

Arbolado urbano

Fundamentos para su gestión sostenible

Diego Iván Ramilo - Sebastián Pablo Galarco
Sandra Elizabeth Sharry (coordinadores)

FACULTAD DE
CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES

n
naturales


edulp
EDITORIAL DE LA UNLP



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA

Arbolado urbano

Fundamentos para su gestión sostenible

Diego Iván Ramilo
Sebastián Pablo Galarco
Sandra Elizabeth Sharry
(coordinadores)

Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales



Agradecimientos

A la Universidad Nacional de La Plata y en especial a EDULP por la iniciativa de los Libros Cátedra que, en nuestra experiencia con otras obras que hemos publicado dentro de esta colección, constituyen una herramienta de apoyo de inestimable valor para los estudiantes.

A todos los estudiantes de Introducción a la Dasonomía quienes, a través de sus inquietudes, participación y discusiones, enriquecen el desarrollo de los cursos, nos motivan a mejorar continuamente la práctica docente y nos inspiraron a crear este nuevo libro dedicado al arbolado urbano.

A los colegas Natalia Acosta, Alberto Aprea, Marcela Buyatti, Damian Castro, Tatiana Cinquetti, Ana Paula Coelho-Duarte, Elena Craig, Emiliano Cucciufi, Eliana Exner, Gustavo Gergoff, Mónica Murace, Laura Pincioli, Mauricio Ponce-Donoso, Alfonso Rodríguez Vagaria, Luciano Roussy, Analía Scarselletta, María Agustina Sergio y Laura Tonello por su generosidad al participar de esta obra, compartiendo sus conocimientos y experiencia para contribuir a una mejor comprensión del desafante y a la vez fascinante tema de los bosques urbanos y su gestión.

A todos ellos, nuestro más sincero agradecimiento.

Equipo docente

Curso de Introducción a la Dasonomía

Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales

Universidad Nacional de La Plata

Índice

Presentación.....	6
<i>Demián Alonso</i>	
Introducción	7
<i>Sandra Sharry</i>	
Capítulo 1	
El bosque urbano, desafíos y oportunidades.....	14
<i>Elena Craig y Emiliano Cucciupo</i>	
Capítulo 2	
Gestión del Bosque Urbano	34
<i>Sebastián Galarco y María Laura Tonello</i>	
Capítulo 3	
Consideraciones generales para la selección de especies en el arbolado urbano	40
<i>Marcela Buyatti, Damian Castro y Eliana Exner</i>	
Capítulo 4	
Técnicas de propagación aplicables a la producción de plantas para arbolado urbano	63
<i>Gustavo Gergoff Grozeff y Sandra Sharry</i>	
Capítulo 5	
Generalidades sobre la producción de árboles urbanos en viveros.....	82
<i>Sebastián Galarco y Diego Ramilo</i>	
Capítulo 6	
Plantación y cuidados iniciales.....	107
<i>Sebastián Galarco y Diego Ramilo</i>	

Capítulo 7

Poda en arbolado urbano 118

Diego Ramilo, Sebastián Galarco y Alfonso Rodríguez Vagaría

Capítulo 8

Adversidades bióticas del arbolado urbano. Pautas de manejo 163

Alberto Aprea, Mónica Murace y Natalia Acosta

Capítulo 9

Inventario forestal urbano 190

Diego Ramilo y Sebastián Galarco

Capítulo 10

Aproximación a la valoración del bosque urbano con enfoque en los servicios ecosistémicos 202

Analía Scarselletta y Elena Craig

Capítulo 11

Introducción a la gestión de riesgos del arbolado urbano 223

Damian Castro y Marcela Buyatti

Capítulo 12

Árboles urbanos: la evaluación del riesgo y su gestión 245

Ana Paula Coelho-Duarte, María Agustina Sergio y Mauricio Ponce-Donoso

Capítulo 13

Contenidos sobre arbolado urbano en los planes de estudio 263

Laura Pincioli, Tatiana Cinquetti, Sebastián Galarco, Diego Ramilo y Sandra Sharry

Capítulo 14

Bosques de infancias: los árboles y el bosque en la experiencia infantil de niñas y niños 269

Luciano Roussy

Los autores 277

Presentación

La Universidad Nacional de La Plata reconoce y pregoná que el árbol es fuente de vida, bienestar y de trabajo. La forestación urbana, además de ser un componente fundamental de la infraestructura verde en las ciudades, proporciona servicios ecosistémicos entre los cuales podemos destacar los de regulación (térmica, erosión, sonora) y los de tipo cultural (estéticos, cohesión social, científicos, entre otros), y son precisamente esos servicios los que debemos optimizar con una adecuada gestión y mantenimiento. Aportan múltiples beneficios al sostenimiento y dinámica del ecosistema urbano, a las demandas sociales, a la mejora de la calidad de vida en la ciudad y al desarrollo económico. Sin embargo, a menudo observamos que en nuestras ciudades y pueblos muchas veces no contemplaron el establecimiento de árboles y la creación de áreas verdes, dejando zonas desprovistas de vegetación, especialmente en los sectores de población de menores recursos.

En este marco, desde la Dirección Forestal del Ministerio de Desarrollo Agrario de la provincia de Buenos Aires celebramos con entusiasmo esta obra. *Arbolado Urbano - Fundamentos para su gestión sostenible* desarrolla la planificación, el cultivo, los cuidados y el manejo del bosque urbano moderno. Despliega la praxis profesional especializada para la consolidación de una infraestructura verde bajada a nivel de trabajo de campo, enmarcado en las tendencias y conforme a las recomendaciones de organismos internacionales para la incorporación y manejo racional de un bosque que contribuye a facilitar hábitat digno para todos.

Es un documento que puede ser utilizado por personas con formaciones diversas y a distintos niveles, operario de campo, estudiantes de ingeniería agronómica, ingeniería forestal, arquitectura, biología y carreras afines. Constituye un valioso respaldo para los gestores municipales que planifican y manejan el territorio de ciudades y pueblos. Es un manual académico, pero también de aplicación práctica directa, que puede tener uso en la gestión de ámbito público de comunas, municipios y ciudades.

En definitiva, tenemos en nuestras manos una obra sobre gestión del bosque urbano adaptada a nuestro medio, que viene a actualizar y fortalecer la formación y el ejercicio profesional, y que contribuirá a un mejor manejo de los bosques urbanos en nuestras ciudades.

Ing. Ftal. Demián Alonso
Director Forestal
Ministerio de Desarrollo Agrario
de la Provincia de Buenos Aires

Introducción

¿Es importante una buena gestión del arbolado urbano?

Sandra Sharry

El espacio verde público es el espacio físico más democrático y democratizador que posee la ciudad. Es el lugar de encuentro de las personas sin importar la edad, el sector social o nivel económico, que permite la aproximación a un entorno con naturaleza y equipamientos recreativos y de contemplación. La buena calidad de estos lugares permite ofrecer a la sociedad un elemento de equidad e igualdad de alcance inmediato, que muchas veces es más difícil de establecer desde otros órdenes de la administración de lo público. (Márquez 2010).

En octubre de 2023 se realizó en Washington DC el Segundo Foro Mundial sobre Bosques Urbanos, con el lanzamiento de un nuevo informe de la FAO sobre el cierre de la “brecha social verde” en las ciudades: Bosques urbanos: una perspectiva global, promoviendo e implementando así la cooperación global en silvicultura urbana. El informe aborda una visión general del estado actual de la silvicultura urbana (<https://www.fao.org/3/cc8216en/cc8216en.pdf>) en todo el mundo, incluyendo América Latina y el Caribe; incluye estudios de casos de cómo algunas ciudades y regiones están invirtiendo en infraestructura y soluciones verdes para lograr mejores resultados para todos los residentes frente a la crisis climática global.

Los bosques urbanos, los árboles y los espacios verdes desempeñan un papel fundamental en la mejora de la calidad de la vida urbana (Figura 1), pero sus beneficios aún no son igualmente accesibles para todos, según este informe de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).



Figura 1. Beneficios de los árboles urbanos. Fuente: <http://www.fao.org>

Es bien reconocido, entonces, que la presencia de árboles en las ciudades otorga una gran cantidad de beneficios, por lo cual, se han convertido en elementos fundamentales para mejorar la calidad de vida urbana. Los árboles cumplen varias funciones primordiales (fijación de CO₂, biodiversidad, regulación de las precipitaciones, del clima, brindan belleza, sombra, entre otros). Una ciudad con una infraestructura verde bien planificada y bien manejada se vuelve más resiliente y sostenible.

La función principal de los árboles urbanos no es definitivamente ornamentar la ciudad, sino la de incrementar la calidad ambiental. Sin embargo, en ocasiones la comunidad advierte ciertos inconvenientes que el arbolado urbano suele ocasionar, como es la intercepción de líneas aéreas y alumbrado; obstrucción de cloacas, desagües; levantamiento de veredas e interferencia para el tránsito. Todos estos inconvenientes pueden gestionarse si se aplican *buenas prácticas de*

manejo y se proyecta la plantación, esto significa elegir la especie más adecuada a las condiciones agro-climáticas, a las características del sitio a plantar y al fin que se persigue con su plantación (Galarco et al, 2016).

Algunas definiciones

Infraestructura verde urbana: los términos *infraestructura verde*, *infraestructura ecológica* o *infraestructura natural* describen un sistema interconectado de elementos naturales (árboles, humedales, cursos de agua) desde el punto de vista de los servicios que proporciona a las personas, como regulación hidrológica o control de la erosión. Representa un sistema de espacios y vías verdes que se integran a la fase construida de las ciudades (Benassi, 2015)- (Capítulo 1).

Vegetación Urbana: es aquella vegetación implantada o espontánea entre y/o sobre la fase urbanizada, integrando el paisaje y acompañando al proyecto urbano y la planificación territorial. Toda vegetación cumple varias funciones críticas en la biosfera, regula el flujo de ciclos biogeoquímicos y en forma más crítica el ciclo del agua, el carbono y el nitrógeno. La vegetación afecta fuertemente las características del suelo, la química, la textura y su bioproducción, brinda hábitat y alimento a la fauna local. La *vegetación urbana* proviene de la protección, la incorporación y la plantación o cultivo con fines paisajísticos en el espacio público o privado, de mejora bioclimática y mitigación ambiental (Benassi, 2013)

Espacios verdes o zonas verdes: un *espacio verde* o *zona verde* es un terreno ocupado por plantas, arbustos o árboles cuyos usos pueden variar. Desde espacios de uso ecológico, de ocio, rehabilitación, decoración hasta de protección como pueden ser bosques, parques o jardines. Cuando se habla de *espacios verdes urbanos* hace referencia a aquellos que se encuentran dentro de una ciudad. Es decir, espacios públicos fundamentales para favorecer un desarrollo sostenible. La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda que haya un espacio verde que mida al menos 0,5 hectáreas a una distancia en línea recta de no más de 300 metros de cada domicilio (Figura 2).

Por otra parte, y dado que existen diferencias notables en función de cómo se han generado las zonas verdes urbanas, se ha establecido una categorización que hace referencia a su origen. Por ello, podemos encontrar:

- **BOSQUE NATIVO O AUTÓCTONO:** si la zona no ha sido intervenida y se encuentra naturalizada.
- **BOSQUE NATURAL ANTROPIZADO:** si la zona boscosa se ha intervenido como parque periurbano.
- **PARQUE URBANO:** cuando se intenta recrear desde cero las condiciones preexistentes.

LA REGLA DEL 3-30-300



Figura 2. La regla 3-30-300 ayuda a establecer requisitos mínimos para las zonas verdes de las ciudades. Fuente. Greenpeace

Bosques urbanos: a finales del siglo XX, surge el concepto de *bosques urbanos*, haciendo referencia a aquellas zonas verdes que crecen en las ciudades y que, a diferencia de los *parques urbanos*, otorgan mayor importancia a la naturalidad y son capaces de brindar servicios ecosistémicos. Los bosques urbanos son redes o sistemas que comprenden todos los arbolados, ya sea públicos o privados, en áreas urbanas y periurbanas, constituyendo la espina dorsal de la infraestructura verde y mejorando la huella ambiental de las ciudades (FAO, 2017). Los bosques urbanos son el componente principal de la infraestructura verde urbana y proveedores de diversos servicios ecosistémicos, entre ellos las posibilidades para la recreación y el turismo sustentables, como se examina en el Capítulo 1.

Árboles fuera del bosque : los *árboles fuera del bosque* (AFB, TOF, por sus siglas en inglés *Trees Outside Forest*) incluyen entre otros a árboles en tierras agrícolas, urbanas y peri-urbanas; árboles a lo largo de la infraestructura humana como carreteras, canales, al margen de ríos o riachuelos dentro del paisaje agrícola (*árboles en galería*); árboles en parques y huertos; y también árboles en tierras naturales donde la cobertura arbórea es tan escasa que la vegetación no cumple con la definición de bosque (FAO, 2017)

Árboles urbanos y periurbanos: los árboles conforman los elementos estructurales más relevantes de la infraestructura verde urbana, esto es, un sistema de espacios y vías verdes que se integran a la fase construida de las ciudades (Benassi, 2015)

Silvicultura urbana y periurbana: la *silvicultura urbana y periurbana* es un enfoque integrado, interdisciplinario, participativo y estratégico para planificar y gestionar los recursos forestales y arbóreos en las ciudades y sus alrededores. Comprende la evaluación, la

planificación, la plantación, el mantenimiento, la conservación y el seguimiento de los recursos forestales y arbóreos urbanos y periurbanos y puede aplicarse en una escala que va desde árboles aislados hasta paisajes y ecosistemas. El alcance de la silvicultura urbana y periurbana abarca toda la escala del desarrollo, desde el crecimiento espontáneo en las extensas metrópolis hasta proyectos de desarrollo urbano cuidadosamente planificados. La silvicultura urbana es una rama especializada de la silvicultura que tiene por finalidad el cultivo y la ordenación de árboles y los recursos naturales relacionados con miras a aprovechar la contribución actual y potencial que éstos pueden aportar al bienestar de la población urbana, tanto desde el punto de vista fisiológico como sociológico y económico (FAO,2017).

El diseño y gestión adecuada de los bosques urbanos, puede ayudar a las poblaciones urbanas a minimizar su huella ecológica y, al mismo tiempo, fomentar el bienestar físico y mental, para lo cual es necesaria la formación de profesionales idóneos, calificados y comprometidos. Esto demanda una permanente actualización, intercambio de saberes y colaboración, a fin de promover la creación de equipos multi e interdisciplinarios capaces de diseñar y gestionar planes de arbolado urbano como componente esencial de la infraestructura verde urbana. Por esto, es importante que los estudiantes de ingeniería agronómica, forestal y otras carreras afines, así como profesionales del área disciplinar, adquieran herramientas necesarias para aplicar buenas prácticas de manejo al arbolado de las ciudades.

Sobre este libro cátedra

Natalia Pucciarelli, de la UNCuyo¹, indica que la principal falencia en el manejo del arbolado urbano radica en la compartmentalización de las políticas y controles en torno al recurso. Por ello se torna necesaria la determinación de las responsabilidades de cada organismo, para así centralizar acciones y evitar derroche de tiempo y presupuesto, considerando al gobierno local (departamento o municipio), como el actor más capacitado para esto. Así mismo indica que urge la necesidad de diseñar planes de gestión del arbolado urbano que se encuentren insertos en políticas de gestión ambiental y ordenamiento territorial mayores. Para ello, se deben fomentar paralelamente instrumentos e instancias de educación formal y no formal que lleven a revalorizar el patrimonio y que permitan formar integralmente profesionales idóneos. En este marco, el propósito de este libro es aportar criterios generales para la planificación y manejo del arbolado urbano, promoviendo las buenas prácticas para su sostenibilidad.

Más allá que este libro se dirige principalmente a estudiantes universitarios, creemos que puede ayudar a los responsables de la gestión forestal, los encargados de formular las políticas y los órganos de decisión forestales, los expertos en urbanismo, los técnicos forestales urbanos, los arboricultores, los propietarios privados y otras partes interesadas a evaluar, planificar y gestionar de manera sostenible los árboles y los bosques en las ciudades y sus alrededores. Según FAO, un plan integrado de gestión forestal urbana y periurbana se basa en un diagnostico

¹ https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/11803/pucciarellin.-eje3poster.pdf

que determina los posibles problemas y elabora estrategias para satisfacer las necesidades actuales y futuras. Trata de reducir los riesgos y los costos, así como de gestionar los árboles y los bosques urbanos y periurbanos con el objetivo de mantener y aumentar el suministro de bienes y servicios ambientales. No existe una solución única, ya que cada zona urbana y periurbana tiene sus propias condiciones económicas, sociales y ambientales que evolucionan constantemente. Las prioridades y los focos de la silvicultura urbana y periurbana variarán seguramente en situaciones diferentes, y deberían determinarse a través de las consultas y el trabajo en equipo con las múltiples partes interesadas, como los responsables forestales de zonas urbanas, los arboricultores, los encargados de formular las políticas y los órganos de decisión forestales, los expertos en urbanismo, los profesionales de salud y seguridad, los propietarios y las comunidades locales. La comunicación y la colaboración son fundamentales para fomentar la sensibilización sobre la silvicultura urbana y periurbana y sustentar el desarrollo y la aplicación de un plan de gestión forestal en el ámbito urbano y periurbano.

Expertos de diversas disciplinas colaboraron con sus conocimientos para construir esta obra colectiva. Desde el Capítulo 1 (El bosque urbano, desafíos y oportunidades), se plantea la necesidad de valorar el papel de los bosques urbanos para la creación de ciudades más sanas y resilientes. Desde silvicultura urbana, se describe un panorama general de la gestión del arbolado urbano (Capítulo 2), las consideraciones para la elección de especies (Capítulo 3), las técnicas de propagación y la producción de plantas en los viveros (Capítulos 4 y 5), el manejo desde las buenas prácticas de plantación (Capítulo 6) y de poda (Capítulo 7), las adversidades bióticas del arbolado y pautas de manejo (Capítulo 8); su relevamiento y diagnóstico mediante inventarios forestales urbanos (Capítulo 9) y la evaluación de riesgo (Capítulos 11 y 12). Se incluye también una aproximación a la valoración del bosque urbano con enfoque en los servicios ecosistémicos (Capítulo 10). Por último, al ser este un libro de apoyo a las asignaturas universitarias relacionadas con el tema, se analizan los planes de estudio que incluyen el arbolado urbano como contenido (Capítulo 13), fundamentalmente para encontrar áreas de vacancia y remarcar la necesidad de la incorporación de estos temas en el currículo de agrónomos, forestales y carreras afines.

Concluyendo

Los valores ambientales, económicos, sociales y de salud que los bosques urbanos aportan a la sociedad son tan relevantes que se deben manejar de manera sostenible para respaldar en las ciudades la continuidad con la naturaleza. Así, se hace imprescindible una buena gestión del arbolado urbano y esperamos que esta obra colectiva de acceso abierto sea una herramienta de apoyo para estudiantes, técnicos y profesionales y para la promoción de una ciudadanía ambientalmente comprometida.

Referencias

Azcué Vigil, I., Padilla, N. A. y Benseny, G. (2022). ¿Qué son los bosques urbanos? Sus posibilidades para la recreación y el turismo sustentables. Web

Benassi (2013). El paisaje de la cultura, fundamentos ecológicos en el diseño paisajista Tesis doctoral para acceder al título de Dr. De la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales de la UNLP:

Benassi, A. (2015). Ciudad Botánica: oasis del desierto urbano. La Plata: El autor.

FAO (2017) Urban and Peri-Urban Forestry – Toolbox. disponible en www.fao.org/sustainable-forest-management/toolbox/modules-alternative/urban-periurban-forestry/in-more-depth/es/?type=111

FAO (2022). Urban forestry and urban greening in drylands - Improving resilience, health, and wellbeing of urban communities. A background document for the Green Urban Oases Programme. Rome.

Galarco et al (2016). Arbolado urbano: el árbol urbano, planificación y manejo- Capacitación en el planificación y manejo del arbolado urbano <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/92379>

Márquez, Dis. Fabio (2010). Diseño participativo, no es una enunciación demagógica. Programa Biodiversidad Urbana.

CAPÍTULO 1

El bosque urbano, desafíos y oportunidades

Elena Craig y Emiliano Cucciuffo

La población mundial urbana en un contexto de cambio climático

La población urbana viene creciendo en forma exponencial desde 1950 a la fecha. En 2030 se prevé que más del 60 % de la población mundial vivirá en ciudades, que para el 2050 contarán con alrededor de 7.000 millones de habitantes (ONU, 2014).

En Latinoamérica y el Caribe el proceso de urbanización se ha acelerado, ya que el 80% de la población vive en ciudades, cifra que asciende al 93% para el caso de Argentina (Banco Mundial, 2020).

A su vez, cerca del 80% de la riqueza mundial se genera en las ciudades, motor económico y principal fuente de contaminación y emisiones de CO₂. Por lo tanto, es imprescindible abordar diferentes aspectos como son el abastecimiento energético, la gestión de los residuos, las emisiones contaminantes, el suministro de agua, la movilidad y ordenamiento del tráfico y la provisión de bienes y servicios (Gasalla, 2024).

Los desafíos del desarrollo sostenible se concentran cada vez más en las áreas urbanas en los países de ingresos bajos y medios, donde la urbanización se ha desarrollado rápida y espontáneamente, sin planes estratégicos y pautas insostenibles del uso de la tierra (FAO, 2023).

En toda Latinoamérica y el Caribe, el acceso a zonas verdes o áreas arboladas es muy dispar, sobre todo en las áreas metropolitanas, en zonas vinculadas a los barrios más vulnerables, de difícil acceso, con servicios básicos insatisfechos y problemas de inseguridad. Muchas veces su distribución y acceso hacen que no estén al alcance de sus habitantes y por lo tanto no puedan utilizarse con los fines propuestos. En contraste, los sectores con mayores ingresos, disponen de bosques y otros servicios ecosistémicos que favorecen una mejor calidad de vida, con inversiones paisajísticas y ambientales que no se encuentran en los barrios de la periferia. Disponer de bosques urbanos al servicio de todos, es una deuda a subsanar para disminuir la inequidad ambiental y sus repercusiones sociales (Tovar Corzo G. et al, 2023).

En este contexto planificadores y urbanistas se preocupan por incorporar una cantidad equilibrada y funcional de infraestructura verde a la densa trama de la infraestructura gris de los conglomerados urbanos. De esta manera se pretende sostener ciudades biodiversas, sanas, seguras, limpias y confortables, que inviten a ser habitadas e incluso que puedan producir alimentos.

Rita Gasalla (2024) expresa la necesidad de un nuevo paradigma de ciudad que tenga como prioridad la salud, el bienestar y la seguridad de los ciudadanos en aquellos colectivos más vulnerables como ancianos, niños, discapacitados y personas con movilidad reducida: *Healthy Smart City* o *Ciudades saludables e inteligentes*. Esta propuesta, va más allá de los objetivos de la *Smart City* o Ciudad Inteligente, con la aplicación de las tecnologías de la información, la comunicación y el big data. Mediante el concepto de *biofilia* se procura acercar la naturaleza a los ciudadanos, con efectos positivos y medibles en su salud física y mental, ya que mejoran las condiciones ambientales, embellecen el entorno y favorecen la creatividad e interacción social.

Las nuevas propuestas incluyen diseños de espacios urbanos amplios y accesibles, con zonas peatonales y bicisendas, que favorezcan el ejercicio físico y el encuentro con la familia y amigos. En este sentido, el urbanista de la Universidad de París Carlos Moreno, plantea que el Policentrismo es clave para el diseño de ciudades en América Latina y propone adaptar los centros urbanos en base a la economía y la sostenibilidad, donde todos sus habitantes puedan acceder a los servicios en un radio de 15 minutos a pie o en bicicleta, que por supuesto incluye los bosques y espacios verdes urbanos. Por su parte Cecil Konijnendijk (2021), propone la Regla del 3-30-300 afirmando que para tener una buena salud mental hay que poder observar 3 árboles desde tu ventana, vivir en un vecindario que tenga al menos un 30% de árboles y estar como máximo a 300 metros de un parque o plaza.

Cada vez más, resulta imperioso desarrollar modelos urbanos sostenibles capaces de responder a las crecientes demandas de alimentos y de servicios ecosistémicos básicos. La Asamblea General de las Naciones Unidas adoptó los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) que incluyen muchas de las metas directamente relacionadas con las ciudades (FAO, 2023). En *El Estado de los Bosques del Mundo* (FAO, 2018) se vinculan los bosques urbanos con los objetivos 1, 2, 3, 6, 7, 8, 11, 13 y 15 (Figura 1.1). Si bien en apariencia no hay relación directa con el objetivo 5 de Igualdad de Género, es necesario señalar que históricamente el trabajo en la actividad silvícola en general y en la silvicultura urbana en particular, se asocia principalmente al género masculino, con serias dificultades para la inserción de la mujer. Sin embargo, en los últimos años han aparecido movimientos que constituyen verdaderas redes de alianza de mujeres en la arboricultura, como el grupo MALA (Mujeres en la Arboricultura Latinoamericana) que nació en México y suma mujeres de muchos países de Latinoamérica y el Caribe o las Arboricultoras de Cochabamba en Bolivia.

El objetivo 10 de reducción de desigualdades tiene vínculo directo con los bosques urbanos, ya que se ha demostrado que, en general, las urbanizaciones de mayor poder adquisitivo se asocian a mayor presencia de árboles y espacios verdes. Por lo tanto, una política de desarrollo de bosques que favorezca su presencia en todos los barrios de una ciudad, tiende a reducir las desigualdades entre los habitantes.



Figura 1.1. Objetivos de Desarrollo Sostenible. FAO (2023).

¿Qué es la Infraestructura verde?

La infraestructura verde urbana representa un sistema de espacios y vías verdes que se integran a la fase construida de las ciudades (Benassi, 2015). Constituye una red estratégicamente planificada, diseñada y gestionada para proveer de servicios ecosistémicos y proteger la biodiversidad de los ambientes urbanos y periurbanos (FAO, 2017). La misma está conformada por árboles en veredas, plazas y parques abiertos, techos verdes, canales y humedales, hábitats costeros y jardines urbanos, entre otros.

Los árboles son los elementos estructurales más relevantes de esa infraestructura y conforman los bosques urbanos como elementos organizadores y democratizadores del paisaje (Salvitano y otros, 2016; Benassi, 2015). La adecuada gestión de la infraestructura verde en general y de los bosques urbanos en particular hará ciudades más disfrutables, generando impactos positivos sobre la salud física y mental de sus habitantes (Calaza Martínez, 2017). Priorizar y conservar la infraestructura verde (Tzoulas et al., 2007) en un contexto de cambio climático representa una solución indispensable para lograr ciudades sostenibles. El diseño de soluciones verdes basadas en la naturaleza propone *eco innovaciones* que específicamente promueven la naturaleza como un medio para proporcionar soluciones al cambio climático que propenden a lograr ciudades más habitables y amigables.

¿Qué son los bosques urbanos?

Los bosques urbanos son redes o sistemas que comprenden todos los arbolados, ya sea públicos o privados, en áreas urbanas y periurbanas, constituyendo la espina dorsal de la infraestructura verde y mejorando la huella ambiental de las ciudades (FAO, 2017). Proporcionan innumerables servicios ecosistémicos y beneficios (Figura 1.2 y Tabla 1.1), tanto de provisión

(frutos, semillas, flores, etc.), como de regulación (térmica, erosión) y de tipo cultural (estéticos, cohesión social, científicos).

Servicios de regulación
<ul style="list-style-type: none"> • Regulan las temperaturas extremas a través de la evapotranspiración y de la generación de sombra • Previene la erosión del suelo • Capturan partículas contaminantes • Secuestran y almacenan CO₂ • Atenuan los ruidos molestos • Protegen contra ráfagas de viento • Favorecen el aumento de la biodiversidad a través de la provisión de hábitat para fauna (aves, meso y micro fauna)
Servicios de aprovisionamiento
<ul style="list-style-type: none"> • Pueden suministrar alimentos • Pueden suministrar leña • Pueden suministrar escencias de uso medicinal • Pueden suministrar madera para la construcción, la industria o la elaboración de artesanías, instrumentos musicales, etc.
Servicios culturales
<ul style="list-style-type: none"> • Permiten actividades que promueven la salud física y mental • Promueven el disfrute a través de actividades pasivas u observacionales • Promueven la motivación a la conciencia ambiental • Pueden tener valor histórico • Pueden tener valor de identidad con la comunidad • Aportan a la belleza paisajística • Aportan a la economía a través de la generación de empleo genuino

Figura 1.2. Servicios ecosistémicos brindados por los bosques urbanos. Elaboración propia.

Tabla 1.1. Beneficios de los Bosques Urbanos

Aspectos Urbanos	Beneficios Potenciales de los Bosques Urbanos
Seguridad alimentaria	Suministran alimentos, agua limpia y combustible
Pobreza urbana	Crean empleo y aumentan ingresos
Degradación del suelo y el paisaje	Mejoran propiedades del suelo y controlan la erosión. Fijan cuencas

Biodiversidad	Preservan y aumentan
Contaminación	Remueven contaminantes del aire y hacen de barrera acústica
Emisión de gases de efecto invernadero	Secuestran carbono, mejoran clima local y aumentan resiliencia
Energía	Ahorran energía (sombreado)
Isla de calor	Refrescan el entorno edificado
Salud pública	Mejoran la salud física y mental de los ciudadanos
Inundaciones	Fijan cuencas y mitigan escorrentías
Exposición	Ofrecen refugio
Falta de cohesión comunitaria y social	Favorecen la vida al aire libre y la vinculación

Fuente: (FAO, 2017)

Gestión de Bosques Urbanos en Argentina y el Mundo

El bosque, como recurso de usos múltiples, acompaña al ser humano desde la prehistoria. En un principio, las distintas especies de árboles fueron utilizadas y seleccionadas principalmente por sus frutos y leña. Con el tiempo, el aporte de madera para viviendas, puentes y barcos han determinado, por un lado, los avances del desarrollo de diversas civilizaciones, pero también fuertes impactos en el ambiente. Paralelamente, ha ido creciendo la valoración de los productos forestales no madereros y los servicios ecosistémicos que brindan los árboles y los bosques, como el aporte de productos cosméticos y medicinales, la protección de animales y poblados, y la contribución a la conservación de la fauna silvestre, entre otras.

Según Benito y Palermo (2021), la incorporación de árboles y bosques a las ciudades toma fuerza (al menos en occidente) con el surgimiento de los estados modernos (siglos XV y XVI), que promueven nuevos cánones urbanísticos con avenidas anchas y rectilíneas con el desarrollo de grandes parques y bulevares. En los registros de la época pueden verse árboles seleccionados, alineados y extremadamente podados, imagen que da cuenta de la presencia de profesionales atentos a su cuidado. Más adelante, las innovaciones propuestas en Norteamérica por el movimiento *City Beautiful Movement*, sistemas integrales de parques públicos intercomunicados a través de corredores vegetales, entre 1890 y 1900, dieron lugar a la

instalación planificada, sistemática y paisajística del arbolado urbano en las ciudades industriales, que anticiparon el primer diseño en la línea de la infraestructura verde.

La gestión profesional de los árboles y los bosques en las ciudades se remonta al desarrollo de la Arboricultura y la Silvicultura Urbana. En América, el origen de la silvicultura urbana puede encontrarse en una ordenanza de la ciudad de Filadelfia en 1700, que requirió a los dueños de casas plantar árboles frente a sus puertas. Más adelante, en 1890, el estado de Nueva Jersey aprobó la ley que permite a las comunidades nombrar comisionados de árboles de sombra (*sombra* y *ornamental* eran términos aplicados a los árboles públicos y las tareas asociados con su protección y cuidado). Uno de los primeros usos documentados del término *urban forestry* (silvicultura urbana) se remonta a 1894, en el Informe Anual de la Junta de Comisionados del Parque en Cambridge, Massachusetts. Sin embargo, la mayoría de los profesionales eran autodidactas y provenían del ámbito rural. El término arboricultura fue utilizado por primera vez por Charles Irish en 1932, para diferenciar los conceptos disponibles para el tratamiento del árbol de aquellos asociados a la silvicultura. A mediados de la década de 1960, Erik Jorgensen, Profesor de Patología Forestal en la Universidad de Toronto, acuña el término *urban forestry* (silvicultura urbana), en referencia no sólo a los árboles de la ciudad o al manejo de un solo árbol, sino al manejo de los árboles en toda el área influida y utilizada por la población urbana (Benito y Palermo, 2021).

La silvicultura urbana y periurbana va más allá de plantar o podar árboles. Los bosques urbanos y periurbanos son parte de los ecosistemas socio-ecológicos con múltiples escalas que brindan una gama de beneficios e implican gastos (Calaza Martinez et al., 2018). Por ello, actualmente la gestión de los bosques urbanos debe realizarse con un enfoque integrado, interdisciplinario, participativo y estratégico de planificación y gestión, englobando la evaluación, planificación, plantación, mantenimiento, preservación y monitoreo (FAO, 2017).

La situación de los bosques urbanos en el mundo es muy diversa, así como las herramientas y recursos asignados a su estudio y manejo. Como venimos diciendo, en las últimas décadas ha crecido el valor que las sociedades le dan a la presencia de espacios verdes y bosques urbanos en las ciudades. En este contexto, contar con algún tipo de diagnóstico de la infraestructura verde o con un censo forestal urbano es importante a la hora de tomar decisiones de planificación. Sin embargo, por una cuestión de costos o las dificultades para formar equipos técnicos capacitados, son pocos los distritos que cuentan con estas herramientas de gestión y muchas veces solo las grandes ciudades disponen de la capacidad técnica y económica para sostenerlas en el tiempo. Por un lado, en ciertas regiones de Europa y de América del Norte que presentan un crecimiento urbano estable y ordenado, se desarrollan políticas específicas, mecanismos de financiamiento y de toma de decisiones que permiten el incremento de las áreas verdes en las ciudades. Como contraparte, en el África Subsahariana, se han dado por años mecanismos de reforestación urbana más autogestivas, impulsados principalmente por las mujeres, debido a que los árboles cobran significados vinculados a valores culturales y espirituales. En Latinoamérica, a pesar del acelerado y complejo crecimiento de las ciudades, algunos casos emblemáticos en la gestión de los bosques urbanos lo constituyen la ciudad de Guadalajara en México con su Agencia

Metropolitana de Bosques Urbanos, la ciudad de Bogotá, Colombia (Tovar Corzo, 2006) y las ciudades de Curitiba, Maringá, El Salvador y Brasilia en Brasil (Brun F., 2024 comunicación personal). En Argentina, ciudades como Mendoza y Rosario son reconocidas por sus bosques y cierta continuidad de gestión.

La distinción *Tree Cities of The World* o *Ciudades arboladas del Mundo* promueve el cumplimiento de metas que permiten que la ciudad que aplique sea reconocida cada año. Este programa fue creado por la FAO y la fundación Arbor Day y en 2023 la Ciudad de Buenos Aires fue reconocida con este galardón.

Marco normativo para la protección y manejo de Bosques Urbanos

El Acuerdo de Escazú es el primer gran tratado ambiental de América Latina y el Caribe. Entró en vigor el 22 de abril de 2021 y aborda los derechos a vivir en un ambiente sano, al acceso a la información ambiental, a la participación en la toma de decisiones ambientales y al acceso a la justicia en temas ambientales, por lo que es un verdadero tratado de derechos humanos (CEPAL 2022). A pesar de estos avances, el marco normativo vinculado específicamente a los bosques urbanos se encuentra fragmentado y atomizado en estos países, sin leyes nacionales que integren el tema y lo positionan al nivel de los planes forestales nacionales (Tovar Corzo et al., 2023).

En lo relativo a los ambientes boscosos, Argentina cuenta con normas que los regulan, promueven y protegen, como la Ley de Defensa a la Riqueza Forestal (13.273), la ley de presupuestos mínimos de protección ambiental de los Bosques Nativos (26.331) y la ley de promoción forestal para bosques cultivados (25.080). Sin embargo, aún no se ha dictado una ley Nacional que regule específicamente a los bosques en ámbitos urbanos (Scarselletta y otros, 2021). Han sido las provincias las que han sancionado normas al respecto, pero de veinticuatro jurisdicciones, sólo nueve poseen desarrollos regulatorios (Scarselletta y Craig, 2021). En orden cronológico la que estuvo a la vanguardia fue Mendoza, cuya ley de Arbolado público data de 1952 (actualizada en 2008); luego se fueron sumando Salta (1982), Santa Fe (1983 y 2019), San Juan (1984 y 2005), Buenos Aires (1999), San Luis (2004), CABA (2009) y Tucumán (2017).

A pesar de lo anterior y dado que la gestión de los bosques urbanos es responsabilidad de los gobiernos locales, cada municipio dictamina sus propias ordenanzas, en línea con las normas provinciales, si existen. Sin embargo, los procesos de gobernanza son muy complejos ya que se repiten organigramas funcionales en los gobiernos municipales que son difíciles de aplicar y donde las responsabilidades en muchos casos se yuxtaponen. Es así que la gestión de los bosques urbanos puede recaer en áreas ambientales, de obras o servicios públicos, de espacios públicos, o bien en varias al mismo tiempo. A su vez son escasos los ejemplos de un proceso de gobernanza que incluya la participación ciudadana en la toma de decisiones. Esto constituye un problema, porque si bien la responsabilidad de la gestión es del Municipio, muchas veces son los vecinos los que suelen plantar árboles de vereda, además de realizar riegos y podas sin mayor planificación o asesoramiento técnico (Craig y Scarselletta, 2023).

Viejos mitos y nuevos paradigmas vinculados a la gestión de los bosques urbanos

Aquellos que han trabajado en la gestión del arbolado o la infraestructura verde urbana, se han encontrado muchas veces con afirmaciones o creencias que se han transformado en prácticas aceptadas por la comunidad (y a veces también por profesionales con poca formación específica) sin una base científica sólida.

A continuación, mencionaremos algunos de esos mitos, argumentando sobre su falsedad o inexactitud, que nos servirán de ejercicio para fundamentar mejor los paradigmas sobre los que basaremos la gestión sostenible de bosques urbanos.

- Los árboles de las ciudades aportan el oxígeno necesario para subsistir

El impacto de los bosques urbanos en el balance de oxígeno y dióxido de carbono en la atmósfera es muy bajo en relación a sus verdaderos responsables: el fitoplancton de los mares, selvas, bosques nativos y bosques cultivados (Dezzotti, 2022). Sin embargo, son importantes a la hora de estimar la capacidad de brindar servicios ecosistémicos de regulación microclimática: la sumatoria de las copas de los árboles (canopeo) es capaz de contrarrestar el efecto de la isla de calor urbana a través de la intercepción solar y la evapotranspiración.

En las últimas décadas, el crecimiento de las ciudades, el uso de materiales constructivos inadecuados y el mayor uso de equipos de refrigeración, entre otros, han provocado el efecto llamado *isla de calor* por el cual las temperaturas de los centros urbanos pueden ser hasta 10 grados centígrados superiores a los de la periferia. El resultado es la disminución de la temperatura de las superficies y del aire por debajo de los árboles, tanto mayor cuanto más grandes y densas sean sus copas (Grau y Kortsarz, 2012) (Figuras 1.3 y 1.4).

El calor aumenta las enfermedades cardiovasculares y respiratorias, impide la concentración, eleva los accidentes laborales y la mortalidad (Gasalla, 2024). Pero, además, las hojas son capaces de retener partículas en suspensión, disminuyendo la contaminación atmosférica. Esas partículas, que pueden provocar alergias y otras enfermedades, son descargadas de la superficie foliar a través de las lluvias, recuperando la capacidad de carga de los árboles para retenerlas.

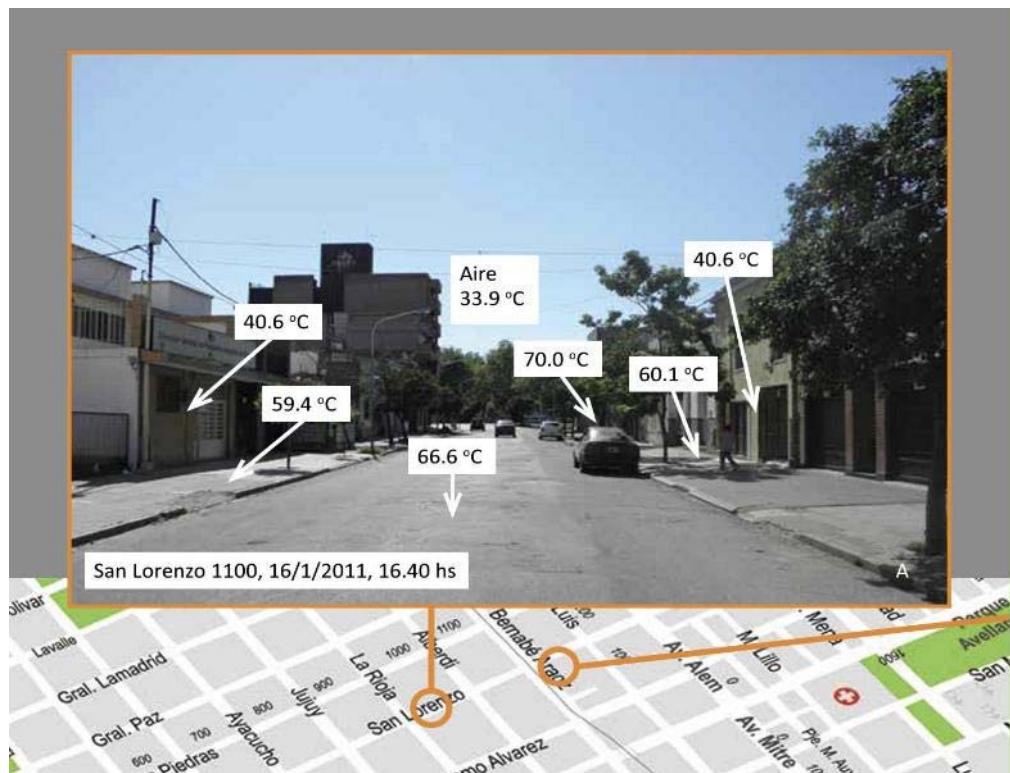


Figura 1.3. Temperatura del aire y las superficies en la trama urbana de Tucumán sin árboles. Fuente: Grau y Kortsarz. Guía de Arbolado de Tucumán (2012).

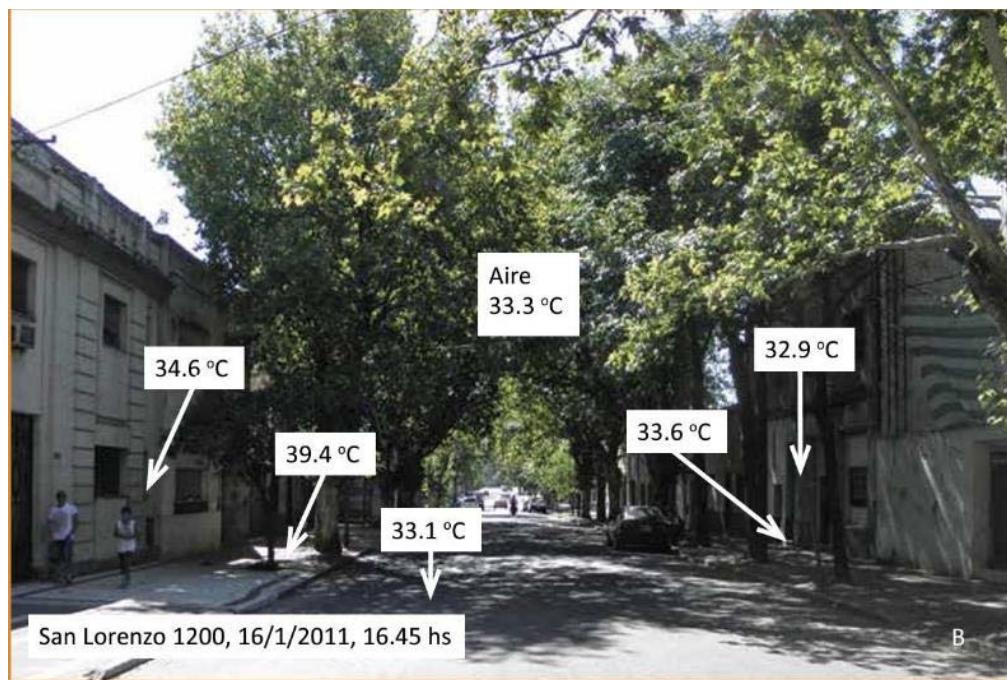


Figura 1.4. Temperatura del aire y las superficies en la trama urbana de Tucumán con árboles. Fuente: Grau y Kortsarz. Guía de Arbolado de Tucumán (2012).

- **Plantar árboles en las ciudades es una buena práctica pero se**

Plantar árboles en veredas y espacios verdes es siempre una actividad que tiene buena prensa. Sin embargo, no planificar adecuadamente la especie a utilizar para cada sitio, puede generar una serie de perjuicios (o diservicios) en el mediano y largo plazo. Por ejemplo: árboles adultos demasiado grandes para el espacio disponible pueden romper veredas, interceptar otros servicios públicos (alumbrado, semáforos o cables), o transformarse en árboles peligrosos por la probabilidad de caída o fractura de grandes ramas. A su vez, en los últimos años ha tomado relevancia el interés por plantar especies nativas (Figura 1.5). Su incorporación puede ser interesante, siempre que colabore a aumentar la biodiversidad y los servicios del bosque urbano.



Figura 1.5. Uso de especies nativas en el arbolado urbano. Lapacho blanco (*Tabebuia roseo-alba*) plantado en avenida sobre vereda jardín amplia en la ciudad de Colón, Provincia de Buenos Aires.

- **Es mejor y más prolífico plantar árboles sobre canteros elevados**

En muchos países de Latinoamérica observamos en parques públicos o veredas, árboles plantados en cazuelas, planteras o canteros elevados sobre el nivel del suelo, que adicionalmente y con frecuencia, son de dimensiones reducidas. La impermeabilización del suelo alrededor del árbol dificulta la captación de agua y el intercambio gaseoso de las raíces. Por añadidura, si el cantero es elevado, se pierde la posibilidad de captar agua de escorrentía. A

medida que el árbol crece y si el cantero está mal dimensionado, las raíces suelen romperlo buscando agua y oxígeno (Figura 1.6). En ese proceso el árbol pierde anclaje y aumenta su riesgo potencial.



Figura 1.6. *Ficus sp.* en Jalisco, México, con plantera destruida por sus raíces.

- Las podas intensas y frecuentes generan árboles más sanos

La mayoría de los pueblos y ciudades han heredado un arbolado maltratado por podas excesivas, frecuentes y sin criterio, que han destruido la estructura natural de los ejemplares, disminuyendo su vigor. Es muy común observar árboles urbanos que se parecen más a árboles frutales formados en “vaso”, con una acumulación de heridas mal cerradas y pudriciones del leño que en consecuencia los hacen más frágiles ante tormentas (Figura 1.7). Este concepto o estilo de poda puede vincularse a muchos inmigrantes que aportaron las prácticas aprendidas por sus padres y abuelos en el continente europeo, donde la producción de árboles frutales cobró relevancia. Es importante seguir insistiendo en que la mejor poda es la que no se realiza, para enfatizar la idea de que esta práctica es una herramienta de adecuación del árbol al espacio urbano, respetando su fisiología y su arquitectura (Reyes, 2011).



Figura 1.7. Plátanos con signos de poda intensas y frecuentes, con efectos negativos visibles sobre su vigor y sanidad. Plaza Marqués de Sobremonte, Merlo, San Luis, 2024. Fuente: propia.

- **Pintar los troncos con cal mejora el control de plagas y enfermedades**

El blanqueado del tronco de los árboles se realiza aún en muchas partes del mundo, especialmente en reparticiones militares y policiales, como una práctica de manejo que se asocia a la prolividad y la sanidad de los ejemplares. Aparentemente se trata de una herencia de la fruticultura de las zonas frías, donde puede ayudar a los árboles recién plantados, injertados o podados a protegerse de los cambios bruscos de temperatura a finales del otoño e invierno. Actualmente se puede utilizar látex al agua con agregado de repelente para liebres, para proteger la corteza de árboles jóvenes.

Sin embargo, el uso de cal en árboles urbanos puede ser perjudicial, ya que, en suelos neutros o alcalinos, su lixiviado puede elevar el pH y generar la enfermedad conocida como *clorosis inducida por cal*. A su vez, en tallos jóvenes y verdes, el blanqueo disminuye la fotosíntesis y obstruye las lenticelas, lo que dificulta el intercambio gaseoso del tronco.

Por otra parte, no hay evidencia clara de que el encalado disminuya el ataque de plagas y enfermedades y sin duda enmascara la belleza y diversidad de tonalidades y texturas de las cortezas. Actualmente hay consenso entre silvicultores y arboristas de que se trata de una práctica desaconsejada (Pire, 2011).

- **Extraer árboles urbanos es una mala práctica por se**

En la mayoría de las ciudades la extracción de ejemplares suele despertar preocupación de vecinos/as y organizaciones barriales. Sin embargo, muchas veces responden al reemplazo de ejemplares peligrosos, que, en el mejor de los casos, se realizan en el marco de programas de gestión del riesgo. El objetivo de una buena gestión es lograr un arbolado sano y seguro, maximizando los servicios ecosistémicos del bosque urbano y minimizando el riesgo. Eso implica extraer ejemplares que hayan cumplido su vida útil o bien aquellos que por mal manejo hayan incrementado sus probabilidades de fractura o caída (Calaza Martínez e Iglesias Díaz, 2016).

En síntesis, no podemos perder de vista que la ciudad es un ambiente artificial y antropizado, cuyas condiciones de sitio pueden ser muy diferentes a las del entorno natural de un árbol. Estamos instalando un bosque cultivado en la infraestructura urbana.



Figura 1.8. Plátano muerto en plaza Marqués de Sobremonte, Merlo, San Luis. Fuente: propia.

En la Figura 1.8 podemos observar un ejemplar de Plátano muerto en una plaza con turistas y vecinos alrededor, que debe ser extraído inmediatamente por el riesgo que implica. La responsabilidad legal por los daños ocasionados a personas y bienes es del Municipio.

Bases para la Gestión Sostenible de Bosques Urbanos

Hace años que el sistema científico-tecnológico viene desarrollando respuestas para la gestión sostenible del bosque urbano. Aunque los mayores avances se dieron en países desarrollados, también en Argentina y América latina las universidades e institutos de investigación han avanzado en alternativas para el diagnóstico y el manejo del arbolado. Sin embargo, cuando recorremos los pueblos y ciudades de todo el país, encontramos situaciones muy disímiles. En algunos casos, hemos encontrado bosques saludables con adecuado manejo y en muchos otros hemos visto baja diversidad y frecuencia de árboles, con una manifiesta ausencia de criterio técnico en su manejo, a menudo acompañado de gastos innecesarios para las comunas. Por otro lado, la desigualdad social que existe respecto a los servicios ecosistémicos que reciben los barrios de mayores recursos versus los más vulnerables, es una deuda que como sociedad debemos afrontar.

En este punto queremos señalar resumidamente algunos paradigmas sobre los que proponemos basar la gestión sostenible de los bosques urbanos, que serán abordados más ampliamente en los siguientes capítulos:

- **Enfoque sistémico e interdisciplinario:** el árbol como parte del bosque y de la infraestructura verde urbana, sin perder de vista su distribución en los nodos y corredores verdes, teniendo en cuenta la accesibilidad y calidad de estos espacios en la trama urbana. Es importante que para poder planificar y gestionar los bosques urbanos podamos contar con enfoques desde distintas profesiones y escalas, como la de arboristas, silvicultores y urbanistas.
- **Ciudades biodiversas:** una mayor cantidad de especies presentes genera bosques más estables y resilientes. Un criterio recomendado es que una especie no supere el 10% en el total del arbolado (Santamour, 1990). Es aquí donde la incorporación de especies nativas puede generar un valioso aporte.
- **Ciudades saludables e inteligentes:** muchas ciudades en el mundo, sobre todo en Asia, han avanzado con herramientas tecnológicas que les permiten a los ciudadanos acceder a información al instante y a espacios que favorecen su salud y bienestar.

Faggi (2018) señala que en las últimas décadas las zonas verdes se han convertido en espacios para la promoción de hábitos saludables, así como para la educación ecológica y el fomento de las actividades físicas y culturales.

Respecto de la salud mental, han surgido nuevas iniciativas cada vez más valoradas por la ciudadanía. En Japón, nació en 1980 como respuesta a la alta tasa de suicidios, el Shinrin yoku o *Baño de Bosque*, que debido al efecto que ocasiona en las personas se convirtió en un Plan Nacional con parques destinados a realizar recorridos por el bosque, con médicos y guías donde se utilizan todos los sentidos. Se disfruta de un entorno natural y del bosque, y está demostrado que disminuyen el estrés, mejoran la salud psíquica, bajan la presión arterial y generan células anticancerígenas, entre otros efectos benéficos.

Otro ejemplo es *Pajariando*, programa organizado para la observación de aves libres en los humedales de la ciudad de Bogotá (Colombia). Es una actividad que permite prestar atención sin esfuerzo, lo que conduce a la restauración mental (Tovar Corzo, 2023).

Aunque claramente se ha dado un giro a favor de las acciones que utilizan los espacios verdes para la recreación activa y pasiva, aún se necesitan medidas objetivas e investigación epidemiológica para convertir estas observaciones en evaluaciones fácticas que influyan en el desarrollo de políticas de salud pública en nuestras ciudades (FAO, 2023).

- **Ciudades diseñadas con soluciones basadas en la naturaleza:** en un contexto de incremento de la vulnerabilidad de las ciudades cada vez más pobladas, el concepto de *ciudades diseñadas en soluciones basadas en la naturaleza* funciona de marco para que respondan al cambio climático y a los desafíos de la superpoblación. Las soluciones basadas en la naturaleza son definidas como “acciones para proteger, gestionar en forma sostenible y restaurar ecosistemas naturales o modificados, que generen cambios efectivos y adaptaciones, y que provean bienestar y biodiversidad a sus habitantes” (Gajjar S, 2020).
- **Ciudades comestibles:** En Europa y otros países del Mundo se han incluido numerosas especies comestibles en el diseño de los bosques urbanos, que permiten que los ciudadanos se alimenten de dichas especies y aporte a la seguridad alimentaria. Un ejemplo lo constituye Dinamarca, país reconocido por su compromiso con la conservación y la sostenibilidad, que ha diseñado un programa nacional de ciudades comestibles donde todos sus habitantes pueden cosechar plantas frutales y consumirlas. *VILD MAD* es una plataforma diseñada para que los ciudadanos conozcan las especies que hay en las ciudades, si son comestibles y cómo cocinarlas.
- **Diagnósticos e inventarios del recurso arbóreo en forma continua:** actualmente hay herramientas tecnológicas disponibles de uso libre y gratuito que permiten realizar relevamientos o censos del arbolado con distinto nivel de detalle. Imágenes satelitales, Sistemas de Información Geográfica y aplicaciones de celular, permiten evaluar el tamaño y la distribución de la mancha verde urbana, la cobertura de copas, la cantidad de árboles por barrio o localidad, su estado y el riesgo potencial por zona o individuo. El nivel de detalle que se pueda lograr en tiempos razonables para una gestión, dependerá de la capacidad técnica y económica del municipio y de su articulación con instituciones de sector científico-académico u otras organizaciones locales.
- **Uso de especies adecuadas a cada situación:** es conocida en el ámbito de la silvicultura urbana la premisa “el árbol correcto en el sitio correcto”. Según se trate de veredas, plazas, parques o corredores verdes, seleccionaremos las especies según su tamaño adulto, arquitectura de sus raíces y su copa y tecnología de su madera (resistencia a la fractura). Nos interesan aquellas adaptadas al sitio de cultivo, con una arquitectura que permita incorporarla a la ciudad, con buena sanidad, con velocidades de crecimiento moderadas y relativamente longevas.

