **poda o corte de los árboles** que puedan afectar la seguridad de sus instalaciones, utilizando técnicas adecuadas para preservar las especies arbóreas”. Estas actividades de mantenimiento deben ser comunicadas por la empresa a la municipalidad, en un plazo no inferior a quince días anteriores a su ejecución¹². Recordemos que, si se plantaron árboles que puedan perturbar el libre ejercicio de las servidumbres eléctricas, en contravención a la LGSE, el concesionario eléctrico podrá subsanarlo –en este caso podando o cortando los árboles– a costa del propietario que cometió la infracción.

10. Ver asimismo oficios circulares No. 2824/2013 y 2999/2015 ambos de la SEC.

11. El artículo 54 inciso 3º de la LGSE establece una hipótesis en la cual “el propietario del predio atravesado por las líneas que desee ejecutar construcciones debajo de ellas podrá exigir del dueño de las líneas que varíe su trazado. En este caso las obras modificatorias serán de cargo del dueño del predio”.

12. Las empresas concesionarias pueden intervenir en las cercanías de las líneas aéreas y retirar toda la vegetación o también el material que con ocasión de incendios pueda afectar la seguridad de la línea. Detectada la amenaza, esta obligación de despeje faculta a la empresa para que intervenga en la vecindad y retire la vegetación o material, sin necesidad de gestionar la autorización respectiva (artículo 57º de la LGSE, en relación con el artículo 111.6 de la NSEG E.n. 71).

En caso de no colaboración del propietario, o poseedor que se reputa dueño, para el cumplimiento de los deberes de dicha concesionaria eléctrica, la SEC estableció un procedimiento que puede terminar con el ingreso autorizado e incluso con auxilio de la fuerza pública, al terreno y proceder a la intervención de, por ejemplo, el arbolado [19, numeral cuarto].

El Reglamento de Instalaciones Eléctricas de Corrientes Fuertes [20] contiene otra serie de especificaciones respecto a las obligaciones de vigilancia y mantención, que tanto las concesionarias como los privados deben observar.

Finalmente, para los **nuevos** trazados aéreos de servidumbres eléctricas que se proyecten por bienes nacionales de uso público, estos “deberán efectuarse de modo que, en lo posible, no se corten o poden los árboles ubicados a lo largo del trazado de la línea”. Si no hubiese alternativa, el propietario de las líneas aéreas deberá avisar a la Dirección de Vialidad o a la Municipalidad, según proceda, y a los propietarios afectados, pactándose las indemnizaciones que correspondan”¹³. Es decir, nuevamente prevalece la servidumbre eléctrica por sobre el arbolado urbano, pero ahora el costo debe asumirlo la empresa.

Pero existen especies de árboles que tienen especial protección. Existen los denominados Monumentos Naturales de la Nación, lo que implica, entre otros, que su corta o explotación está expresamente prohibida salvo autorización del Director Ejecutivo de la Corporación Nacional Forestal (“CONAF”), para exclusivamente (i) desarrollar investigaciones científicas; (ii) habilitar terrenos para la construcción de obras públicas o de defensa nacional; y (iii) desarrollar planes de manejo forestal por parte de organismos oficiales del Estado cuyo exclusivo objeto sea el de conservar y mejorar el estado de conservación de las especies protegidas con este decreto. Entre ellas destacamos la araucaria [21] (*Araucaria araucana*), el Alerce [22] (*Fitzroya cupressoides*), el Keule (*Gomortega keule*), el Pitao (*Pitavia punctata*), el Belloto del Sur (*Beilschmiedia berteriana*), el

Ruil (*Nothofagus alessandrii* Espinosa) y el Belloto del Norte (*Beilschmiedia miersii*) [23]. Entre ellas, el Belloto del Norte es más posible encontrarlo dentro de los límites de la Región Metropolitana.

Por ende, si dichas especies son parte del entramado del arbolado urbano, cualquier manejo que se pretenda hacer deberá cumplir en primer lugar con las normas generales ya descritas, más aquellas que les correspondan en calidad de Monumento Natural.

4 Proyectos de ley: avances para más y mejor arbolado urbano

Como se señaló al inicio, la normativa sobre el arbolado urbano se encuentra dispersa en múltiples cuerpos legales, los cuales en general aplican a sujetos específicos. Sin embargo, se nota un déficit en incorporar, entre otros, elementos de caracterización, estado fitosanitario, criterios de selección y mantención de los individuos.