Ya hace varias décadas, por impulso de organizaciones ambientales e instituciones académicas, viene creciendo el uso de especies nativas en los bosques urbanos. Sin embargo, es importante definir las ecorregiones a las que pertenecen las especies elegidas y las posibilidades de adaptación a ambientes urbanos. En definitiva, se propone priorizar la elección de especies nativas de la región en la que estamos trabajando, siempre y cuando se adecuen al espacio y la función que necesitamos que cumplan.

- **Técnicas y densidades de plantación adecuadas:** se recomienda plantar a nivel, sobre vereda jardín o solados porosos, en lugares amplios y con buena calidad de suelo, que permitan el intercambio de aire y agua con las raíces. Además, la tendencia es disminuir la densidad de plantación (mayor distancia entre plantas), ya que genera ejemplares menos esbeltos y más resistentes al viento. Plantar denso sobre suelos impermeabilizados genera árboles más susceptibles a enfermedades y al vuelco.
- **La poda como herramienta de adecuación al espacio urbano:** realizar podas poco frecuentes y leves a moderadas, cuando sea estrictamente necesario. Respetar la arquitectura natural del árbol, que en general garantiza mayor resistencia a la fractura de ramas y troncos.
- **Maximizar los servicios ecosistémicos:** la máxima expresión de los servicios ambientales en los bosques urbanos se da con árboles grandes, con buena cobertura de copas, que intercepten la mayor cantidad posible de radiación solar y de partículas contaminantes, a la vez que sean hospederos de biodiversidad.
- **Gestionar el riesgo:** la caída de árboles y la fractura de grandes ramas con posibles daños a personas y bienes son fenómenos estadísticamente poco significativos. Un bosque urbano con árboles grandes, pero mal manejados, puede incrementar la cantidad de árboles peligrosos. Por ello, seleccionar bien las especies, utilizar técnicas de plantación adecuadas y realizar podas racionales colaboran con el establecimiento de un arbolado sano y seguro, con bajo riesgo potencial. Especialmente desde la década de 1990, se han desarrollado métodos visuales y técnicas instrumentales de Evaluación del Riesgo que permiten realizar diagnósticos relativamente certeros que ayudan a decidir si un árbol debe ser extraído o puede ser conservado. Solo por mencionar algunos: método VTA de Mattheck y Breloer (1994), actualizado en 2015; método USA de Matheny y Clark (1994); método USDA (2003) de Jill Pokorny; método TRAQ o BMP (2011) de Smiley y otros, es una actualización del método USA, que actualmente es el oficial de la Sociedad Internacional de Arboricultura (ISA) (Calaza Martínez, 2019). El tema de evaluación y gestión del riesgo se trata en un capítulo del presente libro.
- **Valoración de los bosques urbanos y sus servicios ecosistémicos:** Valorar los bosques es una herramienta necesaria para reconocer todos los aportes, servicios y diservicios y ponerlos a disposición de los gestores de bosques urbanos, y de decisores y políticos.

Existen numerosos métodos de valoración como la Norma Granada, que tiene en cuenta distintos factores que otorgan valor a las plantas, como paisajísticos, ambientales, sociales, culturales, etc. La valoración está íntimamente relacionada con la gestión del riesgo. Otros modelos de valoración a escala regional fueron realizados en Chile por Ponce Donoso M, y Vallejos Barra O., 2016.

- **Bonos de carbono y Huella cero de carbono:** Los bonos de carbono son un mecanismo de lucha contra el cambio climático propuesto inicialmente en el Protocolo de Kyoto (1997) y la enmienda de Doha (2012). Los proyectos vinculados a los bonos de carbono buscan reducir el CO₂ de la atmósfera capturando o evitando más emisiones de gases de efecto invernadero.
- **Profesionalizar el sector de la arboricultura urbana:** en el mundo, algunas ONGs como la ISA (*International Society of Arboriculture*) de Estados Unidos han generado capacitaciones para profesionalizar la actividad de los arboricultores. Numerosas Universidades también dictan cursos y capacitaciones que permiten que tanto gestores como arboricultores puedan mejorar sus conocimientos y actualizarse profesionalmente. En Argentina, los cursos de Arbolado Urbano son abordados por lo general como asignaturas extracurriculares u optativas en las Universidades. Formar equipos técnicos sólidos e interdisciplinarios y capacitar al personal de campo suele hacer la diferencia de lo que observamos como gestiones ordenadas de la infraestructura verde en territorio.
- **Inclusión de las mujeres en la arboricultura urbana:** el trabajo en la arboricultura por lo general estuvo asociado históricamente al género masculino. Es una deuda pendiente lograr incluir a la mujer, permitiendo acceder a trabajos en forma igualitaria, con los mismos salarios y reconocimiento. Existe un grupo conformado como red llamado MALA (Mujeres arboristas de Latinoamérica) que comparten experiencias y desafíos.
- **Redes de trabajo Latinoamericano y Mundial de Bosques Urbanos:** en 2018 se realizó el Primer Foro Mundial de Bosques Urbanos en la ciudad de Mantova, Italia. A partir de allí, se armaron redes de trabajo y colaboración en todo el mundo y por regiones. En 2023, se realizó el segundo Foro Mundial de Bosques urbanos en la ciudad de Washington, Estados Unidos.

Regionalmente se han realizado tres foros Latinoamericanos en Perú, Colombia y México (Figura 1.9), que permiten compartir conocimientos, planificar en equipo, armar redes de colaboración y de trabajo.

En 2022, la Asociación Civil de Arboricultura de Argentina organizó en Bahía Blanca, en conjunto con el Municipio y la Universidad Nacional del Sur, el V Congreso Nacional de Arbolado Urbano y I Congreso Nacional de Arboricultura y Bosques Urbanos, retomando un camino de organización de los profesionales y gestores del sector en nuestro país.



Figura 1.9. Participantes del Tercer Foro Latinoamericano y del Caribe de Bosques Urbanos

Agradecimientos

A la Universidad Nacional de Luján, nuestra segunda casa, y en particular al Departamento de Tecnología por acompañar y financiar proyectos y actividades. A Simone Borelli y Michela Conigliaro (FAO) y los apasionados de los árboles urbanos que conformamos el Foro Latinoamericano y del Caribe de Bosques Urbanos, con quienes proyectamos y soñamos un futuro más verde e inclusivo para todos y todas.

Bibliografía

- Banco Mundial (2020). Indicadores de Desarrollo Mundial 2020. Población urbana (% del total) - Argentina. <https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.URB.TOTL.IN.ZS>
- Benassi, A. (2015). Ciudad Botánica: oasis del desierto urbano. (1^a ed.). La Plata: El autor.
- Benito, G. y Palermo Arce, M. (2021). El árbol en la ciudad: Manual de arboricultura urbana. 1a edición - CABA: Editorial Facultad de Agronomía.
- Borelli, S., Conigliaro, M., Di Cagno, F. (2023). Urban forests: a global perspective. Rome. <https://www.fao.org/documents/card/en?details=cc8216en>
- Brun, F. (2024). Comunicación personal
- Calaza Martínez, P. e Iglesias Díaz, M.I. (2016). El riesgo del arbolado urbano. Contexto, concepto y evaluación. Madrid: Mundi-Prensa.
- Calaza Martínez, P. (2017). Infraestructura verde. Sistema natural de salud. Madrid: Mundi-Prensa.

- Calaza Martínez, P. (2019). Los orígenes de la evaluación de riesgo y su práctica profesional. Revista PARJAP. N° 92, 32-41.
- CEPAL 2022. Acuerdo regional sobre el acceso a la información, la Participación pública y el acceso a la justicia en asuntos ambientales en América Latina y El Caribe. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=423941362011>
- Craig E. y Scarselletta A. (2021). Regulatory advances and social perception of the ecosystem services provided by urban forests in the Municipality of Lujan, Province of Buenos Aires, Argentina. *Ecosystem and cultural services: Environmental, legal and social perspectives in Argentina*. Eds. Sebastián Valverde y Clara Minaverry. Springer.
- Craig E., Scarselletta A., Minaverry C y Pocaressi M. (2023). Local governance models about community participation in Buenos Aires, Argentina. Second World Forum of Urban Forests. Washington DC.
- Cucciupo, E., Scarselletta, A y Tonello, M.L. (2022). Gestión Sostenible de Bosques Urbanos: nuevos paradigmas y responsabilidades compartidas. Revista MDA. 3(4): 13-19.
- Dezzotti, A. (2022) El bosque, el “pulmón” del planeta y el oxígeno que respiramos. Argentina Forestal. Recuperado de: www.argentinaforestal.com/2022/05/29/el-bosque-el-pulmon-del-planeta-y-el-oxigeno-que-respiramos/
- Faggi, A. (2018). ¿Influyen los espacios verdes en nuestra salud? Arkhe 4, 73-75.
- FAO (2018). El Estado de los Bosques del Mundo. Roma: FAO. <https://www.fao.org/documents/card/es?details=I9535ES>
- Gajjar, S. (2020). Nature-Based Solutions to Climate Change in Coastal Cities. South African Institute of International Affairs. JSTOR, <http://www.jstor.org/stable/resrep28383>. Consultado 1 Mar. 2024.
- Gasalla, R. (2024). Healthy Smart Cities, Humanizar las Ciudades del futuro. Revista Ciudad Sostenible. Nro 49. <https://www.ciudadssostenible.eu/healthy-smart-cities/>
- Grau, A. y Kortsarz, A.M. (Editores) (2012). Guía de Arbolado de Tucumán. - 1a ed. - Tucumán: Universidad Nacional de Tucumán. <http://www.guiadearbolado.com.ar/>
- Konijnendijk, C. (2021). The 3-30-300 rule for urban forestry and greener cities. Biophilic cities journal. www.researchgate.net/publication/353571108_The_3-30-300_Rule_for_Urban_Forestry_and_Greener_Cities
- Pire, E. (2011). El blanqueado del tronco de los árboles. Agromensajes 32. Facultad de Ciencias Agrarias, UNR.
- Ponce Donoso, M. y Vallejos Barra, O. (2016). Valoración de árboles urbanos, comparación de fórmulas. Revista Facultad de Ciencias Agrarias, UNCUYO. <https://bdigital.uncu.edu.ar/8697>
- Reyes, H. (2011). La Poda como Herramienta de Adecuación del Árbol al Espacio Público. Trabajo presentado en el I Congreso internacional de arbolado urbano: El árbol como protagonista del paisaje cultural. Asociación Chilena de profesionales del paisaje (ACHIPPA), Santiago de Chile.
- Salbitano, F., Borelli, S., Conigliaro, M. y Chen, Y. (2017). Directrices para la silvicultura urbana y periurbana. Estudio FAO: Montes N° 178. Roma: FAO. <https://www.fao.org/documents/card/en?details=6a12f562-589e-4cdb-aa28-d3c9c969ef8c>

- Santamour, F.S.Jr. (1990). Trees For Urban Planting: diversity, uniformity and commonsense. 7th Conference of the Metropolitan Tree Improvement Alliance(METRIA). Lisle (IL), 11-12 jun. p. 57-65.
- Scarselletta, A., Minaverry, C., Pocaressi, M., López y Cucciuffo, E. (2021). Mecanismos legales para la protección ambiental de los bosques urbanos en cuatro municipios de la provincia de Buenos Aires. Papeles del Centro de Investigaciones, Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales. UNL, Santa Fe, República Argentina. 11(22), 13-28. DOI: <https://doi.org/10.14409/P.V10I21.9862>
- Scarselletta, A., Craig, E. B. y Minaverry, C. M. (2023). Identificación de estrategias jurídicas para la protección de relictos de *Celtis ehrenbergiana* (tala) en los bosques urbanos del partido de Luján, provincia de Buenos Aires, Argentina. Posición. Revista Del Instituto De Investigaciones Geográficas, (10), 1-12. Recuperado a partir de <https://posicion-inigeo.unlu.edu.ar/posicion/article/view/188>
- Tovar Corzo, G. (2006). Manejo del arbolado urbano en Bogotá. Colombia Forestal, 9(19),187-205. [fecha de Consulta 6 de marzo de 2024]. ISSN: 0120-0739. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=423941362011>
- Tovar Corzo, G., López, G., Lima Pedreira, O., Craig, E. y Scarselletta, A. (2023). Urban Forests: A global perspective. Chapter Urban Forests: a perspective from Latin America and the Caribbean. ED. FAO by Borelli S., Conigliaro M., Di Cagno F. <https://doi.org/10.4060/cc8216en>
- Tzoulas, K., Korpela, K., Venn, S., Yli-Perlkonen, V., Kazmierczak, A., Niemela, J. y James, P. (2007). Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure: A literature review. Landscape and urban planning, Elsevier. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169204607000503>

CAPÍTULO 2

Gestión del Bosque Urbano

Sebastián Galarco y María Laura Tonello

Un plan de gestión es el instrumento de planificación estratégica que contiene las directrices necesarias para orientar la gestión (manejo y administración) del área (en este caso un Bosque Urbano) y para su seguimiento y evaluación.

El plan de gestión² (PG) del Arbolado Urbano (AU) o del Bosque Urbano (BU) debe resumir las directrices generales y específicas para el conjunto de la arboleda, incluyendo parámetros de sostenibilidad, funcionalidad y racionalidad, definiendo el estado ideal del arbolado, su composición y el modelo de gestión a conseguir, los usos, y los aspectos relacionados a la comunicación, divulgación y educación entre la población. Una gestión eficaz implica comprender cuál es el abanico de medidas y acciones necesarias para que el BU sea sostenible.

El Bosque Urbano (BU)

El término bosque urbano, que si bien en algunas ciudades se lo ha utilizado como sinónimo del arbolado urbano, conceptualmente no se aplica con la correspondencia significativa del bosque, no es un mero conjunto de árboles.

Aunque existen distintas definiciones de bosque urbano, entendemos que la enunciada por el gobierno puertorriqueño en su ley de bosques: *“comunidad biológica dominada por árboles, incluyendo la fauna asociada, que se encuentran dentro de la zona urbana de una ciudad o pueblo, incluyendo las áreas de transición urbana rural”* (1999, Estado Libre Asociado de Puerto Rico) es una de las más acertadas.

La funcionalidad de los árboles en el ecosistema urbano es fundamental, y va mucho más allá de simplemente dar sombra o ser un ornamento. Los BU resultan en una ganancia neta para la biodiversidad y la integridad de los ecosistemas. El bosque urbano como sistema integrado contribuye a la resiliencia y sostenibilidad de las ciudades y mejora la huella ambiental de las mismas. El BU presenta un marcado potencial como medida de adaptación y mitigación al cambio climático.

² Para el resto del capítulo asimilaremos el término Plan de Gestión a Plan de Manejo.

Gestión del Arbolado Urbano (GAU) como disciplina

La Gestión del Arbolado Urbano (GAU) es la disciplina del conocimiento que se preocupa del fomento y la conservación de los árboles en la ciudad, utilizando un enfoque que se centra en el árbol individual (Del Pozo Donoso, 2019). Otro autor define la GAU como el conjunto de actuaciones administrativas, estratégicas y ejecutivas que deben realizarse para lograr un arbolado que contribuya al bienestar fisiológico, sociológico y económico de la sociedad urbana, todo ello con una disponibilidad económica limitada (Villagrán, 2001).

Se trata de una disciplina relativamente nueva y aunque los mayores avances se dieron en países desarrollados, en nuestro país, en los últimos años, diferentes organismos de educación superior comenzaron a brindar distintas capacitaciones en el tema. Desde hace un par de décadas, el sistema científico-tecnológico ha trabajado en el desarrollo de respuestas para la gestión sostenible del bosque urbano, avanzado en alternativas para el diagnóstico y el manejo del arbolado. En contraste, se encuentran situaciones muy variadas en pueblos y ciudades del país: algunas administraciones municipales o departamentales donde se disfrutan bosques urbanos saludables con adecuado manejo, y en mucha mayor proporción, otros bosques urbanos de baja diversidad y frecuencia de árboles, con ausencia de criterio técnico en su manejo.

Es importante remarcar algunas cuestiones que deberían incorporarse al proyectar la gestión sostenible del bosque urbano:

- *Considerar un enfoque sistémico*: el árbol como parte del bosque y de la infraestructura verde urbana. Aquí interesa el cuidado de cada árbol individual, sin perder de vista su distribución en los nodos y corredores verdes, teniendo en cuenta la accesibilidad y calidad de estos espacios en la trama urbana (modificado de Cucciupo et al., 2022).
- *Diagnosticar el recurso arbóreo*: existen herramientas tecnológicas de fácil acceso que permiten realizar relevamientos o censos del arbolado. El nivel de detalle que se pueda lograr en tiempos razonables para una gestión, dependerá de la capacidad técnica y económica del municipio, y de su articulación con instituciones de sector científico-académico u otras organizaciones locales (modificado de Cucciupo et al., 2022).
- *Aumentar la biodiversidad*: una mayor cantidad de especies presentes genera bosques más estables y resilientes. Un criterio recomendado es que una especie no supere el 10% del total de individuos del arbolado (Santamour, 1990; 2022, modificado de Cucciupo et al., 2022).
- *Seleccionar especies adecuadas* en función del espacio disponible, aquellas adaptadas al sitio de cultivo, con buena sanidad y bien formadas en vivero.
- *Gestionar el riesgo*: desde la década de 1990 se han desarrollado métodos visuales y técnicas instrumentales de Evaluación del Riesgo que permiten realizar diagnósticos relativamente certeros que ayudan a decidir si un árbol debe ser extraído o puede ser conservado.

Para afianzar la aplicación de estos paradigmas resulta imperiosa la profesionalización de la tarea. Formar equipos técnicos sólidos e interdisciplinarios y capacitar al personal de campo suele hacer la diferencia de lo que observamos como gestiones ordenadas de la infraestructura verde en territorio (Cucciupo et al., 2022).

La gestión así definida comprende las siguientes etapas: planificación, ejecución, mantenimiento y control.

No obstante lo señalado, la Gestión del Bosque Urbano está conformada por un cuerpo sólido de conocimientos que sirven de base para la gestión sostenible de los árboles en las ciudades.

Planificación: ¿Por qué planificar?

Planificar implica tomar decisiones sobre la dirección hacia donde encauzar acontecimientos que involucran a distintos sectores. La planificación da soporte a las decisiones de cada día, ancladas en el presente y mirando al futuro. Es imprescindible saber planificar, de otra forma se caerá en improvisaciones o actuaciones que responden a situaciones específicas, como se ve en muchos municipios y departamentos de nuestro país.

La planificación estratégica es un proceso que se caracteriza por la definición participativa de escenarios futuros, tendientes a mejorar la situación actual y encaminarse al logro de los objetivos del espacio verde, en este caso, alcanzar un arbolado saludable, funcional y con mínimos riesgos para los usuarios del espacio. La planificación requiere de mecanismos paralelos y simultáneos de comunicación, participación y capacitación por parte de todos los involucrados.

Es muy importante que la planificación tenga asegurada su **continuidad** y su **correcta gestión a través del tiempo**.

El análisis del bosque urbano debe contemplar el árbol individual, pero también el conjunto del arbolado, formado a partir de los elementos individuales interconectados, así como del resto de elementos o ecosistemas medioambientales, ya que es el conjunto el que finalmente determina y potencia los beneficios de cada árbol individual. Por ello, más allá de conocer y reconocer cada árbol de forma individual, se debe considerar el conjunto del arbolado que confiere y define los beneficios medioambientales y el importante valor patrimonial.

En función de lo expresado, el Plan de Gestión analizará y propondrá las medidas y acciones necesarias que permitan favorecer el adecuado desarrollo de la arboleda en sí misma, a partir de las actuaciones recomendadas sobre ejemplares individuales (plantaciones, reposiciones, eliminaciones, etc.) vistos desde su integración en un todo, favoreciendo así el patrimonio arbóreo en su conjunto.

El PG permitirá pasar de hacer un tratamiento **REACTIVO del BU a un ENCUADRE PLANIFICADO** que minimice las situaciones imprevistas o extraordinarias.

Plan de Gestión (PG)

Un Plan de Gestión o Plan de Manejo constituye un documento escrito, discutido, aprobado y disponible que describe un territorio o espacio (en nuestro caso el BU), los problemas y oportunidades que presentará una gestión dirigida a preservar sus valores, de manera que los objetivos establecidos en función de esa información se puedan lograr trabajando de manera adecuada durante un período de tiempo determinado.

El PG depende de varios factores: el o los objetivos generales, las metas definidas en un espacio de tiempo, las responsabilidades, los recursos humanos, financieros, insumos y maquinarias requeridas para cumplir esas metas.

Al momento de desarrollar un PG es fundamental conocer íntimamente el territorio donde se aplicará, establecer los objetivos y prioridades, y diseñar un plan realista y realizable para la futura gestión. En dicha planificación general es menester incluir, en forma lógica y concisa, los objetivos de las convenciones y directivas internacionales, nacionales y provinciales (si las hubiera), de modo que se ajuste al marco legal existente.

También es imprescindible revisar las actividades de la gestión. Dado que con el tiempo se consigue un más profundo conocimiento del espacio, los objetivos del plan de gestión evolucionarán y cambiarán. Los bosques urbanos deben estar gestionados de forma adaptativa, de tal manera que será necesario establecer un período de revisión para garantizar que el plan sigue siendo el mejor documento disponible de trabajo, que está actualizado y, lo más importante, ¡que da resultados positivos! (1999, Eurosite).

¿Por qué se necesita un plan de gestión?

Si no existe un plan, las tareas diarias pueden ignorarse, pueden surgir emergencias o imprevistos con las que ningún integrante sabe lidiar, las responsabilidades pueden no estar claras y las tareas pueden no llevarse a cabo de forma correcta, o directamente no hacerse.

Un plan de gestión contribuye de muchas maneras, entre las más importantes podemos destacar:

- define responsabilidades y roles, el personal involucrado reconoce a quién dirigirse para obtener información, consultas, supervisión, etc.,
- asegura que las tareas requeridas sean asignadas al personal apropiado, y define tiempos de ejecución,
- divide el trabajo de manera equitativa y razonable para asegurar que las tareas se puedan realizar,
- define mecanismos de control o evaluación internos,

Legislación y PG en Argentina

En nuestro país no existe una legislación nacional que trate sobre arbolado urbano directamente. Nueve (9) de las veinticuatro (24) provincias argentinas cuentan con legislación provincial específica en materia de arbolado urbano. En mayor o menor medida, las provincias dictan los lineamientos generales del manejo del arbolado, definiciones, prohibiciones de poda y extracción (solo con autorización específica), sanciones, etc. En la mayoría de los casos, las leyes provinciales delegan la responsabilidad del manejo y conducción del arbolado en los municipios y departamentos que las componen. Solo las provincias de Buenos Aires, San Juan, Santa Fe, Tucumán y CABA explicitan taxativamente en sus respectivas leyes de arbolado urbano la obligatoriedad de que las autoridades de aplicación establecidas planifiquen la gestión del arbolado urbano.

El caso de la Provincia de Buenos Aires

La Ley de Arbolado Público N° 12276/99 de la Provincia de Buenos Aires, en su artículo 6° inciso c, establece que cada municipio deberá elaborar un Plan Regulador (equivale a un Plan de Gestión o Plan de Manejo) conforme a la legislación. A su vez, en el artículo 4° del respectivo Decreto Reglamentario N° 2386/03, se detalla el contenido del mencionado Plan.

Este documento, en sus primeros lineamientos, reúne información sobre los componentes climáticos, edáficos, poblacionales, urbanísticos, forestales y orgánicos funcionales que contribuyen a caracterizar el distrito de aplicación -Municipio- del *Plan Regulador Ejecutor*. Contempla además la elaboración de un cronograma de actividades para los años de duración del plan, su respectivo cronograma de gastos e inversiones y la elaboración de informes anuales en los que se reporta sobre las metas logradas y aquellas por alcanzar.

Entre los componentes forestales de la caracterización, se detallan aquellos antecedentes de manejo en el tema, y contempla la existencia o no de un Inventario o Censo Forestal Urbano. Esta herramienta es imprescindible para poder gestionar el arbolado urbano, ya que permitirá cuantificar el arbolado existente que deba conservarse, el arbolado que ha de recambiarse, conocer aquellos lugares desprovistos de árboles, entre otra información de valor diagnóstico. Estos datos permitirán realizar la planificación del arbolado en nuevas áreas y aquellas tareas de manejo y conducción necesarias.

Más allá de la legislación vigente, a 2022 y a partir de lo informado por la autoridad de aplicación provincial, de los 135 municipios bonaerenses solo 27 contaban con Plan de Gestión aprobado y en vigencia, e igual cantidad de municipios se encontraban en proceso de actualizarlos.

Referencias

Cucciuto, E., Scarselletta, A. y Tonello, L. (2022). Gestión sostenible de bosques urbanos: nuevos paradigmas y responsabilidades compartidas. En Revista del Ministerio de Desarrollo Agrario. Vol. 3, N.º 1, agosto 2022. ISSN edición impresa 2718- 6652 ISSN en línea 2718- 6660

Del Pozo Donoso, J. (2019). Gestión del Arbolado Urbano [en línea]. Disponible en:<https://arboriculturaurbana.blogspot.com/2019/04/introduccion-la-gestion-del-arbolado.html> [Consulta: 22 de febrero de 2024]

Estado Libre Asociado de Puerto Rico (1999). Ley de Bosques Urbanos de Puerto Rico [en línea]. San Juan de Puerto Rico: Rama Legislativa del Gobierno de Puerto Rico. <http://drna.pr.gov/historico/biblioteca/leyes/ley-debosques-urbanos-de-puerto-rico> [Consulta: 24 de febrero de 2024]

Eurositem (1999). Manual de Planes de Gestión [en línea]. Disponible en: <https://custodia-territorio.es/sites/default/files/recursos/ManualdePlanesdeGestion.pdf> [Consulta: 24 de febrero de 2024]

Santamour, F.S.Jr. (1990). Trees for urban planting: diversity, uniformity and common sense. 7th Conference of the Metropolitan Tree Improvement Alliance (METRIA). Lisle (IL), 11-12 jun. p. 57-65.

Villagran, J. J. (2001). Gestión del Arbolado Urbano. En: Curso de Poda de Árboles Ornamentales. Municipalidad de Mendoza. Mendoza. S.p.

CAPÍTULO 3

Consideraciones generales para la selección de especies en el arbolado urbano

Marcela Buyatti, Damian Castro y Eliana Exner

Introducción

Una adecuada planificación y gestión de los bosques urbanos y periurbanos¹ permite que este *conglomerado verde* realice aportes que mejoran la calidad de los espacios verdes urbanos.

El árbol es por sobre todas las cosas un ser vivo, y no una simple pieza del mobiliario urbano. El árbol nace, vive y muere; y como otros seres vivos puede ser víctima de ataques de plagas y enfermedades, así como de daños traumáticos. Es importante considerar su ciclo de vida y sus requerimientos vitales, al igual que su adaptación al medio en el que vive. Es muy raro que, al momento de planificar, se considere el valor de los árboles en el análisis costo-beneficio de los desarrollos urbanísticos. Esto es desafortunado, ya que muchos de estos árboles sobrevivirán a estos nuevos desarrollos y a sus dueños. Seleccionar el árbol adecuado para un lugar en particular puede evitar costosas decepciones más adelante. Por otro lado, una evaluación exhaustiva del sitio puede garantizar que el árbol elegido sobreviva a las condiciones inherentes a la ubicación y a los cambios en el clima o el ambiente urbano.

También es importante considerar la elección desde un punto de vista medioambiental, lo que nos permitirá organizar las plantaciones favoreciendo el Ecosistema Ciudad, aumentando la biodiversidad.

Factores que condicionan la selección de especies para el bosque urbano

La selección de las especies se encuentra subordinada a un conjunto de factores, entre los que se destacan (Figura 3.1):

Entorno urbano sobre la superficie del suelo

Algunos interrogantes que pueden servir de disparadores: ¿Cuál es el espacio total de plantación disponible? ¿Qué áreas, donde es posible plantar, deben ser priorizadas y por qué? ¿Dónde serían necesarias las plantaciones sucesivas? Al reconocer los espacios que se

¹ Los bosques urbanos o periurbanos, se definen como “redes o sistemas que comprenden todos los montes, grupos de árboles y árboles individuales ubicados en las zonas urbanas y sus alrededores” (FAO, 2017).

disponen para realizar nuevas plantaciones, tener presente la urbanización, es decir, condiciones tales como cables aéreos, el tipo de circulación vehicular y peatonal, luminarias, edificios, señales, seguridad vs vandalismo y regulaciones (ordenanzas). También es necesario hacer el ejercicio de visualizar cómo serán esos espacios en el largo plazo; que transformaciones urbanas ocurrirán que puedan impactar sobre el desarrollo de los árboles.

- a. *Líneas eléctricas*: Es conveniente plantar sólo árboles del tamaño adecuado cerca o debajo de líneas eléctricas. Tener en cuenta que bajo las líneas de media tensión (1.001 a 33.000 Voltios) que atraviesan nuestras ciudades sería conveniente plantar especies de magnitud 3 (de menos de 5 metros), dado que la distancia mínima entre la parte superior de la copa y los conductores de media tensión debe ser 3,60 m para prevenir descargas eléctricas. Algunos ejemplos de especies de magnitud 3 son aromitos, tucus, crespones, etc., que no van a necesitar grandes podas de despeje, solo podas de formación en la etapa juvenil y posterior mantenimiento.
- b. *Carteles*: Los letreros y los árboles frecuentemente entran en conflicto entre sí, debido a una mala planificación. Para ayudar a prevenir esto, es conveniente plantar árboles de segunda magnitud (de 6 – 12 m) cerca de señales bajas; los árboles en cuestión se irán formando con la poda para asegurar un solo tronco que logre elevar la copa por encima de la señal y de esta manera permitir que la misma permanezca visible. En el caso de letreros o señales más elevadas, se puede recurrir a árboles pequeños (tercera magnitud = menos de 5 m de altura), los que van a desarrollar una copa más baja que no interferirá con la cartelería y se pueden conducir con podas de mantenimiento de baja intensidad.
- c. *Edificios*: está comprobado que los árboles son más estables cuando desarrollan un sistema radicular uniforme en el suelo, con raíces distribuidas de forma más o menos homogénea a su alrededor. En los árboles que se encuentren cerca de edificios, su sistema radicular puede volverse desequilibrado unilateralmente, por conflictos con la infraestructura. Los sistemas de raíces desequilibrados pueden provocar que el árbol falle ante vientos fuertes. También se puede observar algo de desequilibrio en la copa, presentando una copa estrecha, del lado en conflicto con la construcción, y con mayor crecimiento en los lados alejados del edificio.
- d. *Otros detalles a tener en cuenta* podrían ser: calles con tránsito de vehículos de gran porte, veredas angostas y cualquier otro obstáculo que impida el normal crecimiento del ejemplar.

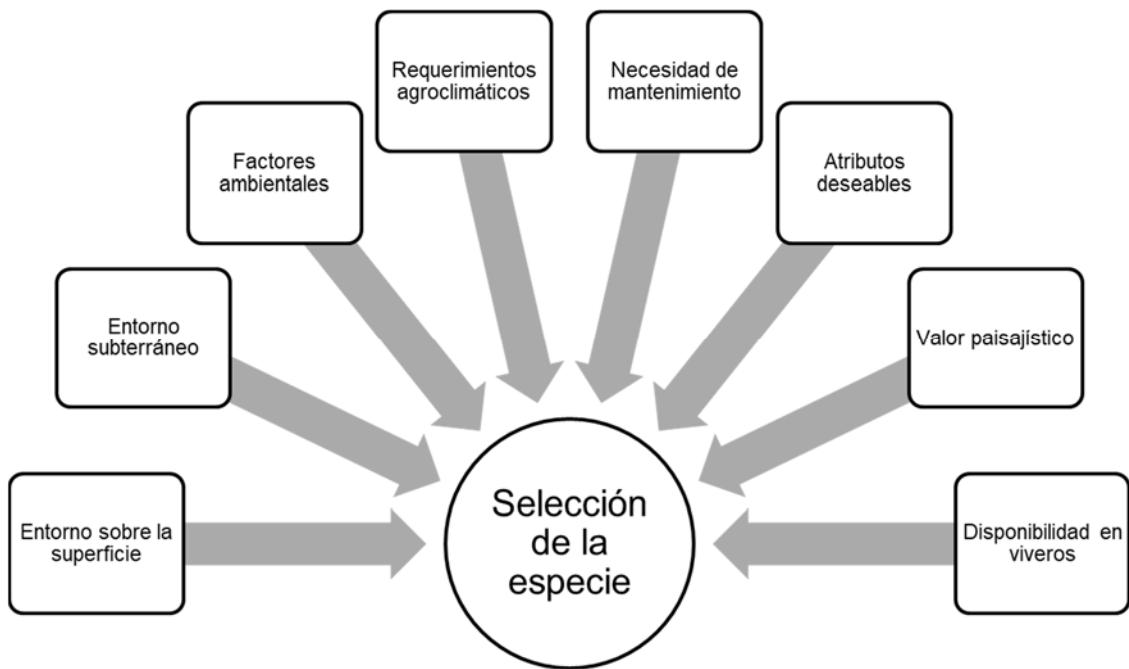


Figura 3.1. Factores relevantes para la selección de especies para el bosque urbano

Entorno subterráneo

Los atributos más importantes del suelo a tener en cuenta al momento de la selección de árboles son pH, drenaje, profundidad, salinidad, disponibilidad de agua y oxígeno y obstáculos para el crecimiento de las raíces, tales como infraestructura subterránea (desagües pluviales, desagües cloacales, cableado subterráneo, etc.) y escombros y contaminantes (cemento, cal, etc.) que quedan enterrados. Muchas plantaciones fracasan porque estos factores no se prevén adecuadamente o son ignorados. La planificación también nos brinda la oportunidad de trabajar con las empresas contratistas de manera de evitar la compactación excesiva del suelo en las áreas donde se preservarán y/o plantarán árboles. Será conveniente aislar estas áreas de equipos pesados y otros vehículos, para evitar daños sin sentido en el sistema radicular, en la corteza y/o ramas de árboles existentes. Para nuevas plantaciones, será fundamental acondicionar el suelo del lugar, de manera de disminuir la compactación, considerando la posibilidad de agregar sustrato técnico y/o enmiendas que favorezcan un buen establecimiento del sistema radicular, que asegure el crecimiento del ejemplar.

- Restricciones de espacio de enraizamiento.* Un factor fundamental es hacer coincidir el tamaño final del árbol con el volumen de suelo disponible para crecimiento de las raíces. Esta estrategia ayuda a mantener los árboles sanos y estables ante las tormentas. También previene daños a futuro en las veredas, cordones y el pavimento. Las restricciones del espacio de enraizamiento dependerán del grado de modificación del suelo natural. Mucha de la restricción en el espacio de crecimiento se debe a la compactación de los suelos urbanos producto de la urbanización, lo cual impacta en el drenaje, la presencia de oxígeno y el intercambio de gases entre el suelo y la superficie. Además, la profundidad efectiva del

suelo también se ve afectada por la presencia de escombros de construcción, contaminantes (como restos de cemento, cal, efluentes de lavado de máquinas y preparación de materiales) y servicios subterráneos. En suelos que no están tan modificados por la urbanización, las restricciones pueden darse por atributos naturales del suelo como la presencia de capas arcillosas, tosca, piedra o cualquier otra capa impermeable subsuperficial. También es necesario tener en cuenta la distancia a las napas freáticas, cuya variación impacta sobre el volumen de suelo explorable. El volumen de suelo necesario para el adecuado crecimiento de un árbol urbano depende de muchos factores, pero a los fines prácticos puede tomarse como regla la estimación de 0,6 m³ de suelo por cada 1 m² de proyección de copa sobre el suelo. Es decir, que si la superficie promedio de copa proyectada sobre el suelo es de 78 m² para el ejemplar adulto de una especie dada (~copa de 10 m de diámetro), se requerirán 47 m³ de volumen de suelo disponible, sin importar la forma de ese espacio.

- b. *pH del suelo.* El pH define la disponibilidad de nutrientes para las plantas y también influye en la actividad de los microorganismos del suelo. La mayoría de los árboles pueden crecer en suelos con un pH entre 4,8 y 7,2. Si el suelo es de menos de 4,8, han de seleccionarse árboles tolerantes a suelos ácidos (la mayoría de las especies de coníferas). Si el pH es mayor a 7,2, será conveniente seleccionar árboles tolerantes a suelos alcalinos (muchas de las especies de la ecorregión del espinal están adaptadas a estas condiciones). Dado que es muy difícil y costosa la corrección del pH de un sitio de plantación, es conveniente analizarlo para elegir la especie adecuada para el pH del suelo.
- c. *Presencia de sales.* La acumulación de sales minerales en el suelo normalmente está asociada a pH elevados y pueden tener un impacto significativo en el follaje de los árboles. El exceso de sales puede causar desequilibrios en la absorción de agua y nutrientes por parte de las raíces, lo que se traduce en un deterioro del follaje, manifestado por el amarillamiento, marchitamiento o incluso la caída prematura de las hojas. Este fenómeno no solo afecta la salud de los árboles, sino que también puede comprometer la biodiversidad y la calidad del suelo.

Factores ambientales

- a. *Exposición a la luz:* Tener en cuenta cuántas horas de sol directo tiene en las diferentes estaciones del año, el cambio estacional en el ángulo del sol, y la sombra que proyectan las edificaciones, porque eso impacta sobre la cantidad de horas de radicación solar que recibe el sitio de plantación. Esto servirá al momento de decidir qué especies implantar, ya que árboles adaptados para pleno sol o sol parcial se adaptarán a un sitio que reciba de tres a seis horas de sol directo, mientras que aquellos árboles que requieren algo de sombra se adaptarán a sitios que reciben menos de tres horas diarias de sol directo. La adaptación de las especies dependerá de su comportamiento ecofisiológico; especies pioneras requerirán sitios de plantación con mayor iluminación que especies de comportamiento tolerante, que normalmente crecen en el sotobosque en su zona de origen. También es importante tener

en cuenta la luz del sol reflejada por los vidrios y/o paredes de los edificios y por las calles y aceras, ya que esto puede aumentar la carga de calor en un árbol plantado cerca de los mismos. Para estos sitios, será adecuado considerar especies tolerantes a la sequía dado que crecen a pleno sol y podrán adaptarse mejor. Además, será conveniente proporcionar un mayor volumen de suelo para que las raíces exploren y absorban agua.

- b. *Disponibilidad hídrica*: el agua es un recurso importantísimo para las plantas, incluidos los árboles en el ambiente urbano. Su importancia radica en que representa la mayor proporción del peso fresco de los tejidos en crecimiento porque es el componente mayoritario del protoplasma de las células vivas. El agua es el solvente en el cual los nutrientes, fotosintatos, gases y otros solutos se mueven entre las células del mismo tejido, entre tejidos diferentes y desde el suelo a la planta; además es un reactivo fundamental en la reacción de la fotosíntesis. También el contenido hídrico es importante en distintos tejidos ya que interviene en la turgencia necesaria para procesos importantes como la elongación de células, la apertura de estomas y el mantenimiento de la forma de tejidos jóvenes no lignificados. El balance hídrico de la planta dependerá de las relaciones hídricas que involucran la atmósfera, el suelo y las precipitaciones. Por ende, una cuestión importante es evaluar las precipitaciones del sitio de plantación y compararlas con el sitio de origen de la especie, para lo cual la Figura 3.2 y los mapas de isohietas pueden ser de mucha ayuda. No obstante, es necesario tener en cuenta que la disponibilidad de agua para la planta dependerá también de las condiciones de suelo y de la capacidad de crecimiento de las raíces en él. Aunque más del 90% del sistema radicular de un árbol se encuentra dentro del primer metro de profundidad del suelo, la supervivencia de árboles urbanos adultos en períodos de sequía puede deberse a que algunas raíces pueden crecer a profundidades que alcanzan las napas freáticas para abastecerse.
- c. *Vientos*: El viento aumenta la cantidad de agua que pierde un árbol hacia la atmósfera (evapotranspiración). Por lo tanto, en áreas expuestas a mayor intensidad de los mismos (por ejemplo, en calles con orientación a los vientos predominantes de la zona de trabajo, o en áreas descampadas o cerca de la playa), se deben considerar preferentemente árboles tolerantes a la sequía. También será factible contemplar la disponibilidad de riego, o proteger el sitio del viento directo. Por otro lado, el viento representa la principal fuerza perturbadora de la estabilidad mecánica del árbol. Por esta razón, es necesario maximizar lo más posible el volumen de suelo disponible para mejorar el anclaje de las plantas y también seleccionar especies con crecimiento decurrente, dado que este tipo de arquitectura permite disipar mejor la energía del viento transmitida al plato radicular, en comparación con especies con crecimiento excurrente. Además, es necesario tener en cuenta que en las zonas urbanas los vientos tienen mayoritariamente un régimen turbulento dado por la interacción del aire con la rugosidad impuesta por la superficie urbanizada (presencia de edificios, casas, etc.) que aumentan la severidad del efecto del viento sobre los árboles.

- d. *Brisa salina*: las sales en el aire afectan a los árboles al producir quemaduras de ramitas y follaje, lo que se profundiza cuando se asocia al viento. Árboles tolerantes a la sal a menudo se deforman por la exposición directa al aire salado, sobre todo, en el período juvenil, pero logran sobrevivir y continúan con su crecimiento y desarrollo. Los árboles susceptibles a la sal muestran síntomas en su follaje, tales como quemaduras en los bordes en hojas, especialmente en hojas jóvenes. Esto es importante en zonas costeras marítimas.

Es importante tener en cuenta que no hay dos sitios exactamente iguales; pueden variar las condiciones, tanto por encima como por debajo del suelo, y esto afectará la sobrevivencia de una especie de árbol en particular.

Disponibilidad en viveros

Visitar los viveros de la zona también es una excelente manera de aprender y conocer las diferentes especies que están disponibles y se cultivan allí. Es importante que exista un dialogo entre los encargados de la gestión del bosque urbano y el mercado que produce las plantas que tienen como destino ese bosque urbano. Si bien es una tarea ardua, por razones económicas y técnicas, el dialogo entre la oferta y la demanda de plantas es positivo para que se produzca la cantidad y calidad de plantas más adaptadas al sitio en cuestión. Si los clientes desconocen lo qué producen y ofrecen los viveros, puede ocurrir el fracaso de planes de implantación por no encontrar la cantidad y calidad de las plantas que se desea implantar. De manera inversa el desconocimiento por parte de los viveros de los requerimientos de los clientes que gestionan el bosque urbano puede conducir a cultivar plantas que no tendrán la demanda esperada. Este proceso de “acercar” las necesidades entre la demanda y la oferta de plantas para los proyectos de forestación de bosques urbanos se simplifica notablemente cuando los municipios cuentan con viveros propios y existe un plan maestro de gestión que permite coordinar la producción con las necesidades operativas de plantación.

Atributos deseables y valor paisajístico de las especies

Algunas consideraciones a tener en cuenta antes de planificar:

- recorrer la ciudad para descubrir qué especies crecen bien (las mejor adaptadas), tomando en cuenta los atributos de valor paisajístico, así como las condiciones del sitio donde crecen;
- recorrer el entorno suburbano y rural para reconocer especies nativas, su valor paisajístico y condiciones del lugar donde se desarrollan;

De esta manera podremos reconocer cuáles especies tienen la capacidad para prosperar en el entorno urbano; qué especies prosperarán dados los probables impactos del cambio climático y, por ende, si se podrían introducir con éxito; cuáles pueden tener la capacidad de brindar servicios ecosistémicos específicos; y cuáles pueden tener la capacidad de convertirse en invasoras.

Dentro de los atributos deseables de la especie es necesario tener en cuenta el valor paisajístico (Anexo - Tablas 3.1 a 3.7), el atractivo ornamental, el tamaño final en estado maduro, la forma y la longevidad, entre otros.

Necesidades de mantenimiento

Las necesidades de mantenimiento hacen referencia tanto al sitio de plantación como a la especie seleccionada. Si el sitio de plantación tiene varias limitaciones en su entorno sobre la superficie, bajo la superficie y en relación al ambiente, habrá más factores que manejar para lograr una buena implantación y supervivencia de las plantas que en otro sitio donde no haya serias limitaciones. A su vez, en sitios que imponen restricciones al crecimiento, los árboles sufrirán mayor estrés, lo cual impactará en su salud, en la ocurrencia de conflictos con la infraestructura gris y posiblemente en los riesgos asociados a los árboles.

Las necesidades de mantenimiento más importantes de los árboles durante la implantación son: el riego, la fertilización de arranque (dependiendo del tipo de suelo), la poda de formación, el control de plagas y malezas y el resguardo del vandalismo. En árboles maduros las necesidades de mantenimiento se relacionan a las podas de mantenimiento (sanitaria, de aclareo, de despeje de conductores eléctricos, luminarias y señalética, y de reducción de altura).

Para un sitio dado, evaluar la aptitud de plantación de diferentes especies adaptadas a ese sitio requiere relacionar las necesidades de mantenimiento de dichas especies con la capacidad operativa del municipio o comuna. Por ejemplo, si se tienen limitaciones para el riego en plantación, teniendo un conjunto de posibles especies adaptadas a la zona, es necesario optar por aquellas que sean más tolerantes al déficit hídrico temporal. El mismo razonamiento es válido para la capacidad operativa para la poda de formación; si se tiene poco personal o personal escasamente capacitado es mejor optar por especies que requieran menos trabajo de poda para la formación. También es preciso evaluar la capacidad operativa para tareas de mantenimiento de los árboles cuando alcancen el estado adulto, y para ello es necesario considerar la disponibilidad de dispositivos para la poda en altura, y a qué altura se puede acceder con ellos de forma segura, para optar por la magnitud de la especie teniendo en mente esta capacidad operativa del municipio o comuna.

Selección de especies

Es preciso que antes de plantar nos sentemos a planificar, teniendo en cuenta algunos criterios para su selección²:

- Tamaño adulto de las especies/longevidad
- Características específicas del árbol
- Tamaño y condiciones del lugar de plantación

² En las Tablas 3.1 – 3.7 del anexo se muestran las características relevantes de las especies nativas y exóticas más importantes, con énfasis en el centro del país.

- Requerimientos agronómicos de las especies
- Adaptación a la región: es importante considerar no solo los árboles originarios de ese hábitat, sino aquellos exóticos, pero de regiones con condiciones similares, y que pueden adaptarse fácilmente, sin ser invasores.
- Servicios ecosistémicos y culturales aportados por los árboles (polinización, anidamiento, refugio, alimentación, valor paisajístico y recreativo, etc.)
- Requerimientos de mantenimiento, lo cual involucra las necesidades de manejo en plantación para asegurar la máxima supervivencia y luego las de mantenimiento para minimizar conflictos con la infraestructura gris y riesgos de daños a personas, bienes y a la propia infraestructura.

Dentro de estos criterios, tal vez el más importante para la selección de los árboles para el entorno urbano es el tamaño del árbol maduro y las características de la copa, ya que afectan al impacto potencial y a los beneficios que pueden otorgar los árboles. Además, condicionan los requisitos (y gastos) de gestión futuros cuando se correlaciona el tamaño del árbol, las limitaciones espaciales del sitio de plantación y las tareas de poda necesarias para su conducción y mantenimiento. Asegurarse de que el árbol sea capaz de hacer frente a las condiciones del sitio son fundamentales para el éxito de cualquier plan de plantación.

Al momento de definir el tipo de especie que vamos a utilizar en el arbolado urbano es importante conocer su origen en cuanto a condiciones ambientales (temperaturas y precipitaciones) y de suelo fundamentalmente. Estas nos permiten agrupar a las plantas en función de su origen y distribución natural en dos categorías: *plantas nativas* (originarias del lugar) o *exóticas* (introducidas de áreas geográficas diferentes).

El concepto de clasificación climática se ha aplicado extensamente a una amplia gama de asuntos en la investigación del clima y su cambio, así como en la geografía física, la hidrología, la agricultura, la biología y aspectos educativos. En ese sentido, el mapa de clasificación del clima más frecuentemente usado es el de Wladimir Köppen, presentado en su última versión 1961 por Rudolf Geiger. Un gran número de estudios del clima y publicaciones subsecuentes adoptaron éste o un lanzamiento anterior del mapa de Köppen-Geiger. En la Figura 3.2 se presenta una actualización para la segunda mitad del siglo XX realizada por Kottek et al. (2006). Este trabajo tiene como base los conjuntos de datos recientes del Climatic Research Unit (CRU), de la Universidad de East Anglia y Global Precipitation Climatology Centre (GPCC) en el Servicio Meteorológico Alemán.

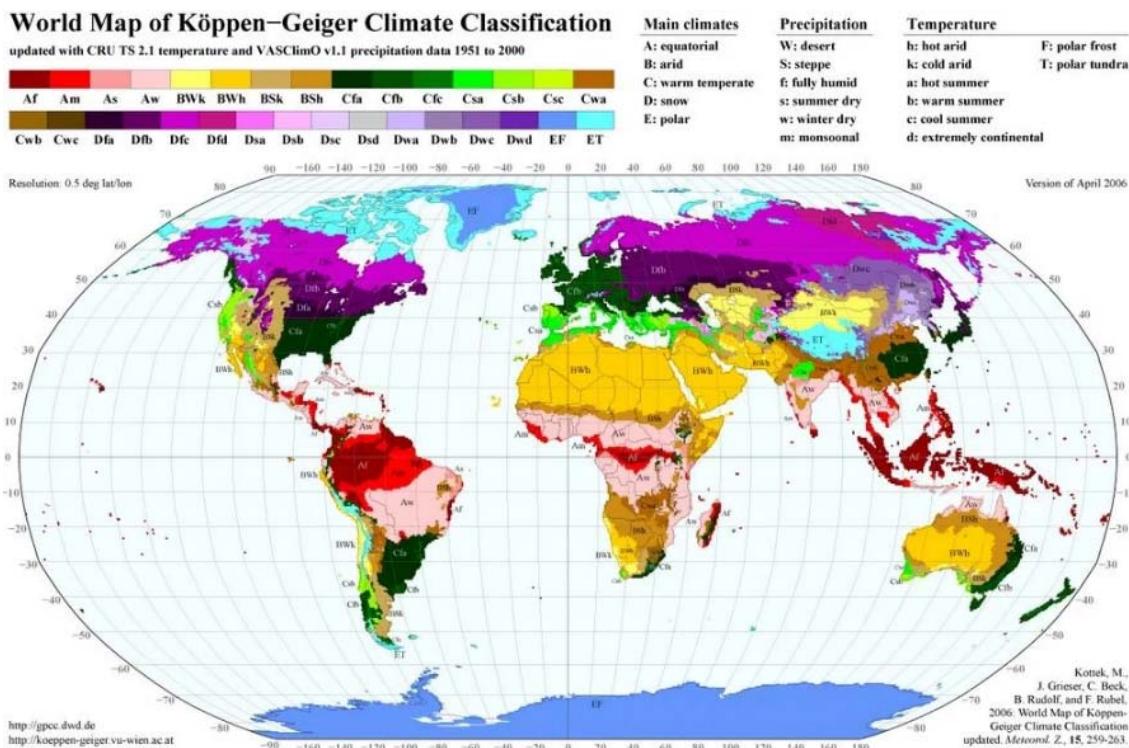


Figura 3.2. Versión actualizada del mapa de climas de Köppen-Geiger para la segunda mitad del siglo XX. Fuente: Kottek et al. (2006). <http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/present.htm>

Este material nos permite reconocer las áreas de origen de las diferentes especies y de esta manera saber si podrían adaptarse a las condiciones climáticas del área de estudio, en cualquier ciudad del mundo.

En estudios locales a nivel país es necesario conocer las diferentes ecorregiones, de manera de poder interpretar las condiciones climáticas y de suelo a la que están expuestas las especies que vamos a utilizar³. Esto nos brinda una idea de cómo se van a adaptar al lugar de implantación.

Normalmente las plantas nativas de una determinada ecorregión (Figura 3.3) serían las más adecuadas para implantar, ya que son las que tendrían garantía de éxito. Pero teniendo en cuenta que las condiciones a las que están expuestos los árboles en el entorno urbano no son precisamente las del ambiente natural, es posible incorporar aquellas especies exóticas que, de acuerdo a su origen, sepamos que pueden llegar a adaptarse a esas condiciones (Figura 3.1).

³ Una fuente de información útil para conocer el suelo natural de una zona geográfica determinada es el visor geoINTA (<https://geo-backend.inta.gob.ar/#/>) No obstante es necesario tener en cuenta que en grandes urbanizaciones o urbanizaciones antiguas es posible que el suelo natural esté muy modificado.



Figura 3.3. Ecorregiones de Argentina. Fuente: <https://www.argentina.gob.ar/interior/ambiente/parquesnacionales/educacionambiental/ecorregiones>

Consideraciones finales

El adecuado manejo y planificación del arbolado urbano son fundamentales para garantizar la calidad de los espacios verdes en nuestras ciudades. Los árboles son seres vivos con necesidades específicas que deben ser consideradas desde su selección pensando en el ciclo de vida que tendrán en el ambiente urbano. Aspectos como el entorno urbano sobre y bajo la superficie del suelo, factores ambientales como la exposición a la luz, disponibilidad hídrica y vientos, así como la disponibilidad de plantas en viveros, son determinantes en la elección de especies adecuadas.

Es vital comprender que las realidades ambientales, urbanas y presupuestarias varían enormemente entre municipios, incluso de la misma zona, por lo que la selección de especies debe ser cuidadosamente evaluada en función de las características específicas del entorno. La consideración del tamaño adulto del árbol, sus características de copa, la adaptación a las

condiciones climáticas y del suelo, así como sus necesidades de mantenimiento, son elementos clave en este proceso.

Asimismo, es importante reconocer el valor paisajístico y los servicios ecosistémicos que pueden aportar las diferentes especies de árboles. La combinación de especies nativas y exóticas, siempre y cuando estas últimas sean seleccionadas cuidadosamente en función de su capacidad de adaptación, puede enriquecer la diversidad y la resiliencia del arbolado urbano frente a los efectos del cambio climático y los cambios en el ambiente urbano.

Una selección adecuada de especies para el arbolado urbano requiere un enfoque integral que considere tanto las necesidades del árbol como las condiciones específicas del entorno urbano. Esto garantizará no solo la supervivencia y el crecimiento saludable de los árboles, sino también la contribución positiva de estos al bienestar de las comunidades y al equilibrio del ecosistema urbano.

Bibliografía

- Bilioni, J. S. (1990). Árboles Autóctonos Argentinos. Tipografía Editora Argentina.
- Burkart, A. (1952). Las Leguminosas argentinas silvestres y cultivadas, Buenos Aires, 2° Ed.
- Burkart, R., Bárbaro, N. O. (...), Gómez, D. A. (1999). Eco-regiones de la Argentina. Programa de desarrollo Institucional, componente de política ambiental. Adm. de Parques Nacionales.
- Cabrera, A. L. (1976). Regiones Fitogeográficas Argentinas. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Tomo II, Fascículo 1. ACME.
- Cabrera, A. L. y Zardini, E. M. (1979). Manual de la flora de los alrededores de Buenos Aires, ACME, Buenos Aires, 2° edición, 75 pp.
- Chebez, J. C. y Masariche, M. (2010). Nuestros árboles. De norte a sur, descubriendo los árboles de la Argentina. 1 ed. Buenos Aires: Albatros. 128pp.
- De la Peña, M. R. y Pensiero, J. F. (2011). Catálogo de nombres comunes de la flora argentina. Ediciones UNL.
- Demaio, P., Karlin, U. O. y Medina, M. (2002). Árboles nativos del Centro de Argentina. LOLA.
- Dimitri, M. J., Leonardis, R. F. J., Bilioni, J. S., Babarskas, M., Gómez, D., Haene, E., Montleone, A. y Ostrosky, C. (1998). El nuevo libro del árbol: especies forestales de la Argentina Occidental, Editorial El Ateneo. Tomo I.
- Dimitri, M. J., Leonardis, R. F. J., Bilioni, J. S., Babarskas, M., Gómez, D., Haene, E., Montleone, A. y Ostrosky, C. (1998). El nuevo libro del árbol: especies forestales de la Argentina oriental, Editorial El Ateneo. Tomo II.
- Haene, E. y Aparicio, G. (2009). 100 árboles argentinos. 1^a ed. Buenos Aires. Albatros. 128 pp.
- Hirons, A. y Sjöman, H. (2019). Tree species selection for green infrastructure. A guide for specifiers. Trees and Design Action Group (TDAG). <https://www.tdag.org.uk/tree-species-selection-for-green-infrastructure.html>
- Hirons, A. y Thomas, P. (2018). Applied Tree Biology. John Wiley & Sons Ltd
- Hurrell, J. A. y Lahitte, H. B. (Eds.) (2002). Leguminosas. Nativas y exóticas. LOLA.

- Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B. y Rubel, F. (2006). World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorol. Z.*, 15, 259-263. DOI: 10.1127/0941-2948/2006/0130.
- Lahitte, H. B. y Hurrell, J. A. (Eds.) (1999a). *Árboles Rioplatenses*. LOLA.
- Lahitte, H. B. y Hurrell J. A. (Eds.) (1999b). *Árboles Urbanos*. LOLA.
- Lahitte, H. B. y Hurrell, J. A. (Ed.) (2001). *Árboles Urbanos 2*. LOLA.
- Legname, P. (1982). *Árboles indígenas del Noroeste Argentino*. Opera Lilloana 34. Ministerio de Cultura y Educación–Fundación Miguel Lillo.
- Martínez Crovetto, R. (1948). Notas sobre plantas indígenas cultivadas en la Argentina, *Rev. Inv. Arg.* 2 (4): 179-196. il., Buenos Aires.
- Menini, O. J. M. y Burgueño, G. (2018). *Plantas nativas. Las especies y su cultivo*. Manual de la Revista JDN. Ediciones Jardín. Catapulta. 216 pp.
- Menini, O. J. M., Delucchi, G., Kaplanski, M. y Aparicio, G. (2017). *Árboles que se cultivan en la Argentina*. Manual de la Revista JDN. Ediciones Jardín. Catapulta. 191 pp.
- Nardini, C.A. (2023). *Nativas 2: Plantas nativas que atraen insectos benéficos, aves y mariposas a nuestros jardines*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: El jardín en la Argentina. 98pp.
- Nardini, C.A. (2024). *Nativas 3: Plantas nativas que atraen insectos benéficos, aves y mariposas a nuestros jardines*. 1ra Ed. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: El jardín en la Argentina. 100pp.
- Muñoz, J., Ross, P. y Cracco, P. (1993). *Flora Indígena del Uruguay. Árboles y Arbustos Ornamentales*. Hemisferio Sur, 284 pp.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2017). *Directrices para la silvicultura urbana y periurbana*. Estudio FAO: Montes 178, Roma, FAO. <http://www.fao.org/3/a-i6210s.pdf>
- Parodi, L.R. (1934). Las plantas indígenas no alimenticias cultivadas en la Argentina, *Rev. Arg. Agr.* 1 (3): 165 -212, Buenos Aires.
- Pensiero, J.F. (2023). *Plantas leñosas de la provincia de Santa Fe*. Ediciones UNL 434 p.
- Pensiero, J. F. y De la Peña, M. R. (1999–2000). *Flora y Avifauna de la provincia de Santa Fe*. Talleres gráficos El Litoral Argentino.
- Peña-Chocarro, M., De Egea Juvinel, J., Vera, M., Maturo H. y Knapp, S. (2006). *Guía de Árboles y Arbustos del Chaco Húmedo* (ed. J. De Egea y M. Peña-Chocarro). The Natual History Museum, Guyra Paraguay, Fundación Moisés Bertoni y Fundación Hábitat y Desarrollo. Asunción. Paraguay.
- Rodríguez, E. E., Aceñolaza, P. G., Picasso G. y Gago, J. (2018). *Plantas del bajo Río Uruguay. Árboles y arbustos*. Vol 1. Primera edición. Comisión Administradora del Río Uruguay (CARU).310 pp.
- Sjöman, H. y Anderson, A. (2003). *The essential tree selection guide. For climate resilience, carbon storage, species diversity and other ecosystem benefits*. Royal Botanic Kew Gardens.
- Trees and Design Action Group (TDAG) (2012). *Trees in the Townscape*. www.tdag.org.uk
- Trees and Design Action Group (TDAG) (2014). *Trees in Hard Landscapes. A Guide for Delivery*.
- Tortorelli, L.A. (1956). *Maderas y bosques argentinos*, ACME, Buenos Aires.
- Zuloaga, F. O., Belgrano, M. y Zanotti, C. A. (2019). Actualización del catálogo de las plantas vasculares del Cono Sur. *Darwiniana*, nueva serie 7(2): 208–278.

Anexos

Anexo. Tabla 3.1. Árboles nativos de Tercera Magnitud para arbolado urbano: menos de 6 m de altura, diámetro de copa 4-5 m

Nombre Científico	Ecoregión	Valor paisajístico				Requerimientos Agroclimáticos		
		Interés	Follaje	Floración	Frutos	Exposición al sol	Tolerancia al frío	Necesidad hídrica
<i>Eugenia uniflora</i>	CH, D							
<i>Geoffroea decorticans</i>	CH, CS, E, M, EP							
<i>Parkinsonia praecox</i>	CS, M							
<i>Sesbania punicea</i>	D							
<i>Solanum granulosumleprosum</i>	CH, D, SP							
<i>Vachellia aroma</i>	CH, CS, E, M							

alimento para humanos, melífera, medicinal, atrae mariposas, alimenta para aves, follaje persistente, follaje semi-persistente
 follaje caduco, media sombra, pleno sol, tolerancia al frío (3 íconos = alta, 1 ícono = baja), necesidades hídricas (3 íconos = alta, 1 ícono = baja)

Ecoregión: CH (Chaco Húmedo), CS (Chaco Seco), D (Delta e Islas del Paraná), E (Espinillo), EP (Estepa patagónica), M (Monte), SP (Selva Paranaense)

Anexo. Tabla 3.2. Árboles exóticos de Tercera Magnitud para arbolado urbano: menos de 6 m de altura, diámetro de copa 4-5 m

Nombre Científico	Región climática Köppen	Valor paisajístico				Requerimientos Agroclimáticos		
		Interés	Follaje	Floración	Frutos	Exposición al sol	Tolerancia al frío	Necesidad hídrica
<i>Acer palmatum</i>	Cfa		•••	•••	•••	- ⊙ -	⊗ ⊗ ⊗	⊗ ⊗ ⊗
<i>Albizia julibrissin</i>	BSk - Csb	•••	•••	•••	•••	- ⊙ -	⊗ ⊗ ⊗	⊗ ⊗ ⊗
<i>Cercis siliquastrum</i>	Csb - Csc	•••	•••	•••	•••	- ⊙ -	⊗ ⊗ ⊗	⊗ ⊗ ⊗
<i>Lagerstroemia indica</i>	BSk - BSh - Dsc		•••	•••	•••	- ⊙ -	⊗ ⊗ ⊗	⊗ ⊗ ⊗
<i>Malus floribunda</i>	Cfa - Cfb	•••	•••	•••	•••	- ⊙ -	⊗ ⊗ ⊗	⊗ ⊗ ⊗
<i>Prunus cerasifera atropurpurea</i>	Cfa - Cfb	•••	•••	•••	•••	- ⊙ -	⊗ ⊗ ⊗	⊗ ⊗ ⊗
<i>Thevetia peruviana</i>	Am - As - Aw	•••	•••	•••	•••	- ⊙ -	⊗ ⊗ ⊗	⊗ ⊗ ⊗
<i>Pyrus salicifolia</i>	Cfa - Cfb		•••	•••	•••	- ⊙ -	⊗ ⊗ ⊗	⊗ ⊗ ⊗

 alimento para humanos,  mellafera,  medicinal,  atrae mariposas,  follaje persistente,  follaje semi-persistente
 follaje caduco,  media sombra,  pleno sol,  tolerancia al frío (3 íconos = alta, 1 ícono = baja),  necesidades hídricas (3 íconos = alta, 1 ícono = baja)

Anexo. Tabla 3.3. Árboles nativos de segunda magnitud: 6-12 m de altura, diámetro de copa 5-10 m

Nombre Científico	Ecoregión	Interés	Valor paisajístico			Requerimientos Agroclimáticos		
			Follaje	Floración	Frutos	Exposición al sol	Tolerancia al frío	Necesidad hídrica
<i>Acanthosyris falcata</i>	CH, CS			ago-sep	nov-dic			
<i>Albizia inundata</i>	D			sep-dic	nov-mar			
<i>Allophylus edulis</i>	CH, D			ago-nov	oct-ene			
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	D, SP, Y			oct-nov	dic-ene			
<i>Cordia americana</i>	CH, SP, Y			sep-nov	oct-dic			
<i>Croton urucurana</i>	EI, D			dic-jun	feb-jul			
<i>Luehea divaricata</i>	EI, D, BDT, SP			dic-mar	feb-jul			
<i>Myrcianthes cisplatensis</i>	CH, D, E, Y			nov-ene	ene-mar			
<i>Sapium haematospermum</i>	CH, CS, D, E			nov-feb	ene-abr			

Anexo. Tabla 3.3 (continuación). Árboles nativos de segunda magnitud: 6-12 m de altura, diámetro de copa 5-10 m

Nombre Científico	Ecoregión	Interés	Valor paisajístico			Requerimientos Agroclimáticos		
			Follaje	Floración	Frutos	Exposición al sol	Tolerancia al frío	Necesidad hídrica
<i>Handroanthus heptaphyllus</i>	CH, SP			ago-sep	dic-ene			
<i>Handroanthus impetiginosus</i>	Y			jul-ago	nov-dic			
<i>Handroanthus ochraceus</i>	Y			sep-oct	oct-dic			
<i>Handroanthus pulcherrimus</i>	SP			sep-nov / ene-feb	nov-ene / feb-abr			
<i>Tabernaemontana catharinensis</i>	BDT, D, SP			oct-nov	feb-jun			
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Y			oct-nov / feb-abr	ene-may			
<i>Lonchocarpus nitidus</i>	D, SP			dic-feb	feb-may			
<i>Muellera fluvialis</i>	D			sep-dic	ene-mar			
<i>Ruprechtia laxiflora</i>	CH, D, Y, BDT			sep-nov	nov-ene			

Anexo. Tabla 3.3 (continuación). Árboles nativos de segunda magnitud: 6-12 m de altura, diámetro de copa 5-10 m

Nombre Científico	Ecoregión	Valor paisajístico					Requerimientos Agroclimáticos	
		Interés	Follaje	Floración	Frutos	Exposición al sol	Tolerancia al frío	Necesidad hídrica
<i>Sapindus saponaria</i>	CH, D, SP, BDT			ene-mar	mar-abr	-		
<i>Senna spectabilis</i>	Y			feb-may	may-ago	-		
<i>Tecomaria stans</i> var. <i>stans</i>	Y			oct-dic	feb-jun	- -		
<i>Vachellia caven</i>	CH, CS, D, E, M, SP			jun-sep	ene-jun	-		

alimento para humanos, melífera, medicinal, atrae aves, atrae mariposas, follaje persistente, follaje semi-persistente
 follaje caduco, - media sombra, - pleno sol, tolerancia al frío (3 iconos = alta, 1 ícono = baja), necesidades hídricas (3 íconos = alta, 1 ícono = baja)

Ecoregión: CH (Chaco Húmedo), CS (Chaco Seco), D (Delta e Islas del Paraná), E (Espiranal), EI (Esteros del Iberá), M (Monte), SP (Selva Paranaense), Y (Yungas), BDT (Bosques de transición entre CH y D)

Anexo. Tabla 3.4. Árboles exóticos de segunda magnitud: 6-12 m de altura, diámetro de copa 5-10 m

Nombre Científico	Región climática Köppen	Interés	Valor paisajístico			Requerimientos Agroclimáticos		
			Follaje	Floración	Frutos	Exposición al sol	Tolerancia al frío	Necesidad hídrica
<i>Acer negundo</i>	Cfa							
<i>Acer saccharinum</i>	Dfa - Dfb							
<i>Bauhinia variegata</i>	Am - As - Aw							
<i>Catalpa bignonioides</i>	Cfa - Cfb							
<i>Fraxinus americana</i>	Cfa - Cfb							
<i>Fraxinus angustifolia</i>	Csa - Csb							
<i>Fraxinus angustifolia</i> "raywood"	Csa - Csb							
<i>Fraxinus excelsior</i>	Cfb - Dfb							

Anexo. Tabla 3.4 (continuación) Árboles exóticos de segunda magnitud: 6-12 m de altura, diámetro de copa 5-10 m

Nombre Científico	Región climática Köppen	Valor paisajístico				Requerimientos Agroclimáticos		
		Interés	Follaje	Floración	Frutos	Exposición al sol	Tolerancia al frío	Necesidad hídrica
<i>Koelreuteria paniculata</i>	Cfa				mar-abr	jun-jul		
<i>Liquidambar styraciflua</i>	Cfa				ago-sep	dic-ene		
<i>Tilia cordata</i>	Cfb - Dfb				sep	dic-ene		

alimento para humanos, melífera, medicinal, atrae mariposas, follaje persistente, follaje semi-persistente, follaje caduco, media sombra, pleno sol, tolerancia al frío (3 íconos = alta, 1 ícono = baja), necesidades hídricas (3 íconos = alta, 1 ícono = baja)

Anexo. Tabla 3.5. Árboles nativos de primera magnitud: más de 12 m de altura, más de 10 m de diámetro de copa

Nombre Científico	Ecoregión	Valor paisajístico					Requerimientos Agroclimáticos	
		Interés	Follaje	Floración	Frutos	Exposición al sol	Tolerancia al frío	Necesidad hídrica
<i>Peltophorum dubium</i>	D, SP				nov-abr	may-jun		
<i>Tipuana tipu</i>	Y				sep-dic	nov-mar		

follaje para humanos, melífera, medicinal, atrae mariposas, alimento para aves, follaje persistente, follaje semi-persistente
 follaje caduco, - media sombra, - pleno sol, tolerancia al frío (3 íconos = alta, 1 ícono = baja), necesidades hídricas (3 íconos = alta, 1 ícono = baja)

Ecoregión: D (Delta e Islas del Paraná), SP (Selva Paranaense), Y (Yungas).

Anexo. Tabla 3.6. Árboles exóticos de primera magnitud: más de 12 m de altura, más de 10 m de diámetro de copa

Nombre Científico	Región climática Köppen	Valor paisajístico					Requerimientos Agroclimáticos	
		Interés	Follaje	Floración	Frutos	Exposición al sol	Tolerancia al frío	Necesidad hídrica
Liriodendron tulipifera	Cfa -Cfb			oct-nov	mar-abr	-		
Platanus x hispanica	Cfb			ago-sep	mar-abr	-		
Quercus robur	Cfb - Dfb			ago-sep	mar-abr	-		
Quercus rubra	Cfb			ago-sep	mar-abr	-		

alimento para humanos, melífera, medicinal, atrae aves, atrae mariposas, follaje persistente, follaje semi-persistente
 follaje caduco, media sombra, tolerancia al frío (3 íconos = alta, 1 ícono = baja), necesidades hídricas (3 íconos = alta, 1 ícono = baja)

Anexo. Tabla 3.7. Árboles nativos para plazas y parques

Nombre Científico	Ecoregión	Interés	Valor paisajístico			Requerimientos Agroclimáticos		
			Follaje	Floración	Frutos	Exposición al sol	Tolerancia al frío	Necesidad hídrica
<i>Aspidosperma quebracho-blanco</i>	CH, CS, E			sep-dic	nov-ago			
<i>Erythrina crista-galli</i> var. <i>crista-galli</i>	CH, D, E, SP			sep-feb	dic-mar			
<i>Ceiba chodatii</i>	CS, Y			ene-jul	may-jul			
<i>Ceiba speciosa</i>	CH, SP			ene-may	may-jul			
<i>Celtis tala</i>	CH, E, P			sep-oct	oct-nov			
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	BDT, D, Y, SP			oct-ene	ene-jun			
<i>Jodina rhombifolia</i> subsp. <i>rhombifolia</i>	CH, CS, E, M			jun-sep	jul-dic			
<i>Libidibia paraguariensis</i>	CH, CS			oct-mar	dic-jun			
<i>Neituma alba</i>	CH, CS, E, D			sep-nov	dic-feb			

Anexo. Tabla 3.7 (continuación). Árboles nativos para plazas y parques

Nombre Científico	Ecoregión	Interés	Valor paisajístico			Requerimientos Agroclimáticos		
			Follaje	Floración	Frutos	Exposición al sol	Tolerancia al frío	Necesidad hídrica
<i>Neituma affinis</i>	CH, E			oct-ene	ene-abr			
<i>Neituma caldenia</i>	E			nov-ene	ene-may			
<i>Neituma nigra</i>	CH, CS, E			ago-oct	dic-mar			
<i>Parkinsonia aculeata</i>	CH, CS, D, E, M, Y, SP			nov-ene	dic-mar			
<i>Phytolacca dioica</i>	CH, D, E, SP			oct-dic	ene-mar			
<i>Schinopsis balansae</i>	CH, CS			nov-ene	mar-abr			
<i>Schinus areira</i>	CS, M			oct-dic	ene-mar			

alimento para humanos, melífera, medicinal, atrae aves, atrae mariposas, follaje persistente, follaje semi-persistente

follaje caduco, media sombra, pleno sol, tolerancia al frío (3 íconos = alta, 1 ícono = baja), necesidades hídricas (3 íconos = alta, 1 ícono = baja)

Ecoregión: CH (Chaco Húmedo), CS (Chaco Seco), D (Delta e Islas del Paraná), E (Espiral), M (Monte), SP (Selva Paranaense), Y (Yungas).

CAPÍTULO 4

Técnicas de propagación aplicables a la producción de plantas para arbolado urbano

Gustavo Gergoff Grozeff y Sandra Sharry

Introducción

Para una gestión del arbolado sostenible, es necesario contar con el material vegetal de calidad que permita la propagación de árboles nativos y exóticos, es decir, especies con gran valor biológico y cultural, apropiadas para las condiciones urbanas.

La producción viverística exige plantas de calidad que aseguren un buen punto de partida, garantizando la identidad del material y a su vez su sanidad. La planificación y diagramación de un vivero quedó establecida en el marco de la Ley de Semillas y Creaciones Fitotécnicas (Ley Nacional 20.247/73), sus modificatorias y resoluciones anexas, de las cuales deriva una de las incumbencias exclusivas de los Ingenieros Agrónomos y Forestales en esta actividad tan específica.

Desde un punto de vista general, los métodos de propagación de las plantas superiores se pueden dividir a grandes rasgos en sexuales (en los cuales interviene la unión de las gametas para la formación de un embrión que dará origen a un nuevo individuo) y en asexuales (en los cuales no hay intercambio de material genético entre parentales).

Este capítulo trata sobre las diferentes técnicas de propagación sexuales y asexuales, como así también, las relacionadas a la *macropropagación* (con explantes de tamaño macroscópico) y a la *micropropagación* (con explantes que pueden ir desde células individuales a tejidos) de individuos para la obtención de ejemplares para el arbolado urbano.

Fundamentos de la propagación sexual

La *propagación sexual* en todos los organismos es mucho más reciente, hablando en términos de tiempos evolutivos de las especies en general y de las plantas en particular. Solamente los organismos eucariotas poseen la capacidad de reproducirse sexualmente, visto desde el punto de vista estricto. Dentro de las plantas terrestres, las briófitas y las pteridófitas adquirieron la capacidad de reproducirse sexualmente, mediante la liberación de esporas al medio. Siguiendo en la línea evolutiva, las *gimnospermas* (su nombre deriva del griego que significa “semillas desnudas”) adquirieron la capacidad de generar un órgano que les permitió sobrevivir por largos períodos de tiempo, como es la semilla, la cual es el resultado de la unión de la oosfera (gameta

femenina) y el anterozoide (gameta masculina). Más cerca en la línea evolutiva, aparecieron las plantas con flores, denominándose a este grupo *angiospermas* (su nombre deriva del griego “áñfora” y semilla”). En dichos grupos, las semillas están contenidas dentro de un ovario que las protege, y ese ovario se convierte en un fruto que luego puede ser el motor de su dispersión. El éxito y variedad de las angiospermas radicó fundamentalmente en la coevolución con los insectos para la fecundación cruzada de órganos que atraían a los insectos y de los frutos, que permitían la dispersión de las semillas por animales que se alimentaban de ellos.

El costo de la propagación sexual en términos de energía es muy elevado, sumado a que los nuevos individuos recuperan su juventud, lo que puede conducir, en algunos casos, a un período en el cual no producen semillas hasta llegar a la adultez. Este período de juventud es variable entre las especies vegetales, y puede extenderse de semanas a varios años, lo que implica un proceso lento para numerosas especies arbóreas que se quieran propagar por este método. Sin embargo, reviste ciertas ventajas comparativas como el aumento de la variabilidad entre individuos hermanos de la misma especie, generando nuevos genotipos que pueden potencialmente tener mejor resistencia a condiciones de estreses bióticos (plagas y enfermedades fundamentalmente) y abióticos (condiciones climáticas y edáficas adversas).

La semilla y sus partes

Si tuviéramos que describir a grandes rasgos a una semilla, podríamos resumirlo en tres partes básicas: *tegumentos* (compuestos por testa y tegmen), *órganos de reserva* (que pueden estar en los cotiledones, endosperma o perisperma) y finalmente el *embrión*.

El embrión constituye una planta en miniatura, en la cual el crecimiento se encuentra suspendido. Esta suspensión temporal se encuentra originada en una adaptación ecológica en un órgano de resistencia, para no germinar en condiciones desfavorables. A este proceso por el cual las semillas no germinan, a pesar de tener las condiciones óptimas de humedad, temperatura, luz y oxígeno, se lo denomina *dormición*. Es por ello que las semillas han generado diferentes estrategias de dormición, algunas de las cuales se mencionan a continuación:

- *Presencia de inhibidores*: Son sustancias químicas (las hay de diversa naturaleza) y/o hormonales (como el ácido abscísico) que restringen el proceso de germinación.
- *Embriones inmaduros*: como es el caso del *Ginkgo biloba*, cuya semilla requiere de un período fuera de la planta madre para que el embrión termine de crecer y así adquirir la capacidad de germinar.
- *Requerimiento de un período de bajas temperaturas*: Este proceso se denomina *estratificación*, y requiere de humedad y temperaturas de 5 a 10 °C para romper la dormición. Es muy común en especies de climas templados fríos como los robles, nogales, entre muchas otras.

- *Necesidades de luz*: este proceso es frecuente entre las malezas, las cuales germinan ante la presencia de luz roja o blanca que estimula unas proteínas (fitocromos) que desencadenan el proceso de germinación.
- *Presencia de partes de fruto o de tegumentos impermeables al agua y los gases*. Esto se presenta en muchas especies leguminosas y en frutales de carozo (parte del fruto ofrece resistencia mecánica a la germinación), por citar ejemplos. Para favorecer la entrada de agua y oxígeno los tegumentos deben ser adelgazados mediante tratamientos mecánicos (lijado) y/o químicos como es la utilización de ácidos fuertes o de álcalis que degraden capas de grasas impermeables, entre otros.

El proceso de germinación

El proceso de germinación comprende cuatro pasos, por los cuales todas las semillas reinician su actividad metabólica:

- 1) *Imbibición*: Es un proceso físico, en el cual las reservas (fundamentalmente las proteínas) atraen al agua por su potencial mátrico. Aquí las principales barreras pueden ser restos de frutos o tegumentos impermeables, que deberán ser eliminados para dar inicio al ingreso de agua. Esto se produce indistintamente en semillas vivas o muertas, ya que no interviene otro factor que la atracción del agua hacia la semilla.
- 2) *Síntesis y activación del metabolismo*: esto se da a nivel molecular, donde se reactiva el funcionamiento de las enzimas y de procesos metabólicos que desdoblan las reservas para ponerlas a disposición del embrión en crecimiento. Desde un punto de vista externo, no se evidencian cambios.
- 3) *Alargamiento y emisión de la radícula*: en este punto se considera que la semilla propiamente dicha ha germinado. La radícula perfora los tegumentos y puede comenzar a absorber agua del medio en el que se encuentre la semilla. Los procesos metabólicos se aceleran y estimulan el crecimiento del embrión.
- 4) *Crecimiento de la pláumula*: corresponde a la emisión de las primeras hojas, que, en el caso de las especies dicotiledóneas, son los propios cotiledones, mientras que en las gramíneas corresponde a la primera hoja, denominada pláumula.

Teniendo en cuenta este proceso, que es variable entre especies, es importante destacar que uno de los parámetros que tenemos que tener en cuenta desde el inicio de la siembra es la *viabilidad de las semillas*. Esta puede determinarse a través de diferentes métodos como el test del 2,3,5-trifeniltetrazolio, pruebas de flotabilidad o análisis de poder germinativo o porcentaje de germinación (porcentaje que relaciona la cantidad de semillas que germinan sobre el total de un lote). Es de esperar que, con el aumento de la edad de la semilla, el porcentaje de germinación disminuya. Hay especies en las que la viabilidad de la semilla puede extenderse por varios años, perdiendo esta capacidad de germinar muy lentamente, mientras que otras la pierden en cuestión de días o

semanas. A las primeras se las denomina semillas **ortodoxas**, mientras que a las segundas se las denomina **recalcitrantes**. A modo de ejemplo se pueden citar a las especies comprendidas dentro de los géneros *Quercus spp.* y *Acer spp.* como recalcitrantes, perdiendo la viabilidad si no son conservadas en condiciones de alta humedad relativa y baja temperatura. (Willan, 1991). En especies forestales, y especialmente en especies nativas, es recomendable no almacenar las semillas por largos períodos y realizar la germinación en condiciones óptimas en el menor tiempo posible. Sólo a modo de referencia, podemos mencionar al sauce criollo (*Salix humboldtiana* Willd.) como un caso extremo en donde al cosechar las semillas, éstas deben ponerse inmediatamente en arena húmeda para germinar (Eynard, et al., 2020).

Propagación agámica

En el apartado anterior se hizo mención respecto de las ventajas de la propagación sexual; sin embargo, la propagación agámica, tanto en la naturaleza, como en la práctica viverística, presenta numerosas ventajas. Hemos de recordar que muchas especies vegetales se propagan naturalmente por esta vía, y lo hacen a través de diferentes órganos especializados, como son los rizomas, bulbos, tallos modificados, raíces gemíferas, estolones, entre otros. El hombre ha tratado de imitar estos procesos, llevando adelante diferentes técnicas de *macropropagación agámica*.

En la jerga de la propagación vegetal, al individuo del cual provienen las plantas se lo denomina **ortet** u **orteto**, y cada parte propagada a partir de un **ortet**, se denomina **ramet** o **rameto**. Al conjunto de **ramets** se lo denomina **clon**, dando lugar a una población de individuos genéticamente idénticos.

Dentro de las ventajas de la propagación asexual o agámica, podemos mencionar:

- *Generación de individuos idénticos.* Este proceso no es más que una *clonación*, lo que garantiza un plantel de individuos con un mismo acervo genético. De esta manera podemos retener alguna característica que nos interese, manteniendo una línea clonal.
- *Rapidez en la multiplicación:* las técnicas de propagación agámica muchas veces son más rápidas, por el sólo hecho de no tener que esperar a la producción de semillas, que generalmente es, en el mejor de los casos, anual.
- *Gran número de individuos:* en este caso la micropropagación es la técnica de multiplicación más eficiente, ya que garantiza miles o millones de individuos en un corto tiempo y en un reducido espacio.
- *Permanencia del estado ontogénico:* una planta generada por propagación agámica mantiene su edad ontogénica, ya sea juvenil o adulta. Este punto es de suma importancia a la hora de realizar injertos, donde se combina un pie juvenil con una copa en estado adulto.

- *Propagación de plantas sin semilla*: permite la multiplicación de especies que, por restricciones en la fecundación o porque producen frutos sin semilla (frutos apirénicos, como el caso de los cítricos), no pueden propagarse por otra vía.

Propagación por estacas

Dentro de las técnicas de macropropagación, la propagación por medio de estacas es una de las más utilizadas en la multiplicación de especies vegetales, incluyendo a especies arbóreas utilizadas en ámbitos urbanos.

Los órganos a partir de los cuales podemos multiplicar por estacas a las plantas pueden provenir de:

- *Tallos*: son la forma más común, sobre todo en especies arbóreas, como, por ejemplo, sauce, álamos, fresnos, entre muchas otras.
- *Raíces*: fundamentalmente de aquellas especies que presentan raíces gemíferas, es decir, poseen yemas que dan origen a brotes y pueden ser separadas de las plantas madres, como es el caso del álamo blanco, que muchas veces puede adquirir características de invasora por este medio de propagación.
- *Hojas*: No es muy común en especies arbóreas, pero si en ornamentales de interior.

Desde un punto de vista botánico, la estaca es un segmento caulinar que posee una o varias yemas axilares que darán origen a la parte aérea, y que, a partir de raíces adventicias (de origen natural o traumático), darán origen al sistema radical, regenerando así una nueva planta completa. Dentro de las estacas procedentes de tallos, podemos mencionar a su vez a tres subtipos:

- *Herbáceas*: Provienen de brotes no lignificados, es decir, tienen una consistencia herbácea, sin crecimiento secundario del leño, poseyendo a su vez hojas fotosintéticamente activas.
- *Semileñosas*: poseen un tallo con crecimiento del leño secundario, pero a su vez poseen hojas activas.
- *Leñosas*. Poseen también un tallo lignificado, pero carecen de hojas.

Cabe destacarse un detalle importante sobre esta clasificación: todas las estacas que poseen hojas continúan con el proceso de fotosíntesis, lo que aporta esqueletos carbonados para las raíces en crecimiento. Sin embargo, en contrapartida, por los mismos estomas por los cuales ingresa el dióxido de carbono, se produce la salida de agua en forma de vapor. Para disminuir este último proceso y que la estaca no se deshidrate antes de generar las raíces que puedan sostener un flujo de agua, se pueden utilizar dos estrategias: (1) disminuir el área foliar, cortando hojas a la mitad de su lámina o (2) poniendo las estacas a enraizar en un ambiente con alta humedad relativa, lograda por microtúneles de polietileno o por medio de microaspersión en invernáculos cerrados.

El proceso de generación de raíces adventicias en las estacas puede ser de origen adventicio (vale decir que las yemas que darán origen a las raíces se originan de forma espontánea), como es el caso de muchas especies como el gomero, álamos y sauces; mientras que en otras especies es de origen traumático. Estas segundas se generan en diferentes tejidos como es el cambium (un tejido con capacidad meristemática) o a partir de los radios medulares (parte del parénquima que está formado radios alrededor del xilema).

Para lograr el éxito en la propagación por estacas, es necesario tener en cuenta diferentes factores, ya sean de la planta madre, como de la estaca en sí. En relación a la planta madre, dependerá de:

- *Edad ontogénica*: Las fases juveniles tienen una mayor velocidad de crecimiento y una mayor capacidad de enraizamiento, debido a la presencia de hormonas y cofactores que ayudan en este proceso. Las plantas van perdiendo esta capacidad a medida que pasan a la fase adulta. El rejuvenecimiento se logra mediante la poda intensa de las plantas madres de estacas, haciendo que se retenga la fase juvenil, impidiendo o retrasando el reloj ontogénico.
- *Edad cronológica del material*: El material más adecuado para el enraizamiento es el del último año de crecimiento, ya que a medida que el tejido crece, se forma un anillo esclerenquiático que posee paredes fuertemente lignificadas que impiden la emisión de primordios radicales.
- *Condición fisiológica y nutricional*: Es importante considerar que debe haber un balance entre la nutrición carbonada y la nitrogenada. En este caso, se pretende que la relación Carbono/Nitrógeno sea alta, para garantizar una buena generación de raíces adventicias.
- *Manejo y planificación de las plantas madres*: Las plantas madres se deben plantar próximas entre sí, para que compitan por la luz, el espacio radical y el contenido de nutrientes.
- *Podas de formación y conducción*: Como se ha mencionado más arriba, el manejo de la poda debe ser lo más intenso posible para inducir a una recesión ontogénica, que retenga a la planta en su fase juvenil. Esto se logra mediante podas formando una especie de seto bajo, dejando solamente dos yemas del crecimiento del último año.

En lo que respecta a la estaca, el éxito dependerá de:

- *Época de recolección*: Dentro de las épocas de recolección podemos obtener:
- *Estacas otoñales* (marzo/abril)
- *Estacas primaverales* (julio/agosto)
- Solamente en estos dos períodos tendremos un mejor balance hormonal y nutricional.
- *Porción de la rama*: Por convención, la parte más proximal de la rama es la que mejor capacidad de enraizamiento tiene, mientras que la distal es la que menor eficiencia tiene en este proceso.

- *Manejo y acondicionamiento.* Una vez obtenidas las estacas, se pueden hacer diferentes tratamientos para mejorar la capacidad de enraizamiento, a saber:
 - *Lavado:* el lavado con agua corriente elimina muchos de los inhibidores de la formación de raíces. Esto se puede lograr por medio de un lavado continuo por varios días.
 - *Incisiones:* Estos “daños” o cortes que pueden realizarse con una navaja en la base de la estaca, favorecen la liberación de una hormona gaseosa, el etileno.
 - *Utilización de reguladores:* Dentro del grupo de reguladores, los auxínicos son los más utilizados comercialmente. Estos incluyen a diferentes ácidos y sus sales derivados del ácido indol-3-butírico (IBA), ácido naftalenacético (ANA) y en menor medida el 2,4-diclorofenoxyacético (2,4-D). Otra fuente natural de auxinas se encuentra en las hojas. Es por ello que las estacas herbáceas o semileñosas presentan una ventaja, ya que las auxinas pueden sintetizarse en el tejido verde, además de lo mencionado en la provisión de carbohidratos para los tejidos en crecimiento.
 - *Cama caliente:* Así se las denomina a las mesas que poseen en su base un sistema de calefacción por agua caliente en intercambiadores, que hacen que el tejido que está en contacto aumente su temperatura, y así logren formarse nuevos primordios de raíces. Este proceso se lleva adelante en invernáculos con control de temperatura, humedad y luminosidad.

Acodos

Se denomina *acodo* a todas aquellas técnicas en donde las nuevas plantas generadas realizan su enraizamiento aún conectadas a la planta madre. Este proceso es muy similar al que ocurre en muchas especies de forma natural, como acontece en la multiplicación por estolones (como por ejemplo en la frutilla o en malezas como la gramilla) o división de matas (como ocurre en muchas gramíneas ornamentales). El tallo una vez acodado y enraizado, se extrae del *ortet* que le dio origen para formar el *ramet* que tendrá de ahora en más raíces independientes. En la jerga viverística, esto se denomina “*destete*”, en analogía a la separación del ternero de la madre.

Factores que afectan el acodado

Los factores que regulan la generación de raíces adventicias, son muy similares a los que regulan dicha formación en estacas. A modo sintético, se mencionan:

- *Nutrición.* La planta madre no sólo provee de fotoasimilados mediante la savia elaborada, sino también de agua y nutrientes que absorbe desde el suelo en todo el proceso de enraizamiento.
- *Acondicionamiento.* Principios de primavera, cuando los nuevos brotes están recibiendo fotoasimilados de la planta madre, constituyen la época ideal para llevar adelante esta práctica.

- *Eliminación de la luz.* La hormona natural de enraizamiento, el ácido indol-3-acético es fotosensible. Vale decir que, ante la presencia de luz, esta hormona se degrada, por lo que es recomendable mantener el material en condiciones de oscurecimiento. Al estabilizar esta hormona en oscuridad, se favorece la generación de nuevos primordios radicales adventicios.
- *Humedecimiento.* Es importante mantener turgente el tallo con riego frecuente, además de ser necesario para que la multiplicación celular se mantenga activa.
- *Temperaturas tibias y aporte de oxígeno.* Debido a que los procesos de división celular demandan mucha energía, se necesitará que el sustrato sea poroso para la difusión del oxígeno y que se mantenga en un rango de temperaturas entre 17 y 20 °C.
- *Uso de reguladores.* De manera análoga a lo explicado en el apartado de estacas, es posible la utilización de reguladores auxínicos para acelerar el proceso en la generación de raíces adventicias.
- *Tiempo.* Este es otro factor que dependerá de la especie y del mantenimiento de las condiciones mencionadas anteriormente.

Tipos de acodos

Este tipo de técnicas pueden ser utilizadas en diferentes especies, de acuerdo a su porte y facilidad de enraizamiento. A modo de ejemplo con árboles urbanos, podemos mencionar a diferentes especies de Tilo (*Tilia spp.*), de las cuales se pueden aprovechar los rebrotos desde la corona de la planta; o en el caso de la Pezuña de Vaca (*Bauhinia candicans*) que presenta raíces gemíferas, generando brotes a partir de yemas presentes en las raíces más superficiales. A partir de estas consideraciones, los acodos, de acuerdo a su ubicación, pueden ser:

- *Aéreos:* muy utilizado en especies arbustivas y otras ornamentales. Consiste en lacerar una porción de tallo y envolverla en polietileno negro con turba.
- *Acodo simple:* Utilizado en enredaderas, zarzamoras y otras especies rastreras. Consiste en sostener una parte del tallo flexible contra el suelo y aporcadando tierra o sustrato para favorecer el enraizamiento.
- *Acodo serpentario:* Muy similar al anterior, pero permite a partir de un mismo tallo generar numerosos individuos.
- *Acodo de cepa:* Cuando los tallos generan yemas adventicias que dan lugar a la formación de nuevos brotes. Estos brotes herbáceos pueden ser aporcadados con tierra o sustrato para favorecer el enraizamiento. Una modificación de éste puede ser el acodo de cepa continuo, en donde tendremos un cordón permanente que dará origen a nuevos brotes por medio de yemas adventicias. Ambos son muy utilizados en la propagación de portainjertos de manzanos.

- *Acodo de trinchera*: Similar al anterior, pero se deben guardar yemas axilares para generar nuevos brotes para el año siguiente. El fundamento y manejo es similar al acodo de cepa, pero reservando brotes con yemas axilares año a año.

Injertación

Antes de comenzar, debemos definir ¿qué es injertar? De acuerdo al libro de Hartmann y Kester (1994), es el arte de unir dos o más partes de plantas para que puedan crecer y desarrollarse como si fueran una sola unidad. Por lo general, lo más común es encontrar dos partes de plantas:

- La parte que da origen a la copa, que se denomina *púa, injerto o epibionte* y
- La parte que da origen a una pequeña porción del tallo principal y el sistema radical, que se denomina *pie, portainjerto o hipobionte*.

Ahora, ¿cuáles son los objetivos de la injertación? ¿Por qué utilizamos una técnica tan compleja y en qué casos se justifica? A continuación, describimos algunas de las ventajas de esta técnica:

- Como primera medida, al injertar, estamos clonando. Es decir, estamos generando individuos idénticos, sin generar variabilidad genética. Por otro lado, nos permite multiplicar eficientemente individuos que no pueden propagarse por otros métodos tradicionales.
- Se pueden aprovechar las resistencias de los portainjertos para condiciones edáficas desfavorables, como pueden ser suelos inundables, con un alto contenido de arcillas, o resistentes a limitantes bióticas, como ser enfermedades o plagas.
- Cambio de forma de la copa. Debido a una influencia mutua del pie y la variedad injertada, el resultado puede ser la modificación de la copa o de su tamaño. Esto es muy utilizado para árboles como el sauce eléctrico (*Salix tremula*) injertados sobre otros pies de sauce o en el caso de las cupresáceas injertadas, utilizando como pie a *Cupressus sempervirens* e injertando púas de otras especies como *Thuja spp.*, *Chamaecyparis spp.*, entre otras. Otro ejemplo está representado por los ligustros, en donde la variedad *aureo-marginatum* es injertada sobre otro *Ligustrum lucidum* de hojas verdes. En el caso de la Acacia de Japón (*Styphnolobium japonicum*), la variedad “péndulum” de porte llorido sólo se logra por medio del injerto,
- Adelanto en la entrada de la madurez ontogénica. Este punto tiene más relevancia en las especies frutícolas, pero también puede ser importante en ejemplares urbanos para que florezcan o fructifiquen mucho antes. Esto se logra al injertar una púa adulta sobre un portainjerto. Su edad ontogénica se mantiene y al cabo de unos pocos años, la planta puede comenzar a florecer y fructificar. En este caso podemos mencionar a cerezos o durazneros de flor del género *Prunus spp.* injertados sobre otras prunoideas compatibles; o el caso de *Robinia hispida*, injertada sobre un pie de *Robinia pseudoacacia*.

- Cambios en las fechas de floración y calidad de los frutos. Aquí también la importancia es más bien de aplicación frutícola, ya que los portainjertos pueden inducir floraciones más tempranas o más tardías, con frutos de mayor o menor tamaño o características gustativas diferenciales.
- Reparación de partes dañadas o cambios de copa. En el caso del arbolado urbano esto tiene una importancia relativa, pudiéndose aplicar por su elevado costo a ejemplares que por su edad, tamaño y vistosidad justifique la tarea. Este tipo de injertos se puede aplicar a un gran número de especies, realizando un *By Pass* a través de la parte dañada.

A fin de alcanzar este objetivo se deben dar ciertas condiciones para lograr un gran porcentaje de éxito. Para ello hay ciertos requisitos que se deben cumplir y que se describen a continuación:

- *Que ambas partes a unir sean compatibles.* Como punto de partida, el límite para lograr injertos se encuentra al nivel del taxa Familia. Es decir, se podrán injertar con éxito hasta la combinación de diferentes géneros, siempre dentro de una misma familia. A medida que avanzamos en los taxa más cercanos, aumenta la probabilidad de una mayor compatibilidad, hasta llegar al clon, como último eslabón.
- *Las regiones cambiales deben coincidir.* Esto es muy importante, ya que el cambium posee células meristemáticas que pueden dividirse para formar un callo. Este tejido indiferenciado, de tipo parenquimatoso sin paredes muy desarrolladas se formará en una primera instancia, evitando así la deshidratación. Por otro lado, al momento de injertar, se recomienda regar abundantemente los portainjertos para facilitar el despegue de la corteza.
- *Contacto íntimo entre las partes.* Es deseable dejar el menor espacio posible entre ambas partes, ya que tanto la púa como el portainjerto al cicatrizar producen tres o cuatro capas de callo. Si el espacio es mayor se podrían desecar, malogrando la tarea.
- *La época es de fundamental importancia.* Para ello es necesario tener en cuenta que el portainjerto debe encontrarse en estado de dormición o con poco movimiento de savia, mientras que la púa que utilicemos ha de estar en estado de dormición. A campo, estas condiciones se cumplen en determinadas fechas, estableciendo los injertos otoñales (febrero-marzo para el hemisferio sur), pre-primaverales (fines de agosto) y precoces (última semana de diciembre).
- *Al realizar el injerto, se lo debe cuidar de la desecación.* Esto es de fundamental importancia para evitar la desecación de los tejidos. Generalmente se cubre el injerto con cinta de injertar, especialmente desarrollada para esta tarea, o en el caso de contar con grandes superficies expuestas por los cortes, se recomienda la utilización de ceras o similares para proteger la zona.
- *Cuidado de la planta en general.* Una vez que el injerto ha prendido, se puede proceder a sacar con mucho cuidado la cinta protectora, para evitar posibles estrangulamientos y condensación de humedad que pueda provocar enfermedades. Por otro lado, se deberán

eliminar los brotes que emergen del portainjerto, para favorecer el crecimiento de la púa. En este caso, se recomienda también la eliminación del brote principal del portainjerto, dejando la púa que se ha injertado en posición apical, para favorecer su brotación.

- *Condiciones térmicas.* Ya se han señalado las épocas más adecuadas para injertar. Para la mayoría de los casos, temperaturas medias de 20 °C favorecen el proceso.

Tipos de incompatibilidad

Como se ha mencionado anteriormente, la primera condición para tener éxito en la injertación es que haya compatibilidad entre las partes. A continuación, se describirán los diferentes tipos de incompatibilidad que podemos encontrar:

- Por el momento de aparición:
 - *Inmediata:* al cabo de muy pocos días, se evidencia tejido necrosado y no hay brotación de las yemas. El tejido que esté en contacto se encuentra desorganizado y no hay una buena conexión vascular. Ésta se evidencia en el vivero, antes de llevar la planta completa a su lugar definitivo.
 - *Retrasada:* se evidencia muchos años después, generándose en árboles adultos, inclusive en aquellos que han podido pasar a la fase adulta. Muchas veces se evidencia con la aparición de una zona con desprendimiento de corteza o el exudado de gomas en el lugar de injerto.
- Por el cómo se expresa:
 - *Incompatibilidad localizada:* se expresa cuando dos partes se ponen en contacto. Este tipo de incompatibilidades se pueden salvar poniendo un “filtro”, es decir, una porción de tallo intermedia que sea su vez compatible con la púa y el portainjerto
 - *Incompatibilidad traslocada:* Este tipo de incompatibilidad no puede ser salvada por la utilización de un filtro como en el caso anterior. En este caso se deberá reemplazar la púa o el portainjerto de la combinación estiónica elegida. Una causa posible de este tipo de incompatibilidades puede ser debida a la presencia de virus en los materiales. Si se parte de material sano y certificado, muchas veces estos problemas desaparecen.

Técnicas de injertación

En este apartado se describirán sólo algunas de las técnicas de injertación más utilizadas, siendo el universo muchísimo más grande, acuñado por la experiencia y la práctica de quienes la desarrollan. A modo general, las técnicas de injertación se pueden dividir en:

- *Insetos de yema:* En estos casos la púa está constituida por una única yema, habiendo diferentes variantes, a saber:

- *Inseto en “T”*: Como su nombre lo indica, consiste en la realización de dos cortes formando un “T”. A partir de estos cortes se producen dos solapas, entre las cuales se ubica la yema a injertar. Luego se procede a su cierre para evitar la desecación. Es una de las técnicas más universales y utilizadas por los profesionales viveristas, teniendo un alto porcentaje de prendido. Como condición, el portainjerto debe tener una corteza que se desprenda fácilmente. Debe recordarse que los portainjertos siempre deben ser regados en abundancia previa a la práctica de injertación.
- *Inseto de “Chip”*: Su nombre deriva del vocablo inglés que significa “astilla”. Es utilizado en especies cuya corteza no despega. En el portainjerto se procede con un único corte. Tiene un buen porcentaje de prendimiento y está recomendado para épocas tardías de injertación, cuando la corteza se ha desecado por la entrada en dormición a fines de otoño.
- *Insetos de canutillo y parche*: El primero corresponde al corte de una banda de corteza, anillando tanto el pie como la variedad. En el segundo, se utiliza una especie de sacabocados. Ambos tipos se utilizan en especies de difícil prendimiento y de cortezas gruesas. Como ejemplos se pueden mencionar a los nogales o a los paltos. Se recomienda su aplicación para injertos en primavera.
- *Insetos de ramita*: en ellos la púa está constituida por una porción de tallo que puede contener una o más yemas. Se pueden encontrar más comúnmente las variantes:
 - *Inglés simple y doble*: Consisten en un corte a bisel en uno o dos cortes, respectivamente. El segundo posee una mayor resistencia mecánica, debido al fuerte encastre.
 - *Omega o en “V”*: Este tipo de injertos se llevan a cabo con pequeñas pinzas que copian la forma en ambas partes de la planta a injertar, generando un encastre perfecto. Se pueden realizar en la fila de vivero como también con los injertos que se llevan adelante en los bancos de injertación de estacas o acodos.
 - *Hendidura y sus variantes*: Se efectúa un corte transversal del portainjerto y luego un corte longitudinal radial. De esta manera se genera una hendidura, en el cual se inserta una púa con forma de “V”. Tiene muy buen porcentaje de prendimiento y se lo utiliza con mucha frecuencia en ornamentales.

Concluyendo, las especies forestales pueden presentar problemas de propagación en vivero, que responden más a las peculiaridades fisiológicas de las semillas de las plantas leñosas, que a la variabilidad genética de las especies (Barbón, 2011). En algunas especies leñosas la propagación es más fácil, más rápida y más económica por medios vegetativos que por semillas (Rivera & Galli, 2006). Tal el caso de los álamos y los sauces, que se pueden propagar fácilmente mediante estacas (Roussy & Abedini, 2012). Los métodos de propagación vegetativa deben ser aún ajustados para varias especies leñosas, sobre todo las no comerciales o especies

nativas de uso potencial. Por ende, es necesario avanzar en el conocimiento del sistema de propagación de cada especie, ya que cada una tiene requerimientos diferentes (Romero A., 2018).

Micropropagación de especies para arbolado urbano⁶

Existe una alternativa biotecnológica para la propagación de plantas, el cultivo de tejidos vegetales o cultivo *in vitro*, que es un conjunto de técnicas que permiten el establecimiento y crecimiento de plantas a partir de cualquier parte de un vegetal, como órganos, tejidos y células, genéricamente llamados explantes, cultivadas en un medio nutritivo bajo condiciones nutricionales y ambientales controladas. La aplicación más práctica del cultivo *in vitro* es la micropropagación de plantas, es decir, la multiplicación de plantas a gran escala, pero también es una importante herramienta de investigación de diversos aspectos básicos, para conservación de germoplasma, mejoramiento genético de plantas, eliminación de enfermedades y producción de metabolitos secundarios. Una de las grandes ventajas es que a partir de fragmentos de tejidos se pueden producir grandes cantidades de plantas en un periodo de tiempo relativamente corto, en espacios reducidos y con condiciones independientes al clima durante todo el año.

La técnica de propagación *in vitro* o micropropagación es una práctica realizada en un laboratorio por profesionales, que busca cultivar material vegetal bajo condiciones controladas de humedad, temperatura y nutrientes, a partir de tejidos, órganos o células. Esta técnica permite, entre otras cosas, seleccionar especies de valor por sus características particulares, como usos múltiples, fitorremediación, sombra y con las mejores características fenotípicas. Otra de las ventajas de la técnica es que posibilita conservar la biodiversidad nativa y la reproducción eficiente de especies fundamentales para el ecosistema urbano.

Esta técnica permite propagar especies con características de interés para la mitigar los efectos del Cambio Climático, aportar soluciones para infraestructura verde y la reintroducción de especies nativas que son de difícil propagación para la conservación de la biodiversidad.

La micropropagación consiste en tomar pequeños fragmentos de tejido vegetal (explante), desinfectarlo y establecerlo *in vitro*, bajo condiciones controladas de humedad, temperatura y luz. Una vez establecido *in vitro*, se induce con reguladores de crecimiento la morfogénesis (órganos o embriones somáticos), o sea, se favorece la formación de hojas, ramas y/o raíces (Figura 3.1). Cuando se obtiene una planta completa, se pasa a un sustrato y se la aclima para poder llevarla a condiciones de campo.

⁶ Para obtener mayor información y detalles de la técnica se recomienda consultar el Libro catedra Plantas de probeta: Manual para la propagación de plantas por cultivo de tejidos *in vitro* (Sharry et al, 2015).

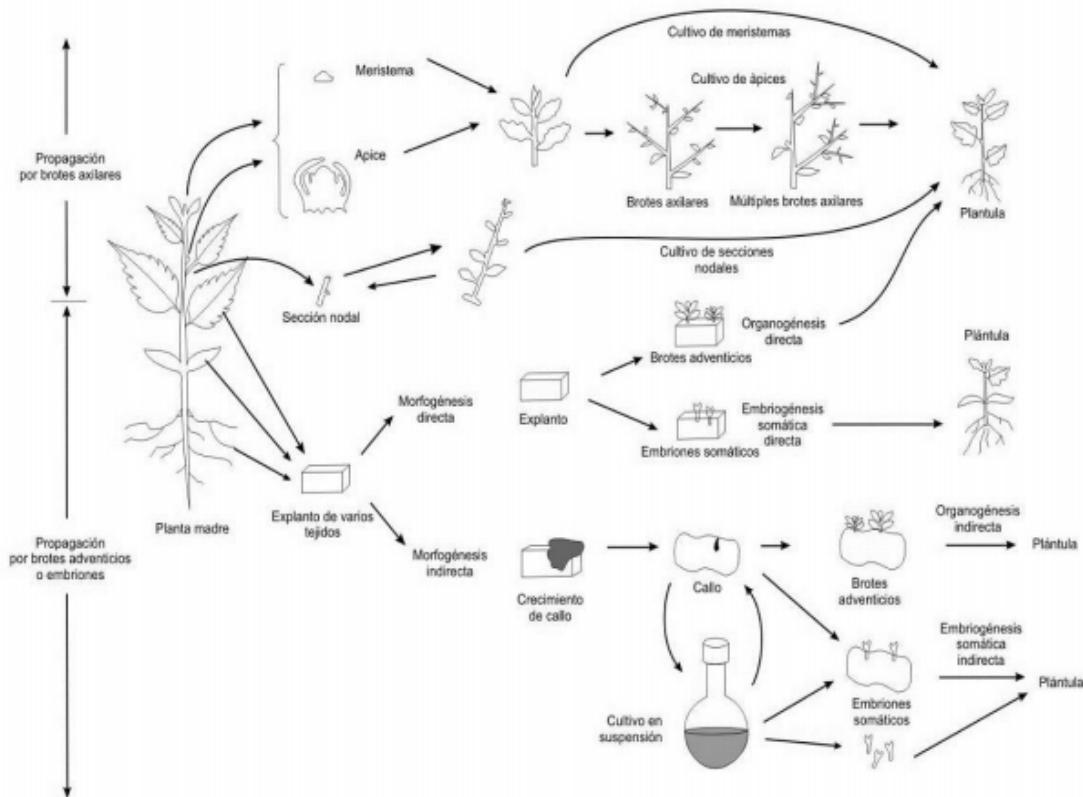


Figura 4.1. Vías de regeneración de plantas por cultivo de tejidos vegetales (CTV). Esquema modificado por Boeri P. (2017) a partir de Lindsey y Jones (1989) en Plant Biotechnology in Agriculture. p. 59.