Ley de Arbolado e Infraestructura Verde, actualmente en discusión en el Senado. Este establece como objetivo “la valoración, gestión, protección y conservación de los árboles urbanos y la infraestructura verde urbana, con la finalidad de contribuir al desarrollo sostenible de las ciudades”

Algunos de estos elementos son abordados por el proyecto de ley (Boletín No. 13.213-12[24]) denominado **Ley de Arbolado e Infraestructura Verde**, actualmente en discusión en el Senado. Este establece como objetivo “la valoración, gestión, protección y conservación de los árboles urbanos y la infraestructura verde urbana, con la finalidad de contribuir al desarrollo sostenible

13. Lo anterior de acuerdo con el procedimiento, plazos y valoraciones que establece la Ley General de Servicios Eléctricos, y reglamentos aplicables.

de las ciudades”. Este proyecto es el continuador del proyecto original denominado “Ley Arbolito”, y establece algunos cambios relevantes para el arbolado urbano, entre los cuales se destacan:

- » Cuenta con un largo listado de definiciones técnicas sobre el arbolado, sus componentes biológicos, de mantención e instalación y las autoridades competentes en cada caso;
- » Establece nuevos mecanismos de participación ciudadana;
- » Aumenta las sanciones por contravenciones a la ley;
- » Establece un método de valoración de árboles urbanos, que dice relación con su tamaño, condición sanitaria, ubicación, factores especiales, y características ambientales, entre otros;
- » Establece criterios de responsabilidad de privados sobre el arbolado urbano;
- » Establece un mecanismo para solicitar la plantación, poda, tala y trasplante de árboles urbanos públicos;
- » Profundiza los requerimientos para la dictación de ordenanzas municipales de infraestructura verde;
- » Establece que todos los proyectos de áreas verdes deberán considerar la plantación de árboles en una razón de 0,01 árboles por m² de área verde total y sus características;
- » Establece normas y criterios de mantención para todas las especies vegetales, en particular la intervención o poda del arbolado urbano;
- » Establece una clasificación de especies vegetales, por su tipo, tamaño y uso;
- » Incorpora exigencias mínimas para los árboles que se produzcan y comercialicen para ser plantados en bienes nacionales de uso público; y
- » Establece una serie de modificaciones a cuerpos legales, entre ellos, casi la totalidad de aquellos que hemos descrito en el acápite anterior.

Si bien creemos que este es un proyecto que pudiese implicar un gran avance en el tratamiento del arbolado urbano, este no estará por cierto exento de discusiones, críticas y propuestas para su perfeccionamiento, tanto del mundo público como privado.

Lamentablemente, a la fecha de este documento, dicho proyecto no ha tenido avance legislativo a contar del 13 de mayo de 2022.

Sugerencias de acciones

Conociéndose el tipo de especies vegetales, y particularmente arbóreas, que mejor se adapten a un ambiente urbano de acuerdo con los criterios del Capítulo II anterior, se debe sumar al análisis las normas legales y sus implicancias ¿es la especie propuesta adecuada para el cumplimiento de las leyes y normas administrativas? Por ejemplo, ¿cumple mi selección con los criterios de la ordenanza municipal en caso de existir? O más aún, ¿es su arquitectura o proyección de crecimiento acorde a la seguridad de las líneas eléctricas?

Cuando no consideramos estos elementos en nuestras estrategias de densificación vegetal, podemos no sólo contravenir la ley -y por ende estar sujetos a procedimientos sancionatorios- sino que particularmente podemos estar invirtiendo una enorme cantidad de recursos (económicos, humanos, materiales) en especies que a futuro deberán ser intervenidas para resguardar otros intereses o derechos. Es por ello fundamental poder no sólo considerar los elementos biológicos, sanitarios e incluso la arquitectura de la especie, sino que entender qué otros factores entran en juego en la ciudad, y adaptarse a ellos.

Esperamos que el creciente interés de las autoridades y privados respecto a una mejor selección de especies vegetales para los radios urbanos no merme, sino que se profundice y extienda. Mejores estrategias de selección de especies vegetales incorporarán no sólo a las autoridades públicas, sino que los privados habremos de jugar un rol fundamental para su éxito.