Los factores determinantes de la respuesta *in vitro* son la planta madre, el tipo de explante, el medio de cultivo y las condiciones de aclimatación. En base a esto, podemos definir 5 etapas para realizar la micropropagación de especies leñosas (Briones V.; 2015; Romero A.M, 2018):

- *Etapa 0:* Preparación del material vegetal. Involucra la selección y preparación de la planta madre dadora de explantes (planta madre/donante). Al igual que con las estacas convencionales, la edad de la planta madre de la cual se extraen los explantes influye en el éxito de la regeneración.
- *Etapa 1: Establecimiento del cultivo.* Se inicia el cultivo *in vitro* con la introducción de los explantes en el medio de cultivo, en condiciones de esterilidad.
- *Etapa 2: Multiplicación.* El objetivo de esta etapa es mantener y aumentar la cantidad de brotes para los nuevos ciclos de multiplicación sucesivos y poder destinar parte de ellos a la siguiente etapa de producción (enraizamiento, bulbificación, etc.).
- *Etapa 3: Enraizamiento y obtención de plantas completas.* En esta etapa se produce la formación de raíces. En las especies herbáceas es relativamente fácil, mientras que en las especies leñosas es complicado por su limitada capacidad rizogénica. El enraizamiento puede realizarse tanto en condiciones *in vitro* como *ex vitro*.

- *Etapa 4: Aclimatación y rusticación de las plantas micropagadas.* La micropagación ha sido utilizada para la multiplicación rápida y masiva de numerosas especies vegetales. Sin embargo, en muchos casos, su uso se ve restringido por el alto porcentaje de pérdidas o daños en el momento en que las plantas son transferidas a condiciones *ex vitro* (invernadero o campo).

A pesar de que la propagación *in vitro*, cuando se cuenta con un protocolo ajustado, permite una producción numerosa y continua de plantas, en algunos casos el costo de propagar plantas por esta vía puede superar los beneficios. Además, en algunos casos, también puede provocar algunos problemas (hiperhidridad, oxidación, necrosis), por lo que continuamente se buscan alternativas para poder escalar la micropagación de plantas, bajar costos de producción, aumentar la tasa de formación de nuevas plantas y disminuir los tiempos de producción e incrementar los porcentajes de supervivencia de las plantas *ex vitro*. Muchos de los problemas antes descritos se han logrado superar mediante el diseño y uso de biorreactores o sistemas de inmersión temporal; éstos son contenedores de ambiente estéril que aprovechan los sistemas de nutrientes líquidos y aire en un sistema de entrada y salida. Están diseñados para el cultivo intensivo y para el escalamiento y ofrecen la oportunidad de monitorear y controlar las condiciones microambientales (ej. aireación, temperatura). Por ahora los biorreactores o sistemas de inmersión temporal poseen una variedad de características que los hace ideales para su uso en la micropagación semiautomatizada de un gran número de especies (Mata Rosas et. al; s/f).

Los laboratorios que cuentan con sistemas de inmersión temporal y escalamiento de la multiplicación se denominan Biofábricas, las cuales se han establecido con éxito en nuestro país, propagando incluso algunas especies forestales para arbolado urbano.

Para la propagación de árboles para bosques urbanos, existen varias alternativas, como la germinación de semillas o la propagación vegetativa, pero con el empleo de técnicas como las de cultivo de tejidos vegetales se puede potenciar la capacidad de propagación de las plantas, particularmente mediante el uso de biorreactores o sistemas de inmersión temporal, diseñados para una propagación eficiente y controlando múltiples variables, además de reducir tiempos y costos de producción. Como toda técnica, también tiene aspectos adversos, como: la aparición de mutaciones y cambios debidos al cultivo, aunque en las especies leñosas es muy improbable por su estabilidad genética; la exigencia de instalaciones especializadas y de personal cualificado y formado; la necesidad de un periodo de aclimatación de las plantas producidas *in vitro* o la lenta fase inicial de los nuevos cultivos. Sin embargo, los aspectos positivos superan a los negativos: la micropagación produce plantas uniformes y clonales, genéticamente idénticas y su aplicación puede extenderse a prácticamente todos los clones ya que, gracias a las condiciones de cultivo *in vitro*, la totipotencia que mantienen algunas células, aun en tejidos diferenciados, puede ser estimulada formando nuevos órganos, como brotes y raíces que darán lugar a nuevas plantas. Aunque hay que adaptar las condiciones de cultivo a cada especie o genotipo, es posible propagar plantas selectas por diferentes características y acelerar su

difusión. Además, permite la comercialización y transporte de las plantas así producidas a lugares y países lejanos con menores restricciones aduaneras de tipo fitosanitario y menores posibilidades de pérdida de materiales (Mata Rosas et al; s/f).

En el LIMAD - Centro Experimental de Propagación Vegetativa de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la UNLP se han propagado varias especies de árboles aptas para bosques urbanos, entre ellas fresno (*Fraxinus sp.*), paraíso (*Melia azederach*), palo borracho (*Ceiba speciosa*), lapacho (*Handroanthus impetiginosus*); jacaranda (*Jacaranda mimosifolia*) (Figura 3.2), sauce nativo (*Salix humboldtiana*, (Figura 3.3) y brachichito (*Brachichiton populneus*) (Figura 3.4) a partir de diferentes explantes y medios de cultivo.

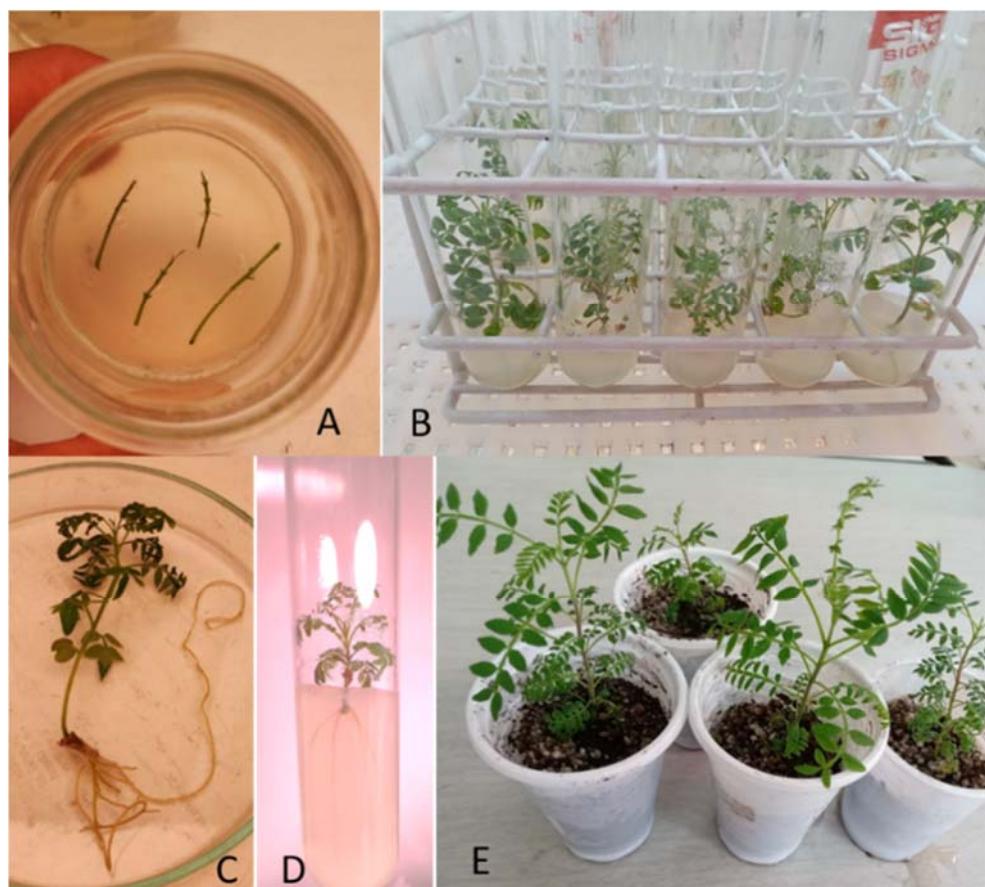


Figura 4.2. Micropropagación de jacaranda. A. Explantes nodales. B. Formación de brotes in vitro. C y D. Vitroplanta. E. Platas aclimatadas listas para pasar a vivero. Fuente: Villarreal B. et al. 2024.

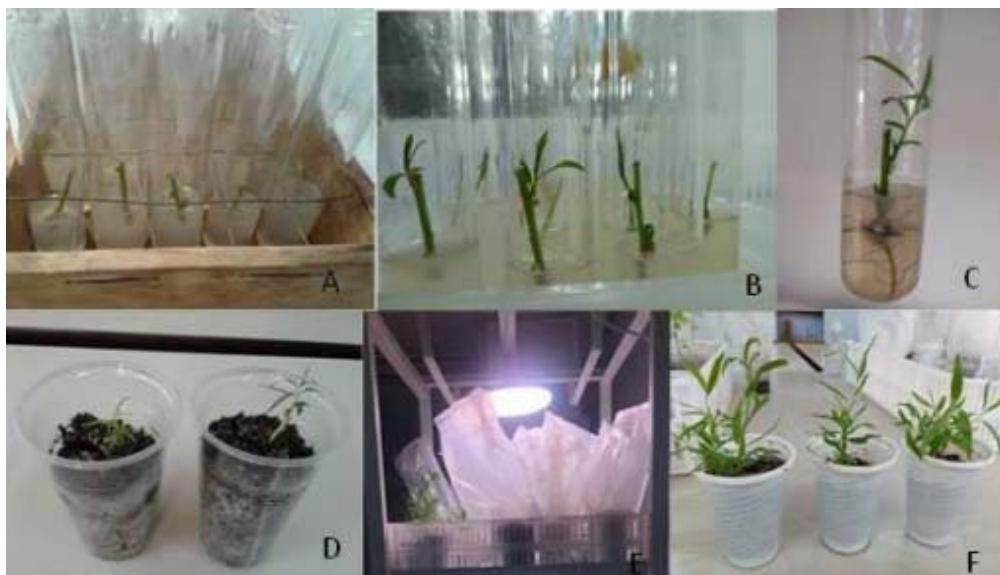


Figura 4.3. Microestaquillado de *S. humboldtiana* a partir de secciones nódales de material juvenil de estaquillas en medio de cultivo WPM/2 sin reguladores de crecimiento. A. Microestacas. B. microestacas con elongación de brotes. C. Microestaca enraizada. D. Vitroplantas. E. Vitroplantas en aclimatación. F. Plantas de *S. humboldtiana* aclimatadas. Fuente: Adema et al. 2022

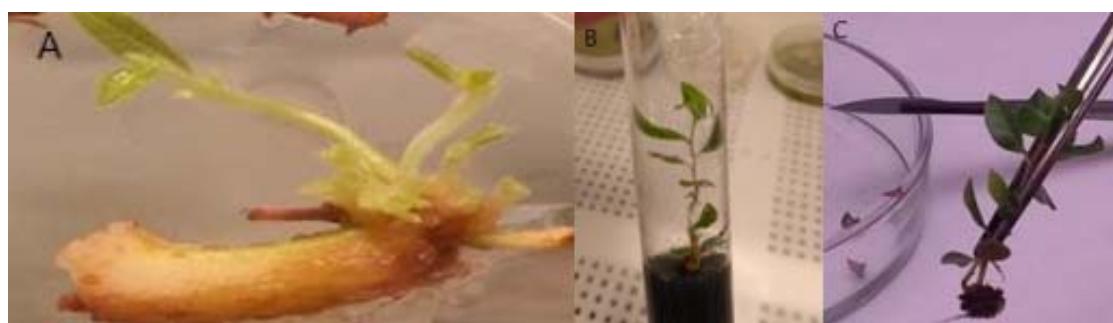


Figura 4.4. *Brachychiton populneus*. A. Inducción de brotes. B. Plántula in vitro. C. Plántula enraizada para su posterior rusticación. Fuente: Cinquetti T. 2022.

Conclusiones

Según Quiroz (2009), cualquiera sea la alternativa de producción de plantas, ésta debe ser el resultado de un análisis biológico, técnico y económico, de tal manera que se asegure la cantidad y calidad de las plantas esperadas, producidas al más bajo costo posible, y que una vez establecidas en terreno, se logren las mejores tasas de sobrevivencia y crecimiento inicial.

Para el éxito en la producción de plantas en viveros de especies forestales para arbolado es importante comprender los procesos que se llevan a cabo en la propagación de plantas, desde la colecta de las semillas, manejo de éstas, proveer las condiciones favorables a la mismas para iniciar el proceso de germinación, programar los cuidados culturales y realizar las actividades en tiempo y forma para lograr la rusticación de la planta, como también cuidarlas durante el transporte al lugar definitivo de plantación (Rodríguez, 2010). Para seleccionar el material de plantación para arbolado se recomienda utilizar material procedente de viveros inscriptos ante el

SENASA (Registro Nacional Fitosanitario de Operadores de Material de Propagación, Micropropagación y/o Multiplicación Vegetal - RENFO) y el INASE (Registro Nacional de Comercio y Fiscalización de Semillas - RNCyFS).

Referencias

- Adema, M., Villarreal, B., Weber, C., Galarco, S. y Sharry, S. (2022). Propagación vegetativa (macro y micro) y evaluación de la capacidad de remoción de iones Cu+2 de *Salix humboldtiana* Willd (sauce criollo). Revista De La Facultad De Agronomía, 121(Especial 2), 104. <https://doi.org/10.24215/16699513e104>
- Baldini, E. (1992). Arboricultura General. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 384 pp.
- Briones, V. (2015). Capítulo 8. La técnica de fotocopiado de plantas. En: Sharry, Sandra Elizabeth; Adema, Mariana; Abedini, Walter Coordinadores. 2015. Plantas de Probeta. Manual para la propagación de plantas por cultivo de tejidos in vitro- EDULP.UNLP. pp. 282. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/46738>
- Cinquetti, T. (2022). Estudios preliminares del cultivo de tejidos in-vitro de *Brachychiton populneus* (Schott & Endl.) R. Br.. Tesis de Grado. FCAYF. SEDICI-UNLP
- Eynard, C., Calviño, A., Ashworth, Al., (2020). Cultivo de Plantas Nativas. Propagación y viverismo de especies de Argentina central. Ediciones Ecoval, Córdoba. 448 pp.
- Hartmann, H.T. y Kester D.E. (1994). Propagación de plantas. Editorial C.E.C.S.A. México. pp. 760.
- Hartmann H.T., Kester, D.E., Davies, F.T.Jr. y Geneve, R.L. (2011). Plant Propagation. Principles and Practices. Eight Edition. Prentice hall pp: 915.
- Mata Rosas, M., Hernández Sánchez, A. y García Vázquez, G. (s/f). Propagación de plantas mediante biorreactores. Disponible en: <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-25/ct-menu-item-27/17-ciencia-hoy/1374-propagacion-de-plantas-mediante-biorreactores>
- Municipalidad de Saladillo. Universidad Nacional de La Plata - Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (1999). Seminario “La producción de plantas frutales de calidad. Aspectos técnicos y legales. Saladillo. Bs. As. Argentina
- Quiroz, I., García, E., González, M., Chung, P. y Soto, H. (2009). Vivero Forestal: Producción de plantas nativas a raíz cubierta. Centro tecnológico de la planta forestal. INFOR Sede Bío-Bío.
- Rodríguez, R. (2010). Manual de Prácticas de viveros forestales. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias Agropecuarias. Pachuca, México.
- Romero Alves M. (2018). Aplicación del cultivo de tejidos in vitro (CTV) para la propagación de especies leñosas. Disponible en: https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/69720/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Sharry, S.E., Adema, M., Abedini, W. Coordinadores. (2015). Plantas de Probeta. Manual para la propagación de plantas por cultivo de tejidos in vitro- EDULP.UNLP. pp 282. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/46738>
- Villarreal, B., Adema, M., Sharry, S. y Weber C. (2024). Optimization of a micropagation protocol of *Jacaranda mimosifolia* for urban trees. 6th IUFRO conference of WP 2.09.02.

Somatic embryogenesis and other vegetative propagation technologies The might of vegetative propagation for healthy and productive forests to face climate changes. Rotorua, New Zealand, 3-8 March 2024

Willan, R.L. (1991). Guía para la manipulación de semillas forestales. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Roma, FAO. Disponible en: <https://www.fao.org/3/ad232s/ad232s00.htm>

CAPÍTULO 5

Generalidades sobre la producción de árboles urbanos en viveros

Sebastián Galarco y Diego Ramilo

Introducción

Entendemos por vivero al espacio físico donde se reproducen y crían plantas (o sus partes) ya sea a partir de semillas (propagación por vía sexual) así como también a partir de otras partes de la planta (propagación asexual, agámica o vegetativa). Etimológicamente, el término vivero deriva del latín *vivarium*: terreno donde se crían árboles para su venta o trasplante.

Tipos de producción de material de propagación en vivero

En Argentina, las especies forestales y ornamentales que se multiplican en viveros pueden ser agrupadas principalmente en cinco (5) diferentes tipos de producción:

1. plantines o plantas a raíz desnuda o raíz libre;
2. plantines o plantas en contenedor (a partir de semilla o clonales);
3. plantas en terrón, cepellón o pan de tierra;
4. materiales obtenidos por propagación vegetativa de Salicáceas (estacas, estacones, guías y barbados) y a partir de injertos y acodos en el caso de muchos árboles;
5. semillas, cuando la forestación se realiza por siembra directa en el terreno.

Viveros de empresas forestoindustriales, de algunas administraciones provinciales y de Universidades Nacionales han incorporado en los últimos años líneas de producción asexual de cultivo *in vitro*, utilizando técnicas de micropropagación, tema fue abordado en el Capítulo 3.

La **producción a de plantines o plantas a raíz desnuda** (1) se realiza directamente en el suelo del vivero en cultivo a cielo abierto, donde las plantas son criadas y posteriormente extraídas para ser llevadas a su destino definitivo de plantación. Existen dos variantes que se pueden observar en distintos establecimientos productores: la producción por *siembra en almácigo y repique o trasplante a cancha de cría*; y por *siembra directa en “almácigo ralo”* o también denominada “siembra de asiento”. En este último caso la semilla es sembrada

directamente en la cancha de cría, sin pasar por almácigo, y allí se cultiva hasta su tamaño final para llevar a campo (Figura 5.1).



Figura 5.1. Planta a raíz desnuda (RD) para uso en arbolado de alineación. Izq. Planta RD de fresno 1+4 descalzadas del suelo del vivero y listas para plantación en arbolado de alineación. Der. cancha de recria a campo de plantas de fresno. Fuente: propia

La **producción de plantas en contenedor o envasadas** (2) se puede realizar bajo condiciones ambientales de cultivo controladas y empleando un sustrato elaborado especialmente para el cultivo, independizándose del uso del suelo del vivero. El grado control de los factores bióticos y abióticos determina las infraestructuras y tecnologías producción requeridas. Se pueden cultivar plantas en contenedores (Figura 5.2) bajo umbráculos o sombreadores, invernáculos y hasta cámaras de cultivo, en las que todos los factores limitantes pueden ser manipulados (Galarco y Ramilo, 2020). Dentro de este grupo se clasifican también las plantas producidas en envases de tipo maceta o bolsa plástica, ampliamente difundidas en los viveros productores de plantas para arbolado urbano o con fines ornamentales, tanto exóticas como nativas (Figura 5.3).



Figura 5.2. Plantas envasadas para uso futuro en arbolado de alineación. Plantín de Timbó cultivado en tubetes individuales dispuestos en bandejas porta-tubetes. Der. Roble en bandejas modulares. Fuente: propia



Figura 5.3. Plantas envasadas. Izq. Tipa blanca en envase tipo bolsa de 10L. Centro. Lapacho en maceta plástica soplada de 30L. Der. Timbó en envase tipo bolsa de 0,5L. Fuente: propia

La **producción de plantas en terrón (T), cepellón o pan de tierra** (3) se realiza, al igual que las plantas a raíz libre, directamente en el suelo del vivero en cultivo a cielo abierto, y allí las plantas son criadas y posteriormente extraídas para ser llevadas a su destino definitivo. La planta se cultiva en el campo hasta alcanzar un tamaño comercializable, y se cosecha extrayendo el cepellón del suelo, envolviéndolo en arpillería (o similar) que protege las raíces de cada individuo. De esta manera, el sistema de raíces se mantiene intacto junto con una porción de tierra alrededor (Figura 5.4), lo que ayuda a proteger las raíces durante el transporte y plantación definitiva, facilitando su adaptación a un nuevo entorno y mejorando el prendimiento.



Figura 5.4. Plantas en terrón para arbolado de alineación. Izq. Planta en terrón de fresno T (1+3) con protección de film de polietileno autoajustable. Der. Planta en T de Jacarandá (1+2), terrón con protección de totora para que no se desintegre. Fuente: propia

Dentro de los **materiales originados por propagación vegetativa** (4) que se utilizan en etapas de forestación en bosques urbanos y periurbanos, encontramos líneas de producción de distintas especies y cultivares de los géneros *Populus* y *Salix*, que principalmente se reproducen vegetativamente por estacas, guías, estacones o barbados.

Por último, el **injerto** (4) es un método de reproducción vegetativa y la planta injertada es un tipo de material de propagación. Se obtiene por la unión de partes de plantas diferentes, una receptora denominada pie, patrón o porta injerto y una donante denominada injerto, que puede ser una yema, o brote (púa). Es el método de propagación por excelencia en la multiplicación de frutales y de numerosas variedades de plantas ornamentales. Esta temática es tratada en profundidad en el Capítulo 3 de esta obra.

Nomenclatura de los materiales de propagación

Al interior de los viveros y para identificar los diferentes materiales de propagación, se emplea una nomenclatura numérica que describe las temporadas de cultivo de una planta, discriminándolas en una componente de almácigo y otra de cría o recría, aplicable tanto a las plantas producidas a raíz desnuda, en terrón o en contenedor. El primer número corresponde al número de temporadas de crecimiento en el almácigo desde su siembra y el segundo número refiere a la cantidad de temporadas de crecimiento en la cancha de cría.

Por ejemplo, para plantas a raíz desnuda y en terrón:

- *Fresno RD (1 + 4)* señala la especie (fresno); el sistema de producción a raíz desnuda y entre paréntesis se consignan las temporadas de crecimiento en almácigo (1 temporada) + las temporadas de crecimiento transcurridas desde el trasplante (4 temporadas de cultivo en la cancha de cría en el suelo del vivero).
- *Arce RD (2 + 4)*: 2 temporadas de crecimiento en almaciguera, trasplante a cancha de cría y 4 temporadas de crecimiento en cancha de cría.
- *Roble T (0 + 6)*: no pasó por almácigo; se sembró directamente en cancha de cría donde permaneció durante 6 temporadas de crecimiento. Planta con terrón.
- *Liquidámbar T (2 + 3)*: 2 temporadas de crecimiento en almaciguera, trasplante a cancha de cría y 3 temporadas de crecimiento en cancha de cría. Planta con terrón.

En el caso de las plantas en contenedor no existe una nomenclatura estándar para describir la producción y generalmente es definido por el tipo y volumen de los contenedores empleados.

Al momento de la comercialización de las plantas, se emplea una nomenclatura diferente, que contempla el sistema de producción empleado, la altura total de la planta, el perímetro del tallo a la altura del cuello y el volumen del envase, o una combinación parcial de estos parámetros. La combinación y el orden de esta información puede variar entre los viveros. Por ejemplo:

- *Casuarina 3L, 210-250 cm*: Planta en envase de 3 litros y 2,10 a 2,50m de altura;

- *Lapacho amarillo 5L, 130 cm;*
- *Timbó T, 350 cm, 18-20cm, T; Planta en terrón, de 3,5m de altura y 18-20cm de perímetro de tallo a la altura del cuello;*
- *Roble europeo T, 250 cm, 12-14cm;*
- *Fresno RD, 180 cm, 8-10cm: Planta a raíz desnuda, de 1,8m de altura y 8-10cm de perímetro de tallo a la altura del cuello;*
- *Catalpa RD, 220 cm, 10-12cm.*

Normativa legal vigente en Argentina sobre viveros

La normativa relacionada a viveros y materiales de propagación se encuentra definida por una Ley Nacional y por resoluciones de dos organismos oficiales descentralizados y dependientes de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación: el Instituto Nacional de Semillas (INASE) y el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA).

Para las especies forestales industriales y las ornamentales, tal como ocurre con las demás especies vegetales que se producen en el país, la Ley de Semillas y Creaciones Fitogenéticas N° 20.247/73 establece que el primer paso para poder legalmente producir, procesar, comercializar, transferir a cualquier título, o bien utilizar para su propia explotación y uso semillas, plantas y/o plantines forestales, es inscribirse en el Registro Nacional de Comercio y Fiscalización de Semillas (RNCyFS) del Instituto Nacional de Semillas (INASE). La Resolución INASE N° 42/00 establece que una persona física, jurídica o sociedad de hecho puede inscribirse en una o varias de las categorías del RNCyFS y dicha acción habilita a quien la lleve a cabo a realizar las actividades definidas como propias para dicha categoría. Tal inscripción es obligatoria y necesaria para poder exportar o importar semillas y órganos de propagación vegetal, al igual que para todo aquel que produzca semilla fiscalizada, procese, analice, identifique o venda semillas.

La Resolución SENASA 312/2007 determinó la creación del RENFO “Registro Nacional Fitosanitario de Operadores de Material de Propagación, Micropagación y/o Multiplicación Vegetal”. La inscripción en dicho registro garantiza la sanidad y trazabilidad del material de propagación vegetal y además permite que los establecimientos utilicen guías de sanidad para el tránsito de plantas. En este Registro deben inscribirse obligatoriamente tanto los productores, los importadores y exportadores, como también los comercializadores que forman parte de la cadena de producción y distribución de material vegetal. Esta inscripción le permite al SENASA corroborar el origen de la producción que se comercializa en una región a través de la elaboración de un documento sanitario. De esta manera, se busca reducir los riesgos de proliferación y dispersión de plagas tanto en el mercado interno como en el externo. A través de la Resolución SENASA 203/12 se crea el Programa Nacional de Sanidad de Material de Propagación, Micropagación y/o Multiplicación Vegetal dependiente de la Dirección Nacional de Protección

Vegetal (DNPV) del SENASA. El mismo tiene como finalidad asegurar la condición fitosanitaria del eslabón de producción de material vegetal de propagación y multiplicación en los viveros, de acuerdo a las normas establecidas por la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF), de la cual Argentina es parte.

La Resolución SENASA 1678/2019 establece los lineamientos generales para la actividad del sector viverista. Además, especifica los requisitos particulares de las plantas y/o partes a producir, en función del riesgo sanitario asociado. El Programa Nacional gestiona el Registro Nacional Fitosanitario de Operadores de material de propagación, micropagación y/o multiplicación vegetal (RENFO), instaura la figura del responsable técnico de viveros y establece el listado de especies priorizadas según riesgo fitosanitario. En esta misma línea de trabajo, se implementa el uso del Documento de Tránsito Vegetal electrónico (DTV-e) para el tránsito de plantas y sus partes en todo el territorio nacional.

La importancia de la certificación de semillas radica en que se garantiza su calidad física, genética, sanitaria y fisiológica, asegurando al consumidor o usuario que el producto que está adquiriendo es evaluado por medio de un certificado de calidad. Permitirá a viveristas el acceso a semillas de calidad e identidad certificada y, a quienes adquieran materiales de propagación, información fehaciente sobre ellos. En paralelo, la correcta inscripción ante los organismos y el uso obligatorio de los canales por ellos establecidos aseguran que no se transportarán plantas o semillas enfermas, y se contribuirá a evitar la propagación de plagas y enfermedades.

Características de los materiales de propagación utilizados en programas de forestación en el marco de planes de manejo de bosques urbanos

La producción en viveros de especies destinadas al abastecimiento de los requerimientos periódicos emergentes un plan de manejo, debe cumplir ciertos criterios mínimos de calidad que permitan que el árbol urbano que se plante en veredas o áreas verdes tenga un establecimiento exitoso, sobreviva con bajo mantenimiento y crezca vigorosamente generando una copa abundante y un tronco robusto (adaptado de Del Pozo, 2018). Producir plantas y realizar una plantación de calidad requiere invertir en los primeros años después de la plantación. Con ello, las administraciones locales recuperarían sus inversiones con la producción o compra de plantas de alta calidad, principalmente debido a una menor necesidad de podas tempranas y a la menor susceptibilidad a plagas y enfermedades de los ejemplares (adaptado de König Brun y otros, 2021).

Según Biondi, Leal y Cobalchini (2007), la preparación de plantas inapropiadas para las veredas puede conducir a problemas futuros, no solo con la estructura urbana, sino también con los propios árboles (König Brun et al., 2021). Si utilizamos materiales de plantación inadecuados, lo más probable es que se esté replantando más de una vez para lograr el éxito en esa tarea. Desde el punto de vista del financiamiento público invertido en el establecimiento y mantenimiento de bosques urbanos, producir o comprar plantas de mala calidad corresponde a

un gasto que, en la mayoría de los casos, tendrá que volver a realizarse (adaptado de Del Pozo, 2018).

Como regla general los materiales de propagación a plantar en el entorno urbano deben reunir ciertas características básicas, entre las que podemos enumerar:

- sistema de raíces bien desarrollado y proporcionado en relación al tamaño de la parte aérea, y que a su vez sea apropiado para la etapa de desarrollo de la planta,
- volumen del cepellón adecuado,
- rusticidad,
- buen aspecto fitosanitario,
- un tallo dominante y ramas subordinadas a este en su crecimiento;
- una copa proporcionada a la talla total de la planta.

Sanchotene (2008) señala que la calidad de las plantas es decisiva en la condición fitosanitaria y en el desarrollo completo del árbol en el entorno urbano, ya que las plantas de alta calidad requieren menos tratamiento cultural a lo largo de su existencia, generando así ahorros en recursos para su mantenimiento (König Brun y otros, 2021).

En nuestro país los materiales de propagación destinados a bosques urbanos deben (aunque no siempre lo cumplen) ajustarse a las características anteriormente planteadas, y comparten algunas otras que las definen y condicionan, entre las que podemos nombrar:

- Plantas de gran tamaño (2-2,5m de altura);
- Larga permanencia en vivero (mayor a 3 temporadas de crecimiento);
- Planta de alto costo relativo;
- Acondicionadas para plantación en veredas, plazas, parques, requieren:
 - Poda de formación de raíces.
 - Poda de formación de un eje principal dominante (futuro tronco)
 - Poda de control de crecimiento de las ramas inferiores del tallo
 - Poda de formación inicial de la copa

Consideraciones mínimas para la instalación de un vivero

Una vez tomada la decisión de crear un vivero, han de considerarse una serie de factores relacionados a su localización y que tienen influencia decisiva en la producción. Tenerlos en cuenta o ignorarlos puede significar la diferencia entre el éxito o el fracaso de la iniciativa. Los más importantes son los siguientes:

- terreno de relieve plano o con ligera pendiente, evitando lugares de relieve bajo o anegable;

- ubicación con acceso a luz solar plena durante la mayor parte del año;
- disponibilidad de agua de riego en cantidad y calidad suficientes;
- suelo del vivero de buenas características, sobre todo si se realiza producción de plantas a raíz desnuda o se utiliza el suelo como componente de la mezcla del sustrato para la producción de plantas envasadas;
- accesibilidad al predio durante todo el año, por la existencia o cercanía a caminos transitables;
- provisión de energía eléctrica de forma estable y segura;
- cercanía a los centros de consumo de las plantas que se producirán.

Siempre es importante **evaluar más de un sitio candidato** para la instalación del vivero y seleccionar aquél que cumpla en mayor grado con los factores antes mencionados.

El tamaño del vivero se determinará en función de las líneas de producción que tendrá, la cantidad de plantas a producir y su tipología (tipo y tamaño de planta final a producir) y de la infraestructura requerida para dicha producción. Los aspectos a considerar son:

1. *Relieve plano o con leve pendiente*: dependiendo de las características del relieve general de la región, un terreno nivelado o con leve pendiente reducirá costos de movimientos de suelos y facilitará el diseño de las áreas productivas, la creación de la infraestructura de producción como también el tránsito de maquinaria y vehículos. Una leve pendiente del terreno favorece el escurrimiento de agua de lluvia, evitando encharcamientos. Dentro de las posibilidades de emplazamiento se deberán elegir exposiciones norte debido a que estas reciben mayor cantidad de radiación solar. Los sitios bajos deberán evitarse ya que pueden presentar suelos arcillosos, drenaje limitado y encharcamientos y problemas de acumulación de sales.
2. *Acceso solar directo*: el vivero deberá localizarse en un sitio que tenga acceso de luz solar directa durante la mayor parte del día y durante todo el año. Las estructuras de crecimiento no deberán ser afectadas por edificios o árboles cercanos. Con respecto a la luz, lo ideal es elegir el sitio que tenga el mayor tiempo de exposición al sol que sea posible. Se deben evitar las exposiciones Este o Sur, o lugares muy sombríos porque la falta de luz se traduce en un menor crecimiento de las plantas.
3. *Agua de riego en cantidad y calidad*: junto a la luz solar, el agua de riego constituye los factores excluyentes para seleccionar el sitio de ubicación de un vivero que produce plantas para arbolado urbano. El agua es un elemento esencial para la producción, que se debe asegurar en cantidad y calidad adecuada, así como un reservorio de agua que asegure un abastecimiento de emergencia ante fallas en la provisión y sea capaz de almacenar la cantidad de agua necesaria para regar por al menos tres días.

Un vivero exitoso debe contar con un abastecimiento permanente y seguro de agua de buena calidad para el riego a lo largo de todo el ciclo de cultivo. Tanto la cantidad como la calidad del

agua de riego de fuentes potenciales deberán ser analizadas antes del establecimiento del vivero. Aquellos sitios candidatos que no cumplan plenamente con estos requisitos serán descartados como potenciales ubicaciones.

4. *Suelo de buenas características*: las características deseables que debe reunir el suelo y que han de evaluarse a campo en la fase de selección de sitios candidatos para la instalación del vivero son:

- texturas medias a gruesas (suelos livianos): francesos arenosos, francesos.
- bien drenado, profundo;
- pH cercano a la neutralidad o ligeramente ácidos, preferentemente fértiles;
- libre de impedimentos al crecimiento de raíces (tosca, piedra, etc.);
- de fácil laboreo.

En los viveros que tengan previsto producciones a raíz desnuda o plantas en terrón deben evitarse los sitios de suelos muy arcillosos ya que presentan limitaciones de drenaje, aireación, dificultades en su laboreo y sus características afectan negativamente el normal crecimiento de las raíces. En los viveros de plantas envasadas o en contenedores, las características del suelo del vivero son de importancia secundaria ya que la mezcla en la que se cultivan las plantas se prepara a partir componentes diferentes al del suelo del vivero, tales como corteza de pino compostada, perlita, vermiculita, entre otros.

5. *Accesibilidad al predio*: es altamente conveniente que el vivero sea emplazado sobre un camino de buena transitabilidad durante todo el año y que garantice el acceso diario de los trabajadores, clientes, la llegada de insumos, equipos, maquinarias y camiones para la salida de la producción.

6. *Disponibilidad de energía eléctrica a bajo costo*: se requiere disponibilidad de energía eléctrica para bombas de provisión de agua y de riego, y para las estructuras auxiliares del vivero.

7. *Superficie de tierra adecuada a los requerimientos del proyecto y posibilidad de ampliaciones futuras*: La superficie de tierra seleccionada para un vivero debe ser lo suficientemente grande como para acomodar las estructuras, las áreas productivas previstas, calles, estacionamiento y edificios auxiliares. También ha de considerarse su posible expansión. De hecho, es recomendable buscar un lugar que disponga de al menos el doble de superficie que la inicialmente planificada como superficie productiva, a fin de permitir futuras expansiones.

8. *Microclima protegido*: ha de estar situado en un área relativamente protegida, no sujeta directamente a la acción de vientos o temperaturas dañinas; no obstante, se necesita de la circulación de aire para ventilación en verano y para que no se asienten las heladas en invierno.

9. *Cercanía a lugares de consumo de las plantas que se producen*: la adaptabilidad climática de las plantas, la logística en su despacho y los niveles de demanda local o regional deben ser considerados al definir la ubicación del establecimiento productor. La elección de sitios muy

aislados o alejados de los centros de consumo (ej. proyectos de forestación) representan un aumento de costos de transporte que pueden afectar la rentabilidad del vivero.

El tamaño del vivero se determinará en función de la cantidad de plantas a producir y de la infraestructura que contendrá. Siempre es recomendable considerar un terreno que permita posibilidad de ampliaciones futuras.

Infraestructura mínima necesaria para la producción

El funcionamiento de un vivero productor de materiales de propagación para abastecer programas de forestación en bosques urbanos requiere de una serie de infraestructura básica. Los elementos esenciales son:

Instalaciones de servicio a la producción

Para un diseño y funcionamiento exitoso es necesario incluir instalaciones de servicio tales como oficina, galpón principal, alambrados perimetrales, caminos y estacionamiento, entre otras, siendo la función de estas instalaciones apoyar a la producción propiamente dicha y almacenar y facilitar herramientas, insumos y maquinarias.

Alambrado o cerco perimetral: una vez decidido el lugar y superficie del vivero, se debe efectuar el cierre perimetral del mismo para evitar el ingreso de animales o personas extrañas.

Oficina: destinada al funcionamiento administrativo del vivero. Se debe considerar aproximadamente 10 m² por persona en la superficie de la oficina, con un tipo de estructura confortable y servicios adecuados.

Pañol de herramientas de mano e insumos: destinado a guardar herramientas y maquinarias de mano (palas, azadas, moto guadañas, mochilas pulverizadores, etc.) e insumos plásticos (envases, polietilenos, rollos de media sombra) que se utilizan en las tareas de producción. El galpón debe estar protegido convenientemente del clima y del ingreso de animales.

Galpón de maquinarias: la maquinaria, aperos agrícolas y/o vehículos auxiliares (acoplados, etc.) requieren resguardarse bajo techo. También se debe considerar un ámbito ventilado dentro del galpón de maquinarias para almacenar combustibles y lubricantes.

Caminos internos. Playa de estacionamiento: deben estar consolidados y transitables durante todo el año, con un ancho que permita el tránsito normal de tractores y camiones.

Depósito de agroquímicos: el almacenamiento de productos agroquímicos requiere el mayor de los cuidados para su gestión de acuerdo a la normativa vigente, por lo que resulta imprescindible contar con un lugar especialmente acondicionado para ese destino.

Estructuras productivas propiamente dichas

Abarca los espacios físicos y la infraestructura vinculada a las diferentes líneas de producción y comprende:

Reservorio de agua: en virtud de la importancia del agua en la producción, todo vivero debe contar con un reservorio de agua (tanque o cisterna) que asegure un abastecimiento de agua suficiente como para regar la totalidad de la producción en la etapa de mayor consumo, más un volumen adicional de reserva que garantice agua de riego de tres días en caso de fallas en la provisión.

Sistema/s de riego: La elección de el o los métodos de riego dependen de la escala del vivero y de los diferentes sistemas de producción que sostiene. Los sistemas disponibles pueden ser de aspersión, goteo o gravitacional; dentro del primero los hay de tipo manual o automatizado.

Cálculo de volumen de agua necesario: la cantidad total de agua de riego que requerirá el vivero depende de:

- clima del lugar;
- sistema de riego utilizado;
- volumen de los envases;
- textura y estructura del suelo o sustrato;
- necesidades de agua de las especies a producir en los diferentes estadios de cultivo.

También se necesitará agua para otros propósitos adicionales a los de producción, tales como uso doméstico, limpieza, refrigeración de invernáculos, entre otros. Es importante considerar la posibilidad de expansión futura del vivero y, por consiguiente, el volumen y disponibilidad de agua para ese fin.

Galpón / tinglado de repique: dentro del vivero se requiere un área despejada y bajo cubierta para preparar las mezclas del sustrato (mezcla y zaranda). Allí también se llenan los envases y se efectúan los trasplantes y el re-envasado de plantas. Estos galpones deberán ser preferentemente cerrados de los lados sur y oeste para brindar protección del viento y la lluvia, para evitar que el sustrato que allí se almacena se humedezca, lo cual dificulta su manipuleo.

Canchas de cría para plantas envasadas: son franjas de terreno a cielo abierto donde se producen las plantas. En ellas se disponen ordenadamente los envases una vez sembrados, o trasplantados desde la almaciguera (Figura 5.4). Las canchas de cría no deben tener un ancho superior a 1-1,20 metros para facilitar los trabajos manuales desde ambos lados de las mismas; el largo puede ser variable de 20-50 metros y deben contemplarse caminos (de por lo menos 0,60 metros) para poder transitar con carretillas entre las canchas. En las cabeceras se dejan caminos de 3-4 metros de ancho donde pueden transitar vehículos y facilitar así la carga y descarga. En zonas áridas o semiáridas las canchas pueden estar bajo nivel, para eficientizar el riego y disminuir la evapotranspiración (Figura 5.5 – centro). Cada cancha ha de estar identificada para llevar un registro del cultivo.



Figura 5.5. Canchas de cría de plantas en envase. Izq. Liquidambar en cancha de cría con paredes de mampostería. Centro. Jacarandá en cacha bajo nivel. Der. Algarrobo. Fuente: propia

Canchas de cría para plantas a raíz desnuda o en terrón: en este caso el concepto y dimensiones de cancha de cría no varía, simplemente se debe tener en cuenta que es el mismo suelo del vivero el que proveerá el sustrato para el crecimiento de las plantas. En consecuencia, previo al inicio de la producción se realiza un laboreo del suelo para mejorar las condiciones de cultivo, facilitar la exploración por parte de las raíces y la realización de las tareas culturales requeridas (Figura 5.6).



Figura 5.6. Canchas de cría de plantas a raíz desnuda de fresno. Fuente: propia

Canchas de cría para plantas en tubetes: En el caso de la producción de plantines en bandejas modulares o tubetes, las canchas de cría son mesadas (dentro o fuera del invernáculo) sobre las que se disponen las bandejas. En general, las mesadas comparten las siguientes características (Figura 5.7):

- elevadas del suelo del invernáculo, con un despeje que permita la circulación de aire y favorezca la poda aérea de raíces; es deseable que su altura favorezca la ergonomía del trabajo;
- ancho no superior a 1-1,2 metros, para facilitar el acceso desde ambos lados de la mesada, y con pasillos de 0,8 – 1 m entre mesadas;
- largo variable según las dimensiones del invernáculo o umbráculo;
- cabeceras con pasillos amplios para carga y descarga.



Figura 5.7. Canchas de cría de plantas en tubetes. Mesadas. Izq. Pino Paraná. Centro. Ibirá Pita. Der. Timbó. Fuente: propia.

Sombreadores o umbráculos: la sombra artificial protege a las plantas del efecto del sol, evitando que se deshidraten en verano. Cualquiera sea el tipo de protección que se use, se la debe ubicar a una altura que permita una adecuada aireación y riego. Lo ideal es que sean fáciles de colocar y remover, para poder desplegarlas en las horas que se consideren necesarias y retirarlas fácilmente para realizar tareas de manejo de las plantas, riego, deshierbes y control de plagas.

Invernáculos: Para modificar el ambiente de crecimiento de las plantas se han utilizado una gran variedad de estructuras. El tipo de estructura de propagación depende de los recursos económicos del viverista, de la disponibilidad de materiales locales, de la escala de producción y de las necesidades de las especies cultivadas. El cultivo bajo cubierta favorece el crecimiento acelerado de los árboles, a la vez que protege a las especies sensibles en sus primeros estadios de crecimiento.

Semillas

La forma más corriente de reproducción en las plantas es mediante semillas. En el mundo, la gran mayoría de las especies forestales se producen en viveros a partir de semillas, dado que este tipo de propagación sexual es más económica, se preserva una mayor base genética, las semillas de muchas especies se pueden almacenar durante largos períodos de tiempo y se pueden comercializar y transportar fácilmente.

Las semillas constituyen la base de la reforestación o forestación, y el éxito de la misma dependerá en gran medida de una correcta selección de la especie y del origen o la procedencia del material seminal, el que deberá ser acorde a las condiciones de clima y suelo donde se plantarán los árboles logrados a partir de esa semilla. Este aspecto es poco tenido en cuenta en la producción de árboles para arbolado urbano en nuestro país, y muchos viveros emplean semilla sin trazabilidad de origen y/o procedencia. Asimismo, es habitual el transporte y uso de plantas para arbolado urbano que son producidas en sitios geográficamente muy distantes entre sí y con características biofísicas significativamente diferentes a las de las locaciones de plantación.

Es de destacar que el costo de la semilla es un porcentaje pequeño del costo de producción de una planta para arbolado, y es despreciable en el costo total de un proyecto de forestación urbana. Por ello, los viveros han de realizar el esfuerzo de obtener y emplear semillas identificadas y de calidad para iniciar sus producciones de plantas forestales. En el mismo sentido, los responsables de la gestión de los bosques urbanos deberían requerir la información sobre la semilla empleada en la producción de los árboles que adquieren o producen. En este aspecto, en nuestro país existen fuentes semilleras de calidad certificada para especies forestales tanto exóticas como nativas, las que se encuentran inscriptas ante INASE en el Registro de Materiales Básicos Forestales (Figura 5.8). No obstante, para buena parte de las especies empleadas en arbolado urbano, no hay fuentes semilleras formales e inscriptas; los viveros colectan su propia semilla o la obtienen por compra o intercambio con otros viveros.

La calidad genética de la semilla empleada tiene consecuencias directas en la calidad de las plantas, su supervivencia y en la variabilidad genética del bosque urbano y su resiliencia. Desatender a este aspecto puede ocasionar, en casos extremos, que la totalidad de los individuos de una especie en el bosque urbano procedan de la colecta de unos pocos individuos parentales, con la posibilidad latente de que toda la población pueda ser afectada por la emergencia de una plaga, enfermedad o la ocurrencia de condiciones ambientales atípicas (sequías prolongadas, períodos anormalmente húmedos, etc.). Por ello, resulta fundamental atender a una serie de consideraciones mínimas respecto a la cosecha local de semilla por parte de los viveros, entre las que se destacan:

- Identificar árboles agrupados (macizos) de la especie de interés;
- Seleccionar visualmente los árboles a cosechar, eligiendo aquellos en estado adulto en los que pueda apreciarse su forma, no bifurcados, sanos, vigorosos y que produzcan abundante semilla;

- No cosechar semilla de árboles aislados, enfermos, débiles o deformados;
- Conformar lotes de cosecha de semilla a partir de la colecta de varios individuos;
- Obtener semilla de diferentes sectores de la copa de cada individuo cosechado.



Figura 5.8. Uso de semilla de calidad para la producción de plantas. Izq. Semilla de calidad identificada de *Prosopis chilensis* y registrada ante INASE. Der. Semilla identificada de Timbó. Fuente: propia

En el capítulo 3 de la presente obra se encontrará mayor información relacionada a la temática de semillas.

Generalidades de los sistemas de producción de materiales de propagación para bosques urbanos

Plantas a raíz desnuda o libre

Muchas especies de árboles que pierden sus hojas durante el invierno (caducifolias) e ingresan en lo que se denomina una estación o etapa de reposo fisiológico son producidas a raíz desnuda o libre. Las fases de cultivo son las siguientes:

Siembra: las semillas son sembradas directamente en el suelo del vivero que debe ser de buena calidad y permitir una rápida germinación, establecimiento y crecimiento inicial. El suelo se laborea en forma mecánica con arados, discos y/o rastras o motocultivadores. Si no se cuenta con maquinaria, la preparación de la cama de siembra se efectúa de forma manual, con tareas de punteo a pala y pasadas de rastrillo. Luego del laboreo, el suelo debe quedar bien desterronado y aireado, con un adecuado grado de humedad para efectuar la siembra.

La siembra se efectúa de forma manual o mecanizada directamente en las canchas de cría, cuya dimensión es de 1-1,2 metros de ancho y 30 o más metros de largo. La distribución de la semilla puede realizarse al voleo o sembrar en líneas distanciadas entre sí por entre 10 a 50 cm o más, dependiendo de la especie, su vigor, y tamaño final de la planta que se extraerá para su destino final.

Época de siembra: la época de siembra más oportuna es el comienzo de la primavera, aunque especies de semillas grandes como robles, castaños y araucarias, entre otras, se siembran inmediatamente luego de su cosecha en el otoño, algunas porque pierden rápidamente su poder germinativo (ej. araucaria) o porque su almacenamiento a baja temperatura es complejo dado su gran tamaño.

Recria a campo: considerando la producción de plantas para arbolado urbano, entre las especies más comúnmente utilizadas en la provincia de Buenos Aires podemos mencionar al fresno americano, catalpa, acacia de Constantinopla, arce, sicomoro, parasol de la China, entre otras. Todas ellas son producidas por siembra en una almaciguera donde permanecen 1 o 2 estaciones de crecimiento; luego son trasplantadas a las canchas de cría en el suelo mismo del vivero, donde permanecen otras 2 a 3 estaciones de crecimiento adicionales (Figura 5.9).

Previa preparación mecánica del suelo, se procede a la marcación de la ubicación de los trasplantes con alambre o cable plantador. Seguidamente y en forma manual (pala) se colocan los trasplantes en las canchas de recria, a un distanciamiento de 0,50 metros entre plantas en fila y 0,8-1,2 metros entre filas. El trabajo de trasplante requiere realizar pozos suficientemente grandes para que, al momento de trasplantar, las raíces queden perfectamente dispuestas hacia abajo para cubrirlas inmediatamente con tierra. Se aplica un riego de asiento con manguera, de aproximadamente 10 litros por planta. Todos los trabajos de trasplante se realizan en época de reposo.



Figura 5.9. Canchas de cría a raíz desnuda en el campo propio del vivero. Fuente: propia

Tareas culturales en las canchas de cría de RD: son esenciales las que se detallan:

- **Riego:** en la primera estación de crecimiento se aplican usualmente 2 a 3 riegos semanales; en invierno – otoño se pueden reducir a una (1) vez por semana.
- **Deshierbes:** mediante desmalezados manuales con azada alrededor del cuello de la planta, y entre filas empleando un motocultivador. También se realizan controles de tipo químico

con herbicidas, atendiendo a las relaciones de toxicidad entre productos y especies cultivadas.

- *Poda de raíces:* es una operación clave en la producción de plantas para arbolado. Se realizan, en general, durante la temporada de reposo y tienen por finalidad favorecer la formación de un sistema radicular en cabellera, promoviendo con las podas la proliferación de raíces secundarias. Pueden realizarse en forma manual o con maquinaria dependiendo de la escala del vivero y en esta operación se procede a cortar todas las raíces de la línea de plantas, primero de uno de sus lados y transcurridos unos meses, se efectúa el corte del otro lado (Figura 5.10). En el proceso de producción de plantas para arbolado urbano, la poda de raíces se repite en las distintas temporadas de crecimiento, por un lado, para que se formen numerosas raíces secundarias y por otro, para que el sistema de raíces quede confinado en un volumen acotado y al extraer la planta del suelo del vivero para su despacho se conserven sin dañar en la mayor proporción posible.

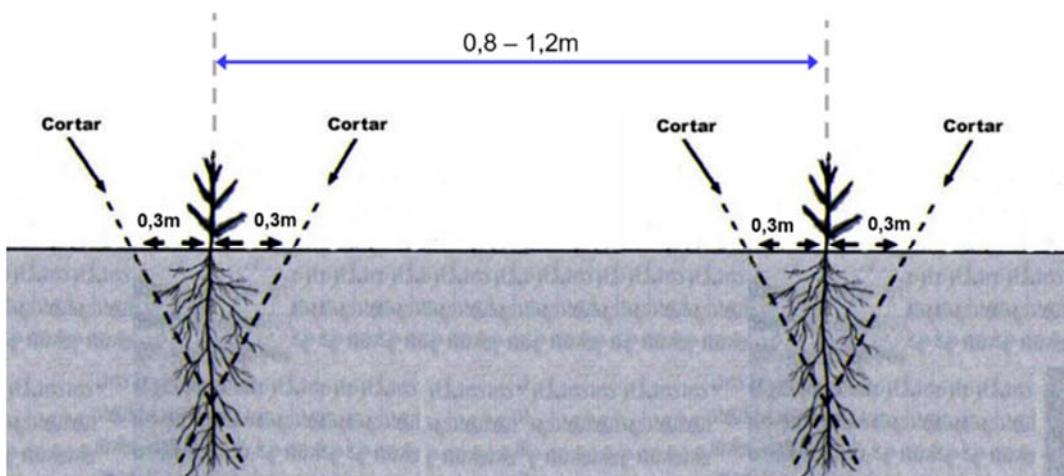


Figura 5.10. Esquema de procedimiento de poda manual de raíces con pala. Fuente: modificado de fuente desconocida.

Extracción de plantas y acondicionamiento: todas las plantas cultivadas a raíz desnuda son extraídas para llevarse a plantación definitiva en la estación de reposo. La extracción se realiza con pala de punta o con arrancadoras mecanizadas. Una vez retiradas del suelo, no deberán dejarse sus raíces expuestas al aire y sol debido a que se secan. Se disponen en zanjas y se tapan las raíces con tierra del lugar hasta ser transportadas a su sitio definitivo, protegidas en un vehículo cerrado o cubierto con una lona (Figura 5.11).



Figura 5.11. Izq. plantas de fresno RD 1+4 extraídas y listas para ser cargadas. Der. camión cerrado para transporte de materiales de propagación. Fuente: propia.

Producción de plantas en terrón o cepellón o pan de tierra

La producción en terrón comparte las características e infraestructuras de la producción de plantas a raíz desnuda. Incorpora las tareas de poda de raíces de manera intensificada, ya que la poda de raíces delimita el tamaño del terrón alrededor del cuello de la planta con el que se extraerá. Luego de extraídas, cada terrón se recubre con arpilla, film de polietileno o totora para evitar su rotura y/o desgranamiento.

Este sistema de producción garantiza una mayor tasa de éxito en comparación con las plantas de raíz desnuda, ya que el sistema de raíces permanece prácticamente intacto dentro del terrón, lo que reduce la desecación, el estrés del trasplante y promueve un establecimiento más rápido en la nueva ubicación.

Producción de plantas en envase

Todas las plantas empleadas en bosques urbanos pueden producirse mediante este sistema, que emplea una variedad de sustratos, tipos y tamaños de envase según las necesidades particulares de cada cultivo.

Sustrato

Constituye el soporte físico de la planta y la protección de las raíces y, en algunos casos, es también su fuente para su nutrición. Una gran variedad de sustratos premezclados y listos para usar pueden adquirirse de manera comercial en bolsas o a granel. Algunos distribuidores comerciales ofrecen mezclas hechas de acuerdo a las especificaciones del productor. Los fertilizantes de liberación lenta y otro tipo de productos son comúnmente adicionados en muchas marcas de sustratos premezclados. Algunos de los sustratos más usados por los viveros locales para el llenado de envases son:

- tierra negra del lugar mezclada con arena, turba, resaca, u otros.

- compost.
- arena-turba-pinocha (hojas de pino descompuestas).
- corteza de pino molida y compostada.
- cáscara de girasol y/o cáscara de arroz, mezcladas con tierra.
- otros sustratos o mezclas como perlita, vermiculita, etc.

La definición del sustrato a utilizar variará en función de la facilidad de su obtención en el lugar, sus costos y los objetivos y modalidades de producción que se determinen.

Envases o contenedores

Los viveros han empleado a lo largo del tiempo una gran diversidad de tamaños y tipos de contenedores, de diferentes materiales, desde envases individuales tipo macetas de barro cocido, latas, envases biodegradables de turba o papel, envases de *ruberoid*, bolsas individuales de polietileno, fuelles tipo *polybags*, envases plásticos soplados o termofundidos hasta bandejas de polietileno rígido o poliestireno. Su selección dependerá de las especies que se producirán, del tipo de sistema de viverización y de las condiciones del sitio de producción. La selección del tipo de contenedor es uno de los aspectos más críticos en la planificación y desarrollo de un vivero, dado que afecta el diseño del área de propagación, el tipo de canchas de cría y la selección del equipo de producción y de manejo. Las siguientes fotografías ilustran los distintos tipos de envases (Figura 5.12).

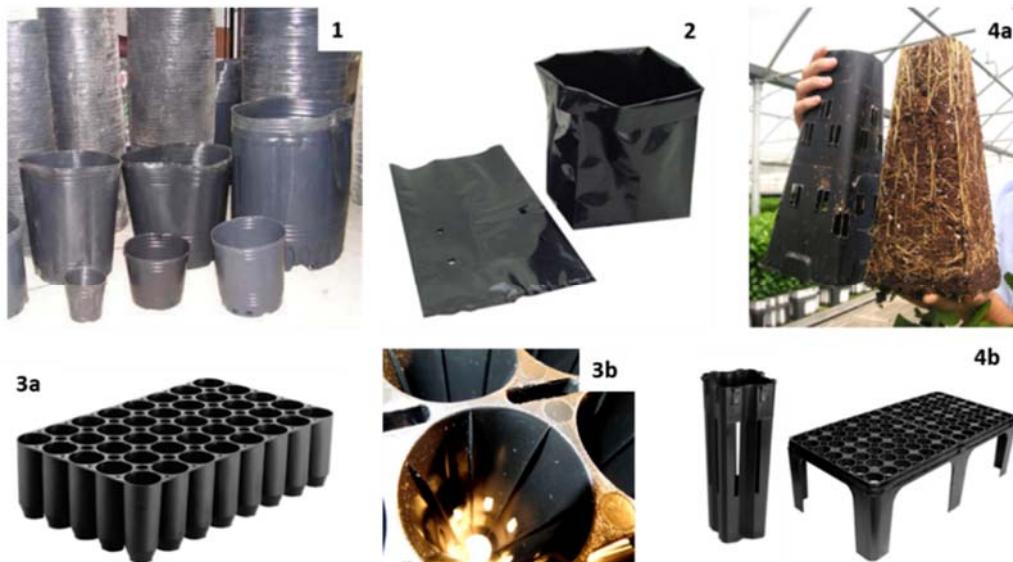


Figura 5.12. Envases con fondo: Macetas de plástico soplado (1) y bolsas de polietileno (2). Envases sin fondo: bandejas modulares (3a y 3b) y tubetes individuales (4a y 4b). Fuente: propia

Los avances en la producción en contenedores incluyen la incorporación de *poda aérea* para incrementar la biomasa de raíces finas y brotes laterales. El propio diseño de los contenedores

y la presencia de orificios en el fondo, además de favorecer el drenaje, acota el crecimiento de las raíces al interior del contenedor, dado que, al alcanzar el fondo y encontrarse con mayor concentración de oxígeno, los ápices de las raíces detienen su crecimiento y se suberifican, a la vez que se promueve la ramificación y formación de raíces finas (modificado de Amoroso et al., 2010). Para reducir la ocurrencia de raíces deformadas durante la producción en contenedores, se han diseñado muchos tipos de contenedores alternativos (Appleton y Whitcomb, 1983, Gilman et al., 2010a). Estos contenedores utilizan la poda aérea de raíces, a través de formas de recipientes especializados, recipientes sin fondo, telas tejidas o no tejidas, deflexión mecánica o productos químicos para controlar el crecimiento de las raíces.

Manejo de las plantas envasadas

Llenado de envases: en general, en viveros pequeños, se trabaja con bolsas de polietileno negro de dimensiones y espesor variable. Los contenedores deben ser llenados con la mezcla de sustrato previamente preparada, teniendo en cuenta que deben llenarse completamente; al ir llenando el envase es conveniente golpear la base para asegurar la distribución homogénea de la mezcla y de espacios vacíos. Luego son ubicados en las canchas de cría, disponiéndolos de forma ordenada.

Siembra: se distinguen dos modalidades productivas:

- *Siembra directamente en el envase:* en general, se utiliza cuando la semilla es fácil de manipular. Una práctica común para reducir la ocurrencia de fallas de germinación en algunas especies es sembrar más de una semilla por envase. Una vez germinadas y cuando las plantas tengan dos a cuatro pares de hojas verdaderas, se efectúa un raleo, dejando solamente una plantita por cada envase, siendo preferible que la seleccionada tenga un buen tamaño y quede en el centro del envase.
- *Siembra en almácigo, con posterior trasplante de las plántulas a los envases:* se denomina almácigo a un sector del terreno donde se realizará la siembra del conjunto de semillas en una superficie determinada, limitada y a alta densidad, de manera que en un pequeño espacio se pueden obtener muchas plántulas con economía de semillas y espacio. Los almácigos pueden construirse sobre o bajo el nivel del suelo; se rellenan con un sustrato listo para recibir a las semillas y que prontamente y de forma homogénea estas germinen y desarrollen sus raíces.

Época de siembra: en general se siembra en dos épocas definidas: fines del invierno a principios de primavera, y principios del otoño.

Una vez definida el área de la almaciguera se llena con el sustrato, se apisona y se le da un abundante riego, luego se esparce la semilla en forma uniforme y se cubre con una delgada capa de sustrato. Los riegos iniciales después de la siembra deben hacerse con un sistema que evite remover la capa del sustrato que cubre la semilla (riego de gota fina, con microaspersores o regaderas de flor fina); la frecuencia de riego en la primera etapa se efectúa dos veces al día, en la mañana y en la tarde, evitando las horas de mayor temperatura. Dependiendo de la especie,

la calidad de la semilla y las condiciones ambientales, la germinación se produce entre los 5 y 20 días posteriores a la siembra. Como medida preventiva, es conveniente aplicar algún fungicida (con mochila) a medida que germinen las plantas.

Repike o trasplante: se retiran las plantas del almácigo para colocarlas en mejores condiciones para completar su crecimiento en los envases (Figura 5.13). El trasplante se realiza cuando las plantas tienen 3 o 4 pares de hojas, o más según la especie. Este es el momento de seleccionar las plántulas, descartando las defectuosas, torcidas o bifurcadas.

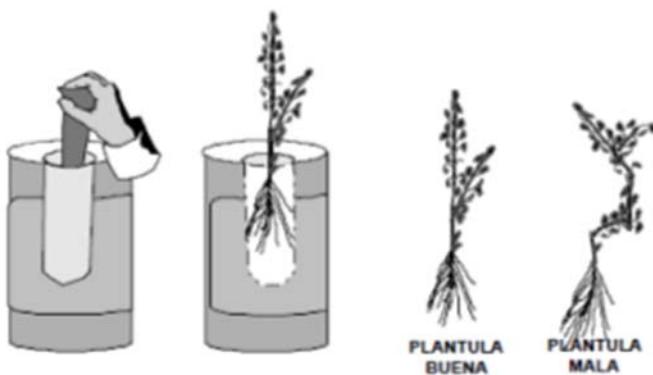


Figura 5.13. Diagrama procedimiento de trasplante a envase. Fuente: desconocida

Riego: una vez que las plantas se recuperaron del trasplante y están creciendo, los riegos se efectúan con menos frecuencia e intensidad. Las mejores horas para regar durante el verano para los distintos momentos de la producción son las de amanecer y atardecer.

Aplicación de fungicidas: existe el riesgo latente de que se susciten infecciones fúngicas en el cultivo, en especial durante sus primeras fases. Desde que se siembra, se comienza con la aplicación de fungicidas cada 7 a 10 días y como medida preventiva para evitar la mortalidad de las plántulas ocasionada por el complejo de hongos del *mal de almácigos o damping off*.

Movimiento de cancha: cualquiera sea el tipo de envase usado en el cultivo, el normal desarrollo de la planta hace que la raíz emerja por los orificios inferiores de drenaje y penetre en suelo de la cancha de cría. Es importante evitar que profundice demasiado, pues ello puede traer como consecuencia la muerte de muchas plantas al realizarles el corte de raíz.

El corte de raíces estimula la emisión de raíces secundarias al ser eliminada la raíz principal (que profundizo en la cancha de cría). Las plantas deben ser tomadas por sus envases uno por uno, se cortan las raíces que los unen con un cuchillo afilado o tijera de podar y, una vez liberada la planta, se cortan al ras del fondo del envase las raíces que hayan quedado. Al efectuar esta tarea, las plantas se clasifican por tamaño para reorganizar la cancha, a la vez se pueden eliminar los envases con plantas perdidas (secas, enfermas, mal formadas). La cantidad de veces que es necesario realizar esta poda de raíces dependerá de la especie y su crecimiento en la zona de cultivo, como también de los sucesivos tamaños de envase que se emplean en aquellas plantas que son re envasadas durante su crianza en el vivero.

Deshierbe de plantas envasadas: con el transcurso de los días comienzan a crecer en el sustrato de los envases distintas malezas, las que hay que eliminar para que no perjudiquen el crecimiento de las plantas forestales.

Re envasado: el crecimiento de la planta puede requerir que transcurrido cierto período de tiempo sea necesario ubicarla en un envase de mayor capacidad por ser insuficiente el que la contiene. Se debe destruir el envase original cuidando de no romper el pan de tierra; luego se traslada al envase de mayor capacidad que estará previamente lleno con suficiente sustrato para acomodar las raíces. Se coloca la planta, se completa el llenado del envase, se aprieta bien y se riega copiosamente.

Transporte de las plantas: una vez alcanzado el tamaño y calidad de planta deseada y habiendo coordinado el despacho con el comprador-receptor, se debe proceder a la carga del material sobre un camión o camioneta, debidamente acomodadas, aseguradas y protegidas. Para evitar daños durante el transporte, especialmente por el viento y el sol, las plantas han de cubrirse adecuadamente con una lona, media sombra o similar, o bien transportarse en camiones cerrados.

Síntesis comparativa de los sistemas de producción

Los sistemas de producción de plantas tienen alta incidencia en el desarrollo y la arquitectura de las raíces. En la Tabla 5.1 se exponen las ventajas y desventajas relativas que ofrecen y que pueden influir directamente en la supervivencia de las plantas a largo plazo (modificado de Allen et al., 2017; Gilman et al., 2003).

El tamaño de la planta utilizada en el trasplante tiene un efecto sobre la tasa de éxito en el establecimiento y varios estudios han demostrado que los árboles más pequeños logran establecerse más rápidamente que los árboles más grandes. Sin embargo, las necesidades que plantean los programas de forestación urbana, generalmente requieren de plantas de tamaño no menor a 2 - 2,5 metros de altura. Esto se debe a distintos factores: mayor vulnerabilidad al vandalismo o hurto de plantas de menor talla, necesidad política de demostrar gestión en la materia y que las obras de forestación tengan mayor impacto visual.

Tabla 5.1. Comparativa entre los sistemas de producción de plantas en vivero

Sistema de producción	Ventajas	Desventajas
Envase o contenedor	<p>Posibilidad de plantar fuera de la época de reposo.</p> <p>Mayor protección contra lesiones mecánicas durante la producción y transporte.</p> <p>Facilidad de almacenamiento temporario hasta el momento de plantación definitiva.</p> <p>Los diseños de los contenedores reducen el crecimiento de raíces en espiral, aumentan la biomasa de raíces secundarias y mejoran la capacidad de supervivencia</p>	<p>Mayor costo en vivero, requiere más cantidad de insumos (envases, sustratos, etc.) que los otros sistemas de producción.</p> <p>Potenciales problemas con la arquitectura de la raíz en caso que se produzca su espiralamiento, principalmente porque los envases quedaron pequeños en la relación al tamaño de la copa.</p> <p>Mayor costo de transporte que los otros sistemas de producción</p>
Raíz libre o desnuda	<p>No se extrae tierra del lote del vivero donde se recrió.</p> <p>Menor costo de producción que los otros sistemas.</p> <p>Disminución de frecuencia de riego durante la producción en comparación con las plantas envasadas.</p> <p>Menor costo de transporte.</p>	<p>Temporada de plantación limitada a la época de reposo.</p> <p>Puede experimentar menores tasas de supervivencia durante el establecimiento en comparación con los otros sistemas.</p> <p>Más vulnerable después de la cosecha; puede requerir inmersión de raíces para prevenir desecación hasta el momento de plantar.</p>
Terrón, cepellón o pan de Tierra	<p>Posibilidad de plantar fuera de la época de reposo.</p> <p>Mayor capacidad de supervivencia en condiciones reducidas de riego.</p> <p>Posibilidad de disponer de plantas más grandes.</p> <p>Puede producir una arquitectura raíz superior para la supervivencia a largo plazo.</p>	<p>Se extrae tierra del lote del vivero donde se recrió.</p> <p>Requiere más tareas y cuidados que las plantas a raíz desnuda.</p> <p>Requiere mayores cuidados en el manipuleo al momento de la carga y descarga en el sitio de plantación o de almacenamiento de la producción.</p> <p>Más propensas a sufrir lesiones mecánicas durante la producción, cosecha y plantación.</p>

Fuente: elaboración propia.

Comentarios finales

La calidad de las plantas a utilizar para el establecimiento de bosques urbanos es un aspecto central de su gestión, ya que de ella depende la supervivencia inicial de lo plantado y el potencial de transformarse en un arbolado sano, vigoroso y resiliente.

En los diversos capítulos del libro se abordan otros temas clave que hacen a la gestión de los bosques urbanos, tales como la elección de las especies, la valoración del bosque, la poda, las plagas y enfermedades y la valoración y gestión del riesgo. Sin embargo, aun aplicando las mejores prácticas sobre cada uno de estos aspectos de la gestión, la potencialidad del bosque urbano puede quedar condicionada por la calidad de las plantas que se emplearon para su creación. Dicha calidad puede trazarse directamente a la producción en vivero, iniciando por la elección de semilla de identidad botánica y calidad genética identificada o certificada, pasando por todas las prácticas de cultivo necesarias para finalmente obtener materiales de propagación con los atributos requeridos para crear, reponer o enriquecer el bosque urbano.

Los gestores de bosques urbanos pueden hallar útiles algunos de los conceptos tratados durante este capítulo, ya sea porque el gobierno local cuenta con un vivero propio que abastece las necesidades de plantación, tiene intenciones de crear uno, o para tener elementos de juicio a la hora de evaluar la calidad de las plantas a adquirir para los proyectos de forestación urbana.

Bibliografía

- Allen, K., Harper, R., Bayer, A. y Brazee, N. (2017). A review of nursery production systems and their influence on urban tree survival. En *Urban Forestry & Urban Greening* 21 (2017) 183–191. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1016/j.ufug.2016.12.002>
- Appleton, B.L. y Whitcomb, C.E. (1983). Efectos del tamaño del contenedor y la fecha de trasplante en el crecimiento de plántulas de árboles. *J. Environ. Hort.* 1. pp. 89-93
- Biondi, D., Leal, L., y Cobalchini, J. L. (2007). Tratamentos silviculturais em mudas de *Allophylus edulis* (A. St.-Hil., Cambess. e A.Juss.) Radlk. para arborização de ruas. *Floresta*, Curitiba, v. 37, n. 3, p. 437-444, 2007.
- Del Pozo D., S.J.M. (2018). Fundamentos de la arboricultura urbana. Santiago, CH, Editorial y Consultora Educacional. 219 p.
- Galarco, S y Ramilo, D. (Coord.) (2021). Plantaciones forestales en argentina. Fundamentos técnicos y metodologías para la realización de forestaciones en diferentes regiones. Colección Libro Cátedra EDULP, UNLP.
- Gilman, E.F., Grabosky, J., Stodola, A. y Marshall, M.D., (2003). Irrigation and container type impact red maple (*Acer rubrum* L.) 5 years after landscape planting. *J. Arboricul.* 29, 231–236.
- Gilman, E.F., Harchick, C. y Paz, M. (2010a). Efecto del tipo de contenedor en la forma de la raíz y el crecimiento del arce rojo. *J. Environ.* 28 1 7
- König Brun, F., Elias Dacosta, L. y Brun, E. (2021). El trabajo de los viveros forestales urbanos especializados. En MADES/PNUD/FMAM. Viveros forestales urbanos: construcción y manejo. Proyecto “Asunción ciudad verde de las Américas – vías a la sustentabilidad”. Asunción, Paraguay. 132p.

Landis, T.D., Tinus, R.W., McDonald, S.E. y Barnett, J.P. (1994). *Nursery Planning, Development, and Management, Vol. 1, The Container Tree Nursery Manual. Agricultural Handbook N° 674.* Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 188 pp.

Sanchotene, M.C.C. (2008). Mercado de mudas para arborização urbana: padrão de qualidade e comércio no Rio Grande do Sul. En: Congresso Brasileiro De Arborização Urbana, 12., 2008, Manaus. Anais... Rio Branco: SBAU, 2009. p. 10.

CAPÍTULO 6

Plantación y cuidados iniciales

Sebastián Galarco y Diego Ramilo

Introducción

El establecimiento exitoso de materiales de propagación para forestar o reforestar bosques urbanos se fundamenta en la calidad de las plantas, la utilización de buenas prácticas de plantación y la elección de la especie adecuada para cada sitio.

El estrés fisiológico y distintos trastornos son generalmente atribuibles a una plantación inadecuada. Johnston y Percival (2012) describen como determinantes del éxito de la plantación la ecofisiología del árbol, la calidad de la planta y del suelo, y las adecuadas prácticas de plantación.

Aspectos a considerar antes de plantar

Antes de comenzar las actividades de plantación, existe un conjunto de factores que es preciso considerar para maximizar las posibilidades de éxito en el establecimiento de una planta. En primer lugar, es necesario planificar la forestación en el marco del plan de gestión integral que rige el manejo de todo el bosque urbano local, lo que definirá, para el proyecto de plantación anual, el orden de las actividades y los recursos en el tiempo y en el espacio. Paralelamente, se deben identificar y evaluar los factores limitantes que determinan el éxito de una plantación: el espacio disponible y la normativa vigente, el sustrato, la ecofisiología y calidad de la planta, y el transporte, recepción y almacenamiento de las mismas, los que se discuten a continuación.

Espaciamiento y normativa vigente

Para árboles de alineación es necesario considerar restricciones espaciales, destacando la importancia de la relación del ancho de la cazuela con el diámetro a la altura del cuello (DAC) de la planta, y la distancia de plantación. El ancho de la cazuela respecto del DAC de un árbol adulto permite asegurar el espacio suficiente para un normal engrosamiento del tronco, mientras que la distancia de plantación determina el desarrollo de la copa.

La distancia entre plantas varía según el tamaño y hábito de crecimiento de la especie. En general se recomienda que las especies de árboles de:

- *magnitud pequeña o menor* (hasta 6 metros de altura cuando adultos) se planten a distancias de entre 4 y 6 m entre sí. Ejemplo: guarán, crespón, árbol de Judea
- *magnitud mediana* (entre 6 a 15 m de altura) se planten a distancias de 6 a 8 m. Ejemplo: fresno, arce, jacarandá, tilo
- *magnitud grande* (más de 15 m de altura) se planten a distancias de 8 a 12 m. Ejemplo: timbó, tipa, plátano

Otra alternativa es emplear el diámetro de copa del individuo adulto como parámetro para determinar la distancia entre árboles (Lell, 2006). Si la distancia entre individuos es menor al diámetro que adquirirán las copas, éstas se entrecruzarán; si es igual, se tocarán; y si la distancia es dos veces el diámetro de la copa, quedará un espacio vacío igual al diámetro de copa de cada árbol entre los que integran el arbolado.

Es importante siempre tener en cuenta que, en ciertas situaciones y por motivos de seguridad, es preferible no plantar árboles ni arbustos en lugares donde se necesita una buena visibilidad (Beytía et al. 2012).

Las consideraciones precedentes deberían estar definidas en la normativa vigente para cada municipio o departamento, generalmente una ordenanza municipal, por lo que es fundamental ajustar el proyecto de forestación o reforestación a dicha norma. La misma también debería especificar el tamaño y naturaleza de las cazuelas.

Suelo urbano

El suelo constituye el medio y soporte físico del que la planta obtiene agua, aire para las raíces y nutrientes. Mantener un ambiente saludable para las raíces es otro aspecto a considerar y que está en directa relación con propiedades físicas del suelo como la textura y estructura.

Los suelos urbanos se encuentran alterados por la acción antrópica y la infraestructura de las ciudades, calles, desagües, cañerías, residuos, etc. Estos suelos se caracterizan por ser muy densos y poseer una estructura con poca porosidad, disminuyendo la capacidad de infiltración y almacenamiento de agua, y la disponibilidad de aire y de nutrientes; usualmente poseen un pH elevado y alta salinidad, presencia de contaminantes ambientales y un bajo contenido de materia orgánica. Consecuentemente, la condición degradada del suelo limita el crecimiento y la salud del arbolado urbano. Es por esto que la evaluación y mejoramiento del suelo urbano resulta fundamental para el establecimiento exitoso y crecimiento de los árboles.

En nuestro medio, en general se omite la realización de estudios de suelo previos a la plantación y en muy pocas situaciones se realizan prácticas para mejorar la calidad del mismo. De ser necesario, los suelos pueden ser intervenidos a través de la aplicación de enmiendas y manejos antes de la plantación para mejorar el pH, la disponibilidad de nutrientes, el contenido de materia orgánica y la estructura (Ingram et al., 1991).

La elección de especies tolerantes a condiciones limitantes de suelo puede ser una estrategia válida a considerar.

Selección de las plantas

Junto con las consideraciones para la selección de las especies descripta el Capítulo 3, ha de tenerse especial atención a los tipos de materiales de propagación a emplear y la calidad de las plantas, tal como fuera analizado en el Capítulo 5.

Recepción de los materiales de plantación

Los proyectos de forestación urbana normalmente involucran grandes cantidades de plantas. Si el municipio cuenta con vivero propio, es recomendable que diariamente se despachen a las cuadrillas de plantación solo aquella cantidad de plantas que se pueden plantar en la jornada. En caso de recibir la totalidad de los materiales proyectados para la campaña de plantación desde un vivero productor externo, es siempre aconsejable disponer de un depósito habilitado para almacenarlas temporalmente. El mismo debe poder asegurar protecciones contra heladas tanto para las especies sensibles como para las raíces de los materiales a raíz desnuda, y contar con provisión cercana de agua para riego.

La distribución de las plantas a los sitios de plantación final se ajustará en función de la capacidad de plantado diaria y no se deberán dejar plantas ni otros insumos sin plantar o colocar al terminar cada jornada.

Plantación

En el arbolado de alineación, el espacio disponible para plantar puede ser una cazuela (usualmente cuadrada, rectangular o circular), un cantero longitudinal o tratarse de un espacio libre continuo entre la vereda y la calle (Figura 6.1). Las cazuelas o canteros han de ubicarse siguiendo la línea de arbolado municipal, contigua al cordón cuneta. El borde de la cazuela debe quedar al mismo nivel que la vereda donde se construye. El tipo y dimensión de las cazuelas deberían estar especificadas en las normativas locales.



Figura 6.1. Diferentes tipos de cazuelas. Izq. cantero longitudinal. Centro. cazuela rectangular. Der. cazuela cuadrada. Fuente: propia

Marcación

El sitio exacto de ubicación de cada planta se marcará con estaca dentro de la cazuella de plantación, atendiendo a que todas las plantas se dispongan alineadas sobre la línea de arbolado municipal.

Hoyado

En los suelos urbanos, el crecimiento principal y más vigoroso de las raíces ocurre cercano a la superficie. El crecimiento de las porciones inferiores del sistema de raíces generalmente se reduce debido a dificultades de aireación, drenaje y/o la presencia de impedimentos físicos (escombros, infraestructura de servicios subterráneos, otros). Esto debe tenerse en cuenta al realizar el hoyado para plantación.

En ciertas ocasiones, con la instalación de un árbol se prevé que ocurrirán conflictos con la infraestructura presente a nivel subterráneo, por lo que durante las tareas de hoyado se procede a la instalación de barreras y dispositivos para el direccionamiento de raíces, tales como láminas y placas plásticas en alguno de los límites de la cazuella.

A la altura de la superficie del suelo, el hoyo de plantación debe tener dos o tres veces el ancho del cepellón o terrón de la planta. De este modo, la tierra que se retira del hoyo puede ser trabajada (punteado y desmenuzado) alrededor del pan de sustrato y proporcionar suelo suelto y aireado para las nuevas raíces. En suelos muy arcillosos o compactados, siempre y cuando las dimensiones de la cazuella lo permitan, se propone ampliar el diámetro del hoyo de plantación hasta cinco veces el ancho del cepellón, a fin de facilitar el crecimiento y la exploración superficial por parte de las raíces.

Para árboles a raíz desnuda, el hoyo debe ser lo suficientemente profundo y ancho para acomodar el sistema radicular completo sin doblar ni apretar las raíces.



Figura 6.2. Esquema de profundidad de plantación. Izq. plantación efectuada muy profunda, con el cuello de la planta por debajo del nivel del suelo. Der. profundidad correcta, a nivel del suelo circundante.

Fuente: modificado de Ransom (2023).

El error más común al momento de plantar se produce con la profundidad de plantación. El hoyo de plantación nunca debe ser más profundo que la altura del cepellón o terrón, de modo que el cuello de la planta siempre quede a nivel de la superficie (Figura 6.2) y el cepellón apoye directamente en el fondo del pozo. No debe agregarse sustratos adicionales al fondo del hoyo, ya que su compresión por el peso del cepellón redundará un desplazamiento hacia debajo de la planta, quedando por debajo del nivel de la superficie. En el caso de suelos muy arcillosos o compactados, es recomendable que el cuello de la planta quede ligeramente por encima del nivel del suelo y colocar sustrato a su alrededor para nivelarla con la superficie del suelo circundante. Esto se efectúa para prevenir problemas de drenaje y asfixia de las raíces superficiales.

Como práctica general es conveniente medir la altura del cepellón previo a realizar el hoyado. Es muy frecuente que se omita esta consideración y las cuadrillas realicen hoyos excesivamente profundos para colocar las plantas. Plantar los árboles demasiado profundos puede producir estrés, promover la asfixia de las raíces, y puede facilitar la entrada de patógenos del suelo a la porción inferior del tronco (Lilly, 2010).

La apertura de los hoyos puede hacerse de forma manual o mecanizada. En el caso de suelos muy antropizados (por exceso de escombros y contaminantes) es conveniente adicionar abundante materia orgánica desmenuzada o proceder a reemplazar un volumen considerable de suelo por otro de buena calidad.

Manejo de las plantas y plantación

Un aspecto clave y poco tenido en cuenta es la manipulación de las plantas desde su despacho desde el vivero y hasta su colocación en el hoyo de plantación. A excepción de las plantas a raíz desnuda, las plantas envasadas o en terrón no deben levantarse y moverse tomándolas solo del tallo porque ello propicia la rotura de las raíces finas y absorbentes de la porción superior del cepellón y el desgranamiento o desintegración del pan de sustrato, especialmente si fueron recientemente re-envasadas. En el caso de las plantas en terrón, al tomarlas del tallo es frecuente producir daños al cepellón al momento de apoyarlas, ya sea al subirlas o bajarlas del camión, al moverlas en los depósitos de almacenamiento temporario o al descargarlas en el sitio de plantación. Siempre hay que tratar con cuidado el sistema de raíces, por lo que es deseable manipularlas tomándolas del envase o terrón.

Previo a la colocación de la planta en el hoyo se instalarán los tutores, clavándolos en el fondo del pozo. Al momento de colocar la planta en el hoyo se recomienda:

- En plantas envasadas, cortar el envase sujetando la planta desde la base y retirarlo; examinar y podar las raíces que estén enrolladas y las que sean excesivamente largas.
- En árboles con terrón, una vez colocada la planta en el hoyo, remover cuidadosa y completamente el material protector de las raíces si este no es biodegradable (arpillera, telas plásticas, etc.).
- En el caso de árboles a raíz desnuda, cortar las raíces dañadas y dobladas.

- Colocar el árbol derecho y centrado en el hoyo, cuidando de que el cuello de la planta quede a nivel del suelo circundante.
- Desmenuzar la tierra retirada del hoyo y luego rellenarlo hasta cubrir el cepellón.
- Apisonar para garantizar el íntimo contacto del suelo con el sistema de raíces, evitando que queden huecos (“bolsas de aire”) en contacto con la raíz.

En la Figura 6.3 se observa un esquema del hoyo de plantación, con la disposición de la planta y su tutor.

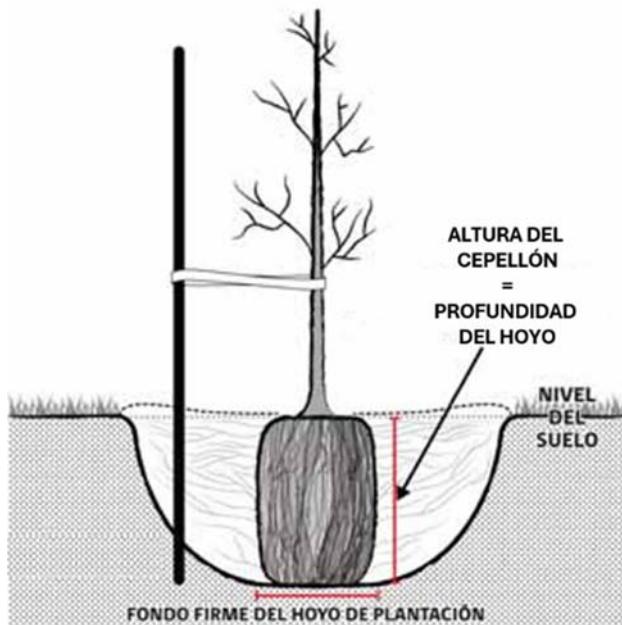


Figura 6.3. Diagrama de colocación de la planta y tutorado. Fuente: modificado de Ojeda et al. (2014)

Época de plantación

Las plantaciones se realizan a partir del otoño y hasta entrada la primavera, evitando los calores extremos de verano. Las plantas a raíz desnuda siempre deben extraerse del vivero y plantarse en época de reposo. En el caso de plantas envasadas o en terrón, hay que tener en cuenta la tolerancia de cada especie a las bajas temperaturas, posponiendo para la primavera la plantación de aquellas que son sensibles al frío como jacarandá, lapacho, palo borracho, carnaval, entre otras.

Cuidados culturales

Una vez concretada la plantación, hay una serie de tareas anexas que se realizan inmediatamente y otras que se llevan a cabo durante los primeros meses y que pueden extenderse por hasta dos o tres temporadas de crecimiento.

Fertilización

Debido a que el sistema de raíces de un árbol recién plantado es limitado, la fertilización no siempre se recomienda en el momento de la plantación, ya que el exceso de sales disueltas en la zona de la raíz puede producir toxicidad, provocar estrés hídrico y hasta mortalidad.

En caso de fertilizar al momento de plantar o dentro de la primera temporada de crecimiento, puede ser conveniente la aplicación de un fertilizante completo (NPK) de liberación lenta. El nitrógeno favorece la formación de brotes y del follaje, y la fotosíntesis depende en gran medida de este elemento (Pallardy, 2008). El fósforo estimula el crecimiento de las raíces, mientras que el potasio participa en la osmoregulación de la planta, en el movimiento de las sustancias de reserva, y en su rusticidad.

Estabilización del árbol. Tutorado

En el medio urbano es necesaria la estabilización mediante tutorado para árboles jóvenes, o el estacado con sistema de cables para trasplantes de árboles de mayor tamaño. Es indispensable para árboles a raíz desnuda y árboles en contenedores con copas grandes, en particular cuando se plantan en sitios ventosos. También cumple la función de reducir el movimiento del cepellón y el daño consecuente de las raíces finas y absorbentes. En proyectos de forestación de bosques urbanos los tutores tienen por finalidad proteger los árboles jóvenes de daños mecánicos por acción de maquinarias y equipos, y reducir el vandalismo y robo.

Generalmente se emplean uno o dos tutores para estabilizar cada árbol. Si se utiliza un solo tutor, este se coloca enfrentando el viento predominante (Figura 6.4 – Imagen 1). El material que se utiliza para sujetar el árbol al tutor debe ser ancho, suave y algo elástico. Se recomienda asegurarlo mediante un bucle de figura de “8” entre el árbol y el tutor para permitir flexibilidad y evitar que la corteza roce con el tutor por el movimiento de la planta bajo la acción del viento. Es importante elegir bien el material para atar la planta de manera de no dañar su corteza; puede utilizarse tela gruesa, arpillera, cinta plástica o goma.

Si se utilizan dos tutores, será suficiente con una sola tira de material flexible de fijación, asegurado en la parte superior de cada estaca (Figura 6.4 – Imágenes 2 y 3). Los tutores deben ser lo suficientemente altos para mantener el árbol erguido sin que la copa se doble por encima del punto de fijación.

Los árboles de mayor tamaño son estabilizados por sistemas de cables tensores, en los que el tallo es generalmente arriostrado con tres o cuatro cables (cubiertos con mangas plásticas) que están anclados en el suelo.



Figura 6.4. Tutorado. (1) Estabilización mediante un solo tutor, colocado enfrente al viento predominante. (2 y 3) empleando 2 tutores. (4) empleando 3 tutores en zonas ventosas. Fuente: 1. Santiago del Pozo Donoso. 2, 3 y 4. propias.

Más allá del método o los materiales del sistema de tutorado que se utilice en la planta, siempre es necesario su monitoreo para evitar que las estructuras terminen afectando negativamente al árbol. Es importante revisar los sistemas de estabilización varias veces durante el primer año para asegurar que tengan la tensión adecuada y que no dañen el árbol. Los tutores generalmente son retirados después de las primeras dos o tres temporadas, dependiendo del crecimiento y la ubicación del individuo.

El tutorado debe realizarse previo al emplazamiento de la planta en el hoyo. El material de los tutores tiene que ser lo suficientemente fuerte para proporcionarle soporte a la planta, pero a la vez flexible para permitir cierto movimiento (Ojeda y otros, 2014). Generalmente se utilizan estaques de madera de entre 1,80 a 2,50 m de largo y de 5 a 7 cm de lado (o diámetro), con uno de sus extremos aguzado para facilitar el clavado en el suelo de la cazoleta. La madera de los estaques debería ser lo suficientemente durable en contacto con el suelo para acompañar el crecimiento del árbol durante el período requerido. Entre los materiales más utilizados como tutores se pueden mencionar maderas duras (ej. eucalipto colorado), maderas impregnadas y cañas.

Es importante considerar también que, en determinadas situaciones, el tutorado de un árbol puede producir efectos adversos como lesiones provocadas por la interacción con los materiales de tutorado, atado, cableado o arriostramiento.

En comparación con árboles que no han sido estabilizados, árboles jóvenes tutorados durante períodos prolongados desarrollan sistemas de raíces menos vigorosos y troncos más débiles ante la acción del viento una vez que son liberados del tutor o cable. Las plantas tutoradas no deben quedar completamente inmovilizadas; es deseable que durante su crecimiento las copas oscilen por acción del viento, ya que ello propicia un engrosamiento y fortalecimiento uniforme del tallo.

Colocación de mulching o mantillo

Los mantillos son materiales que se colocan sobre la superficie del suelo para mantener la humedad, reducir la competencia de las malezas y el césped, emprolijar la zona de trabajo brindando una buena apariencia y mejorar la condición del suelo.

El material vegetal presente en los mantillos orgánicos libera nutrientes esenciales y mejora la estructura del suelo a medida que se descompone. La velocidad de descomposición depende del tamaño de las partículas, el material utilizado y el clima local. Los materiales más usados en nuestro medio son principalmente orgánicos: paja, hojas y recortes de césped o astillas y virutas de madera o residuos de corteza (ej. corteza de pino). También, aunque en menor medida, se emplean materiales inorgánicos tales como gravillas, piedras o caucho pulverizado, entre otros. Estos materiales inorgánicos no se descomponen, pero tampoco aportan nutrientes o mejoran la estructura del suelo.

Es recomendable cubrir al menos los primeros 15 a 20 cm alrededor del árbol con mantillo orgánico, evitando colocarlo directamente contra el tallo, ya que puede favorecer la aparición de enfermedades bacterianas o fúngicas. Cuanto más amplia sea el área cubierta con mantillo, más eficaz será para reducir la competencia de otras plantas y retener la humedad. Es importante también no colocar láminas de plástico negro debajo del mantillo, ya que restringe el movimiento del agua y la disponibilidad de oxígeno para las raíces (Lilly, 2010).

Riego

La falta de humedad suficiente es considerada la principal causa de la muerte de los árboles recientemente plantados (Lell, 2006). La necesidad de agua varía en función de los requerimientos de la especie, el tipo material de propagación y su tamaño, el clima y el tipo de suelo. En el caso de plantas envasadas o en terrón, el sistema de raíces puede demorar alrededor de dos a tres temporadas de crecimiento en explorar el suelo de la cazueta. Hasta que esto no ocurra, se debe asegurar regularmente la humedad del pan de raíces. Durante los primeros meses después de plantado, el árbol obtiene la mayor parte de la humedad directamente del pan de raíces. El problema es que el cepellón se seca en un par de días, mientras que el suelo circundante se mantiene húmedo (Ojeda y otros, 2014). Al momento de la plantación se debe dar un riego de asiento de unos 15-20 litros de agua, en forma suave y esperando que infiltre y no desborde la hoyo.

Durante la primera temporada de crecimiento es fundamental mantener un esquema de riegos periódicos que asegure la suficiente humedad para un rápido establecimiento de la planta. Aunque la frecuencia de riegos estará supeditada a la ocurrencia de precipitaciones, en general se puede recomendar que, durante la primavera y verano del primer año, se suministre al menos un riego semanal de 15 a 20 litros por planta, pudiendo duplicarse la frecuencia durante el primer verano. Los riegos deben ser lentos, en lo posible aplicados al amanecer o por la tarde / noche para disminuir la evaporación del agua.

Podar de ramas mal formadas y de brotes basales

Los árboles recién trasplantados no deben podarse excepto para eliminar ramas enfermas o rotas. Cualquier poda más allá de podar ramas rotas, débiles, enfermas o ramas que interfieren, deben retrasarse hasta después de la primera temporada de crecimiento (Hartman et al., 2000; Gilman, 2002). La poda del árbol joven para lograr una estructura fuerte y equilibrada puede esperar hasta después que se logre su establecimiento.

Control de plagas

Las protecciones individuales contra hormigas más útiles son las pastas adhesivas y las barreras de plástico con espuma de poliuretano embebida en insecticida. En ambos casos, estas barreras han de ubicarse por encima del punto de atadura con el tutor para evitar que las hormigas puedan llegar a la copa a través de los tutores y fijaciones (Figura 6.4 – Imagen 4).

Se deberá prestar especial atención también a aquellas hormigas cortadoras (y sus caminos) presentes en zonas aledañas, para combatirlas mediante uso de cebos granulados cuando estén activas, o con insecticidas líquidos de contacto aplicados en los hormigueros cuando se los pueda ubicar y las particularidades del sitio permitan la aplicación de agroquímicos.

Cuidados posteriores a la plantación

Además de una plantación bien realizada, es fundamental llevar adelante una serie de tareas culturales para asegurar el establecimiento de los materiales de propagación. Estos cuidados suelen extenderse por las dos primeras temporadas de crecimiento post-plantación y son los siguientes:

Riegos: la cantidad de agua a aplicar debe ser suficiente para mojar bien el suelo sin inundarlo, aproximadamente 15 a 20 litros por planta por evento de riego, siguiendo la periodicidad antes descripta.

Combate de hormigas podadoras: recorrer los alrededores monitoreando periódicamente la actividad de hormigas, caminos y hormigueros; también revisar las protecciones individuales de cada árbol.

Desmalezado de cazuelas: es necesario eliminar periódicamente la vegetación que pueda competir con la planta. Su control se realizará en función de la proliferación de las malezas, mediante carpidas manuales o uso de motoguadaña, cuidando de no herir el tallo de la planta. La instalación de segmentos de caños plásticos en la base de las plantas es una medida eficaz para prevenir este tipo de daños.

Repaso de tutores: se controlará su estado mensualmente o después de eventos de viento excesivo y, de ser necesario, se reemplazarán o reforzará su clavado en el suelo.

Reemplazo de fallas: es normal que un porcentaje de los árboles plantados muera por diversas causas: roturas y vandalismo, negligencia en la plantación o en las tareas de

mantenimiento, inadecuada elección del sitio o mala calidad de las plantas. Si la plantación se realizó durante el período de reposo, en primavera temprana se pueden reemplazar las fallas con plantas envasadas. Si la pérdida se produce más cerca del verano, conviene esperar a la próxima temporada de plantación.

Reflexiones finales

El establecimiento exitoso de los árboles urbanos requiere de una adecuada planificación de todas las tareas involucradas, desde la elección de los materiales de propagación y su calidad, su transporte, almacenamiento y manipulación, y la correcta aplicación de las técnicas de plantación y cuidados posteriores. Realizar una plantación de calidad demanda invertir recursos y esfuerzo en los primeros años después de la plantación. Descuidar u omitir algunos de los aspectos tratados en este capítulo pueden llevar al fracaso en el establecimiento inicial o al desarrollo de árboles defectuosos y débiles que aumentan los costos de manejo del bosque urbano.

Referencias

- Beytía, A., Hernández, C., Musalém, M., Prieto, F. y Saldías, M. (2012). Guía de Arborización Urbana. Especies para la Región Metropolitana, Santiago de Chile. Asociación Chilena de Profesionales del Paisaje AG. Corporación de Investigación, Estudio y Desarrollo de la Seguridad Social (CIEDESS). Santiago, Chile. 128 pp.
- Gilman, E.F. (2002). An illustrated guide to pruning. Second Edition. Delmar Publishing. EEUU. 330 pp.
- Hartman, J., Pirone T., Sall, M. A. (2000). Pirone's Tree Maintenance Seveth Edition. Ed. Oxford University. 556 pp.
- Johnston, M. y Percival, G. (2012). Trees, people and the built environment. Proceeding of the Urban Trees Research Conference 13-14 April 2011. Forestry Commission Research Report. Institute of Chartered Foresters. Edinburgh, United Kingdom. 268 pp.
- Lell, J. (2006). Arbolado urbano. Implantación y cuidados de árboles para veredas. Orientación Gráfica Editora. Buenos Aires, Argentina. 183 pp.
- Lilly, S.J. (2010). Arborist certification study guide. International Society of Arboriculture. 351 pp.
- Ojeda, A., Guajardo Becchi, F. y Devia Cartes, S. (2014). Manual de plantación de árboles en áreas urbanas. Corporación Nacional Forestal (Conaf). Editorial Maval Ltda. 89 pp.
- Pallardy, S.G. (2008). Physiology of Woody plants – Third Edition. Academic Press. San Diego. EEUU. 454 pp.
- Ransom, L. (2023). How to save a tree planted too deeply. A Tree Garden Blog. <https://atreegarden.com/how-to-save-a-tree-planted-too-deeply/>

CAPÍTULO 7

Poda en arbolado urbano

Diego Ramilo, Sebastián Galarco y Alfonso Rodríguez
Vagaría

Introducción

Con el nombre genérico de poda se hace referencia a cualquier operación de eliminación total o parcial de ramas u otras partes de un árbol o arbusto en pie (raíces, hojas, yemas, flores, etc.), realizada según un criterio técnico en busca de un objetivo definido.

A diferencia de los árboles forestales, que condicionan su forma según el entorno en el que crecen en términos de densidad y espaciamiento de la plantación, los árboles urbanos y en especial el arbolado de alineación en veredas y avenidas muchas veces requiere intervenciones de poda por diversas razones. Los árboles jóvenes son podados para dirigir su crecimiento, asegurando que su forma madura sea estructuralmente deseable. En ocasiones, es necesario podar las ramas al borde de calles o avenidas cuando estas interfieren en el tránsito de peatones o la circulación de vehículos; también se puede podar para que los árboles crezcan ordenados y luzcan atractivos. Los árboles maduros requieren poda para eliminar las ramas muertas, enfermas o riesgosas, aligerar ramas pesadas y/o reducir la resistencia al viento de toda la copa. Despues de inspeccionar un árbol, un profesional o personal técnico especializado puede prescribir métodos específicos de poda para alcanzar alguno o varios de los objetivos anteriormente planteados.

Este capítulo pretende presentar conocimientos básicos sobre la poda de la parte aérea de árboles urbanos y sus fundamentos biológicos y técnicos. Se espera que este esfuerzo de síntesis del abundante conocimiento existente sobre el tema pueda ser útil tanto a estudiantes como a gestores responsables de los bosques urbanos.

Interacciones del árbol en el medio urbano

Los beneficios que los bosques urbanos brindan son numerosos; además de embellecer las calles y proveer de sombra, purifican el aire al interceptar y retener partículas en suspensión, producen oxígeno, atenúan y filtran vientos, amortiguan ruidos molestos, aportan áreas de recreo y esparcimiento, además de muchos otros servicios ambientales que fueron tratados en capítulos precedentes.

En ocasiones, la comunidad advierte sobre ciertos inconvenientes, compromisos o deservicios que los árboles urbanos pueden ocasionar, como es la intercepción de líneas aéreas de conductores de servicios, luminarias y cámaras de seguridad; obstrucción de desagües y pluviales; daño a veredas o interferencia para el tránsito. Todos estos inconvenientes y algunos otros más, pueden eliminarse o mitigarse si se planifica adecuadamente la plantación, el mantenimiento y los tratamientos culturales que los árboles urbanos requerirán para cada lugar donde se establezcan. Considerando las interferencias aéreas en espacio público, en general los conflictos antes mencionados se resuelven a través de la aplicación de buenas prácticas de poda, planificadas y ejecutadas por personal profesional debidamente capacitado.

En comparación con los árboles que crecen libremente en su entorno natural, los árboles urbanos están sujetos a mayores situaciones de estrés. Los árboles en las ciudades generalmente están más expuestos a temperaturas extremas, humedad y contaminantes. En muchas ocasiones, los suelos urbanos en los que crecen tienen poca profundidad, presentan impedimentos físicos (compactación, escombros y otros contaminantes) y menor capacidad nutricional producto de la alteración antrópica. Las actividades de construcción y mantenimiento de la infraestructura gris y el tránsito de vehículos pueden dañar las raíces, troncos y ramas y, ocasionalmente, reducir el espacio de crecimiento disponible para los árboles existentes. En función de lo anterior se torna esencial que los árboles urbanos sean plantados y cuidados en base en una planificación racional, la cual debe ser definida y llevada a cabo por la autoridad gubernamental local. En nuestro país, la gestión del arbolado recae en las áreas técnicas específicas de los municipios o departamentos. Para garantizar la salud y seguridad general continua de un bosque urbano, sus árboles deben ser inspeccionados, mantenidos, intervenidos y reemplazados cuando sea necesario, bajo la supervisión de profesionales competentes y en el contexto de un plan de manejo del arbolado.

La poda como necesidad. ¿Por qué podar?

La poda es sin lugar a dudas la práctica más visible y una de las más importantes en el manejo de los árboles en el medio urbano, y por ello siempre está sujeta a opiniones controvertidas y a tensión entre el público y las autoridades encargadas de su gestión y preservación. Sin embargo, cuando planificadas, justificadas y bien ejecutadas, las podas contribuyen a lograr un arbolado más seguro, sano y durable que esté en condiciones de prestar los servicios ambientales para los que fue establecido, minimizando los conflictos con la infraestructura urbana.

La primera noción que hemos de presentar es que **la poda no es una necesidad fisiológica del árbol**, y que configura en sí misma una agresión que produce un daño. Sin embargo, **la poda es una práctica necesaria para adecuar el crecimiento del árbol al medio urbano** y ha de responder a objetivos concretos y específicos. Desafortunadamente, sobran los ejemplos en los que el arbolado de nuestras comunidades se poda por razones absurdas o irracionales: porque las plantas se encuentran allí; por costumbre propia o heredada; por creencia de que con ello el árbol crecerá con mayor vigor en las próximas temporadas y tendrán más sombra en verano; los

podan para que las hojas que caerán en el próximo otoño no obstruyan desagües de techos, cordones o ensucien las veredas; o simplemente porque “es época de poda” y se intervienen sistemáticamente los ejemplares, sin contemplar las especies, edades y si realmente requerían poda o no. Como veremos al avanzar en este capítulo, la poda innecesaria e incorrecta provoca un deterioro del árbol, fomenta un crecimiento deficiente, favorece el ingreso de patógenos, debilita su estructura y resistencia mecánica, configura árboles riesgosos y determina un mayor costo de mantenimiento del individuo en el tiempo. Como cada corte produce un cambio en el crecimiento del árbol, ninguna rama debe ser cortada sin tener objetivos claros de porqué y para qué se está podando (Vicente, 2015).

Para comprender mejor por qué los árboles necesitan poda para adaptarlos a la ciudad, hemos de reflexionar sobre cómo es el ambiente natural en el que los árboles crecen en el bosque y qué tan diferente es éste respecto de las condiciones que enfrenta creciendo en el medio urbano. Dependiendo de la especie y del tipo de bosque del que forman parte en la naturaleza, los árboles crecen asociados a otros árboles de la misma especie o de otras, y compiten por el espacio de crecimiento para interceptar la luz solar, como también al explorar el suelo para anclarse y captar agua y nutrientes.

El factor genético hereditario de cada especie define fuertemente su hábito de crecimiento particular que, de modo de simplificado, podemos clasificar en *hábito excurrente* y *hábito decurrente*. (Figura 7.1). No obstante, la luz solar es un factor ambiental que ejerce gran influencia en el crecimiento, la estructuración y la forma resultante de la copa.

La mayoría de las especies de árboles de zonas templadas pueden clasificarse en *excurrentes* o *decurrentes*, dependiendo de las diferencias en las tasas de elongación de sus yemas y ramas (Pallardy, 2008).

Las especies de *habito de crecimiento excurrente* (=monopodial) son aquellas que, superada la etapa juvenil, mantienen una fuerte dominancia apical. Cada año, el líder terminal elonga más que las ramas laterales. Esto resulta en árboles con un eje o tronco principal dominante sobre el que están insertas las ramas, cuyo crecimiento está subordinado al anterior, conformando una estructura que da lugar a copas de forma piramidal o columnar. Son ejemplos las coníferas (numerosas especies del género *Pinus*, *Cupressus*, *Cedrus*, *Taxodium*, entre otros) y muchas latifoliadas de los géneros *Populus*, *Liquidambar*, *Liriodendron*, *Aesculus*, *Magnolia*, *Brachychiton* y *Casuarina*, por citar algunas.

En las de *hábito de crecimiento decurrente* (=delicuescente o simpodial), finalizada la etapa juvenil, la dominancia apical del eje líder pierde intensidad. Las ramas laterales elongan tan o más rápido que el eje principal, lo que propicia la formación de ejes codominantes y sobre ellos se insertan progresivamente las ramas, sin que haya un eje principal definido. El resultado son copas de forma globosa, extendida, horizontal, en abanico, parasol o irregular. Ejemplos comunes se dan en las latifoliadas de los géneros *Melia*, *Fraxinus*, *Albizzia*, *Gleditsia*, *Tilia*, *Lagerstroemia*, *Prunus*, *Ulmus*, *Tipuana* y *Jacaranda*, entre otras.

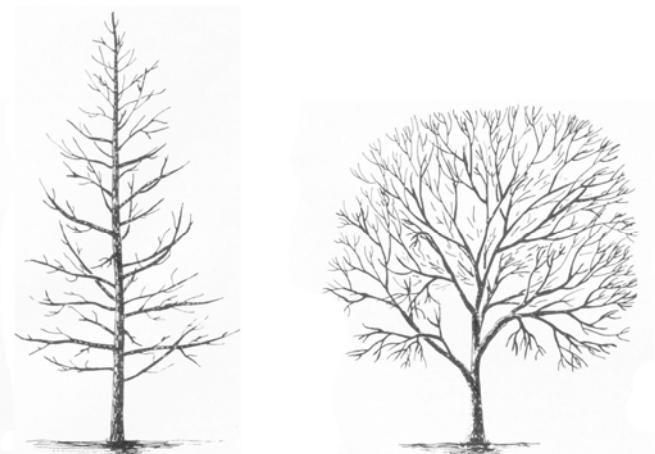


Figura 7.1. Hábito de crecimiento. Izq. excurrente. Der. recurrente o deliquescente. Modificado de Loreti y Pisani (1990)

Los árboles que crecen en competencia con otros en los bosques naturales, reciben luz mayoritariamente desde arriba. Bajo ese estímulo, el árbol crece en forma recta y vertical, y desarrolla un tronco dominante; las ramas laterales son de diámetro pequeño y se ubican en su mayoría en la mitad superior del fuste (Figura 7.2. Imágenes 1 y 2). A lo largo de su evolución, se han adaptado a esta condición desarrollando estructuras resistentes y mecanismos de defensa frente al daño ocasionado por la muerte o rotura de sus partes, tales como la muerte de ramas sombreadas, las roturas por viento o los daños por factores bióticos, por mencionar algunos ejemplos.