Para ello, conociendo de mejor manera cuáles especies y quiénes participan, proponemos en el siguiente capítulo una serie de criterios de selección, instalación y mantención de especies arbóreas para desarrollar estrategias de arborización efectivas no sólo en el corto o mediano, sino particularmente en el largo plazo.

IV. ESTADO ACTUAL DEL ARBOLADO URBANO: Errores comunes, criterios de selección y mantención

La ciudad, por su estructura y dinámica, es un ambiente exigente y hostil para la vegetación. A los árboles se les demanda que se comporten dentro de rigurosos parámetros, donde su estructura y desarrollo no puede interferir con la infraestructura urbana que los rodea. Su presencia majestuosa debe ser prudente y flexible, o arriesgan ser intervenidos y modelados.

Uno de los criterios de selección que más importa para incorporar un árbol al ambiente urbano es el tamaño que alcanza en su adultez. El espacio es sin duda un factor clave, los árboles despliegan su parte aérea de forma vertical y horizontal, abarcando una amplia superficie. A su vez, necesitan alcanzar de forma subterránea una gran extensión, donde las raíces buscarán el anclaje capaz

de soportar la estructura y el agua necesaria para desarrollarse.

La planificación de algunos sectores de la Región Metropolitana ha desconocido este factor, quizás con la creencia de que una poda puede modelar la estructura. Ejemplos hay muchos, árboles ubicados en sectores donde no caben, árboles con pequeños alcorques¹⁴ donde su raíz termina rompiendo las veredas, árboles ubicados en lugares donde su estructura entra en conflicto con la circulación y la señalética vial y árboles ubicados bajo el tendido eléctrico, donde la seguridad de las personas y la continuidad del suministro lleva a los operarios a rebajar drásticamente las copas, sin buscar la oportunidad de un manejo que les permita convivir en armonía.

A continuación, se ilustran algunos ejemplos:

CASO 1

Árboles plantados en lugares donde no pueden desarrollar adecuadamente su copa.

Los liquidámbares (*Liquidambar styraciflua*) son árboles capaces de alcanzar entre 20 y 35 metros de altura, tienen un fuerte control apical, es decir, un tronco principal bien definido y dominante que crece vertical. Cortar su ápice significa deformar su estructura [25]. En la Figura 1, se observan individuos de liquidámbar con limitado espacio para crecer. Se invertirá tiempo y recursos, pero el lugar no permitirá que se desarrollen adecuadamente y lleguen a ser adultos sanos y bien equilibrados. En general, en ambientes urbanos de la RM se observan frecuentemente casos como este, en que no se toma en consideración adecuadamente el desarrollo futuro del árbol, tanto en sentido vertical, como en términos de la expansión de la copa lateralmente.

Figura 1: *Liquidambar styraciflua* ubicados bajo la Línea del metro.



14. Alcorque: Taza que alberga al árbol, que, en el caso urbano, puede estar inserto en el pavimento, por ejemplo, de las veredas.

CASO 2

Alcorques que no permiten el desarrollo del tronco.

En algunas situaciones los alcorques no consideran el tamaño final del tronco (Figura 2 y Figura 3), donde los árboles se ven atrapados y sin espacio para desarrollarse. A estas especies, muchas veces se las acusa de levantar veredas y romper pavimentos, sin considerar que la falla estuvo en la planificación, donde el espacio no iba acorde al tamaño de la especie. En particular, hay especies que se caracterizan por tener raíces más agresivas y superficiales que otras y que, por lo tanto, deben ser evitadas en condiciones de vereda.

Fig. 2



Figura 2: Árbol con un alcorque insuficiente para su talla.

Fig. 3



Figura 3: Espacio insuficiente para el desarrollo del árbol.

CASO 3

Árboles ubicados en lugares donde su tamaño entra en conflicto con la circulación.

En algunas situaciones el escenario es muy complejo, porque el árbol no tiene espacio para crecer, y si lo hace, su tamaño genera serios problemas con la infraestructura (Figura 4). En la imagen se observa una Secuoya (*Sequoia sempervirens*), un árbol de copa piramidal con un gran despliegue de sus ramas basales, que al crecer su estructura interferirá con la circulación e incluso podría generar una situación de riesgo al disminuir la visibilidad de quienes manejan.

Figura 4: *Sequoia sempervirens*, un árbol con un amplio desarrollo de copa basal.



CASO 4

Árboles ubicados bajo el tendido eléctrico.

Algunas de las intervenciones más comunes son aquellas que se realizan a los árboles ubicados bajo el tendido eléctrico, a los cuales se les puede guiar para que convivan con los cables sin interferir con ellos. Sin embargo, cuando no se planifica esa estrategia tempranamente, se toman decisiones drásticas como reducir su tamaño, lo que produce la deformación de la copa, múltiples brotes que acentúan el problema y la vulnerabilidad del individuo por las múltiples heridas producidas por los cortes [26] (Figura 5).

Figura 5: Poda para reducir el tamaño de un árbol, dañando su estructura.



Cuando los árboles son mal seleccionados y la estructura de su copa no se ajusta a los requerimientos del lugar donde será emplazado, es necesario intervenirlos. Las intervenciones se realizan para adecuar los árboles al espacio, no para potenciar su crecimiento, lo que en muchos casos genera serios perjuicios a los individuos.

El principal factor de agresión que experimentan los árboles en el ambiente urbano, son las podas drásticas.

Las podas que se realizan en los árboles son generalmente paliativas, es decir, se hacen para solucionar problemas inmediatos. Por ejemplo, cuando las ramas empiezan a interferir en la circulación vehicular o peatonal, o cuando ya están en contacto con las edificaciones o el tendido eléctrico. En aquellos casos, frecuentemente se procede a cortar ramas que han alcanzado una gran dimensión (Figura 6) y forman una parte importante de la estructura mecánica del árbol, por lo tanto, la intervención compromete su estabilidad y genera una herida grande que demorará mucho en cicatrizar, o eventualmente no logrará cicatrizar nunca, exponiendo al árbol a una situación de vulnerabilidad. Heridas de poda sin cicatrizar inevitablemente serán atacadas por patógenos, generándose pudriciones que pueden culminar en una falla mecánica y fractura del tronco o rama, y la aparición de brotes adventicios que se desganchan con facilidad, constituyendo un factor de riesgo para la población [26].



Figura 6: Corte mal realizado, elimina el cuello de la rama y, además, pudo haberse realizado en la etapa juvenil para evitar dejar una herida tan grande.

La alternativa es realizar programas de manejo preventivos, en los cuales se analiza la estructura del árbol y se dirige su crecimiento, haciendo podas de formación que cuidan la estabilidad del ejemplar y lo adecuan al ambiente urbano. Esta alternativa requiere de programación y conocimiento, lo que implica contar con planes de manejo y capacitación del personal.

El intervenir o podar un árbol requiere de un conocimiento biológico para entender dónde y cómo se deben realizar los cortes. Sin embargo, lo que se observa es un mejor conocimiento sobre la operación de las herramientas, por sobre las adecuadas técnicas de poda. Es común ver cortes que se realizan en cualquier lugar de las ramas (Figura 7 y Figura 8), desconociendo que existen zonas, como los cuellos¹⁵ de estas, en donde existe la posibilidad de cicatrización o compartimentalización¹⁶ de la herida. Realizar cortes en aquellos lugares es primordial para asegurar la protección de la madera y la salud de las especies.



Figura 7: Rama cortada en un lugar donde no cicatriza.

15. Cuello de la rama: protuberancia que se forma en la unión del tronco y la rama [27]
16. Compartimentalización: proceso físico y químico que genera una barrera para aislar la madera dañada de la madera sana.

Las heridas no cicatrizadas exponen a los árboles al ataque de hongos [26], lo que tarde o temprano termina comprometiendo la vida del individuo. Las heridas pueden deberse a roturas en la corteza del tronco o a cortes mal realizados, en ambos casos queda expuesta la madera a pudriciones y a la entrada de organismos tales como insectos taladradores de la madera, capaces de realizar perforaciones al interior, que comprometen la circulación interna de agua y nutrientes y la estabilidad del árbol.



Figura 8: Rama mal cortada y deteriorada.

CASO 5

Heridas en el tronco.

Las heridas pueden empezar con roturas de la corteza, pero con el paso del tiempo, las pudriciones y la acción de los patógenos, producen oquedades (Figura 9, 9.1 y 9.2) que harán perder la resistencia de la madera para soportar la estructura [26]. Los árboles que están ubicados en el césped suelen tener heridas en la base (Figura 10), que son inferidas por las herramientas con que se corta en pasto. Estas heridas, sumada a la humedad de la tierra, produce las condiciones óptimas para el desarrollo de pudriciones.