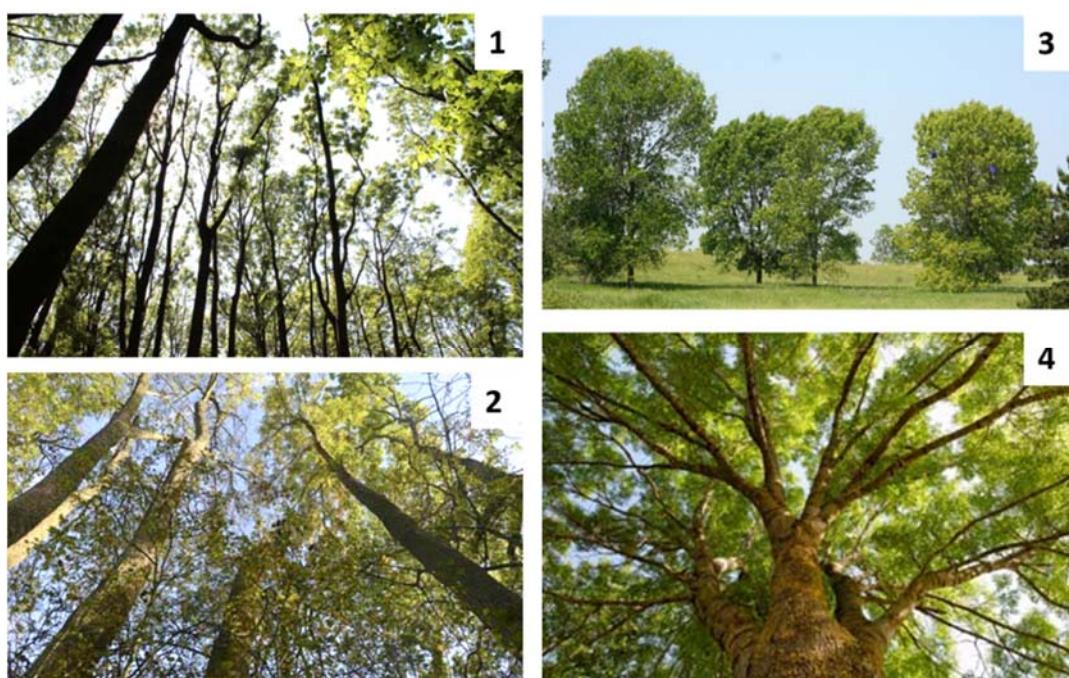


Figura 7.2. Diferencias de estructura y forma de copa entre árboles de fresno de crecimiento en competencia (1 y 2) y de crecimiento libre (3 y 4).

Por el contrario, en el medio urbano los árboles crecen, generalmente, aislados o distanciados ampliamente de otros y desarrollan copas expandidas como consecuencia de que reciben luz desde todas las direcciones. Vemos entonces muy frecuentemente árboles sin un tronco definido, con ejes codominantes, ejes y ramas con corteza incluida, ramas gruesas y vigorosas originadas en partes bajas del tronco que con el tiempo se tornan excesivamente pesadas, y otras características derivadas de una condición de crecimiento a la que no están naturalmente adaptados. Varias de estas características emergentes del crecimiento libre (Figura 7.2. Imágenes 3 y 4), afectan por un lado resistencia estructural y por otro interfieren con la infraestructura y el funcionamiento urbano.

A través del manejo mediante podas desde temprana edad, es posible regular y conducir el crecimiento del árbol para promover la formación de una estructura resistente que minimice tanto los riesgos como las interferencias, con la finalidad de lograr un arbolado sano, seguro y durable, que brinde los servicios ambientales para los que fue establecido.

Justificación de la poda en ámbitos urbanos

La poda de los árboles urbanos se justifica cuando atiende a objetivos principales definidos, los que podemos agrupar en: (Figura 7.3)

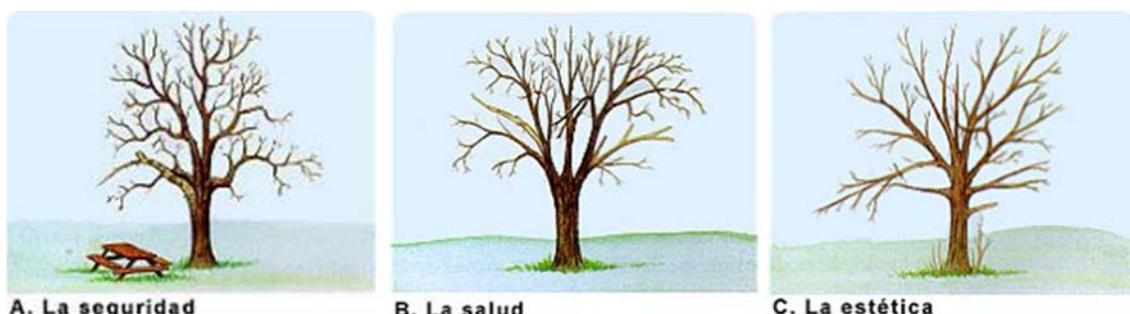


Figura 7.3. La poda de árboles urbanos puede justificarse por razones de seguridad, de salud del árbol y estéticas. Modificado de Badker et al. (2012).

a. **Razones utilitarias y de seguridad** (Figura 7.4): la intervención persigue reducir el riesgo de daños a personas o bienes, o corregir interferencias que pueden producirse entre el árbol y la infraestructura o el funcionamiento urbano. A este objetivo responden las podas de conducción o entrenamiento (denominada también poda estructural) que se efectúan con el propósito de formar árboles de estructura resistente y durable en el tiempo, y con ello minimizar riesgos de falla estructural; las podas de mantenimiento para remover ramas con defectos o riesgosas; las podas para eliminar ramas que interfieren con el tránsito de personas y vehículos, y con infraestructura (despeje de tendidos aéreos de servicios, luminarias, señales de tránsito, semáforos, cámaras de vigilancia, interferencias con frentes de viviendas, etc.). En muchos casos, las podas por razones utilitarias y de seguridad pueden evitarse o reducirse significativamente si se evalúan integralmente los sitios a plantar y se elige la especie adecuada para cada caso.



Figura 7.4. Podas por razones utilitarias y de seguridad. Izq. Poda direccional para resolver interferencias con conductores eléctricos. Centro y Der. Interferencias con luminarias y semáforos que requieren podas de limpieza/despeje.

b. Por razones de salud y estabilidad del árbol (Figura 7.5): atender a la sanidad es clave en gestión de un arbolado perdurable. Comprende las podas destinadas a remover ramas dañadas, enfermas, afectadas por plagas o muertas, y con ello prevenir el ingreso y propagación de organismos patogénicos (plagas, hongos xilófagos) que pueden deteriorar el árbol; la corrección de ramas que se entrecruzan o rozan entre sí o con la infraestructura urbana; las podas de raleo de copa para disminuir la resistencia al flujo del aire y reducir el potencial de daños, mejorar la aireación interna del canopeo y con ello prevenir la aparición de enfermedades; la poda de ramas con ángulos de anclaje inadecuados y susceptibles de rotura por acción del viento y aquellas podas necesarias para reequilibrar la estabilidad de ejemplares que han sufrido daño en su sistema de raíces. A esta razón también obedece la poda de conducción de estructura (poda estructural) aludida en el párrafo anterior.



Figura 7.5. Podas por razones de salud del árbol. Remoción de ramas enfermas y muertas.

c. Por razones estéticas (Figura 7.6): en ocasiones, en el ámbito de parques y paseos, los árboles pueden conducirse para lograr formas artificiales que divergen de su estructura y silueta natural, a través podas con fines estéticos. Son ejemplo de ello la poda en cortina, túnel, marquesina y otras formas clásicas de las técnicas de poda topiaria europea, la diversidad de formas de la poda topiaria japonesa (*niwaki*) (Figura 7.6 derecha), o las técnicas

de podas recurrentes anuales o bianuales en cabeza de sauce. En otros casos se practica para estimular de la producción de flores.



Figura 7.6. Podas por razones estéticas. Izq. Poda en cortina. *Rue des champs elysees*, París. Der. poda topiaria japonesa. Jardín Japonés, Buenos Aires. Fuente: Izq. Flickr. Der. propia.

Fundamentos anatómicos y fisiológicos de la poda

Entendida como práctica racional de intervención, la poda necesariamente ha de planificarse y ejecutarse según criterios técnicos que se sustentan en el conocimiento y entendimiento de algunos conceptos clave sobre la anatomía y funcionamiento del árbol. Sin pretender un tratamiento minucioso, mencionaremos aquellos elementos que consideramos ineludibles. El lector podrá consultar los trabajos de reconocidos autores como Shigo (1991); Kozlowski & Pallardy (1997), Pallardy (2008) y Hirons & Thomas (2018) para profundizar en el tema.

Ramas, ejes y horquetas

Los árboles poseen un sistema de ramificación jerárquica, en la que los ejes de crecimiento se estructuran en órdenes o rangos. Generalmente constan de un *eje principal* o de 1° orden (llamado también tronco principal) que puede dividirse a cierta altura dando origen a ejes de 2° orden o secundarios (denominadas ramas principales en alguna bibliografía) o bien el eje principal mantiene dominancia durante toda la vida del árbol. A su vez, los ejes de 2° orden portan ramas o ejes de 3° orden y así sucesivamente. La cantidad de órdenes de ejes es finita y varía entre las especies: por ejemplo, *Juglans regia* y *Fraxinus excelsior* poseen 3 órdenes de ejes; 4 en *Quercus robur* y *Castanea sativa* y 5 en *Platanus x hispanica* (Dujesiefken et al., 2005).

Cabe una diferenciación entre lo que se considera una rama y un eje. Consideraremos *ramas* a aquellas cuyo crecimiento y diámetro es significativamente inferior al del tronco/eje del que se originan (usualmente hasta ½ del diámetro de éste), tienen crecimiento predominantemente plagiotrópico (horizontal), la unión presenta un solapamiento de tejidos que forma un *collar* (denominado *collar de la rama*, que puede ser notable o no) (Figura 7.7) y en la zona de unión cuentan con una defensa natural denominada *zona de protección de la rama*.

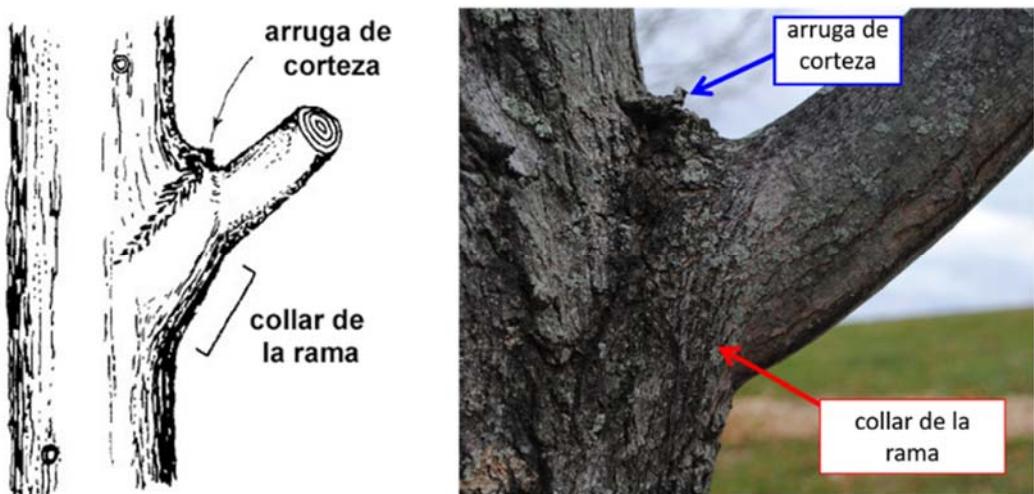


Figura 7.7. Partes de una rama. Izq. Modificado de Gilman (2002). Der. Ramilo y Galarco (2015b)

Los *ejes*, por su parte, inician como ramas, pero progresan con un crecimiento ortotrópico (vertical) y vigoroso; su magnitud es similar (en diámetro) a la del eje del que se originan y compiten con éste, configurando *ejes codominantes u horquetas* (Figuras 7.8 y 7.9). Difieren además en la forma en que están unidos; no hay superposición de tejidos que formen un collar en su punto de unión como ocurre en las ramas, y carecen de la barrera natural de la zona de protección, tema que retomaremos más adelante.



Figura 7.8. Horquetas accidentales originadas durante la crianza en vivero, por el despunte del ápice de una planta destinada a arbolado urbano. Fuente: Izq. Modificado de Gilman (2002); Centro y Der. Tomado de Ramilo y Galarco (2015b)

Una *horqueta* (ing. *fork*) es el punto en el que un eje da origen a dos o más ejes de igual magnitud, y que forman entre si un ángulo agudo. Las horquetas pueden generarse sobre el eje principal (o tronco principal) o bien sobre ejes derivados de éste en diferentes momentos de la vida del árbol, especialmente cuando es joven. **Dependiendo de su tipo, génesis y ubicación, las horquetas son consideradas un defecto que puede comprometer la resistencia**

mecánica y la seguridad de los árboles urbanos, afectar la interacción del árbol con elementos urbanísticos (conductores de energía y servicios, frentes de viviendas) y, en definitiva, perjudicar su vida útil.

Existen cuatro tipos de horquetas. Las horquetas de tipo temporario (1) y de tipo recurrente (2) (Drénou, 2000) se forman durante el crecimiento temprano del árbol y con el tiempo son absorbidas por el tronco principal a medida que este crece en diámetro. Sin embargo, son las horquetas principales o verdaderas (3) y las de tipo accidental (4) las que han de considerarse en la conducción de los árboles urbanos.

Las *horquetas accidentales* se originan a partir de un trauma o daño a un eje líder, causado por la herbivoría, insectos, factores abióticos como sequías y frío, o roturas por acción del viento o del hombre. El árbol intenta restituir la parte dañada a partir de la formación de brotes que darán origen a nuevos ejes o a través de la transición a un crecimiento vertical (crecimiento ortotrópico) de una o más ramas próximas a la zona dañada. De esta manera, los traumas originan, sobre el eje que sufrió el daño, una forma de *bayoneta* si el crecimiento es restituido a partir de un nuevo líder, o una *horqueta accidental* si lo hace a través de 2 o más nuevos líderes. El ejemplo típico de una horqueta accidental es aquella que se forma luego del despuente del eje principal de una planta de arbolado durante su crianza en el vivero, bajo el discutible precepto técnico de “abrir” o “formar la copa” (Figura 7.8).

Las *horquetas verdaderas* son aquellas que se forman sobre el tronco principal y marcan la culminación de éste, al derivar en ejes de 2º orden sobre los que se edifica progresivamente la estructura de la copa. De esta manera, del tronco se van derivando ejes de magnitud subordinada a éste (2º, 3º, 4º magnitud), denominadas también *ramas principales, secundarias y terciarias*. Una horqueta verdadera se origina inicialmente a partir de la metamorfosis lenta y gradual de las ramas cuando el árbol es joven, las que adoptan un hábito de crecimiento recto y adquieren la morfología del tronco, en un proceso llamado reiteración. La formación de horquetas verdaderas y la subsiguiente estructuración de la copa se encuentra bajo control genético y es responsable de la forma típica de las especies, pero es influenciada por factores del ambiente, especialmente por la disponibilidad de luz. Las horquetas verdaderas frecuentemente pueden presentar ángulos abiertos entre los ejes, adoptando una forma de U (Figura 7.9 izquierda). En otros casos, el ángulo entre ejes es agudo y adquiere forma de V (Figura 7.9 derecha). Como veremos más adelante, la forma de la horqueta es indicativa de su grado de resistencia o riesgo de falla mecánica.

Tanto las ramas como los ejes pueden formar una *arruga de corteza* visible (Figuras 7.7 y 8.9), de forma y tamaño variable según la edad y la especie.

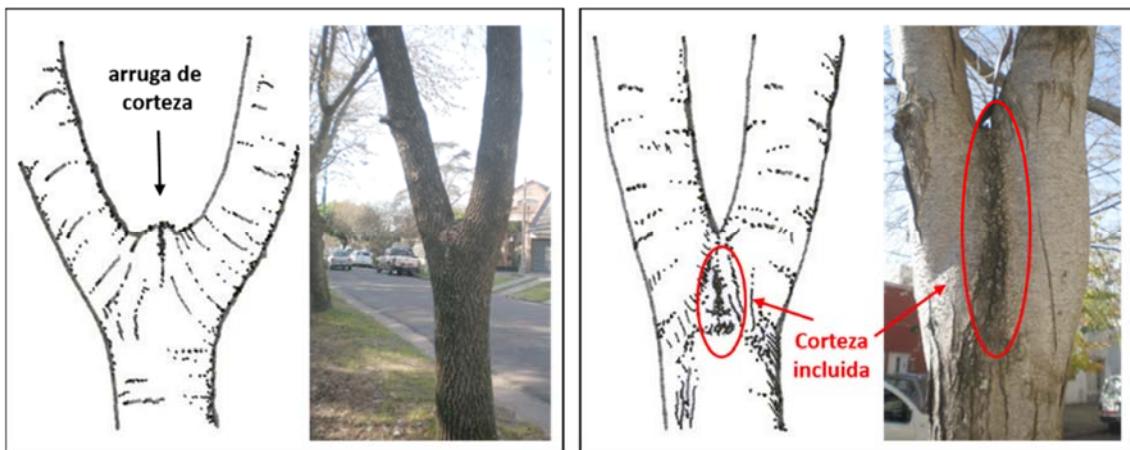


Figura 7.9. Izq. Esquema y ejemplo de horquetas en U en fresno común. Der. Esquema y ejemplo de horqueta en V (con corteza incluida) en acacia negra. Fuente: diagramas modificados de Gilman (2002); fotografías propias.

El anclaje de las ramas

Las ramas laterales que se forman naturalmente durante la vida del árbol, se encuentran fijadas al tronco a través de una sucesión de solapamientos de los tejidos de la rama y del tronco, que se generan año a año (Shigo, 1985) (Figura 7.10). Esta unión es característica en ramas cuyo diámetro es sustancialmente menor al del tronco al que están fijas, y configura una unión muy fuerte y resistente a la rotura.



Figura 7.10. Unión de ramas al tronco. Izq. Modelo de solapamiento sucesivo de tejidos de la rama y del tronco propuesto por Shigo (1985). Der. Anclaje de una rama lateral donde se observa el collar de la rama y la arruga de corteza. Fuente: Izq. Shigo (1985). Der. propia.

En las horquetas que se producen cuando se unen dos ejes de igual diámetro, no ocurre este solapamiento de tejidos, como consecuencia de que ambas crecen al mismo ritmo. En estos casos se da un entrebloqueamiento y espiralado de los elementos del xilema (*whorl grain*) en la zona axilar (Figura 7.11), al que se asocia una mayor densidad del leño y que es responsable de la resistencia mecánica de la unión (Slater y Harbinson, 2010; 2014; 2015; Drénou et al., 2020).

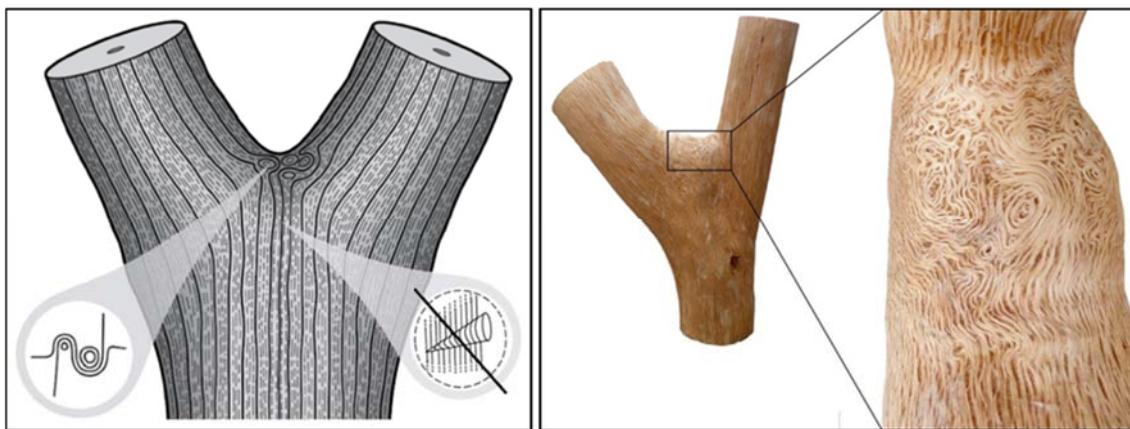


Figura 7.11. Horquetas de unión de ejes codominantes. Izq. Diagrama del modelo propuesto por Slater (2015). Der. Vista de leño axilar espiralado en la zona de unión de una horqueta en *Quercus cerris*.

Fuente: Izq. Drénou et al. (2020). Der. Slater (2015b)

Estas uniones son menos resistentes que las de las ramas laterales. A su vez, en las horquetas, la resistencia de la unión es menor cuando se presentan ángulos agudos entre los ejes (denominadas *uniones en V*) que cuando los ángulos son abiertos (llamadas *uniones en U*) (Gilman, 2002), siendo las uniones en V más propensas a fallas y rotura, más aún cuando presentan corteza incluida entre ambos ejes (Figura 7.12).



Figura 7.12. Unión de ejes codominantes formando horquetas en V. Izq. Unión en V con corteza incluida entre los ejes. Der. Falla estructural de una horqueta en V en ocasión de una tormenta. Fuente: propia

Una mención especial merece el caso de *ramas originadas a partir de brotes epicórmicos*. El descabezado o despuntado de ejes de gran diámetro, que es una práctica muy dañina pero frecuente en podas de reducción de tamaño mal realizadas, promueve la proliferación de numerosos brotes vigorosos por debajo del punto donde se efectuó el corte.

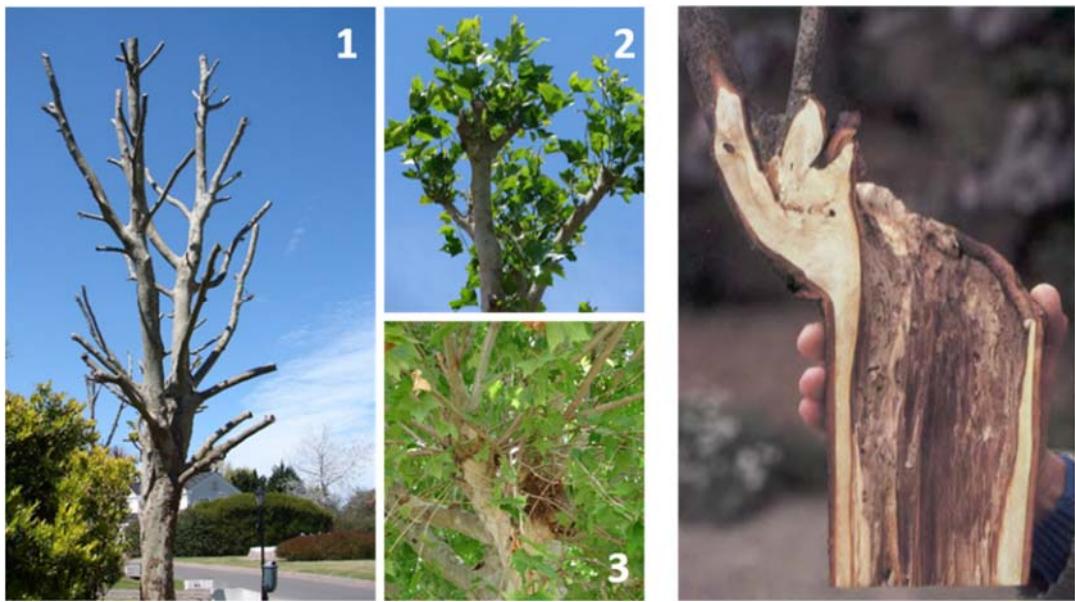


Figura 7.13. Ramas formadas a partir de brotes epicórmicos luego de una poda de despunte. Izq. (1) Despunte en *Platanus spp.*; (2) brotación debajo del corte de despunte en la primavera siguiente; (3) estado de las ramas a los 3 años de realizado el despunte. Der. pudrición descendente en un eje despuntado y brotes con anclaje deficiente. Fuente: Izq. propia. Der. Dr. Alex Shigo.

Estos brotes, que luego se transformarán en ramas, están débilmente unidas al eje (Figura 7.13) y son propensas a rotura con mayor facilidad que las ramas generadas durante el desarrollo natural de la estructura del árbol y que están, por tanto, fuertemente ancladas como vimos anteriormente. Además del débil anclaje de estos brotes epicórmicos, el despunte de ejes facilita el ingreso de microorganismos que activan procesos de pudrición descendente, agravando el riesgo de rotura de estas ramas. Por ello, el descabezado de ejes como método de poda solamente ha de aplicarse como recurso de última instancia, cuando no haya otra alternativa técnica más racional y menos dañina para el árbol.

La zona de protección de la rama

En la base de las ramas cuyo diámetro es muy menor (de 1/3 a 1/2) al del eje en el que están ancladas, en la zona del collar se forma una barrera anatómica y química, la primera formada por tejidos entrelazados de la rama y el tallo, la segunda constituida de fenoles, resinas y terpenos, cuya función es inhibir el avance de organismos degradadores hacia el interior del tronco (Shigo, 1984; Gilman, 2002; Coder, 2016) (Figura 7.14). Esta zona, denominada *zona de protección de la rama*, es un mecanismo natural de defensa frente al ingreso de patógenos que puede darse ante el desramo natural por sombreado y la rotura de ramas que experimentan los árboles en el bosque.

Por el contrario, en los ejes codominantes y en las ramas de diámetro similar al eje en el cual se insertan (mayor a 1/2 del diámetro del eje), no se forma la zona de protección de la rama; tampoco lo hace en aquellas ramas viejas que han experimentado un proceso de duraminización. En consecuencia, en la poda de este tipo de ejes o ramas, los microorganismos degradadores

pueden ingresar con facilidad dentro del tronco, y su contención depende entonces del proceso de compartmentalización, y de qué tan eficientemente compartmentaliza el daño cada especie.

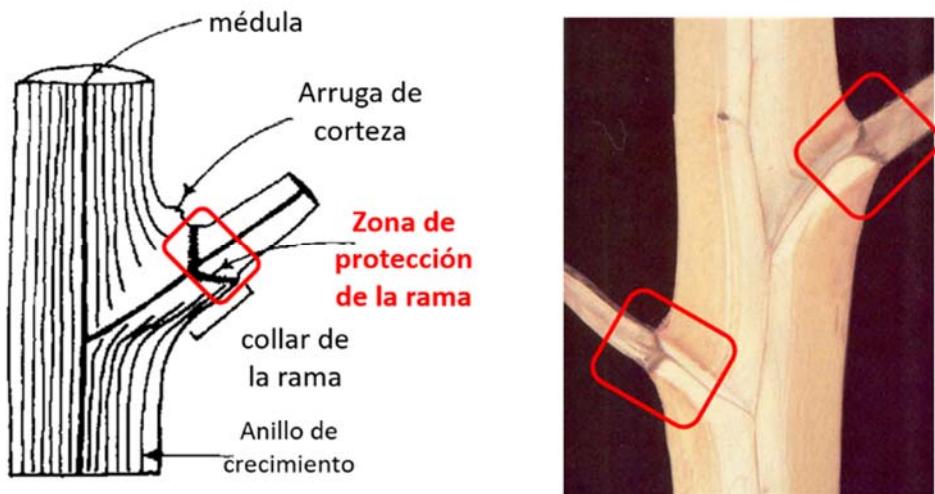


Figura 7.14. La zona de protección de la rama es una barrera anatómica y química que se forma en la base de las ramas cuyo diámetro es significativamente menor al del eje en que se insertan. Fuente: Izq. Modificado de Gilman (2002). Der. Modificado de USDA Forest Service – Forest Health Protection Eastern Region (UGA 5043008)

Durante las operaciones de poda, particularmente aquellas en las que se practican cortes de eliminación, debe tenerse especial cuidado de realizar los cortes en el lugar correcto y con las técnicas apropiadas, con el objetivo de conservar el collar de la rama sin dañarlo, ya que a él está asociada la zona de protección y el proceso de cicatrización de la herida. Los cortes efectuados de forma rasante al eje pueden eliminar total o parcialmente el collar de la rama y con ello el mecanismo de defensa, dificultando el cierre de las heridas (Figura 7.15). Volveremos al tema de cierre de heridas en un próximo apartado.

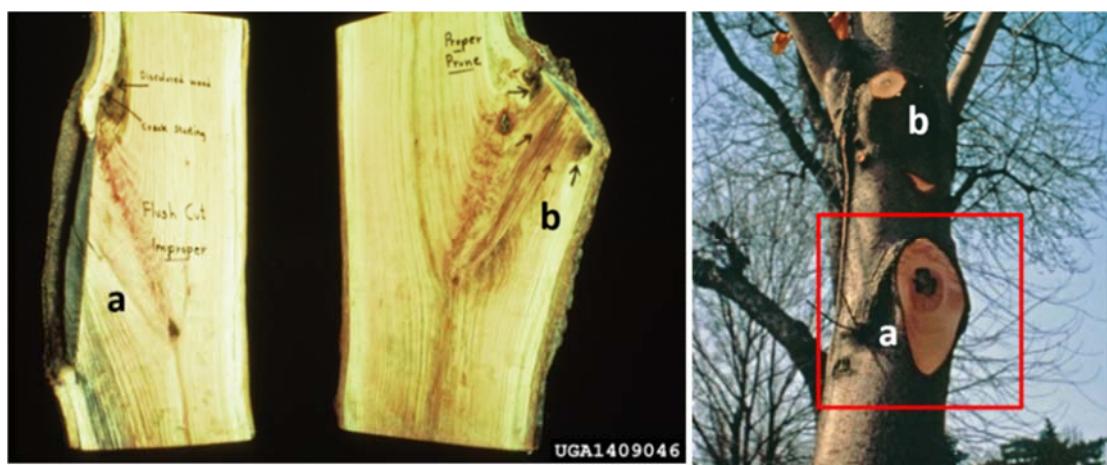


Figura 7.15. Los cortes efectuados de forma rasante al tronco (a) eliminan total o parcialmente el cuello de la rama y la zona de protección. El lugar correcto de corte (b) es en el punto de unión entre la rama y el collar, ya que conserva la zona de protección, no deja muñón y facilita el cierre de la herida. Fuente: Izq. USDA Forest Service - Forest Health Protection Eastern Region (UGA 1409046). Der. propia.

Compartimentalización

A lo largo de su vida, los árboles están sujetos a daños por factores abióticos y abióticos (tormentas, heladas, fuego, animales, insectos, aves, etc.); en el medio urbano, a lesiones y deterioro asociados a actividades humanas accidentales o deliberadas (construcción, tránsito de vehículos, vandalismo) y, dentro de estas últimas, a heridas producidas por las operaciones de poda. Las heridas son el inicio de una compleja serie de eventos que pueden llevar a la decoloración primero y al deterioro posterior de los tejidos leñosos (Shigo, 1984) por acción de bacterias y hongos, especialmente los de tipo xilófagos.

A diferencia de que ocurre en los animales mamíferos, los árboles no curan las heridas regenerando el tejido dañado, sino que encapsulan el daño. Reaccionan activamente a las heridas y a la colonización por microorganismos a través de barreras que confinan el tejido afectado a un volumen mínimo dentro del árbol. Este proceso de establecimiento de barreras que resisten la pérdida de la función normal de la madera, su decoloración y degradación, se llama *compartimentalización*, y fue estudiado por Shigo (1977; 1979; 1984; 1991), quien desarrolló el modelo CODIT (*Compartimentalization Of Decay In Trees* = compartimentalización del daño en árboles) para explicarlo. Según este modelo, hay cuatro barreras (llamadas también paredes) (Figura 7.16) involucradas en retardar y contener el avance espacial del deterioro de los tejidos dentro del árbol; el orden creciente en el número de cada barrera se relaciona también con la capacidad creciente de retrasar y confinar el avance de los organismos degradadores. La contención en el avance vertical (hacia arriba y hacia abajo) ocurre mediante el *taponamiento de los elementos del xilema* por tilosis y gomas inmediatamente por encima y por debajo del tejido afectado, y constituye la *barrera N° 1*. Los *anillos de crecimiento* son la *barrera N° 2*, que contiene el avance del deterioro hacia el interior del leño y constituye una barrera mecánica basada en las capas de mayor densidad del leño tardío de verano. Los *radios medulares* representan la *barrera N° 3*, responsable de frenar el avance en sentido lateral, en el que participa el tejido parenquimático (vivo) de los radios. La *barrera N° 4* es la más fuerte; la integra una *zona de reacción formada por el cambium* en el borde del anillo más externo al momento de producirse la herida, y es la encargada de que el deterioro no se propague y colonice la madera nueva que generará el cambium para cubrir la herida luego de producida.

Las especies varían en su habilidad para compartimentalizar. Tienen buena capacidad numerosas especies de acacia (*Acacia spp.*), nogales (*Junglans spp.*), algunos robles (*Quercus robur*; *Q. rubra*), castaño (*Castanea spp.*), los plátanos de sombra (*Platanus spp.*), acacia blanca (*Robinia pseudoacacia*); acacia negra (*Gleditsia triacanthos*), olmo (*Ulmus spp.*), lapachos (*Handroanthus* y *Tabebuia spp.*), *Lagestroemia spp.*, maple de azúcar (*Acer saccharum*) y los pinos duros o tea del subgénero *Pinus* (*diploxylon*) como *Pinus pinea*, *P. pinaster*, *P. taeda*, *P. elliottii*, *P. radiata*, *P. halepensis*, *P. ponderosa*, *P. cotorta* y *P. patula*. Otras en cambio, son débiles compartimentalizadoras, como ocurre en sauces (*Salix spp.*), álamos (*Populus spp.*), abedul (*Betula spp.*), tilos (*Tilia spp.*), fresno (*Fraxinus spp.*), algunos arces (ej. *Acer negundo*) pezuña de buey (*Bahuinia spp.*), braquiquito (*Brachychiton*), almez (*Celtis spp.*), ceibo (*Erythrina spp.*) y

varias especies de pinos blandos del subgénero *Strobus* (haploxyton) como *Pinus strobus*, *P. monticola* y *P. cembra*.

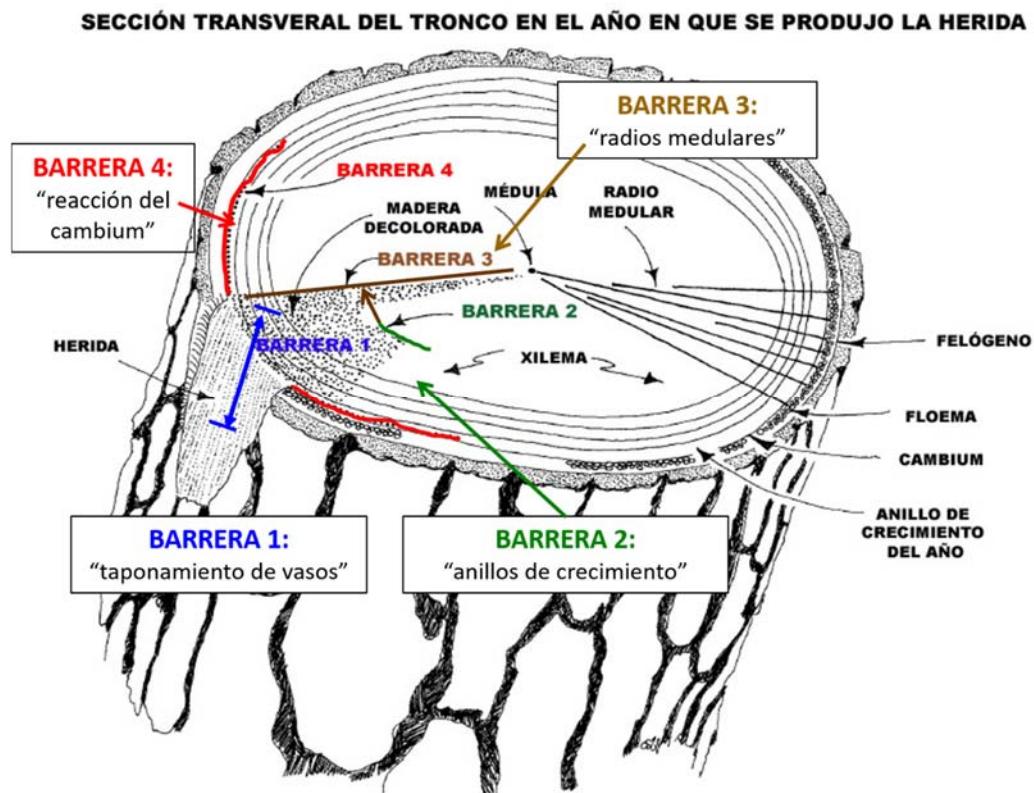


Figura 7.16. Modelo CODIT. Barreras de compartmentalización del daño. Modificado de Gilman (2002).

La compartmentalización como concepto y la habilidad diferencial de las especies para compartmentalizar tiene implicancias directas en relación a la poda como práctica de manejo. La efectividad en la cicatrización de las heridas de poda, junto con la contención de la infestación de las heridas y la propagación de organismos degradadores dependen de la especie, la edad del árbol y su vigor, del tamaño de las heridas causadas con la poda y de la época del año en que se realice la tarea en relación al nivel de reservas del árbol.

Cicatrización de heridas

La cicatrización o cierre de las heridas de poda u otras de origen natural o antrópico acontece por la formación, diferenciación y maduración de tejido de callo generado por el cambium (Neely, 1979). En el caso particular de las podas, el cierre se produce a partir de un labio cicatrizal de callo que emerge desde debajo de la corteza en el perímetro de la herida, y que progresó hacia el centro hasta cubrirla completamente y cerrarla (Figura 7.17).

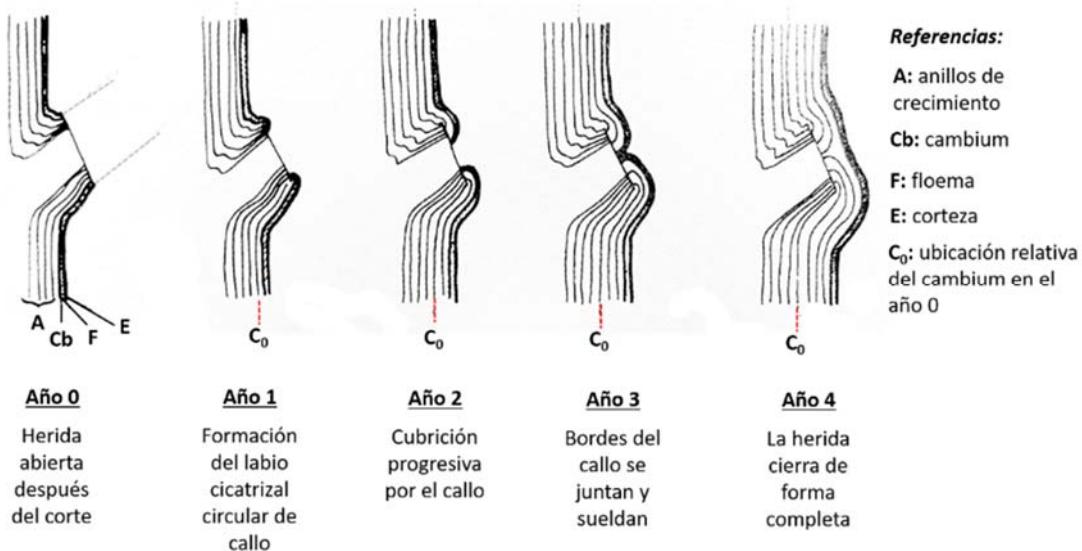


Figura 7.17. Esquema del proceso de cierre de una herida de poda en un corte de eliminación.
Modificado de Michau (1996).

El tiempo que demanda el cierre de una herida está en relación directa a su tamaño, la condición y vigor del árbol, la especie y su capacidad de cicatrización y compatimentación, las condiciones climáticas y la época del año, y de la aplicación correcta de las técnicas de corte.

En consecuencia y como lineamientos generales, hemos de considerar los siguientes:

- Cuanto más pequeña la dimensión de la rama a eliminar, menor es el tamaño de la herida, más rápido es el cierre y menores son los riesgos de ingreso e infección por microorganismos degradadores. Las heridas de poda pequeñas de 5 – 10 cm de diámetro, usualmente son cerradas y el árbol las compartmentaliza de forma efectiva (Dujesiefken et al., 2005). Por ello es crucial planificar la poda, hacerla cuando el árbol es joven y mantener ciclos de poda cortos, con intervenciones frecuentes pero de menor intensidad.
- No realizar cortes rasantes al tronco. No debe dañarse o “barrerse” el cuello de la rama porque de este tejido depende la actividad del cambium, la zona de protección de la rama y el tamaño final de la herida (Figura 7.15). Tampoco han de dejarse muñones de poda que impiden o retrasan el cierre de las heridas (Figura 7.18). Para ello es necesario aplicar las técnicas correctas respecto al lugar preciso donde efectuar el corte.
- El corte de poda debe ser preciso y limpio, minimizando el daño al tejido que rodea la herida, de modo de no afectar la formación de callo y la cicatrización. Es clave emplear las herramientas adecuadas al tamaño de rama y su situación, y evitar el desgaje y el desgarro de corteza durante la operación de corte.
- Acotar la ejecución de podas de ramas vivas a épocas del año donde el árbol tenga altas reservas de energía y la cicatrización de produzca en condiciones climáticas y de actividad vegetativa favorables, que aceleren el proceso.



Figura 7.18. Cierre de heridas. Izq. y Centro. Progresivo cubrimiento de la herida por el labio cicatrizal. Der. Corte dejando un muñón que impide o retrasa el proceso de cierre de la herida, favoreciendo el ingreso de organismos degradadores dentro del árbol. Fuente: propia.

Se han promocionado diferentes productos, tanto comerciales como de preparación hogareña, en forma de pinturas o ungüentos, para aplicar sobre las heridas de poda y cubrirlas con el fin de mejorar el proceso de cicatrización e inhibir el desarrollo de organismos degradadores. Sin embargo, los estudios de aplicación de diferentes productos no mostraron resultados concluyentes en favor de su uso (Neely, 1970; Dessureault, 1974; Shigo y Wilson, 1977; Shigo y Shortle, 1983; Dujesiefken et al. 1999; Hudler y Jensen-Tracy, 2002; Dujesiefken et al., 2005).

Las reservas de energía del árbol

Los árboles producen carbohidratos y oxígeno a través del proceso de fotosíntesis, a partir la energía solar, del agua y los nutrientes que obtienen del suelo y el dióxido de carbono del aire. La energía contenida en esos carbohidratos la utilizan para mantener el metabolismo, crecer, reproducirse y defenderse (Pallardy, 2008). Los árboles almacenan, como reserva de energía, parte de los carbohidratos producidos a lo largo de la estación de crecimiento; los acumulan principalmente en las ramas, el tronco y las raíces, para utilizarlos luego en sostener la brotación y el crecimiento de primavera una vez finalizado el período de reposo vegetativo.

Cualquier intervención realizada sobre la copa afecta la capacidad del árbol de producir y almacenar carbohidratos, y la época en que se lleva a cabo la poda en relación al nivel de reservas con que cuenta el árbol es de crucial importancia. Por este motivo, es indispensable tener en cuenta la edad y la condición de vigor de los árboles que se van a intervenir, establecer límites máximos a la cantidad de copa viva que se removerá en cada operación y definir con precisión la época del año en que se ejecutarán las labores, para evitar realizarlas cuando el árbol se encuentra con niveles bajos de reservas de energía.

La brotación y reanudación del crecimiento que se produce durante la primavera, que incluye la expansión de hojas y la formación y elongación de nuevos brotes, moviliza las reservas

acumuladas en las ramas y el tronco, que son los almacenes de energía más próximos. El período que se extiende desde el momento previo al inicio de la brotación en primavera y hasta que se completa el endurecimiento de las hojas y se lignifican los brotes del crecimiento del año en el verano, es un momento en el que el árbol se encuentra con sus reservas de energía bajas. La poda de ramas vivas durante este período sensible debe evitarse (Drénou, 2000b; Gilman, 2002; Lell, 2006; Lilly, 2010), especialmente en árboles maduros o debilitados. De igual modo, han de evitarse las podas en árboles que han estado sometidos a estrés grave producido por sequías prolongadas o anegamientos aun cuando la época del año sea la adecuada, interviniendo únicamente ante casos que resultan ineludibles por razones de seguridad.

Aspectos técnicos de la poda

Los cortes de poda

Veremos más adelante en este capítulo que existen diferentes *métodos de poda*, cada uno con objetivos y procedimientos definidos, que pueden presentarse combinados en el tratamiento de un árbol o situación en particular. Sin embargo, en sus aspectos más elementales, se reducen a la aplicación de tres (3) tipos de corte básicos: *corte de eliminación*, *corte de reducción* y *corte de descabezado o despunte*:

Corte de eliminación: un *corte de eliminación* remueve o elimina de forma completa una rama subordinada desde su punto de inserción en el tronco o en un eje principal (Figura 7.19).

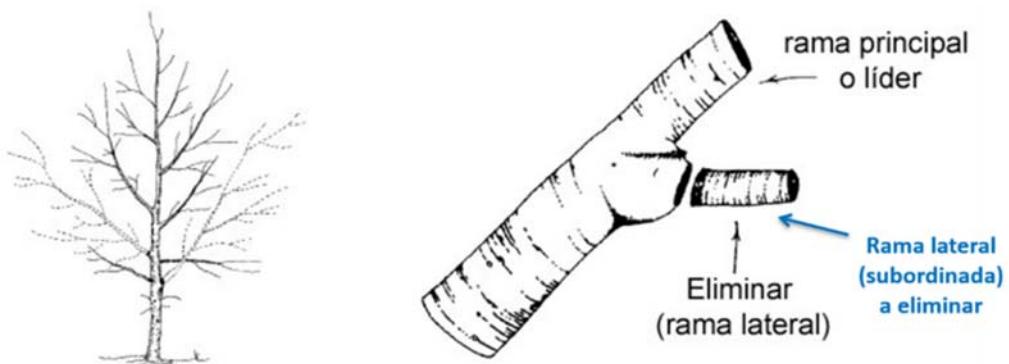


Figura 7.19. Corte de eliminación. Modificado de Gilman (2002).

El corte se realiza en el borde exterior del cuello de la rama, y como vimos anteriormente, cuenta con el mecanismo de defensa natural de la zona de protección para contener el ingreso de organismos degradadores dentro del tronco.

Los cortes de eliminación se utilizan como recurso central en las podas de conducción estructural de los árboles para eliminar ramas mal ubicadas u orientadas, para la eliminación temprana de ejes codominantes y de ramas con corteza incluida. Se emplean también en las podas de elevación de copa y en las podas anuales o bianuales recurrentes características del

sistema de conducción por cabezas de gato (*pollarding*). Examinaremos éstos y otros métodos de poda en un próximo apartado dentro de este capítulo.

Corte de reducción: a diferencia del anterior, un *corte de reducción* acorta el largo de una rama mediante la eliminación de su porción terminal justo por encima de una rama lateral de igual o menor diámetro, que será la encargada de asumir la dominancia apical (Figura 7.20).

Este tipo de corte, al aplicarse sobre la porción terminal de la rama (que en este caso se comporta como un eje), no cuenta con la zona de protección como mecanismo natural de defensa. Sin embargo, la proximidad del corte a una rama lateral que mantiene su cuello, contribuye al cierre de la herida cuando el corte se realiza sobre ramas que no tienen gran diámetro. A su vez, la rama lateral que asume la dominancia apical actúa como tira-savia, con lo cual se reduce la emisión de brotes epicórmicos por debajo de la zona de corte.



Figura 7.20. Corte de reducción. Modificado de Gilman (2002).

Los cortes de reducción son muy empleados en las podas de formación en vivero para controlar el crecimiento de las ramas inferiores del tallo sin eliminarlas, a fin de no afectar sustancialmente el crecimiento general de la planta por reducción de la superficie foliar. Se utilizan asiduamente durante las primeras etapas de las podas de conducción estructural en árboles jóvenes para controlar el vigor y crecimiento de ejes líderes que compiten con el eje principal. De manera similar, se aplican para regular el crecimiento de ramas laterales ubicadas en la porción baja del tronco y que forman parte de la *copa temporaria*, las que progresivamente serán eliminadas en podas de elevación de copa hasta alcanzar la altura de refaldado⁷. También se aplican en podas de raleo de copa y en las de reducción del tamaño.

Corte de descabezado: como vimos, los cortes de eliminación y de reducción se realizan en proximidad de un nudo. En oposición, los *cortes de descabezado o despunte* se efectúan en la

⁷ La *altura de refaldado* o *altura de elevación de copa* es la altura hasta la cual se elevará la copa en su condición definitiva, mediante la eliminación progresiva y regular de las ramas más bajas del árbol, para que no interfiera con el tránsito peatonal, vehicular o con la infraestructura de conductores, luminarias y servicios, una vez que los árboles alcanzan el tamaño adulto. Su valor varía entre los 4 y los 6 metros, dependiendo de la infraestructura, el tipo de tránsito de las arterias y las características del arbolado. Toda rama por debajo de la altura de refaldado es temporaria (*copa temporaria*), y se eliminarán sucesivamente en podas de elevación de copa a medida que el árbol crece. Las ramas principales ubicadas por encima de dicha altura configuran la *copa permanente* del árbol.

zona del entrenudo de una rama, a una distancia arbitraria que puede estar cerca de una yema o no (Figura 7.21).



Figura 7.21. Corte de despunte o descabezado. Modificado de Gilman (2002).

Este tipo de corte tiene varias características desfavorables: no cuenta con la zona de protección natural para contener el ingreso de organismos degradadores dentro de la rama; tampoco tienen una rama lateral próxima al corte que asuma la dominancia apical, actúe como tira-savia y facilite la cicatrización de la herida. Además, los árboles reaccionan a los cortes de descabezado con la formación de numerosos brotes epicórmicos en la zona por debajo del corte (Figura 7.13).

Los cortes de descabezado pueden usarse en las podas de formación en vivero para reducir el crecimiento de líderes que compiten con el eje principal, para estimular la producción de brotes laterales en especies poco propensas a producirlos, o para crear ramas laterales en ubicaciones deseadas. También se emplean como primer paso para definir el tamaño de la copa en aquellos árboles que serán conducidos por el método de podas recurrentes sobre cabezas de gato.

La mayoría de las veces se lo utiliza erróneamente como único recurso en las podas de reducción de tamaño, aplicándolo al despunte de ejes de gran diámetro, con consecuencias muy nocivas para la vitalidad e integridad estructural del árbol, pudiendo en algunos casos ocasionarle la muerte. En algunas situaciones, los cortes de descabezado se emplean en podas de restauración de árboles que fueron severamente dañados por tormentas.

La técnica de corte

En el caso de ramas de pequeño diámetro (hasta 3cm), el corte puede hacerse en un (1) solo paso sin riesgo de desgaje o desgarro de la corteza; dentro de este rango de grosor, las más delgadas se cortan con mayor facilidad y precisión con tijeras (de mano o fijadas a pértigas). A medida que aumenta el diámetro de las ramas y son más firmes, es factible el uso de tijerones o serruchos.

Para el corte de ramas de diámetro mayor a 3cm se utiliza la *técnica de los 3 cortes* o “cortes de caída”, cuyo objetivo es evitar el desgarramiento de fibras y corteza (Figura 7.22).

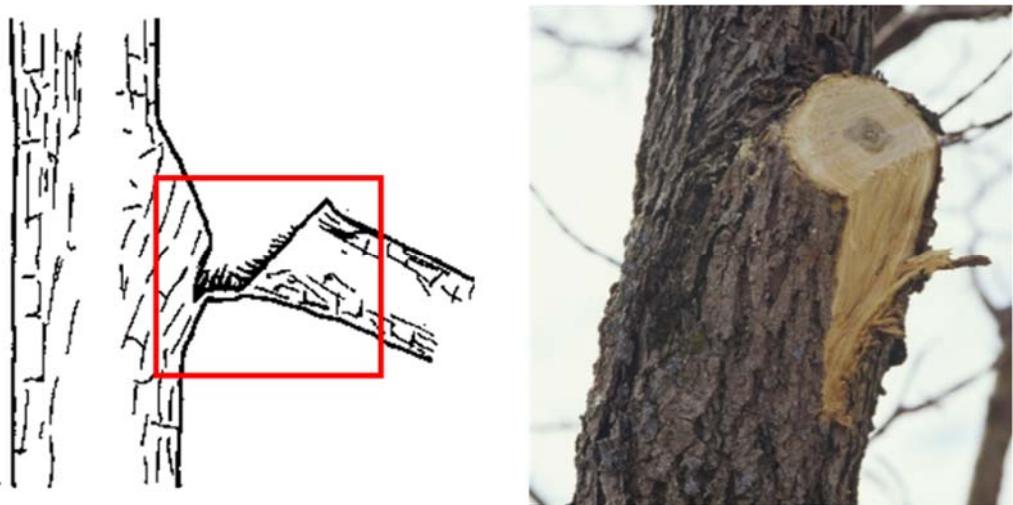


Figura 7.22. Desgarro de fibras y corteza en la zona del collar provocado por cortar una rama de tamaño y/o peso excesivo mediante un solo corte durante la ejecución de un corte de eliminación.

Los dos primeros cortes tienen por finalidad remover la mayor parte de la rama y su peso; el tercero se aplica con precisión en el lugar técnicamente correcto de acuerdo al tipo de corte que se desea practicar. El *primer corte* se efectúa del lado inferior de la rama, hasta una profundidad máxima de aproximadamente 1/3 del diámetro (para evitar que la herramienta quede atrapada con el cierre del corte) (Figura 7.23); tiene como propósito evitar el rasgado de fibras y el arranque de corteza. El *segundo corte* es el que produce la caída de la rama (se llama *corte de caída*) y se practica en la parte superior, a una distancia de al menos 5-10 cm del anterior y hacia el extremo de la rama (Figura 7.23). El *tercer corte o corte final*, se realiza en el lugar definitivo, que dependerá del tipo de corte aplicado (si es de eliminación, de reducción o de descabezado). Se efectúa de forma precisa y limpia, para minimizar el daño a los tejidos remanentes, particularmente en los cortes de eliminación y de reducción (Figura 7.3).



Figura 7.23. Técnica de los 3 cortes o “corte de caída” aplicado en un corte de eliminación de una rama.

Dependiendo del diámetro de la rama y la cantidad de ramas a intervenir, se usan serruchos (de mano o con pértigas), podadoras de altura, o bien motosierras, accediendo a la copa por trepada al árbol o mediante autoelevador.

Como comentamos anteriormente, el lugar preciso donde se realiza el corte definitivo dependerá si estamos ejecutando un corte de eliminación, de reducción o de descabezado. En el caso de los *cortes de eliminación*, como regla general el corte final ha de efectuarse en el borde exterior del collar de la rama (Figura 7.23). Deben evitarse los cortes rasantes que barren el collar, como también los cortes alejados del cuello que dejan un tocón o muñón de poda. Es amplia la variedad de situaciones que pueden presentarse al aplicar un corte de eliminación (especies que no forman un collar visible, no forman arruga de corteza o ambas; ramas con corteza incluida) y el punto correcto de corte requiere de analizar e interpretar cada caso en particular.

En la realización de *cortes de reducción*, el corte final de efectúa con un ángulo que es la bisectriz entre la arruga de corteza y la perpendicular al eje eliminado, sin dejar muñón (Figura 7.24). Según el diámetro de la porción a eliminar, se aplican las mismas consideraciones respecto al número de cortes: 1 solo corte para diámetros de hasta 3 cm y la técnica de los 3 cortes para diámetros mayores. En la poda de ejes codominantes de crecimiento vertical, puede ser necesario que el primer corte sea una muesca o entalladura que direccione la caída de la porción a eliminar.



Figura 7.24. Ubicación del corte en cortes de reducción. Izq. Ubicación de los cortes al podar ramas mayores a 3cm, empleando la técnica de los 3 cortes. Modificado de Gilman (2002). Centro y Der. Cortes de reducción en podas de conducción estructural.

El lector podrá profundizar sobre este tópico en trabajos como los de Michau (1996), Drénou (2000), Gilman (2002), Lilly (2010) y Rascón Solano (2021).