Fig. 9



Fig. 9.1



Fig. 9.2



Figura 9, 9.1 y 9.2: Heridas en el tronco.

Fig. 10



Figura 10: Herida en la base del tronco realizada por el uso incorrecto de orilladora.

CASO 6

Heridas por podas mal realizadas.

Cuando se realiza la poda de una rama, es fundamental que el corte se realice en el lugar donde es posible que ocurra la cicatrización de la herida, es decir, en el cuello de esta. Además, la herida tendrá que ser suficientemente pequeña para que el crecimiento del árbol logre sellarla [25]. Es común ver que los cortes se realizan sin considerar estos requisitos, eliminando así una parte fundamental de la estructura y dejando grandes heridas (Figura 11 y Figura 12).

Fig. 11

Figura 11: Corte rasante, se eliminó gran parte del cuello.



Fig. 12

Figura 12: Corte que elimina la porción superior del cuello (arruga), indispensable para que ocurra la cicatrización.



Otra mala práctica común de encontrar en la ciudad es aquella poda drástica que elimina más de un tercio de la copa, lo que produce que los árboles reaccionen generando muchos brotes adventicios (Figura 13). Los brotes adventicios son estructuras vigorosas que crecen rápidamente alcanzando un gran tamaño y peso [25]. Estos crecimientos no

forman parte de la distribución equilibrada que al árbol le ha tomado años desarrollar, son brotes que no están ligados a la estructura interna del árbol, por lo que su unión es débil e inestable. Cuando crecen pueden caer fácilmente con condiciones climáticas adversas, como fuertes vientos o lluvias, causando daños en la infraestructura y poniendo en riesgo la vida de las personas [26].



Esta es la razón por la que vemos tantas “ramas” caer cada vez que nos enfrentamos a una situación climática hostil. Lo que en realidad ocurre es que se produce el desganche de brotes adventicios, los cuales existen gracias a las situaciones de estrés a las cuales sometemos a los árboles, como las podas que eliminan una gran parte de las ramas, o las mutilaciones, donde se elimina toda la copa del árbol.

También es común ver fallas en los árboles por malas formaciones, las que pueden haberse generado incluso en los viveros. Es así como encontramos árboles con bifurcaciones inestables en sus troncos (Figura 14 y 15), o entre las ramas y el tronco principal, donde la unión entre las

Figura 13:
Árbol con brotes adventicios.

Fig. 14



Fig. 15



Figura 14: Árbol con bifurcación peligrosa.

Figura 15: Árbol atacado con hongos en la bifurcación del tronco.

estructuras genera grietas y pudriciones que producen el desganche de ramas o el desgarro de los troncos. Estas situaciones pueden prevenirse cuando existe un monitoreo del crecimiento del árbol y un plan de acción para corregir la estructura tempranamente. En la práctica, parece que no existe este control, se invierten recursos en regarlos y cuidarlos, pero no logran llegar a ser adultos sanos y longevos porque su pobre estructura termina fallando y cayendo.

El arbolado urbano de la Región Metropolitana presenta muchos ejemplares que han sido maltratados, una situación que no es posible de solucionar. Las intervenciones inadecuadas condenan a los ejemplares a un estado de vulnerabilidad que los conduce a un deceso temprano, cons-

tituyéndose como un factor de riesgo para las personas y para la infraestructura. El gran desafío que se plantea hacia adelante es la formación y el cuidado de los nuevos árboles que se incorporarán en la ciudad. Un desafío que se debe iniciar con la producción de ejemplares idóneos para el ambiente urbano, con una estructura adecuada y pertenecientes a especies que sean capaces de tolerar las condiciones que ofrece el ambiente urbano de la zona central. Luego se deberá capacitar al personal que los mantiene para que los forme según los requerimientos que les impone el espacio, pero cuidando siempre que las intervenciones no perjudiquen la estabilidad y salud de las especies. La capacitación y la planificación serán los factores claves para lograr establecer árboles urbanos sano y longevo.

V.

CONCLUSIONES

Las condiciones actuales de clima semiárido para la zona central de Chile, esto es, pronunciado déficit hídrico y aumento de olas de calor, obligarán a una planificada y cuidadosa selección de especies vegetales, privilegiando aquellas provenientes de climas iguales o más extremos, que aseguren su resiliencia no sólo en el corto, sino particularmente en el mediano y largo plazo. Esto necesariamente implica cuestionar la matriz arbórea actual, compuesta en un gran porcentaje por especies no adaptadas al clima de la Región Metropolitana, depurarla, y eventualmente integrar nuevas especies que no han sido aún usadas en Chile en ambientes urbanos.