En situaciones donde se podan ramas de grandes dimensiones y cuya caída puede provocar daños a propio árbol, a plantas ubicadas debajo o a bienes e infraestructura, se aplican técnicas de atado y descenso controlado mediante aparejos, que forman parte del cuerpo de conocimiento de la arboricultura profesional.

La época de poda

La poda de ramas muertas o enfermas puede realizarse todo el año. Igual criterio aplica a la poda de ramas que suponen un riesgo, ya que se antepone la seguridad a cualquier otro criterio.

En el resto de los casos, la mejor época para la poda de ramas vivas es la temporada de reposo y hasta un tiempo antes de la brotación de primavera (Lilly, 2010; Badker, 2012). En las especies de hoja caduca, el hincharimiento de las yemas que ocurre en la transición del final del invierno a la primavera es un buen indicativo de cuando ha finalizado el reposo y ya no debemos podar. Podar en época de reposo encuentra al árbol con altas reservas de energía, la actividad cambial de la primavera favorece el cierre rápido de las heridas y ayuda a minimizar la formación de brotes epicórmicos (Gilman, 2002). Adicionalmente, en especies de hoja caduca, la época de reposo permite una valoración clara de la estructura de la copa lo que facilita la identificación de las ramas a intervenir.

El peor y más dañino momento para podar es la primavera, en el período que se extiende desde el pre-inicio de la brotación y hasta que se expande y endurece completamente el nuevo follaje formado. Durante este período el árbol se encuentra con sus reservas de energía bajas, pues las ha movilizado para sostener dicho crecimiento. Asimismo, y salvo razones de seguridad, debe evitarse la poda de árboles que fueron sometidos a sequía prolongada.

Bajo ciertas combinaciones de especie, vigor de los árboles a intervenir y condiciones edafoclimáticas, es posible realizar de forma segura podas de baja intensidad (en las que se remueve hasta 10% de copa viva) al final del verano.

Planificación. Ciclos de poda

Por lo general, en nuestras comunidades los árboles urbanos no se podan sino hasta que emerge un conflicto con ellos. Lo usual es un *manejo reactivo* que pretende solucionar un problema cuando ya se produjo. Las áreas de gestión municipal relacionadas con el arbolado realizan podas ante reclamos efectuados por los propios frentistas y vecinos, o cuando el problema es suficientemente evidente e impostergable.

Un enfoque alternativo y plenamente deseable es el del *manejo preventivo*, en el cual se planifican las intervenciones de poda para efectuarlas en tiempo y forma, de manera de conducir el crecimiento de los árboles para evitar futuros conflictos o problemas.

La pregunta acerca de cuándo podar ha de analizarse bajo dos marcos temporales diferentes. El primero está relacionado a la época del año en que resulta conveniente realizar una operación de poda, conocida también como *época de poda* y ya fue tratada en un apartado precedente. El segundo refiere a la planificación de la poda a largo de la vida del árbol y la frecuencia (en años) con que deben realizarse según la edad y otras consideraciones, y que forma parte del programa de poda.

El *programa de poda* es una componente del plan de gestión del arbolado. En él se definen objetivos específicos para las intervenciones que se efectuarán a lo largo de la vida de los

árboles, y establece *ciclos de poda*, que es el tiempo (en años) que media entre una poda y la siguiente, sobre un mismo árbol.

Si a un árbol urbano se le permite crecer sin intervenciones durante un período de 10 años o más, son altas las probabilidades que desarrolle diversos problemas estructurales, tales como: ramas mal ubicadas; ejes codominantes; uniones con corteza incluida; ramas gruesas y vigorosas que integran el canopeo externo pero están ancladas en partes bajas del tronco, generan fuertes brazo-palanca y son propensas a rotura por acción del viento en tormentas; ramas gruesas en la porción inferior del tronco (por debajo de la altura de refaldado) que interfieren con el tránsito y funcionamiento urbano. Por ello, es necesario establecer ciclos de poda que permitan corregir estos defectos de manera temprana, para formar árboles de estructura resistente, menos propensos a fallas y más seguros, a la vez que las heridas de poda son de menor tamaño y de más fácil cicatrización porque se intervienen ramas de menores dimensiones.

Los ciclos de poda pueden variar de forma sustancial de acuerdo las características del arbolado (si este es predominantemente joven o adulto), de las especies presentes (y sus características de estructura y forma de copa, tasa de crecimiento), de las condiciones biofísicas del sitio (suelos, clima, vientos) y, predominantemente, de la capacidad técnica y operativa de los gobiernos locales en términos de recursos humanos, materiales y financieros. Ciclos de cinco (5) años entre podas pueden ser razonables para la corrección de la mayoría de los defectos estructurales de árboles jóvenes en podas de conducción. No obstante, y en la medida de las posibilidades, siempre es preferible “podar poco y seguido” en lugar de “mucho y espaciado en el tiempo”.

Seguridad en los trabajos

Las operaciones de poda involucran actividades de riesgo, tales como el uso de herramientas de corte, el trabajo en altura, la interacción potencial con conductores eléctricos, los ruidos perjudiciales de maquinarias, la rotura, caída o desprendimiento (deliberado o no) de partes del árbol, la presencia de detritos que pueden afectar la vista y la labor física de movimiento de restos de poda, solo por citar algunos. Los operarios frecuentemente están expuestos a diversos peligros y resulta imprescindible su correcta identificación previa, tanto en la fase de planificación de las actividades a realizar como también en el sitio concreto donde se va a actuar. Los peligros a los que están expuestos han de controlarse, ya sea eliminándolos, aisladolos o minimizándolos. Varios países han desarrollado guías o estándares de seguridad para los trabajos de arboricultura. En ellos se establecen procedimientos de trabajo que son necesarios o razonables para proveer condiciones de seguridad y salud en las labores. Son ejemplos la *norma ANSI Z133 de EEUU* (ANSI, 2017), el *Código de prácticas para la seguridad y salud en arboricultura de Nueva Zelanda* (Work Safe New Zealand, 2012), la *Guía para el manejo de riesgos en arboricultura* (Work Safe Australia, 2023), la *Guía de buenas prácticas de seguridad en los trabajos de poda de árboles NTP 1.119 y NTP 1.120* de España (INSSBT 2018a; 2018b) o el estándar británico *BS 3998* (BS, 2010) de *Recomendaciones para trabajo en árboles*.

La capacitación continua y profesionalización del personal, su estado de salud y condición física, la disponibilidad y correcto mantenimiento de equipos, el afilado de las herramientas de trabajo, el uso de indumentaria adecuada y de todos los elementos de protección personal necesarios y la planificación detallada de los procedimientos a implementar, son todas medidas que mejoran las condiciones de salud y seguridad del trabajo, a la vez que lo hacen más eficiente, ergonómico y contribuyen a un mejor manejo del arbolado.

Herramientas y equipos

Las herramientas y equipamiento que se usa en las operaciones de poda dependen de cada situación, la edad y tamaño de los ejemplares y el tamaño de las ramas a intervenir, que a su vez está supeditado a los métodos de poda que se aplican en cada caso.



Figura 7.25. Herramientas y equipos utilizados en poda. Trabajo desde el suelo con podadora de altura.

(1) y tijerones (2). Poda en altura mediante elevador con balde (3) y mediante acceso por trepada (4).

Fuente: 1. Municipalidad de Mina Clavero, Córdoba. 2. Municipalidad de General Pico, La Pampa. 3. Municipalidad de Vicente López, Buenos Aires. 4. Rascón Solano (2021).

Las herramientas de corte incluyen serruchos y diversos tipos de tijeras (manuales, eléctricas y neumáticas) de mano o fijados a pétigas, motosierras de poda, motosierras tradicionales y podadoras de altura. Todos los equipos han de tener un adecuado mantenimiento y afilado.

Los elementos de protección personal (EPP) de los podadores incluyen lentes de protección visual, protección facial, protectores auditivos, guantes, casco y protecciones especiales de piernas y brazos para operarios que usan motosierras.

En el caso de árboles jóvenes o intervenciones en la parte baja de la copa, se trabaja desde el suelo con herramientas de mano o fijadas a pértigas según la altura, o empleando podadoras de altura. Las operaciones en altura por trepada requieren equipamiento especial que comprende casco, arnés, sogas y una diversidad de accesorios técnicos y de seguridad para escalada. Alternativamente, el acceso a la copa se efectúa con elevadores de canasto, con el operario debidamente equipado en elementos de seguridad (arnés, eslingas y EPPs) y desde allí se trabaja con herramientas de mano, motosierra o con podadoras de altura para incrementar el alcance (Figura 7.25).

En los trabajos de trozado y acondicionamiento de residuos de poda en el sitio de trabajo se utiliza motosierras, hacha, machete, tijerones y una diversidad de accesorios y herramientas como ganchos, palancas y cuñas, entre otras.

Los métodos de poda

De acuerdo al momento de la vida del árbol en que se realicen y la finalidad perseguida, se aplican diferentes métodos o tipos de poda. Cada uno contempla un conjunto de objetivos particulares para la intervención, y recurre a procedimientos y técnicas específicas. Pese a que existen divergencias en la terminología utilizada, vamos a clasificarlas en: podas de formación, podas de conducción y sus variantes, podas de mantenimiento y podas excepcionales. Describiremos los aspectos centrales de cada una de ellas.

a. Podas de formación (en vivero)

Como se describió en el Capítulo 5, la producción de una planta de tamaño adecuado para uso en arbolado urbano insume al menos tres (3) temporadas de crecimiento. El manejo y formación de la futura estructura del árbol se inicia tempranamente en el vivero y es determinante en la calidad de la planta que se llevará al sitio de plantación definitiva. La poda en esta fase ha de tener como objetivos centrales: la formación de un único eje dominante que devendrá en el futuro tronco del árbol; el control y subordinación del crecimiento de ramas de crecimiento ortotrópico vigoroso (líderes) que, de no podarlos, podrían convertirse en ejes codominantes y originar árboles bifurcados; y mantener la mayor cantidad de superficie foliar en el árbol joven, a fin de no afectar su crecimiento.

Las podas de formación se llevan a cabo empleando principalmente cortes de reducción, pues permiten corregir defectos y controlar el crecimiento de ramas y líderes vigorosos sin eliminarlos completamente; al eliminar la porción terminal y su área foliar asociada, se controla su futuro crecimiento (Figuras 7.26 – Imágenes 1 y 2).

En lo que respecta a su parte aérea, la planta objetivo a producir en vivero para plantar en el arbolado urbano, ha de ser de eje único y robusto hasta una altura de 2 a 2,5 m; con una copa

temporaria de vivero en la parte inferior, formada por ramas laterales que fueron acortadas desde temprana edad para contener su crecimiento pero conservando parte de su follaje (estas últimas son eliminadas al momento de despachar la planta desde el vivero); y una *copa permanente de vivero*, con ramas principales separadas entre sí y en la que los líderes codominantes fueron acortados mediante cortes de reducción para controlar su vigor (Figura 7.26 – Imágenes 3 y 4).

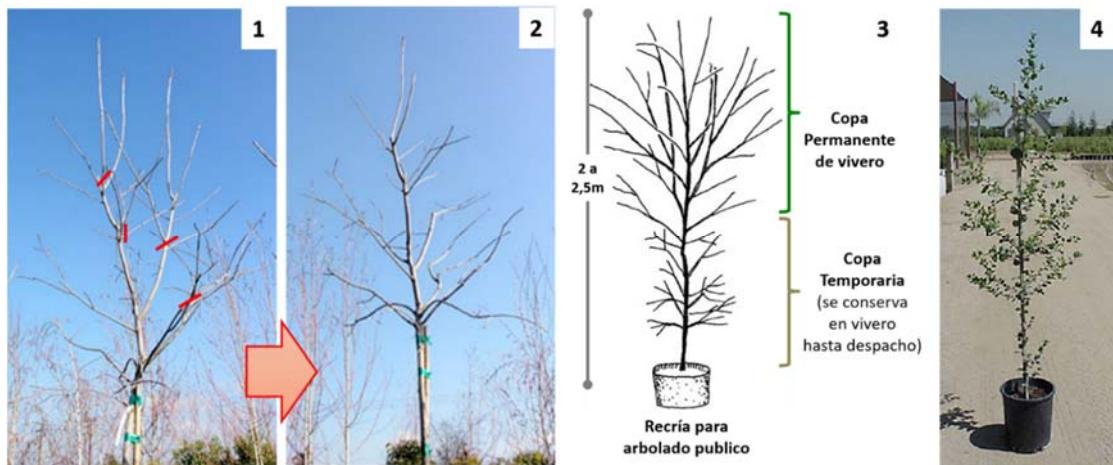


Figura 7.26. Poda de formación en vivero. (1) y (2) Cortes de reducción para controlar el vigor de líderes, conservando un único eje dominante que será el futuro tronco. (3) y (4) tipología de una planta producida en envase para arbolado urbano. Fuente: 1, 2 y 4 Gilman y Kempf (2009). 3. Modificado de Gilman (2002)

b. Podas de conducción

La *poda de conducción*, denominada también *poda estructural* se realiza sobre árboles jóvenes una vez que fueron plantados en el sitio definitivo. Este tipo de podas se llevan a cabo en sucesivas operaciones a medida que el árbol crece, y su conducción puede extenderse por dos, tres o más décadas hasta que alcanza el estado adulto. Son de importancia decisiva para lograr árboles con una estructura de tronco y ramas resistente y equilibrada, y configurar individuos saludables y durables. En un contexto de cambio climático, con la modificación de los patrones meteorológicos y un aumento de frecuencia de fenómenos extremos de temperaturas, lluvias y vientos, la resistencia de los árboles y su durabilidad adquieren especial relevancia.

Entre los beneficios de la poda de conducción se pueden señalar: una reducción de daños potenciales en ocasión de tormentas, menor probabilidad de ocurrencia de enfermedades derivadas de grandes heridas de poda, reducción en los costos de mantenimiento, una mejora en la disposición y espaciamiento de las ramas y en la apariencia general de los individuos y un incremento en la longevidad de los árboles.

Este método de poda tiene por objetivo central formar un árbol con un eje principal bien definido y dominante, con ramas subordinadas a éste en cuanto a su vigor y tamaño, y que se distribuyan espaciadas entre sí a lo largo de su extensión, atendiendo también a su disposición alrededor del tronco y a su orientación en relación al espacio aéreo disponible para la expansión de la copa. Procura, además, corregir defectos estructurales que podrían formarse a medida que el árbol crece y que pueden comprometer su resistencia, tales como: ejes codominantes con

uniones en V; uniones con corteza incluida; ramas agrupadas en un mismo punto en el tronco; la formación en zonas bajas del tronco de ramas vigorosas, de crecimiento vertical y de grandes dimensiones, que alcanzan la porción superior del dosel y que están sometidas a grandes esfuerzos de palanca y, por tanto, son proclives a falla y rotura por acción del viento; ramas laterales de crecimiento vigoroso en partes bajas del árbol se vuelven pesadas y se arquean hacia abajo, interfiriendo con el funcionamiento urbano; ramas entrecruzadas que friccionan entre sí, ocasionando lesiones que favorecen el ingreso de organismos degradadores dentro del árbol, entre otros defectos.

En la gestión del arbolado de alineación, la poda de conducción se utiliza para anticipar y evitar futuras interferencias entre la copa y el tránsito urbano, la infraestructura aérea de servicios o las edificaciones, y que de otro modo deberán resolverse una vez presentados los conflictos mediante podas de mantenimiento.

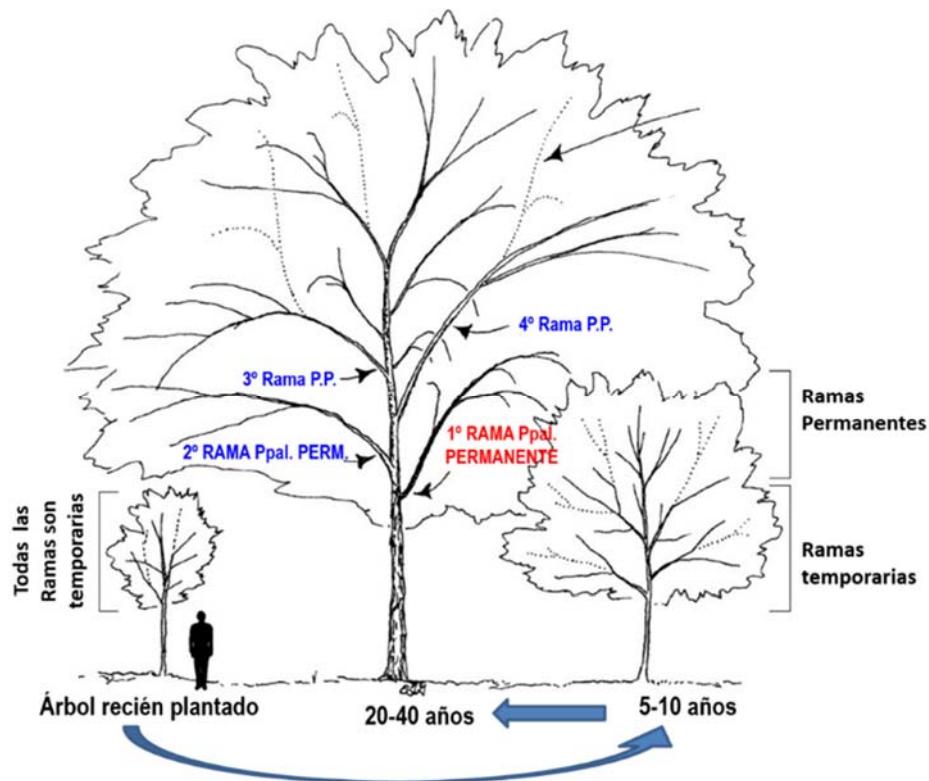


Figura 7.27. Esquema conceptual de evolución del desarrollo de copa de un árbol sujeto a podas de conducción. Las ramas ubicadas por debajo de la altura de refaldado son manejadas en su vigor y crecimiento mediante podas de reducción, para más tarde eliminarse en sucesivas podas de elevación de copa. Las ramas por encima de dicha altura, son seleccionadas y conducidas, y conforman la copa permanente del árbol. Fuente: Modificado de Gilman (2002)

Es a través de las podas de conducción que se regula el crecimiento de las ramas ubicadas en la porción inferior del tronco y hasta la altura de refaldado, con el propósito de evitar que se vuelvan muy grandes, vigorosas y obstruyan el tránsito peatonal y vehicular. Hasta que el árbol no alcance la altura de refaldado, todas las ramas son consideradas temporarias y sujetas a control en su crecimiento y orientación, y serán progresivamente removidas en sucesivas intervenciones mediante podas de elevación de copa. Por encima de la altura de refaldado

definida, se seleccionarán, conservarán y conducirán un conjunto ramas principales que conformarán la copa permanente del árbol, atendiendo a su vigor, ubicación relativa, distribución y orientación (Figura 7.27).

Las podas de conducción emplean cortes de reducción para controlar el crecimiento, orientación y el tamaño final de ejes codominantes y de ramas; y cortes de eliminación para remover aquellas ubicadas en posiciones inconvenientes, que presentan corteza incluida u otros defectos.

La adopción de ciclos de poda de 2 a 4 años, con intervenciones de baja intensidad, habilita a corregir la mayoría de los defectos estructurales de los árboles jóvenes, manteniendo el tamaño de las heridas de poda dentro de dimensiones razonables para su pronta cicatrización.

En el medio local, frecuentemente y por desconocimiento, negligencia o falta de recursos, la poda de conducción se omite en la gestión del arbolado. Los árboles se intervienen muchos años después de plantados cuando, como comentamos antes, se suscitan los problemas y su corrección implica el corte de ramas de grandes dimensiones con efectos nocivos para el árbol en términos de sanidad, vitalidad y resistencia estructural.

c. Podas de mantenimiento

Las podas de mantenimiento se realizan regularmente sobre árboles adultos y tienen por finalidad sostener su estructura, sanidad y forma, a la vez que atienden a resolver las interferencias que pueden producirse con tendidos aéreos de servicios, luminarias y otros elementos de infraestructura. Dentro de las podas de mantenimiento hallamos una variedad de tipos, en las que cada una persigue objetivos determinados, y se describen a continuación. No obstante, en una misma intervención operativa sobre un individuo, pueden combinarse más de un tipo si el caso lo amerita.

c1) Las podas de limpieza se llevan a cabo con la finalidad de eliminar ramas muertas, enfermas, dañadas, mal ancladas o que se rozan, y la eliminación de ramas menores que obstruyen luminarias, cámaras de seguridad, semáforos y señales de tránsito (Figura 7.5). Atiende también a la eliminación de brotes epicórmicos o aquellos formados desde la raíz o en la base del tronco (denominados chupones).

c2) La poda de aclareo (denominada también raleo o entresaca de copa) tiene por finalidad reducir la espesura del dosel, mediante el corte de ramas delgadas que ocupan un mismo espacio y se ubican exclusivamente en la parte externa de la copa (Figuras 7.28 y 7.29). Cuando mal ejecutadas, remueven ramas pequeñas del interior de la copa, originando árboles con forma de brócoli o cola de león.

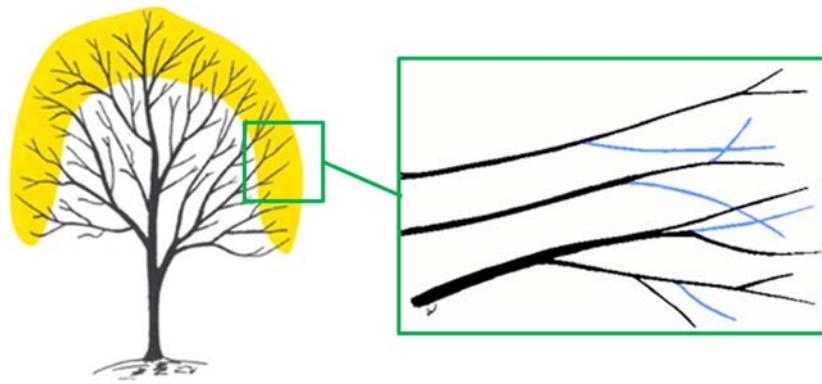


Figura 7.28. Poda de aclareo de copa. Se realiza solo en la porción externa de la copa y elimina ramas finas, paralelas entre sí y que ocupan un mismo espacio. Modificado de Whiting et al. (2023)

Este tipo de podas, al eliminar parte del dosel, tiene varios efectos positivos: disminuye la resistencia al flujo del aire y morigera los daños a la copa en ocasión de tormentas, mejora la aireación interna del canopeo lo cual previene la aparición de enfermedades y plagas en su interior, reduce el peso de las ramas y con ello la susceptibilidad a rotura. Es una práctica laboriosa y costosa, que demanda pericia técnica para ejecutarse adecuadamente, ya que comprende la intervención sobre numerosas ramas de forma homogénea, accediendo a la parte externa del dosel. Por estas razones, es poco frecuente en la gestión del arbolado en la región.



Figura 7.29. Poda de aclareo de copa. Tomado de Gilman y Partin (2006).

c3) La poda de elevación de copa (llamada también *refaldado*) consiste en la eliminación de las ramas bajas del tronco que interfieren con el tránsito de peatones y vehículos, y el despeje de luminarias. Es el método de poda más frecuente y necesario en la gestión del arbolado de alineación. Su realización debe planificarse de forma anticipada desde la plantación y conducción inicial del arbolado cuando es joven, con el fin de controlar el crecimiento de las ramas basales a través de podas de conducción para luego eliminarlas progresivamente en sucesivas intervenciones en el tiempo a medida que el árbol crece (Figura 7.30). En el caso del arbolado de alineación se define la altura hasta la cual se elevará la copa en su condición definitiva (altura de refaldado), la cual depende de la magnitud y tipo de tránsito de las calles (solo peatones,

vehículos comunes, camiones, etc.), la ubicación de luminarias, tendidos de servicios y otra infraestructura y de las características de las especies arbóreas presentes, pudiendo variar entre los 4m y los 6m (Figura 7.31 – Der.). En su implementación, es conveniente eliminar un máximo de 25-30% de copa viva en cada intervención.

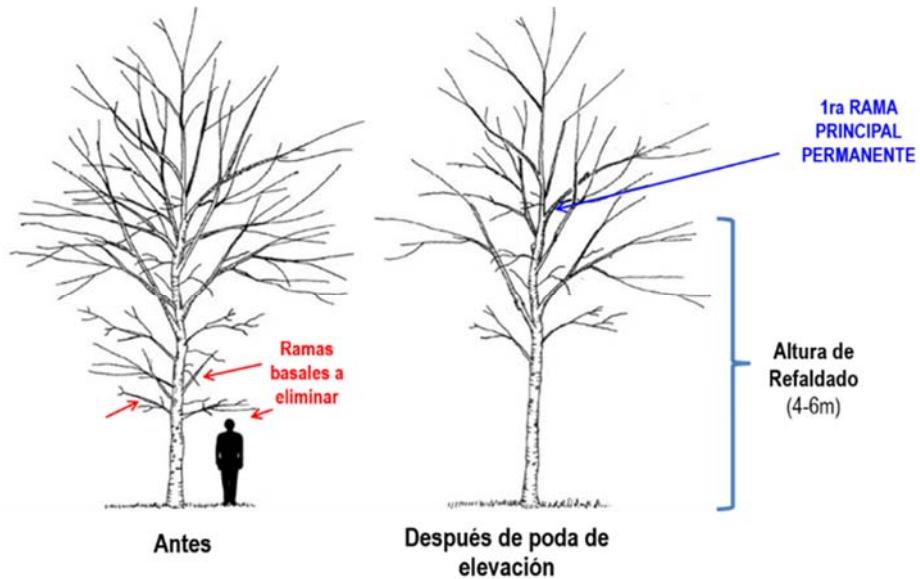


Figura 7.30. Poda de elevación. Esquema conceptual. Fuente: Modificado de Gilman (2002)

Al igual que acontece con las podas de conducción, con excesiva frecuencia, ya sea por desconocimiento, falta de planificación o negligencia, las podas de elevación de copa se omiten o se posponen en su ejecución (Figura 7.31 – izq.) y luego se realizan de forma tardía sobre el árbol adulto, eliminando ramas de gran diámetro y dejando heridas de difícil cicatrización, que son la vía para el ingreso de hongos xilófagos que pueden afectar su salud e integridad estructural.



Figura 7.31. Podas de elevación de copa. Izq. Árboles sin conducción pueden desarrollar ramas basales vigorosas y de grandes dimensiones que constituyen un problema para el tránsito de personas y vehículos. Der. Individuos manejados mediante podas de conducción y sucesivas podas de elevación para eliminar las ramas de la porción inferior del tronco hasta una altura conveniente. Fuente: propia.

c4) La poda de reducción de copa (Figura 7.32) está destinada a controlar el tamaño del árbol reduciendo la altura o el ancho de la copa. Cabe aclarar que este tipo de poda crea un efecto temporal de reducción de tamaño y, de no repetirse, con el tiempo el árbol restituye el tamaño original de la copa. Las podas de reducción de tamaño, cuando ejecutadas racional y adecuadamente, se efectúan utilizando cortes de reducción y la disminución de tamaño no ha de superar el 20% (Gilman, 2002).



Figura 7.32. Poda de reducción de copa.

En nuestro medio, la mayoría de las veces, se busca “bajar” la altura del árbol utilizando solo cortes de despunte de sus ejes, práctica que daña severamente el árbol y favorece el inicio de pudriciones descendentes en los ejes intervenidos, además de promover la formación de numerosos brotes epicórmicos por debajo de la zona de corte, cuyo anclaje y resistencia es deficiente cuando comparado con la del eje original despuntado. En relación a este tipo de poda, cabe la reflexión que, si una especie necesita de podas de reducción recurrentes para controlar su tamaño y hacerla compatible con el sitio donde está ubicada, la especie fue mal elegida y es menester evaluar su reemplazo por otra de talla adecuada a esa situación.

c5) La poda direccional se efectúa para conducir el crecimiento de los árboles que, por su ubicación, se prevé van a interferir con los tendidos aéreos fijos de servicios (energía y otros servicios), situación frecuente en el arbolado de alineación. Los árboles situados por debajo de estos cableados no pueden conducirse a estructuras de un eje único; tampoco resulta conveniente –aunque es lo que ocurre en la práctica- podarlos recurrentemente mediante despuntes, ya que el despeje de las líneas aéreas es solo temporal y luego de 2 o 3 años, la interferencia vuelve a repetirse, pero ahora con un mayor número de ramas como consecuencia de la respuesta del árbol al despunte de sus ejes. El manejo deseable en estos casos es anticiparse a la ocurrencia del conflicto y, desde edad temprana, orientar progresivamente el crecimiento de la copa mediante cortes de reducción y de eliminación para direccionar la estructura de la copa, manteniéndola alejada del emplazamiento del cableado. Dependiendo de la ubicación relativa del árbol y su copa en relación al cableado, hay diferentes alternativas de poda direccional como el *recorte en V*, *recorte lateral*, *recorte inferior* (Figura 7.33), *recorte en L* y *en pendiente*.



Figura 7.33. Poda direccional para la resolución de conflictos con tendidos aéreos de servicios. Izq. en V o túnel. Centro: lateral. Der. inferior o en bóveda. Modificado de Rascón Solano (2021).

c6) Las podas recurrentes de contención de tamaño, reciben diferentes nombres según el país (poda en bocha, en cabeza de sauce o cabeza de gato, trasmoho; *pollarding* en inglés) y forman parte de un sistema de conducción de la estructura de la copa que se emplea a algunas especies para acotar su tamaño en medios urbanos. Puede aplicarse a ciertas especies latifoliadas de tamaño mediano a grande y crecimiento vigoroso, como el plátano de sombra (*Platanus x hispanica*), olmo (*Ulmus spp.* y *Zelkova spp.*), sauce (*Salix spp.*), mora (*Morus spp.*), fresno (*Fraxinus spp.*) algunos arces (*Acer spp.*), catalpa (*Catalpa spp.*) y algunos tilos (*Tilia spp.*).

En este sistema se desarrolla una estructura o esqueleto de ramas básicas para la copa, para luego descabezarlas a una altura conveniente a la que van a podarse sucesivamente. Luego, las ramas generadas de la brotación de los ejes descabezados son podadas de forma recurrente, originándose una masa de callo y yemas sobre el extremo de los ejes descabezados (Harris, 1994) que reciben el nombre de *cabezas de gato*. Anualmente (o cada dos años) y como forma de mantenimiento, se poda el crecimiento de ese período, cortando todas las ramas mediante cortes de eliminación sobre la cabeza de gato (Figuras 7.34 y 7.35). El procedimiento para este tipo de podas se describe en los trabajos de Michau (1996), Drénou (2000b) y Gilman (2002) para ámbitos urbanos; Petit y Watkins (2003) y Cantero et al. (2014) describen los aspectos históricos como un sistema de poda y de aprovechamiento de madera y forraje.

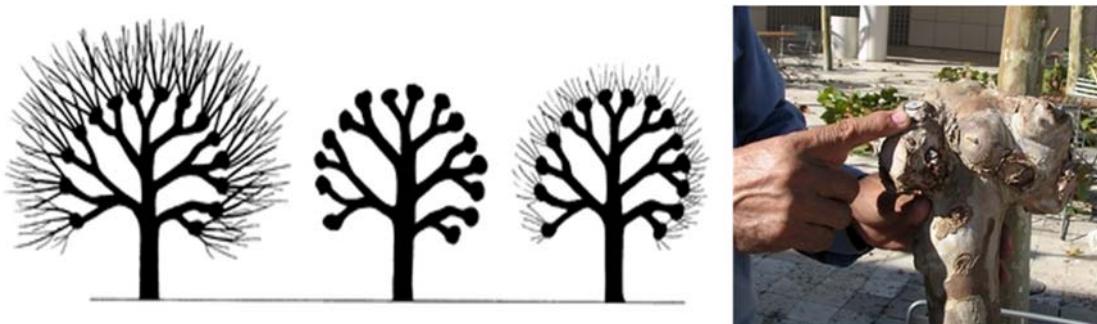


Figura 7.34. Método de poda en cabezas de gato. Izq. Esquema de podas recurrentes sobre las cabezas de gato. Der. Detalle de la masa de tejido, callo y yemas formada por las podas recurrentes al ras de la cabeza de gato. Fuente: Michau (1996).



Figura 7.35. Método de poda en cabezas de gato. Izq. Alineación de plátanos de sombra (*Platanus x hispanica*) conducidos por podas en cabeza de gato. Der. Tilos (*Tilia x moltkei*) en arbolado veredas.

Fuente: propia.

d. Podas excepcionales

En determinadas situaciones los métodos antes descriptos no resultan efectivos para lidiar con casos particulares que se presentan con el arbolado, y se recurre a métodos drásticos de poda como última alternativa antes de evaluar la extracción y reemplazo de un árbol. Como su nombre lo indica, son intervenciones de excepción o emergencia, requeridas por riesgo o inestabilidad de un árbol, por daños ocurridos debido a enfermedades, accidentes o tormentas severas, o para corregir interferencias con obras de infraestructura realizadas con posterioridad al establecimiento del árbol y que no pueden enmendarse mediante podas de conducción.

Las podas excepcionales, por su severidad, producen un daño considerable debido a que remueven un volumen significativo de la copa y/o dejan heridas de grandes dimensiones y difícil cicatrización. Éstas, a su vez, habilitan el ingreso de microorganismos dentro del árbol, propiciando podredumbres descendentes capaces de derivar en ahuecamientos del fuste y otros defectos que pueden comprometer severamente su integridad estructural y resistencia, transformando árboles sanos en otros potencialmente riesgosos. Además, las podas severas provocan un debilitamiento del árbol que, en ocasiones, puede extenderse más allá de su capacidad de recuperación, provocándoles la muerte, especialmente en aquellos individuos maduros o que ya se encontraban bajo estrés.

Pueden distinguirse los siguientes tipos:

d1) Poda de despunte o despuntado, en la que se elimina la parte superior de la copa (Figuras 7.36 y 7.37). Se usa para reducir árboles que alcanzaron un desarrollo excesivo y en los que una poda de reducción de tamaño no sería suficiente para reajustar su dimensión a la condición requerida. Esta situación usualmente se presenta cuando la especie fue mal elegida en relación al sitio de plantación y su contexto, o se descuidó u omitió la conducción de la estructura desde edad temprana a través de podas de conducción.



Figura 7.36. Poda de despunte en arbolado de alineación. Izq. en plátano de sombra. (*Platanus x hispanica*). Centro. En olmo (*Ulmus pumila*). Der. en paraíso (*Melia azedarach*). Fuente: propia.

En su ejecución se emplean mayoritariamente cortes de descabezado sobre ejes de considerable diámetro que además de las heridas de grandes dimensiones y sus consecuencias, promueve la formación de numerosos brotes epicórmicos por debajo de la zona de corte (Figuras 7.13 y 7.37), como respuesta del árbol para restituir las partes eliminadas y restaurar sus funciones vitales.



Figura 7.37. La formación de brotes epicórmicos por debajo de los cortes es una respuesta al despuntado a través de la cual el árbol busca restituir la copa. Izq. en individuos maduros de roble de los pantanos. Centro y Der. en fresno. Fuente: propia.

El despuntado constituye una de las mayores causas de daño severo y deterioro de los árboles urbanos. Lamentablemente, es una práctica que se emplea con excesiva frecuencia en nuestro país, ya sea por desconocimiento de sus graves consecuencias, negligencia, falta de planificación, escasez de recursos (financieros, humanos, operativos) o una combinación de ellas. Una gestión racional del bosque urbano ha de evitar, en la medida de lo posible, el uso de este método de poda en favor de otras alternativas técnicas menos nocivas para el árbol.

d2) La poda de terciado consiste en acortar las ramas a aproximadamente un tercio de su longitud empleando preferentemente cortes de reducción. Este método se aplica en el marco de prácticas de reforma de la estructura de la copa, usualmente para reconfigurarla a formas artificiales o topiarias con fines estéticos, tales como cortina, túnel, marquesina.

d3) la poda de restauración estructural se emplea para recuperar árboles que fueron dañados severamente por tormentas o aquellos que fueron podados mediante despunte. Aunque no es posible recuperar la estructura y forma original de un árbol que fue dañado, este método de poda procura mejorar la estructura remanente luego de producido el daño.

Efectuada la evaluación del daño, se realiza una limpieza de la copa para eliminar ramas afectadas (muertas, quebradas, rajadas, etc.) procurando remover la menor cantidad de copa viva posible a fin de no dilapidar las reservas energéticas almacenadas en las ramas y que serán necesarias para sostener la brotación, la producción de nuevo follaje y la defensa frente a organismos degradadores.

En su enfoque, la poda de restauración está destinada a manejar los brotes epicórmicos que se generan como respuesta del árbol al daño (ocasionado por tormentas o por podas de despunte) y por las propias podas de limpieza realizadas como parte de la poda de restauración. En su implementación se aplican varios de los principios de la poda de conducción. Este tipo de poda involucra intervenciones regulares en el tiempo para conducir progresivamente la nueva brotación, por lo que requiere de pericia técnica, mucha mano de obra y de medios para acceder a la copa. Por ello, resultan muy onerosas y se justifican en la recuperación de árboles de alto valor biológico, cultural o histórico. Remitimos al lector a los trabajos de Michau (1996), Drénou (2000), Gilman (2002), Gilman et al. (2006) y Gilman y Partin (2017) para profundizar sobre este tema.

d4) La poda de desmoche o desmochado es un método destinado a preparar un árbol para su tala en el marco de una operación de extracción (Figura 7.38 – Imagen 1). Consiste en cortar todas las ramas mediante cortes de eliminación en el punto de su inserción en el fuste, de manera que esta práctica destruye completamente la estructura de la copa del árbol.



Figura 7.38. Poda de desmoche. (1a y 1b) Esquema de la operación de desmoche. (2) Fresno desmochado como práctica de poda. (3) Desmoche en Ginkgo. Fuente: 1. Michau (1996). 2 y 3 propia.

Por desgracia, no resulta infrecuente hallar ejemplos de aplicación de desmoches como método regular de poda de árboles en algunas de nuestras ciudades, especialmente cuando son ejecutadas por particulares (frentistas o contratados) sin ninguna capacitación ni consideración del rol y el valor de los árboles en el medio urbano (Figura 7.38 – Imágenes 2 y 3).

Gestión de residuos de poda

Las operaciones de poda urbana generan un importante volumen de residuos todos los años, concentrados primordialmente en los meses de otoño e invierno, y cuya gestión es potestad de los gobiernos locales. Dependiendo del tamaño del ejido urbano, las características de su arbolado y el nivel de manejo del mismo, la cantidad de residuos de poda generados puede ir desde varias decenas de toneladas anuales a varias decenas diarias en las grandes metrópolis. Según estimaciones de PROBIOMASA, una ciudad de 100.000 habitantes produce unas 5.000 toneladas/año de residuos de poda (Gauto Acosta et al., 2021). Por ejemplo, la ciudad de Córdoba genera 30.000 toneladas anuales de restos de poda (Pettigiani et al., 2021) y la ciudad de Buenos Aires alrededor de 20.000 tn/año (Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, 2023).

Históricamente, los residuos de poda se asimilaban a los residuos sólidos urbanos y su disposición final se realizaba en los rellenos sanitarios urbanos, basurales a cielo abierto o canteras, donde, en el mejor de los casos, se los enterraba sin procesamiento previo. En los últimos 30 años y con el advenimiento del paradigma de la economía circular, los residuos leñosos urbanos pasaron a valorarse como materia prima, lo que trajo aparejado un aumento en la complejidad de su gestión.

Hay diferentes esquemas de organización en la gestión de los residuos de poda. En algunos casos, son procesados integralmente en el sitio de la intervención (Figura 7.39 - Imagen 1): pueden clasificarse por diámetro y reservar las ramas más gruesas para leña y el resto es astillado mediante chipeadoras portátiles, reduciendo su volumen para optimizar el transporte.

Un esquema alternativo contempla el trozado y acondicionamiento en el lugar de poda, su carga y transporte hasta un centro de acopio y procesamiento, que puede ser un corralón municipal, un centro de gestión de residuos urbanos, o una planta de procesamiento específica de residuos leñosos en caso de algunas grandes urbes. Allí se lo clasifica por tamaño en tres categorías: el material grueso (troncos, ramas gruesas > 10cm) es utilizado como leña social; el material de tamaño mediano (ramas sin hojas) que se destinará a producir chips es empaquetado en fardos para facilitar su manipulación y acopio durante el proceso de secado, o bien se enfardan en el sitio de poda para eficientizar su transporte (Figura 7.39 - Imagen 2); la fracción fina (ramillas con hojas) se emplea para compostaje. Frecuentemente, las fracciones gruesa y mediana que se destinarán a uso dendroenergético, se secan al aire durante 3 a 6 meses (Figura 7.39 - Imagen 4) como paso previo a su procesamiento: en el primer caso se raja para leña, en el segundo se astillan para producir chips u otros formatos de combustible lignocelulósico como briquetas o pellets. Los residuos finos y medianos que se usarán en la elaboración de compost (ya sea solo o como co-sustrato de otros residuos orgánicos) o como material de cubierta para

jardinería (*mulching*), pueden triturarse sin mediar un proceso de secado tan prolongado. El lector podrá remitirse a los trabajos de Garrido et al. (2021) y Schneider (2022) donde encontrará mayores referencias sobre el tema de gestión de residuos verdes municipales y a Gallino (2020) para un panorama general sobre dendroenergía.



Figura 7.39. Gestión de residuos de poda. (1) Chipeado *in-situ*. (2) Enfardado de ramas. (3) Chipeado en planta de acopio y procesamiento. (4) Secado de fardos en planta de acopio. Fuente: 1. Municipalidad de San Isidro, PBA; 2 y 4. Municipalidad de General Viamonte – Proyecto PROBIOMASA - UTF/ARG/020/AR. 3. Municipalidad de La Plata.

El aprovechamiento y agregado de valor a los residuos de poda sin duda aporta sustentabilidad a la gestión del arbolado, pero plantea algunos reparos, en particular el relacionado a la justificación de las podas que tratamos al iniciar el capítulo. De no mediar un plan de manejo del arbolado sensato, con metas y objetivos claros, y continuidad en su implementación a lo largo del tiempo, se corre el riesgo de que la producción de biomasa con fines energéticos se transforme en el objetivo direccional de las intervenciones, en desmedro de la salud, vitalidad, perdurabilidad y de los servicios ecosistémicos que proporciona el arbolado.

Normativa específica nacional e internacional

Normativa específica en Argentina

En nuestro país no existe una legislación nacional que trate sobre arbolado urbano directamente. Sin embargo, en los últimos años se han presentado algunas iniciativas

legislativas: en 2018 se presentó un proyecto de ley en la cámara de Diputados (6994-D-2018), que propone la creación de un Programa Nacional de Arbolado Urbano y establece los presupuestos mínimos para la promoción, protección e incremento de arbolado urbano en el territorio nacional. En 2020, dentro del Senado se presentó un proyecto de ley (S2512-20PL) que también propone establecer los presupuestos mínimos para la promoción, recuperación y conservación del arbolado urbano en el territorio nacional; este proyecto hace referencia a la prohibición de la poda sin las autorizaciones correspondientes por parte de las provincias o en quienes se delegue. Ambas iniciativas se encuentran en tratamiento legislativo actualmente en sus respectivas cámaras.

Nueve (9) de las veinticuatro (24) provincias argentinas cuentan con legislación provincial específica en materia de arbolado urbano, Buenos Aires, la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Chaco, Mendoza, Salta, San Juan, San Luis, Santa Fe y Tucumán. Por su parte, Misiones y Entre Ríos poseen proyectos de ley en la materia que están en tratamiento legislativo al momento de compilar la información para este capítulo.

En mayor o menor medida, las provincias dictan los lineamientos generales del manejo del arbolado, definiciones, obligatoriedad de planificación profesional, prohibiciones de poda y extracción (solo con autorización específica), sanciones, etc. En la mayoría de los casos, las leyes provinciales delegan la responsabilidad del manejo y conducción del arbolado en los municipios y departamentos que las componen.

En las provincias que no tienen leyes propias en la materia, el manejo y conducción del arbolado recae directamente en cada municipio o departamento, que en general tienen ordenanzas específicas.

Al analizar las legislaciones provinciales, proyectos de ley y ordenanzas municipales, todas hacen referencia a la poda, mayormente prohibiéndola salvo autorización expresa de la autoridad de aplicación. En algunos municipios las ordenanzas permiten que el vecino contrate podadores pre inscriptos en registros municipales, capacitados por el propio municipio o por los equipos técnicos provinciales.

Legislación sobre arbolado urbano en la región

En Chile, la gestión del arbolado urbano está a cargo de las municipalidades. Desde 2018, el ejecutivo nacional se comprometió con una serie de organizaciones agrupadas bajo la Red Nacional Pro Ley de Arbolado Urbano a preparar una propuesta de ley que debía establecer una serie de normativas para regular y fomentar el arbolado urbano en todo el país, que entre otras cosas se encargaría de regular la poda, tala, extracción y control sanitario de los árboles que se encuentran en bienes nacionales de uso público. El proyecto se denomina “*Ley de Arbolado e Infraestructura Verde*” incorpora además de lo antes explicitado, normas para la valoración económica, fomento, planificación, gestión, protección y conservación de los árboles urbanos y la infraestructura verde urbana. A la fecha, el proyecto ha sido aprobado por el Senado y se encuentra en tratamiento en la Cámara de Diputados.

Paraguay cuenta con la Ley Nacional Nº 4.928 “*De protección al arbolado urbano*”. Promulgada en 2013, tiene por objeto ordenar la plantación, poda, tala, trasplante y cuidado de los árboles dentro de todos los municipios del país. Se establece la obligación de los propietarios, arrendatarios y poseedores a cualquier título de inmuebles urbanos, de conservar y mantener en buen estado los árboles ubicados en los mismos, así como los que se encuentran en sus aceras. Asimismo, se establece que las actividades de poda severa, trasplante y tala de árboles en terrenos privados y públicos requieren la autorización de la municipalidad en que se hallaren. En paralelo, cada municipio dicta sus propias ordenanzas.

En el caso de la legislación nacional de Perú, el Decreto Reglamentario de la Ley Nº 31.199/2023 “*Ley de Gestión y Protección de los Espacios Públicos*” elabora y aprueba mediante resolución ministerial, la *Guía para el diseño, protección, conservación y manejo de las áreas verdes y de arbolado urbano*. Sin embargo, las responsabilidades sobre el arbolado urbano recaen sobre cada municipio.

Legisladores de Brasil han presentado en el Senado un proyecto de Ley en 2023 que Establece la Política Nacional de Forestación Urbana, crea el Sistema Nacional de Información sobre Forestación Urbana y establece otras medidas. Los municipios son los responsables del manejo y conservación del arbolado de las ciudades.

En Uruguay y en Bolivia, cada municipio dicta su legislación pertinente en la materia.

Estándares y prescripciones de poda

Un estándar es un conjunto de definiciones y lineamientos elaborados con el propósito de asistir en la formulación de prescripciones o especificaciones, en este caso, de poda. Son usualmente elaborados por organismos privados y/o públicos, con la participación y consenso entre la academia y los profesionales y empresas que trabajan en el tema, y son de carácter voluntario.

Entre sus propósitos está el de unificar la terminología para facilitar la comunicación y evitar confusiones entre el comitente y el prestador del servicio de poda y establecer recomendaciones genéricas sobre las prácticas y técnicas que deberían seguirse y cuáles evitarse. Por sí solo, un estándar no constituye una receta sobre como podar. Es la *prescripción o la especificación de poda* la que de manera explícita y para una determinada situación, establece el objetivo de poda, los métodos de poda a aplicar para alcanzar tal objetivo, los tamaños máximos y mínimos de ramas que se habilita a intervenir, la sujeción de los procedimientos a un estándar determinado y su ejecución por personal capacitado o certificado. Por su alcance e impacto potencial en el arbolado, las prescripciones de poda han de elaborarse por profesionales idóneos en el tema.

Comentaremos brevemente los estándares que pueden ser usados como guía para la elaboración de prescripciones de poda.

Estándar europeo de poda

El propósito del estándar es presentar las técnicas, procedimientos y requisitos comunes relacionados con la poda, con el objetivo de gestionar la seguridad pública y preservar la

integridad de los árboles (European Tree Pruning Standard, 2021). Presenta prácticas fundamentales comunes utilizadas en todos los países europeos. Este estándar ha sido publicado por el grupo de trabajo del proyecto TeST (Technical Standards in Treework) en colaboración con el EAC (Consejo Europeo de Arboricultura). El proyecto TeST contó con el apoyo del programa ERASMUS+.

Estándar estadounidense de poda

El Instituto Nacional Americano de Normas (The American National Standards Institute, ANSI) edita dos guías (ANSI 2008; 2017):

- ANSI A300 representa las mejores prácticas en la industria para la poda y otras operaciones en el cuidado de los árboles. Estos estándares voluntarios han sido desarrollados por la Tree Care Industry Association y redactados por un comité con el objetivo de desarrollar estándares de desempeño consensuados basados en investigación y prácticas sólidas. Los estándares se dividen en distintos temas: 1. Poda, 2. Manejo del suelo (fertilización), 3. Sistemas de soporte suplementarios (incluye cableado, refuerzo, arriostramiento y apuntalamiento), 4. Protección contra rayos, 5. Manejo de árboles durante la planificación del sitio, 6. Plantación y trasplante, 7. Operaciones de cuidados de los árboles y 8. Gestión de Raíces.
- ANSI Z133.1 representa los estándares de seguridad para las operaciones de cuidado de los árboles en los Estados Unidos y presenta los criterios de seguridad para los trabajadores y el público. También proporciona una referencia esencial para las autoridades federales, estatales y municipales que redactan regulaciones sobre operaciones en arboricultura.

Reflexiones finales

Lograr un bosque urbano funcional, saludable y resiliente conlleva un gran esfuerzo de recursos humanos y económicos durante muchos años. Su gestión se extiende más allá de los límites de las administraciones de turno, por ello debe responder a una planificación de largo plazo, técnicamente robusta, llevada a cabo por profesionales idóneos.

La poda como práctica de intervención es una componente principal del plan de manejo integral del bosque urbano y en él deben establecerse los criterios y lineamientos acerca de cuándo, cómo, sobre qué árboles se trabajará y con qué frecuencia. Su desatención, omisión o el accionar negligente puede tener consecuencias irreversibles en la salud e integridad del arbolado. Por ello, la poda nunca debe dejarse liberada al accionar de personal sin la debida formación y capacitación, ni de los frentistas, ni tampoco de los grupos de interés que pregonan que el arbolado no debe ser intervenido.

Como se expuso a lo largo del capítulo, la poda es una práctica necesaria para adecuar el crecimiento del árbol al medio urbano y debe responder a objetivos concretos y específicos previamente planificados. En su planificación e implementación siempre deben tenerse

presentes los fundamentos biológicos que explican cómo funciona el árbol y cómo responde ante diferentes prácticas de poda.

Referencias

- ANSI (2008). ANSI A300 Standard for tree operations. Tree, shrub and other Woody plant management – Standard practices (Pruning). American National Standards Institute. Washington DC. EEUU. 19 pp.
- ANSI (2017). Norma ANSI Z133. Requisitos de seguridad para operaciones de arboricultura. American National Standards Institute. Washington DC. EEUU. 74 pp.
- Bedker, P., O' Brien, J. y Mielke, M. (2012). How to prune trees. NA-FR-01-95 (revised August 2012). USDA Forest Service State and Private Forestry, Northeastern Area. EEUU. 30 pp.
- BS (2010). Brittish Standard 3998: Tree work. Recomendations. Brittish Standards Publications. 76 pp.
- Cantero, A., Aragón, A. y De Francisco, M. (2014). Apuntes sobre trasmochos: guía de buenas prácticas para el trasmocleo. Gipuzkoako Foru Aldundia-Diputación Foral de Gipuzkoa. Euskadi. 91 pp.
- Coder, K.D. (2016). Arboriculture: Building great trees with pruning. University of Georgia Warnell School of Forestry & Natural Resources Outreach Publication number 16-37. Pp.82.
- Dessureault, M. (1974). The effects of dressings containing growth substances on the healing processes of tree wounds. PhD thesis. University of New Hampshire. 86 pp.
- Diario El Desconcierto, Chile. (18/03/2022) (www.eldesconcierto.cl/bienes-comunes/2022/03/18/senado-aprueba-en-general-proyecto-sobre-arbolado-urbano-e-infraestructura-verde.html)
- Drénou, C. (2000). Pruning of trees. The problem of forks. En: Journal of arboriculture 26(5). pp. 264-269.
- Drénou, C. (2000b). La poda de los árboles ornamentales. Ed. Mundiprensa. España. 264 pp.
- Drénou, C., Restrepo, D. y Slater, D. (2020). Demystifying tree forks: Vices and virtues of forks in arboriculture. Journal of Research Botany 3(1). pp. 100-113. DOI: 10.36959/771/566
- Dujesiefken, D., Drénou, C., Primoz, O. y Stobbe, H. (2005). Arboricultural practices. En: Konijnendijk C., Nilsson K., Randrup T, Schipperijn J. (Eds.). Urban forests and trees. Springer. Frederiksberg, Dinamarca. pp. 419-441.
- Dujesiefken, D., Rhaesa, A., Eckstein, D. y Stobbe, H. (1999). Tree wound reactions of differently treated boreholes. Journal of Arboriculture 25. pp. 113–123.
- European Tree Pruning Standard (2021). EAS 01:2021. European Arboricultural Standards 1° Ed. – version castellana “Estándar europeo de poda de árboles. 1° edición” Traducción de la Sociedad Española de Arboricultura. 42 pp.
- Gallino, A. (2020). Introducción a la dendroenergía. Colección Documentos Técnicos N°21. Buenos Aires: FAO. 74 pp. Recuperado de: http://www.probiomasa.gob.ar/_pdf/introduccion-a-la-dendroenergia.pdf
- Garrido, G.J., Pettigiani, E., Silbert, V., Mazzeo, N. y Cruz, N. (2021). Guía para una gestión integral de residuos verdes municipales: herramientas para planificar en el territorio. Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI). 85 pp. Recuperado de:

http://www.inti.gob.ar/assets/uploads/files/ambiente/cuadernillo-gestion-residuos-verdes_2021.pdf

- Gauto Acosta, M., Ferlijiwskyj, I. y Galmarini, M. (2021). Jornadas de difusión Residuos de poda a biomasa energética. Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa – PROBIOMASA. Recuperado de: <http://www.probiomasa.gob.ar/pdf/Seminario-virtual-Residuos-de-poda-a-biomasa-energetica.pdf>
- Gilman, E.F. y Partin, T.J. (2006). Developing a preventive pruning program in your community: Young trees. Urban Forest Hurricane Recovery Program. University of Florida. 62 pp.
- Gilman, E.F. (2002). An illustrated guide to pruning. Second Edition. Delmar Publishing. EEUU. 330 pp.
- Gilman, E.F., Duryea M.L., Kempf, E., Partin T.J., Delgado A. y Lehtola C.J. (2006). Evaluación del daño y restauración de los árboles después de un huracán. ENH1037. Programa de restauración del bosque urbano afañado por huracanes. Universidad de Florida. 16 pp. <https://original-ufdc.uflib.ufl.edu/IR00007622/00001>
- Gilman, E.F. y Kempf, B. (2009). Strategies for growing high-quality root system, trunk and Crown in a container nursery. Urban Tree Foundation. 32 pp.
- Gilman, E.F. y Partin T.J. (2017). Chapter 4. Restoring trees after hurricane ENH1054. Urban Forest Hurricane Recovery Program series. Universidad de Florida. 10 pp. <https://edis.ifas.ufl.edu/pdfseries/EP/EP30000.pdf>
- Harris, W.H. (1994). Clarifying certain pruning terminology: Thinning, heading and pollarding. Journal of Arboriculture 20(1). International Society of Arboriculture. pp. 50-54.
- Hartman, J.R., Pirone, T.P. y Sall, M.A. (2000). Pirone's tree maintenance. Seventh Edition. Oxford University Press. 545 pp.
- Hirons, A.D. y Thomas, P.A. (2018). Applied tree biology. John Wiley & Sons. UK. 411 pp.
- Hobson, J. (2007). Nikawi. Pruning, training and shaping trees the Japanese way. Timber Press, EEUU. 144 pp.
- Hudler, G.W. y Jensen-Tracy, S. (2002). Lac Balsam® as a treatment to hasten wound closure and minimize discoloration and decay. Journal of Arboriculture 28. pp. 264–269.
- INSSBT (2018a). Guía para la seguridad en los trabajos de poda (I). NTP 1.119. Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo. Gobierno de España. 12 pp.
- INSSBT (2018b). Guía para la seguridad en los trabajos de poda (II): técnicas básicas y de rescate. NTP 1.120. Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo. Gobierno de España. 6 pp.
- Kozlowski, T. y Pallardy S.G. (1997). Growth control in woody plants. Academic Press. San Diego. EEUU. 641 pp.
- Lell, J. (2006). Arbolado urbano. Implantación y cuidados de árboles para veredas. Orientación Gráfica Editora. 208 pp.
- Lilly, S.J. (2010). Arborist certification study guide. International Society of Arboriculture. 351 pp.
- Lilly, S.J., Gilman, E.F. y Smiley E.T. (2019). Best management practices. Prunning. 3rd Edition. International Society of Arboriculture.
- Loreti, F. y Pisani, P. (1990). Structural manipulation for improved performance in woody plants. HortScience, 25, 64-70.
- Michau, E. (1996). La poda de los árboles ornamentales. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 316 pp.