El cambio de matriz arbórea implica dejar de usar especies que han sido parte de nuestras estrategias tradicionales de paisajismo, pero que requieren un abastecimiento hídrico muy superior al que hoy se les puede entregar. Por esto, hay que educar y difundir el por qué es necesario el reemplazo, y preparar a las personas para la pérdida que significará dejar de contar con ciertas especies. En general, las especies de climas más áridos son especies de crecimiento más lento, de menor tamaño, y en muchos casos menos frondosas. Se perderán algunos atributos deseables, y las ciudades de la Región Metropolitana irán tomando una fisonomía más acorde al clima en el que se insertan.

Parte de la discusión que como sociedad debiéramos tener, es si se invertirá de forma focalizada en mantener sectores o individuos de mayor requerimiento hídrico, en pos de mantener los atributos positivos que entregan al ambiente urbano. El costo-beneficio deberá ser constantemente sujeto a revisión y/o adaptación.

Junto con ello, es imperioso que nuestras autoridades avancen de forma seria y eficaz en una mejor regulación del arbolado urbano. Sea para los ámbitos de selección, gestión y manejo adecuado, así como en las penalizaciones por el mal uso o deterioro de esta importante infraestructura urbana. Tampoco deberán olvidar nuestras autoridades lo importante que es contar con recursos y presupuesto suficiente para estas estrategias de arborización, y que como sociedad debemos preocuparnos que se extienda por todo el radio urbano y no sólo aquellos sectores más privilegiados. Así, no olvidaremos que los beneficios del arbolado urbano, entre ellos el mejoramiento del aire, se generan a nivel comunal e incluso regional, y, por ende, todos nos beneficiamos de su amplia extensión.

Se releva también que una parte importante de los problemas del arbolado urbano, y que inciden en su calidad y los servicios que pueda prestar, así como en los riesgos que pueda generar, es atribuible directamente a la acción humana. La falta de capacitación en todas las etapas de la cadena de producción y gestión del arbolado es evidente, desde la decisión de qué especie poner bajo distintas condiciones urbanas, pasando por la calidad de la producción de plantas en vivero, manejo del establecimiento y particularmente, manejo posterior de copa y raíces.

El clima nos está poniendo a prueba, así como también la creciente complejidad de los ambientes urbanos modernos. Si a esto le sumamos que gran parte de la población tendrá contacto con la naturaleza, principalmente a través de la infraestructura verde urbana, quedan más que justificados todos los esfuerzos que se hagan para educar, sistematizar, regular y profesionalizar la gestión del arbolado urbano.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. Laborde, *Parques de Santiago: historia y patrimonio urbano*. Santiago, Chile: Ed. Midia Comunicación, 2007.
- [2] C. Guevara and M. P. Fernández, “El patrimonio vegetal de la Quinta Normal de Agricultura: 1852 vs. 2015. Adaptación climática de las especies arbóreas propuestas por Lui Sada di Carlo,” *Pontificia Universidad Católica de Chile*, 2015.
- [3] R. Hecht, “Dissecting the origins of Chile’s Quinta Normal de Agricultura as a colonial garden, 1838–1856,” *Stud. Hist. Gard. Des. Landscapes*, vol. 37, no. 4, pp. 273–293, 2017, doi: 10.1080/14601176.2016.1231504.
- [4] R. D. Garreaud, J. P. Boisier, R. Rondanelli, A. Montecinos, H. H. Sepúlveda, and D. Veloso-Aguila, “The Central Chile Mega Drought (2010–2018): A climate dynamics perspective,” *Int. J. Climatol.*, vol. 40, no. 1, pp. 421–439, 2020, doi: 10.1002/joc.6219.
- [5] M. P. Fernández, “Proyecto ‘Adecuación climática de especies de arbolado urbano para Chile,’” Santiago, Chile, 2021.
- [6] C. B. Field et al., Eds., *Climate change 2014 impacts, adaptation and vulnerability: Part A: Global and sectoral aspects: Working group II contribution to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2014.
- [7] S. Bonelli, S. Vicuña, F. J. Meza, J. Gironás, and J. Barton, “Incorporating climate change adaptation strategies in urban water supply planning: The case of central Chile,” *J. Water Clim. Chang.*, vol. 5, no. 3, pp. 357–376, 2014, doi: 10.2166/wcc.2014.037.
- [8] C. Henríquez and H. Romero, Eds., *Urban climates in Latin America*, First Edit. Cham, Switzerland: Springer Nature, 2019.
- [9] R. M. Cowling, P. W. Rundel, B. B. Lamont, M. K. Arroyo, and M. Arianoutsou, “Plant diversity in mediterranean-climate regions,” *Tree*, vol. 11, no. 9, pp. 362–366, 1996.
- [10] J. Miranda and M. P. Fernández, “Diversidad taxonómica del Gran Santiago,” *Pontificia Universidad Católica de Chile*, 2021.
- [11] S. Korn, “Drought stress: adaptation strategies,” in *Urban tree management: for the sustainable development of green cities*, A. Roloff, Ed. Chichester, West Sussex, UK: John Wiley & Sons, Ltd., 2016.
- [12] M. Fernández and C. Guevara, “La verdadera historia del plátano oriental,” *AyF Agron. y For.*, no. 54, pp. 37–40, 2018.
- [13] Ley 18.695 de 2006. *Ley Orgánica Constitucional de Municipalidades*. 09 de mayo de 2006.
- [14] Decreto 47 de 1992 [Ministerio de Vivienda y Urbanismo]. *Fija nuevo texto de la Ordenanza General de la Ley General de Urbanismo y Construcciones*. 19 de mayo de 1992.
- [15] Decreto con Fuerza de Ley No. 458 de 1975 [Ministerio de Vivienda y Urbanismo]. *Ley General de Urbanismo y Construcciones*. 18 de diciembre de 1975.
- [16] Ley 20.417 de 2010. *Crea el Ministerio, el Servicio de Evaluación Ambiental y la Superintendencia del Medio Ambiente*. 26 de enero de 2010.
- [17] Disponible en <https://educacion.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/11/Modelo-de-Ordenza-Ambiental.pdf>
- [18] Decreto 2060 de 1962 [Ministerio del Interior]. *Fija Texto Refundido de la Ley General de Servicios Eléctricos*. 13 de noviembre de 1962. Artículo 129.

- [19] Circular No. 26.035 de 2017 [Superintendencia de Electricidad y Combustibles]. Imparte nuevas instrucciones sobre mantenimiento de instalaciones, corte y poda de árboles en las proximidades de líneas eléctricas. 28 diciembre 2017.
-
- [20] Norma Técnica NSEG 5.E.n71 de 1995 [Superintendencia de Electricidad y Combustibles]. Reglamento de Instalaciones Eléctricas de Corrientes Fuertes. 12 noviembre 1955.
-
- [21] Decreto No. 43 de 1990 [Ministerio de Agricultura]. Declara Monumento Natural a la Araucaria araucana. 19 de marzo de 1990.
-
- [22] Decreto No. 490 de 1977 [Ministerio de Agricultura]. Declara Monumento Natural a la especie forestal Alerce. 5 de septiembre 1977.
-
- [23] Decreto Supremo No. 13 de 1995 [Ministerio de Agricultura]. Declara Monumento Natural las especies forestales Queule, Pitao, Belloto del Sur, Belloto del Norte y Ruil. 03 de abril de 1995.
-
- [24] Proyecto de ley sobre arbolado urbano e infraestructura verde. Boletín No. 14.213-12 (2021). Senado de Chile. 28 de abril de 2021.
-
- [25] N. P. Harris, Rochard W., Clark, James R., Matheny, Arboriculture, integrated management of landscape trees, shrubs, and vines., Tercera ed. Upper Saddle River, New Jersey: Charles Stewart, 1999.
-
- [26] J. D. Pokorny et al., "Urban tree risk management, a community guide to program design and implementation, USDA Forest Service Northeastern Area State and Private Forestry,," USDA For. Serv. Northeast. Area State Priv. For. 1992 Folwell Ave. St. Paul, MN 55108, 2003, [Online]. Available: <https://www.fs.fed.us/nrs/pubs/na/NA-TP-03-03.pdf>.
-
- [27] E. F. Gilman, An illustrated guide to pruning, Tercera. Clifton Park: Delmar, 2012.
-







PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CHILE

enel