- Neely, D. (1979). Tree wounds and wound closure. *Journal of Arboriculture* 6(6). pp. 135-140.
- Pallardy, S.G. (2008). *Physiology of Woody plants – Third Edition*. Academic Press. San Diego. EEUU. 454 pp.
- Petit, S. y Watkins, C. (2003). *Pollarding Trees: Changing Attitudes to a Traditional Land Management Practice in Britain 1600–1900*. *Rural History*. 14. pp. 157-176.
- Pettigiani, E., Garrido, G., Silbert, V., Castellano, J., García, S., Pietrarelli, L., Moretti, G. y Rearte, M. (2021). Caracterización del potencial energético de los residuos verdes de la Ciudad de Córdoba, Argentina. En: *Actas Encuentro Iberoamericano de Redes de Biomasa y Bioenergía 2021*. pp. 137-140.
- Ramilo, D. y Galarco, S. (2015a). *Poda del arbolado público - Ciclo de capacitaciones para Municipios. Módulo I: Estructura y funcionamiento del árbol*. Consejo Federal de Inversiones – Ministerio de Asuntos Agrarios de la Provincia de Buenos Aires. 37 pp.
- Ramilo, D. y Galarco, S. (2015b). *Poda del arbolado público - Ciclo de capacitaciones para Municipios. Módulo II: Aspectos técnicos de la poda*. Consejo Federal de Inversiones – Ministerio de Asuntos Agrarios de la Provincia de Buenos Aires. 142 pp.
- Rascón Solano, M.C. (2021). *Manual práctico para podas*. Universidad de Chihuahua, Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales. México. 65 pp.
- Schneider, L.I. (2022). *Plan de gestión integral de los residuos verdes de la Ciudad de Santa Fe, Argentina*. Tesis de Magister en Gestión Ambiental. Universidad Nacional del Litoral. 177 pp.
- Shigo, A.L. (1979). *Tree decay: an expanded concept*. *Agriculture Information Bulletin* N. 419. USDA Forest Service. 68 pp.
- Shigo, A.L. (1984). *Compartmentalization: a conceptual framework for understanding how trees grow and defend themselves*. *Ann Rev Phytopath* 22. pp. 189–214
- Shigo, A.L. (1985). *How tree branches are attached to trunks*; *Canadian Journal of Botany*, 63 (8), pp. 1391–1401.
- Shigo, A.L. (1986). *A new tree biology and dictionary*. Shigo and trees Publishing. 132 pp.
- Shigo, A.L. (1991). *Modern arboriculture. A system approach to the care of trees and their associates*. Shigo and Trees Associates, Durham, New Hampshire. EEUU.
- Shigo, A.L. y Marx, H.G. (1977). *Compartmentalization of decay in trees*. *Agriculture Information Bulletin* N. 405. USDA Forest Service. 76 pp.
- Shigo, A.L. y Shortle W.C. (1983). *Wound dressing. Results over 13 years*. *Journal of Arboriculture* 9(12). pp. 317-329.
- Shigo, A.L. y Wilson C.L. (1977). *Wound dressings on red maple and American elm: Effectiveness after five years*. *Journal of Arboriculture* 3(5). pp. 81-87.
- Slater, D. (2015b). *A fork in the road*. *Chartered forester Magazine – Winter ed*. Recuperado de: <https://www.linkedin.com/pulse/fork-road-original-article-duncan-slater>
- Slater, D., Bradley, R.S., Withers P.J. y Ennos A.R. (2014). *The anatomy and grain pattern in forks of hazel (*Corylus avellana L.*) and other tree species*; *Trees: Structure and Function* 28(5). Pp. 1437-1448.
- Slater, D. y Ennos, A.R (2015) *Interlocking wood grain patterns provide improved wood strength properties in forks of hazel (*Corylus avellana L.*)*; *Arboricultural Journal* 37, 21-32.
- Slater, D. y Harbinson, C. (2010). *Towards a new model of branch attachment*. *Arboricultural Journal* Vol. 33. pp. 95–105

UKAA (2021). Rigging and dismantling. Technical guide #3. UK Arboricultural Association. Reino Unido. 111 pp.

Vicente, R. (2015). Buenas prácticas de poda en árboles urbanos. Cuadernillo de Divulgación técnica. Municipalidad de General Pico, La Pampa. 12 pp.

Whiting, D., O'Connor, A. y Hammond, E. (2023). Pruning mature shade trees. CMG GardenNotes #615. Master Gardener Extension Program. Colorado State University. 11 pp.

Work Safe Australia (2023). Guide to managing the risks of tree work. 45 pp. Government of Australia.

Work Safe New Zealand (2012). Safety and health in arboriculture. Approved code of practice. Government of New Zealand. 43 pp.

CAPÍTULO 8

Adversidades bióticas del arbolado urbano.

Pautas de manejo

Alberto Aprea, Mónica Murace y Natalia Acosta

Introducción

Los bosques urbanos son sistemas que comprenden todos los arbolados, grupos de árboles y árboles individuales ubicados en áreas urbanas y peri-urbanas; por tanto, se incluyen bosques, árboles en calles, en parques, en jardines y árboles en sitios eriazos (FAO, 2016, tomado de Salbitano et al., 2017). Estos bosques pueden ser clasificados de diferentes maneras, una de ellas es la propuesta por FAO: **Bosques y arbolado periurbanos**, que rodean a los poblados y ciudades y que pueden suministrar leña, fibras, frutas, productos forestales no madereros, agua limpia, recreación y turismo; **Parques municipales y bosques urbanos (> 0,5 ha)**, con una variedad de cubierta terrestre, equipados con instalaciones para el tiempo libre y la recreación; **Parques y jardines pequeños con árboles (<0,5 ha)**, que incluye a parques municipales equipados con instalaciones para la recreación, el tiempo libre y a jardines y áreas verdes privados; **Árboles en las calles o en las plazas públicas y Otras áreas verdes con árboles**, por ejemplo, los campos deportivos, terrenos baldíos, cementerios y jardines botánicos, entre otros (Salbitano et al., 2017).

En los últimos años se ha destacado el impacto positivo de los bosques y los espacios verdes en el contexto urbano, debido a su rol clave en la habitabilidad y sostenibilidad de las ciudades, papel resultante de los múltiples beneficios que aportan al medio ambiente y al bienestar social, mental y físico de la población, a los que se suman aquellos de índole paisajístico y económico.

En este sentido, en el año 2015 Naciones Unidas propone una Agenda de Desarrollo Sostenible con el propósito de mejorar la vida en el planeta mediante el cumplimiento de 17 objetivos de desarrollo sostenible (ODS) en el 2030. Los bosques urbanos contribuyen con el cumplimiento de varias de las metas propuestas (ODS 1: Fin de la pobreza; ODS 2: Hambre cero; ODS 3: Salud y bienestar; ODS 6: Agua limpia y saneamiento; ODS 7: Energía asequible y no contaminante; ODS 8: Trabajo decente y crecimiento económico; ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles; ODS 13: Acción por el clima; ODS 15: Vida de ecosistemas terrestres). Salbitano y colaboradores (2017) detallan el aporte de la forestación urbana en el cumplimiento de los ODS enumerados.

La iniciativa “Ciudades verdes” (FAO, 2020) también pone de manifiesto la importancia del arbolado y las áreas verdes en el contexto urbano. Esta propuesta busca mejorar la calidad y cantidad de los espacios verdes y bosques urbanos y periurbanos a fin de maximizar el suministro de bienes y servicios de los ecosistemas a los habitantes de las ciudades.

Beneficios de los bosques urbanos

El arbolado urbano impacta positivamente en las ciudades. Los bosques urbanos proporcionan numerosos *servicios ecosistémicos* (SE), entendiéndose como tales a los beneficios que la población obtiene de los ecosistemas. Actualmente los SE son organizados en cuatro categorías: de provisión (el bosque urbano aporta seguridad alimentaria), de regulación (los bosques impactan positivamente sobre el cambio climático, el microclima, las inundaciones y la calidad del aire, entre otros), culturales (la forestación urbana genera espacios para la recreación y aporta valor estético lo cual impacta económico) y de soporte (los árboles aportan un hábitat para la vida silvestre) (Millennium Ecosystem Assessment, 2005, tomado de Benito y Palermo, 2021).

Los árboles, como también las áreas verdes, conectan a los habitantes con la naturaleza, invitan a la recreación y al esparcimiento, reducen el estrés, favorecen el buen estado de ánimo y la salud física y mental.

La forestación urbana modifica el clima y con ello regula la emisión de gases de efecto invernadero y el consecuente calentamiento global. La copa de los árboles aporta sombra y superficie de evapotranspiración. Esto contribuye con la caída de la temperatura ambiente en los meses cálidos, con la mitigación de los efectos de “las islas de calor” en las ciudades (incrementos de las temperaturas por sobre el promedio por falta de vegetación) y el consumo de energía. Las copas reducen la velocidad de los vientos, lo cual impacta en la regulación de la temperatura invernal y el consumo energético.

El bosque urbano reduce el flujo de agua pluvial y los riesgos de inundación producto de la intercepción y retención del agua de lluvia que realiza el dosel arbóreo. Además, el dosel regula la evaporación del agua del suelo en épocas de temperatura elevada.

El arbolado atenúa la contaminación atmosférica y por ende las enfermedades respiratorias, a partir del secuestro de carbono por intermedio del proceso de fotosíntesis y de muchos otros gases contaminantes, y por la absorción o bien la retención de partículas. Además, el arbolado reduce la contaminación sonora mediante la dispersión de ruidos molestos.

Los árboles controlan la pérdida de suelo por erosión a partir del entrampado sistema radical – suelo. El sistema radical evita la pérdida de sustrato, como también participa del proceso de fitorremediación.

La forestación urbana conserva la biodiversidad, de vital importancia para la viabilidad de la vida en la Tierra y el bienestar humano según el Convenio de las Naciones Unidas sobre la Diversidad Biológica (CDB)

El arbolado aporta identidad, complementa la arquitectura de la ciudad, mejora visualmente el paisaje y contribuye con su estética, lo cual impulsa a la actividad turística con sus consecuentes beneficios económicos (Moricca et al., 2018).

Numerosos son los factores que definen la *performance* del bosque urbano en las ciudades, entre ellos: la edad, el porte y la arquitectura del ejemplar; la densidad de la copa; la forma y tamaño de las hojas; tipo de suelo y disponibilidad de espacio, agua y nutrientes acordes con los requerimientos de la especie; las prácticas culturales; y la salud (o ausencia de problemas sanitarios).

Los problemas sanitarios interfieren, en grado diverso, en los beneficios que aportan los árboles en los ambientes urbanos e incluso, en casos extremos, su presencia puede resultar un inconveniente o diservicio (Benito y Palermo, 2021). Un ejemplo de ello son los daños a la infraestructura y/o a las personas que puede causar el vuelco de un ejemplar o el desprendimiento de alguna de sus partes, como consecuencia del ataque de hongos xilófagos responsables de la pudrición de raíces, fustes y ramas (Murace et al, 2019). También los árboles pueden contribuir con la contaminación por ozono, surgido por reacciones fotoquímicas entre óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles emitidos por los ejemplares en respuesta, por ejemplo, a una plaga o enfermedad (Criollo, 2016).

Estreses en los árboles del contexto urbano. Causas

El bosque urbano se desarrolla en un entorno hostil, que atenta contra su vigor nutricional y supervivencia, situación particularmente acentuada cuando está conformado por especies que se encuentran fuera de su área natural de distribución, que es la situación más frecuente.

La forestación urbana está expuesta a situaciones de tensión que son propias del contexto urbano, entre ellas: la polución, vandalización y la transformación del entorno que demanda el desarrollo de las ciudades, la falta de planificación, sin pensar en la integración de lo nuevo al arbolado existente, respetando sus requerimientos o bien sin un plan de forestación y gestión adecuado. El incremento de la infraestructura y, consecuentemente, el aumento de las superficies radiantes, la alteración de la temperatura, de la humedad relativa ambiente y del régimen de precipitaciones, afectan negativamente a los ejemplares cuando estos valores se ubican fuera del rango de los requerimientos de las especies. Asimismo, la urbanización afecta la composición química del suelo; éstos se tornan alcalinos o sumamente ácidos, cambios que alteran la disponibilidad de los nutrientes esenciales presentes en la solución del suelo. De igual modo afectan la compactación y sellamiento del suelo, y el espacio limitado para el crecimiento radical. Los suelos sellados impiden la infiltración del agua. Aquellos compactados aumentan su densidad; dificultan el desarrollo de las raíces (estas se tornan superficiales y se restringe el desarrollo de raíces finas que son importantes desde el punto de vista nutricional) y la circulación (percolación) del agua, favoreciendo situaciones de encharcamiento por drenaje impedido; afectan la disponibilidad de oxígeno y consecuentemente de elementos como el nitrógeno (la desnitrificación severa ocurre en situaciones de anaerobiosis) poniendo en riesgo el vigor de los

árboles. Además, el espacio limitado y la compactación provocan la destrucción de las calzadas y veredas y tornan a los ejemplares propensos a vuelco por dificultar el desarrollo en profundidad del sistema de raíces. También impactan negativamente en los árboles la poda o mutilación de copas y raíces, y el aumento del cableado aéreo y subterráneo que impiden el buen desarrollo de las copas y sistemas radicales. No son menos importantes las posibilidades de ingreso a los árboles de sustancias químicas como desinfectantes y detergentes usados en la limpieza de veredas, y la progresiva disminución de los contenidos de materia orgánica en el suelo donde se encuentran los ejemplares. A esto puede sumarse la falta de un plan de manejo adecuado que, entre otros, defina qué especies son apropiadas para un determinado sitio y función, y las actividades de mantenimiento de las mismas (Marquina, 2019), como también las tensiones ocasionadas por las plagas y enfermedades parásitarias.

El contexto urbano resulta un ambiente propicio para la manifestación y severidad de los problemas sanitarios. Según se mencionó, en él ocurren todas aquellas condiciones que conducen a la pérdida de vigor y, en casos extremos, a la muerte de los ejemplares. Muchas plagas y enfermedades parásitarias sólo se presentan en ejemplares faltos de vigor, expuestos a algún tipo de estrés. Otras, si bien atacan a ejemplares vigorosos, se tornan más severas en hospedantes que atraviesan algún tipo de tensión.

Enfermedades del arbolado urbano

Se considera que una planta está enferma cuando sus funciones vitales y estructura se encuentran alteradas producto del ataque de un patógeno (enfermedades parásitarias) o bien, de una condición anormal del medio (enfermedades fisiogénicas).

Las *enfermedades parásitarias* incluyen a las causadas por hongos, pseudohongos, virus, bacterias, fitoplasmas y plantas parásitas, entre otros. Las *enfermedades fisiogénicas* resultan de la ocurrencia de condiciones ambientales extremas: temperatura, pH del suelo, exceso o déficit de agua y nutrientes, compactación de suelo, elevada concentración de sales, contaminación del aire por ozono y dióxido de azufre, fitotoxicidad por agroquímicos (Larran et al., 2023).

Las plantas enfermas son identificadas con la expresión de los *síntomas*. Los síntomas resultan de la alteración fisiológica y estructural que ocurre en las células y tejidos de un individuo afectado por un patógeno o condición adversa. En ocasiones, las plantas afectadas por una enfermedad parásitaria presentan *signos*. Rivera y Wright (2020) lo definen como la expresión del agente causal de la enfermedad. Los signos pueden observarse a ojo desnudo o con ayuda de una lente de aumento. Otras veces la manifestación del patógeno debe ser provocada en laboratorio, colocando el material enfermo a condiciones de elevada humedad y temperatura. No todas las enfermedades parásitarias diferencian signos; las virosis y aquellas causadas por fitoplasmas no lo expresan. En estos casos los patógenos son detectados y/o visualizados mediante técnicas más complejas (técnicas serológicas o bien moleculares; tratamiento del material enfermo con tintes fluorescentes, Ej.: fluorocromo de ADN; observaciones con

microscopio electrónico de barrido). Conocer la causa o el origen de una enfermedad (diagnosticar un problema sanitario/una enfermedad) resulta clave para lograr su manejo y, por ende, para controlar la enfermedad que afecta a un ejemplar o bien prevenir su presencia en ejemplares sanos.

En esta oportunidad abordaremos las enfermedades parasitarias del arbolado público de nuestro país. El arbolado público es definido como el sistema conformado por los árboles, arbustos e incluso, según algunos autores, por las palmeras, que forman parte del arbolado de alineación (ubicado en coberturas duras como veredas o ramblas cementadas), como también por aquellos que se encuentran en los espacios verdes (parques, plazas, jardines, plazoletas) incluidos aquellos ubicados en bienes de dominio público (escuelas, hospitales, museos, entre otros) (Marquina, 2019; Benito y Palermo, 2021).

En la forestación urbana, las micosis (o enfermedades de origen fúngico) son las más frecuentes, y se las suele clasificar en base a su lugar de manifestación en el ejemplar: follaje, ramas, fustes y sistema radical.

Enfermedades foliares de origen fúngico

Dentro de este grupo se encuentran las micosis denominadas comúnmente antracnosis, *leaf spots*, royas y oídos.

Antracnosis

Las *antracnosis* son definidas como enfermedades causadas por hongos que producen conidios en acérvulos (Agrios, 2005). Los conidios están vinculados con la reproducción asexual de estos hongos, como también con su dispersión y, consecuentemente, con la diseminación de la enfermedad. Los acérvulos (estructuras que originan conidios) representan el signo de estas micosis y se visualizan a modo de puntuaciones negruzcas asociadas a los síntomas. Los síntomas que causan las antracnosis son de tipo necrótico, los cuales se expresan como manchas foliares de diferentes formas, tamaños y colores, y como atizonamientos. Ramitas, flores, frutos, semillas, yemas y brotes también suelen manifestar enfermedad.

Las especies responsables de antracnosis son Ascomicetes pertenecientes a los géneros *Marssonina*, *Sphaceloma*, *Colletotrichum*, *Gloeosporium*, entre otros. Ante condiciones desfavorables para el desarrollo de la enfermedad, estos patógenos sobreviven en las yemas, hojas y ramitas de las plantas hospedantes, y en restos de materia orgánica enferma depositada en el suelo, principalmente bajo la forma de micelio y de acérvulos inmaduros. Conocer los sitios de perpetuación de estos patógenos, la forma bajo la cual se encuentran y las condiciones predisponentes para el desarrollo de la enfermedad resulta clave para el manejo sanitario.

Las antracnosis perjudican el valor ornamental de los ejemplares cuando se manifiestan con alta severidad, condición que además provoca la caída prematura de las hojas. Las defoliaciones intensas y sucesivas durante las estaciones de crecimiento afectan el crecimiento y vigor de los árboles, particularmente cuando jóvenes, como también los beneficios que aportan en el contexto

urbano. Robles, plátanos, tilos, moreras, son afectados por antracnosis (Figura 8.1, Fotos A, B y C).

Leaf spots

Las *leaf spots* (o manchas de la hoja) suelen ser definidas como enfermedades presentes en Angiospermas (o Latifoliadas) y que se diferencian de las antracnosis en que los patógenos responsables producen conidios libres o bien en fructificaciones distintas a los acérvulos (Cram y Littke, 2012). El signo de este tipo de enfermedades frecuentemente está representado por picnidios (fructificaciones que contienen conidios), los cuales son visualizados como puntuaciones negras asociadas a los síntomas, como así también por conidióforos y conidios libres, que son visualizados como eflorescencias. Picnidios, conidióforos y conidios son estructuras relacionadas con la reproducción asexual de los hongos responsables de las *leaf spots*. Los conidios representan la forma bajo la cual se dispersan los patógenos y consecuentemente estas enfermedades. El síntoma que caracteriza a estas micosis es la necrosis foliar, a modo de manchas (o áreas localizadas de tejido muerto). La forma, el tamaño y color de estas lesiones son muy características para cada interacción hospedante-patógeno, lo cual facilita el diagnóstico. Los síntomas de estas enfermedades también pueden expresarse en las flores, los frutos, las semillas, ramitas, yemas y en los brotes.

Los hongos responsables de las *leaf spots* son Ascomicetes pertenecientes a los géneros *Cercospora*, *Septoria*, *Phaeoseptoria*, *Phoma*, *Alternaria*, *Phyllosticta*, entre otros. Estos patógenos frecuentemente sobreviven bajo la forma de fructificaciones asexuales y de micelio en el ejemplar (en yemas, hojas, semillas, frutos, ramitas) o bien en restos vegetales enfermos depositados en el suelo. Las condiciones predisponentes para el desarrollo de estas enfermedades como así también el tipo y ubicación de las formas de supervivencia de los hongos responsables deben tenerse en cuenta al momento de pensar las estrategias de manejo de estas problemáticas.

Al igual que las antracnosis, el manchado de las hojas no es considerado como un problema grave, excepto cuando se presentan con alta severidad y de modo recurrente durante la primavera – verano, en años sucesivos. Álamos, fresnos, lapachos, árbol de Judea, entre otros, son afectados por *leaf spots* (Figura 8.1, Fotos D y E).

Oídos

El término *oídos* refiere a un grupo de enfermedades presentes en Angiospermas, principalmente Dicotildóneas. El signo es lo que caracteriza a estas enfermedades, el cual se manifiesta principalmente como una eflorescencia blanquecina-grisácea. Esta eflorescencia resulta de la proliferación del micelio con conidióforos y conidios (estructuras de reproducción asexual), y se desarrolla sobre los brotes, las hojas, ramas jóvenes, botones florales, flores y frutos de las plantas. Además, sobre las eflorescencias pueden observarse chasmotecios (fructificaciones sexuales que contienen ascosporas). Dichas fructificaciones son visualizadas como cuerpecitos de color ámbar o negro de acuerdo con su grado de madurez. Los conidios y las ascosporas son las formas bajo las cuales se dispersa el patógeno, y por ende, la enfermedad. Los síntomas característicos de las oidiosis son: clorosis, atrofias y deformaciones.

Estas micosis son producidas por Ascomicetes pertenecientes a los géneros *Erysiphe*, *Sawadaea*, *Phyllactinia*, entre otros. Estos patógenos frecuentemente sobreviven en los ejemplares enfermos bajo la forma de micelio protegido en yemas, o bien bajo la forma de cleistotecios presentes en las hojas enfermas del ejemplar o en material enfermo depositado en el suelo.

Las oidiosis no matan a sus hospedantes, pero aceleran la defoliación, con lo cual la fotosíntesis, la respiración y el vigor se ven afectados, resultando en un debilitamiento general de las plantas atacadas. También pueden acelerar la dormancia otoñal e impedir una floración normal. El follaje enfermo frecuentemente presenta aspecto decaído y sucio ya que el micelio alberga insectos, por lo cual el valor estético de las plantas se ve afectado. Robles, plátanos, arces, lagerstroemias, presentan esta problemática (Figura 8.1, Fotos F y G).

Royas

Las *royas* constituyen un grupo de enfermedades causadas por especies de hongos denominados comúnmente Basidiomicetes. El signo es lo que caracteriza a las royas, el cual se expresa bajo la forma de pústulas (o agregados pulverulentos de esporas) de diferentes tonalidades. Las pústulas urediniospóricas (urediniosoros) de colores brillantes son las más frecuentes. Estas esporas permiten la reproducción asexual de los patógenos, y contribuyen con su dispersión y consecuentemente con la diseminación de la enfermedad. Además, ante determinadas condiciones del medio, también posibilitan la supervivencia de estos hongos. En muchos casos es posible identificar pústulas oscuras, casi negras (pústulas teliospóricas, teliosoros), constituidas por esporas vinculadas con la supervivencia y la reproducción sexual. Respecto a los síntomas, los más característicos son la clorosis foliar y los tumores o agallas que suelen presentarse en ramitas, hojas, flores y frutos.

Algunos de los hongos responsables de roya en ejemplares arbóreos del contexto urbano pertenecen a los géneros *Melampsora*, *Tranzschelia* y *Ravenelia*. *Melampsora* causa la roya de álamos y sauces. En estos ejemplares, el signo de la enfermedad está representado principalmente por pústulas amarillentas localizadas en el envés de las hojas y el síntoma se expresa a modo de manchas cloróticas (Figura 8.1, Foto H). Esta roya se torna agresiva cuando se presenta con alta severidad (densidad de pústulas elevada) durante la primavera avanzada - principios del verano. *Tranzschelia* causa la roya del ciruelo de jardín y de distintos ejemplares pertenecientes a la Familia de las Rosáceas la cual incluye, entre otros, a los frutales de carozo. La enfermedad es diagnosticada con la observación de pústulas color marrón pálido (color canela) en el envés de las hojas y de manchas irregulares, amarillo-naranjas en el haz. En términos generales, en los ciruelos de jardín, de uso ornamental, no impacta negativamente debido a que se manifiesta a finales de la estación de crecimiento. *Ravenelia* incluye a especies responsables de roya en seibo, acacias y algarrobos, entre otras tantas leguminosas arbóreas. El signo característico está representado por pústulas de color castaño-rojizo asociadas a tumores de consistencia carnosa cuando jóvenes, tornándose leñosos con el paso del tiempo (Figura 8.1, Foto I). Esta roya principalmente afecta el valor estético de los árboles enfermos.

Los hongos responsables de roya invernan en los ejemplares y en restos vegetales depositados en el suelo bajo la forma de micelio o bien como esporas.

Enfermedades de origen fúngico en raíces, fustes y ramas

En los bosques urbanos, otras de las micosis importantes por su frecuencia de manifestación y en particular, por su impacto negativo en la estabilidad de los ejemplares, son las *pudriciones del duramen* de fustes, ramas y raíces. Estas pudriciones son causadas por especies de hongos conocidos comúnmente como hongos xilófagos u hongos de la madera, y que en su gran mayoría pertenecen al grupo de los Basidiomicetos. Los hongos xilófagos degradan el tejido leñoso o madera mediante ectoenzimas que despolimerizan la celulosa, hemicelulosas y lignina, principales constituyentes de la pared de las células que conforman este tejido, y responsables de sus propiedades de resistencia.

El signo de estas enfermedades lo constituyen el micelio presente en la madera podrida y los basidiomas (esporomas o fructificaciones fúngicas) que se desarrollan en las ramas, a lo largo del fuste y en las raíces de los árboles (Figura 8.1, Fotos J y K). El síntoma está representado por la madera con alteraciones notables en su color, textura, estructura y consistencia (Figura 8.1, Fotos L y M). Estas alteraciones se corresponden con estadios avanzados de deterioro y contribuyen con el diagnóstico en campo, ante la ausencia de fructificaciones. En términos generales, el leño de los árboles puede manifestar pudrición blanca o bien pudrición castaña. Las maderas con *pudrición blanca* poseen una apariencia blanquecina, consistencia esponjosa y aspecto fibroso longitudinal, rasgos resultantes de la degradación de la celulosa, hemicelulosas y lignina. *Ganoderma resinaceum* es una especie que causa este tipo de pudrición, y es muy frecuente en la forestación urbana atacando arces, plátanos, fresnos, acacias, entre otros. Las maderas con *pudrición castaña* adquieren coloración marrón rojiza, poseen un característico patrón de fractura cúbico y consistencia frágil (se transforman en polvo al presionarlas entre los dedos). En este tipo de deterioro la celulosa y hemicelulosas son atacadas; la lignina sólo es oxidada, oxidación que es responsable del color castaño que caracteriza a estas pudriciones. Las pudriciones castañas son consideradas las más agresivas debido a la notable pérdida de resistencia mecánica que provocan en el material producto de la destrucción preferencial de la celulosa y hemicelulosas desde las etapas iniciales del proceso de colonización y degradación fúngica. *Laetiporus sulphureus* es un ejemplo de especie causante de pudrición castaña en distintos ejemplares que forman parte de la forestación urbana de nuestro país y a nivel mundial, entre ellos, eucaliptos, fresnos, álamos, acacias y paraíso (Schwarze et al., 2000; Murace et al., 2017).

Signo y síntomas son clave para el diagnóstico de estas problemáticas sanitarias. En los árboles, los esporomas constituyen evidencias del curso de la enfermedad y su estudio permite identificar a la especie fúngica responsable de la misma y consecuentemente el tipo de pudrición que afecta a dichos ejemplares. La visualización de estas fructificaciones es de particular importancia ante la ausencia de madera podrida expuesta y, según se indicó, facilita el diagnóstico. La madera podrida con micelio permite determinar el tipo de pudrición en base a su

aspecto y consistencia, e identificar al agente causal a partir del aislamiento del micelio en medios de cultivo y posterior estudio de sus características culturales. El diagnóstico preciso y a tiempo posibilita dimensionar el riesgo que significa la presencia de la pudrición en el ejemplar afectado, la población y sus bienes. Las pudriciones incrementan las posibilidades de vuelco de los árboles o rotura de alguna de sus partes, particularmente acentuados frente fenómenos meteorológicos intensos, de allí la importancia de su reconocimiento (Schwarze et al., 2000).

Según se indicó, la totalidad de las micosis abordadas en este capítulo son las más frecuentes en el arbolado de nuestro país (Lindquist, 1982; Hernández y Hennen, 2002; Comerci, 2011) e incluso muchas de ellas poseen una amplia distribución en el globo (Agrios, 2005). Aprea y Murace (2019) enumeran y describen las enfermedades de origen fúngico presentes en el arbolado público de la ciudad de La Plata.

Otros problemas sanitarios presentes en la forestación urbana

La enfermedad conocida comúnmente como “**Fitoplasma del paraíso**” es una problemática a considerar teniendo en cuenta su amplia distribución en el país, y la alta frecuencia y severidad con la que se presenta en el contexto urbano e incluso en forestaciones con fines industriales. El agente causal es *Candidatus Phytoplasma* (Mollicutes), una bacteria carente de pared celular que habita en el tejido floemático de los paraísos como también en sus insectos vectores (hemípteros) quienes la adquieren y transmiten durante su alimentación. Los árboles enfermos manifiestan clorosis internerval, la cual progresiva hasta comprometer la totalidad de la lámina y, de este modo, ramas con follaje completamente amarillento contrastan con el color verde de la copa. Otros síntomas que manifiestan los árboles enfermos son: muerte descendente de ramas (*dieback*); reducción del tamaño de las hojas (*microfilia*); acortamiento de entre nudos; formación de escoba de brujas (Vázquez et al., 1983; Fernández et al., 2020). En la República Argentina, dos fitoplasmas afectan a los paraísos: *Candidatus Phytoplasma* responsable del “Declinamiento del paraíso”, identificado como ChTDIII (16Sr III-B) y *Ca. Phytoplasma melia*, responsable del “Amarillamiento del paraíso”, identificado como ChTYXIII (16Sr XIII-G). El fitoplasma ChTDIII (16Sr III-B) es el de mayor distribución en nuestro país; ChTYXIII (16Sr XIII) posee distribución restringida al NE argentino. Si bien ambas enfermedades expresan síntomas similares, los causados por el “Amarillamiento del paraíso” son más severos (Fernández et al., 2016; 2020).

Otra problemática sanitaria que merece consideración es la ocasionada por los “**Claveles del aire**” (*Tillandsia*, Bromeliaceae). Si bien estas plantas son epífitas (no parásitas), su presencia en la forestación urbana y los daños que ocasionan justifican su mención en este apartado. En el arbolado de la ciudad de La Plata se hallan tres claveles del aire: *T. aëranthos*, (Loisel.) L. B. Sm.; *T. recurvata* (L.) L. y *T. usneoides* (L.) L. (más conocida como barba de monte o cabello de ángel), especies que además poseen una amplia distribución en el país (Hernández & Villaverde, 2019; Instituto de Botánica Darwinion, 2023). Estas bromeliáceas viven sobre todo tipo de superficies: ramas, fustes, rocas, cableado, postes, entre otros. En los árboles, los claveles se comportan como malezas al competir por la luz solar como recurso, lo cual afecta la capacidad fotosintética y el crecimiento, en particular cuando el grado de colonización/invasión es

importante. Según Newman (2004, tomado de Hernández & Villaverde, 2019) *T. recurvata* secreta a través de sus rizoides una sustancia alelopática denominada hidroperoxicloartano, sustancia que al parecer provoca la muerte de yemas y la abscisión del follaje.

Insectos plaga presentes en el arbolado urbano

Los insectos plaga son capaces de causar problemas sanitarios en los sistemas forestales, incluyendo al arbolado urbano. Estos agentes dañinos pueden tener un origen foráneo o ser nativos del país o de la región, y en muchas ocasiones, atacan tanto a especies forestales nativas como exóticas. Algunos de los insectos plaga más importantes por el daño que causan en la producción forestal, han sido reportados en primeras instancias sobre el arbolado urbano. Ejemplos de principios del siglo pasado para la ciudad de La Plata son el de *Phoracantha semipunctata* que fue hallado por Bruch en 1917 (Di Iorio, 2004) y el de *Gonipterus* sp. (*Gonipterus platensis*) encontrado por el Dr. Maroni en el 1925 (Marelli, 1927) sobre ejemplares de *Eucalyptus* en el Paseo del Bosque; hoy ambos coleópteros se encuentran distribuidos prácticamente en todo el país tanto en la zona de producción de eucalipto como en el contexto urbano.

Estos insectos pueden encontrarse afectando diferentes partes del árbol en ámbitos urbanos. A los fines de realizar una clasificación simple que permita su fácil identificación y posterior manejo, los diferenciaremos según el tipo de daño o parte de árbol que afectan y el hábito alimenticio que poseen:

Sobre el follaje:

- Fitosuccívoros
- Desfoliadores

Sobre la corteza y madera:

- Xilófagos
- Xilomicetófagos

Los insectos **que atacan el follaje** se alimentan principalmente de hojas, pero también pueden alimentarse y provocar daños en yemas foliares y florales, flores y frutos. Algunos de ellos con su aparato bucal masticador se alimentan cortando y masticando las hojas y otras partes del follaje (**desfoliadores**), otros se alimentan succionando la savia (**fitosuccívoros**) y otros (que no serán tratados en este capítulo) inducen la formación agallas (**agalladores**).

Los insectos **xilófagos y xilomicetófagos** atacan la madera, pudiendo encontrarse en el interior del leño (taladradores) o debajo de la corteza, en la zona subcortical (descortezadores). Particularmente los xilomicetófagos, si bien causan daños en la madera, su principal fuente de alimento son los hongos simbiontes.

Insectos fitosuccívoros

Son insectos que se alimentan succionando la savia de hojas, brotes y ramas a través de su aparato bucal picador-sucto. Al succionar los nutrientes de las plantas, las debilitan. Algunos, además, poseen toxinas en la saliva que afectan adicionalmente a las plantas de manera negativa. Los árboles atacados en general presentan:

- Decoloración, decaimiento, manchas en sus hojas y falta general de vigor;
- Deformación de hojas o flores;
- Acumulación de estructuras de insectos sobre ramas y hojas de los árboles hospederos;
- Presencia de fumagina, en algunos casos.

Dentro de este grupo, se encuentran cochinillas, chicharritas, psílidos y chinches.

Las **cochinillas** son un grupo de insectos picadores suctores que se caracterizan por tener algún grado de protección en su cuerpo, clasificándose en 4 grupos (Monoflébidos; Diaspídidos; Pseudocóccidos y Lecaníidos). Poseen dimorfismo sexual, en general las hembras no tienen alas por regresión parasitaria y algunos machos tienen un par de alas membranosas y otro como halterio. Cuando encuentran el lugar adecuado, perforan los tejidos con el estilete y se quedan en ese sitio. Poseen saliva tóxica que inyectan a las plantas causando desecamientos, decoloración y desprendimiento de hojas, especialmente en las plantas jóvenes.

Existe una gran variedad de cochinillas que atacan ejemplares en el contexto del arbolado urbano. En este caso, se hará hincapié en *Ceroplastes grandis* que es la especie más frecuente de encontrar en el arbolado urbano platense, presente básicamente en los lapachos rosados y jacarandás (Figura 8.2, Foto A).

- *Ceroplastes grandis* "Cochinilla del aguaribay" (Hemíptera – Coccoidea – Coccidae)

Como la mayoría de las cochinillas, presentan dimorfismo sexual, por lo cual, los machos adultos son libres, alados, con una breve vida; en cambio, las hembras adultas se encuentran inmóviles o con poca movilidad debido a que están cubiertas por placas globosas de cera (Granara de Willink y Claps, 2003). Las hembras miden unos 9-12 mm de largo incluyendo la placa que es de color blanco o cremoso con los márgenes rosados, pudiendo ser totalmente rosada, y con dos líneas calcáreas blancas. En la parte ventral, se visualizan las patas y el estilete del aparato bucal picador-sucto con el cual succionan savia e inyectan saliva tóxica. Pueden llegar a oviponer cerca de 1.500 huevos que protegen debajo de la cobertura cerosa. Las ninfas recién nacidas en otoño (1º estadio) abandonan a la madre y se ubican en las hojas, especialmente en las nervaduras; durante este periodo, son muy vulnerables en épocas lluviosas por estar descubiertas. Al llegar al 2º estadio se dirigen a las ramitas donde pasan el invierno.

Causan el debilitamiento de la planta por extracción de savia de las ramas, hojas y brotes, pudiendo provocar defoliaciones continuas en ejemplares adultos y llegar a secar plantas jóvenes. Los azúcares residuales producto de su alimentación son excretados en forma de líquido, sirviendo de sustrato para el desarrollo de fumagina y como fuente de alimento para algunas hormigas.

Las **chicharritas** por su parte se caracterizan por tener los 2 pares de alas tégmenes en forma de techo de agua y medir entre 7-8 mm. También poseen saliva tóxica.

- *Cephisus siccifolius* “Chicharrita de la espuma” (Hemíptera – Cercopidae)

Se trata de un insecto nativo, que tiene aparato bucal picador-suctor y cuyos adultos pueden alcanzar 1.1-1.5 cm de largo. Las ninfas se alimentan de abundante savia. Durante esta etapa necesitan estar en un ambiente húmedo, el cual logran al asociarse en colonias numerosas y cubrirse de una masa espumosa que es producida colectivamente por las ninfas a partir de las sustancias líquidas azucaradas que excretan. Esta espuma, al licuarse, forma la típica “lluvia” de algunos árboles en el verano, especialmente durante diciembre. Los insectos adultos viven aislados y no forman dicha espuma (Costa Lima, 1942).

Los árboles sufren deshidratación por la intensa actividad del insecto en el estado ninfal, especialmente aquellos de menor porte (Figura 8.2, Foto B).

Los **psílidos** son insectos parecidos a las chicharras, de tamaño más pequeño. Poseen dos pares de alas membranosas y el *rostrum* dirigido hacia atrás, sobresaliendo la base de las patas anteriores. Sus patas posteriores son más gruesas y fuertes, adaptadas para saltar.

Si bien hay una gran variedad de especies dentro en este grupo, en este caso se presenta a *Glycaspis brimblecomei* que se encuentra en ejemplares de eucaliptos de La Plata (Figura 8.2, Foto D).

- *Glycaspis brimblecomei* “Psílido del escudo” (Hemíptera – Psyllidae)

El “Psílido del escudo” es un insecto pequeño, los adultos pueden llegar a medir unos 3 mm de longitud. Se caracteriza por formar un escudo azucarado de color blanco conocido como “lerp” que sirve de protección para las ninfas y que va aumentando de tamaño a medida que éstas crecen. Es de hábitos gregarios, conviven adultos y ninfas en los mismos sitios. Se alimentan de la savia, preferentemente de las hojas nuevas y los brotes, a través de su aparato bucal de tipo picador-suctor, siendo las ninfas las que ocasionan los daños mayores. Esa savia pasa por un tubo digestivo corto, con lo cual los azúcares no terminan de digerirse y son secretados como una sustancia azucarada que sirve de alimento para algunas hormigas y como sustrato para la formación de un complejo de hongos conocido como “fumagina” que torna a las hojas de un color oscuro y aspecto pegajoso.

En La Plata se lo halla sobre los eucaliptos de las ramblas, en el Paseo del Bosque y en otros parques. Entre los daños que ocasiona pueden mencionarse la decoloración de las hojas de los eucaliptos, especialmente en la zona donde se encontraba el lerp, y ante ataques severos y sucesivos, puede causar debilitamiento y perdida de follaje. Posee un microhimenóptero parasitoide, *Psyllaephagus bliteus*, que ataca a las ninfas.

Las **chinches** se caracterizan por tener aparato bucal picador-suctor de 4 estiletes, con la cabeza en posición hipognato, pronoto desarrollado en forma trapezoidal o hexagonal, con el 1°

par de alas como hemiélitros y el 2º par de tipo membranoso (excepto la mosquilla del jacaranda que posee ambos pares de alas de tipo membranosas).

- *Pachylis argentinus* “Chinche de las leguminosas” (Hemíptera – Heteróptera - Coreidae)

La “Chinche de las leguminosas” tiene el cuerpo alargado, de gran tamaño, de unos 28 mm de longitud en hembras y 25 mm en los machos, con el cuerpo de color pardo oscuro a pardo rojizo (Brailovsky y Guerrero, 2014). Los machos poseen los fémures posteriores dilatados. Comúnmente a esta chinche se la confunde con las “vinchucas” debido a que poseen tejido conexivo expuesto que simula franjas de color más claro alrededor del abdomen, sobresaliendo a los élitros. Las ninfas tienen colores más vivaces sobre el abdomen, en tonalidades anaranjadas y celeste. Son de hábitos gregarios, se las encuentra en los troncos y ramas, sobre todo en grietas, formando una colonia. *Pachylis sp.* posee una generación anual.

Brugnoni (1980) la cita presente en varias especies nativas (acacia, timbó, algarrobo, cebil, entre otras) (Figura 8.2, Foto E); también se la ha observado sobre ejemplares exóticos como la acacia de Constantinopla (*Albizia julibrissin*) en la Ciudad de La Plata, posiblemente causando el deterioro y muerte de algunos ejemplares sobre la diagonal 79 luego de varios años sucesivos de ataque (Acosta, com. per.)

- *Leptopharsa mira* “Chinche del jacarandá”, “Mosquilla del jacarandá” (Hemíptera – Tingidae)

Brugnoni (1980) menciona que *Leptopharsa mira* fue hallada por primera vez en 1967 en la provincia de Entre Ríos, en Concordia. Anteriormente, en el año 1934, fue citada en Brasil por Drake y Hambleton (Drake y Ruhoff, 1965).

Poco se conoce sobre esta chinche que es un insecto nativo, de tamaño muy pequeño, de unos 3,5 mm de largo por 0,5 mm de ancho. Se la cita sobre *Jacaranda mimosifolia* “jacaranda”, generalmente en el envés de las hojas tiernas, causando una fuerte defoliación y necrosis en los brotes terminales de las ramas y los peciolos. En plantas pequeñas, las necrosis pueden aparecer a los 2-3 días, secándose en 5-6 días, o unos días más tarde si la planta es un poco más grande (Brugnoni, 1980; Guidoti et al., 2015).

Otro grupo de insectos que también se alimentan de savia son los **trips**. A diferencia de los mencionados anteriormente, estos tienen aparato bucal raspador-suctor, que utilizan para lacerar y desgarrar los tejidos dejando libres los jugos de hojas, brotes y ramas de los que se alimentan. Debido a su hábito alimenticio, causan deformación y cicatrices en los órganos atacados.

- *Gynaikothrips sp.* “Trips del ficus benjamina” (Thysanoptera)

El “trip del ficus benjamina” es originario de Asia. Fue citado en nuestro país por primera vez en el 2011 en la provincia de Misiones (de Borbón & Agostini, 2011)

Los adultos son de color marrón oscuro casi negro, de aproximadamente 3 mm de longitud. Por la acción del insecto, las hojas jóvenes se pliegan en dos por la nervadura central, y en el interior de la misma se encuentran los adultos y estados juveniles que se resguardan de depredadores y condiciones ambientales desfavorables.

Se encuentra presente en ejemplares de *Ficus benjamina*, a los que causa una defoliación considerable cuando los ataques son severos.

Insectos desfoliadores

En este grupo se encuentran aquellos que tanto en estado juvenil como en adulto se alimentan de toda la hoja sin un patrón característico (ej. bicho del cesto); los que quitan partes de la lámina en forma de pequeños círculos y, por último, aquellos que en estado juvenil roen el parénquima dejando a la hoja esqueletizada en parte o en toda la lámina y en estado adulto se alimentan de la hoja entera dejando perforaciones (ej. vaquita del olmo, gorgojo del eucalipto, entre otros).

- *Oiketicus platensis* "Bicho del cesto", "Bicho canasto" (Lepidoptera – Psychidae)

El "Bicho del cesto" se caracteriza por ser un desfoliador que se encuentra protegido en un canasto. Ya en 1874, Berg lo cita como un problema para distintos cultivos en el país (De Braino et al., 1983).

Se trata de un insecto con dimorfismo sexual. Los adultos machos miden unos 40 mm de envergadura, poseen alas desarrolladas, aparato bucal atrofiado, una vida corta (mueren al fecundar a la hembra) y hábitos crepusculares. Las hembras en cambio, son larviformes (carecen de alas, patas, antenas y de aparato bucal funcional) pero maduras sexualmente. Nunca emergen del canasto. Son fecundadas a fines del verano (marzo), colocan una gran cantidad de huevos, estado en que pasan el invierno. Cuando eclosionan las larvas en primavera, buscan realizar su propio canasto que llevan a cuestas mientras se van alimentando de las hojas. Es polífago, se alimenta de la hoja entera, atacando una gran variedad de plantas, pudiendo causar grandes defoliaciones (Figura 8.2, Foto C).

- *Xanthogaleruca luteola* "Vaquita del olmo" (Coleóptera – Chrysomelidae)

En el año 1966 fue declarada Plaga Nacional por la Secretaría de Estado de Agricultura y Ganadería de la Nación (Argentina). Es específica del género *Ulmus* sp.; los olmos de La Plata se encuentran fuertemente afectados.

El adulto es una vaquita de cuerpo ovalado de unos 6-8 mm de largo; la forma hibernante es de color marrón oscuro y los individuos de la primera generación (nacen en primavera) tienen la cabeza y el pronoto amarillentos con manchas negras, con los élitros amarillentos a verde opaco con 2 anchas bandas laterales negras. Tanto adultos (dejan perforaciones de 2-3 mm de diámetro) como larvas (comen el parénquima respetando las nervaduras, dejando un patrón reticular) se alimentan de las hojas entre los meses de diciembre a marzo (Figura 8.2, Foto F).

- *Gonipterus platensis* y *Gonipterus pulverulentus* "Gorgojos del eucalipto" (Coleóptera - Curculionidae)

Los gorgojos *Gonipterus platensis* (= *G. scutellatus*) y *Gonipterus pulverulentus* (= *G. gibberus*) pertenecen al complejo *G. scutellatus*, que se alimentan específicamente de eucaliptos. Introducidos en nuestro país alrededor del año 1925, fue el director del Jardín Zoológico de La Plata, Ing. Marelli, quien observó la presencia de estos insectos dañando los eucaliptos del

bosque, lo que lo llevó a realizar gestiones con el Departamento de Entomología de Sudáfrica para obtener el microhimenóptero parasitoide (*Anaphes nitens*), ya que en aquel país lo utilizaban para el control biológico de *G. scutellatus*. A principios de septiembre de 1930, llegaron a la Argentina las primeras partidas de esos parasitoides que fueron liberados en los eucaliptos del Paseo del Bosque de La Plata (Marelli, 1930).

Los adultos miden 10-15 mm de longitud, tienen el cuerpo sub-elíptico de color castaño-rojizo con puntuaciones longitudinales más oscuras en los élitros. Las larvas miden alrededor de 12 mm de longitud, son ápodas, de color amarillento con tubérculos negros (lunares), algunas con dos líneas laterales oscuras. Una particularidad es que las pupas se encuentran en el suelo o en la hojarasca y que los huevos son colocados en una estructura de protección recubierta de ceras de color negro conocidas como “ootecas” (Acosta, 2014).

La defoliación es causada tanto por las larvas que roen el parénquima foliar como por los adultos que comen el borde de las hojas durante la primavera hasta el otoño. El adulto pasa el invierno en las rugosidades de la corteza o en la hojarasca (Figura 8.2, Foto G).

Insectos xilófagos y xilomicetófagos

Los insectos xilófagos y xilomicetófagos se alimentan de la madera en sus estadios juveniles, pudiendo encontrarse en el interior del leño (xilófagos y xilomicetófagos taladradores) o debajo de la corteza, en la zona subcortical (xilófagos descortezadores o floéfagos). Particularmente los xilomicetófagos, si bien trituran la madera, su principal fuente de alimento son los hongos simbiontes. Los daños que causan son en general directos. Los insectos taladradores xilófagos y xilomicetófagos alteran la resistencia mecánica de la madera y los xilófagos descortezadores pueden causar la muerte de una parte del ejemplar arbóreo o la pérdida del individuo entero. Es importante destacar que, en general, atacan ejemplares que están bajo algún tipo de estrés, deteriorados o en mal estado.

Entre los xilófagos descortezadores se encuentran las dos especies de *Phoracantha* que atacan a eucaliptos como así también algunas especies de escolítidos (Coleóptera – Curculionidae - Scolytinae). Un ejemplo de xilófago taladrador es *Mallodon spinibarbis* que es un insecto nativo de gran tamaño cuyas larvas pueden pasar varios años alimentándose dentro del árbol, sea nativo o exótico. Luego, entre los xilomicetófagos (taladradores), el más común de encontrar en arbolado urbano atacando varias especies forestales diferentes es el platipodido nativo *Megaplatypus sulcatus*. También en este último grupo se encuentran algunas especies de escolítidos de los géneros *Xyleborus*, *Xyleborinus*, *Xylosandrus*, entre otros.

Es importante destacar que habitualmente los insectos xilófagos descortezadores son específicos de un género de árbol, o de un grupo reducido. En cambio, los insectos xilomicetófagos (escarabajos de ambrosía) al ser el hongo simbionte su fuente principal de nutrientes, la dependencia directa con un tipo de hospedante se reduce, pudiendo atacar a un grupo más grande de ejemplares (polífagos), tanto coníferas como latifoliadas.

Se menciona también a un grupo de insectos que atacan a las palmeras y que se los podría incluir dentro de los xilófagos taladradores: son el lepidóptero nativo *Paysandisia archon* y el

coleóptero asiático *Rynchophorus ferrugineus* que aún no está presente en Argentina, pero se lo incluye por ser una gran amenaza a las palmeras y por la reciente alerta de su presencia en Uruguay.

- *Phoracantha recurva* y *Phoracantha semipunctata* “Taladros del eucalipto” (Coleóptera – Cerambicidae – Lamiinae)

Por varios años, ambas especies fueron confundidas por su gran parecido. Sin embargo, Di Iorio (2004) menciona que *Phoracantha semipunctata* se encuentra presente en nuestro país desde 1917-1918 cuando fue hallado por Carlos Bruch en La Plata y Buenos Aires respectivamente; años más tarde, en la década del 70 fueron identificados los primeros individuos de *P. recurva* en Entre Ríos.

El adulto tiene el cuerpo de forma rectangular, de unos 21-25 mm de largo por 10 mm de ancho, es de color castaño oscuro casi negro con unas manchas en los élitros en una proporción mayor en castaño claro en *P. recurva* y menor en *P. semipunctata*; poseen antenas más largas que el cuerpo en machos y más cortas en las hembras. Las hembras adultas colocan los huevos sobre la corteza, al eclosionar las larvas cerambiciformes se introducen debajo de ella y comienzan a taladrar galerías en la zona del cambium principalmente (descortezadores), pudiendo llegar a anillar los árboles o causar la muerte de algunas partes (si bien pueden entrar más al interior de la madera, el mayor daño lo realizan como descortezadores). Cuando los adultos emergen entre diciembre y febrero luego de empupar, realizan unos orificios de salida de forma elíptica. También se pueden observar las galerías debajo de la corteza cuando ésta se desprende (Figura 8.2, Foto K).

En general se presenta en árboles estresados o debilitados, ya sea por las condiciones del sitio o por algún factor del clima. Posee un controlador biológico, el microhimenóptero *Avetianella longoi*, que parasita los huevos.

- *Megaplatypus mutatus* “Taladrillo grande de los forestales” (Coleóptera - Curculionidae - Platypodidae)

El “Taladrillo grande de los forestales” ha sido citado desde principios del siglo pasado, atacando no sólo especies nativas sino otras de interés para la producción forestal como las Salicáceas y también frutales.

Los insectos adultos tienen el cuerpo robusto, de forma cilíndrica, más alargados que anchos, de unos 8 mm de largo por 2,5 mm de ancho, de color castaño oscuro, con el pronoto alargado y el rostro no desarrollado. Tiene asociado un hongo simbionte, llamado *Raffaelea santori* el cual transportan en cavidades especiales de su cuerpo. Este hongo es cultivado o se desarrolla en el árbol atacado para servirle de alimento a las larvas, que son las que causan los daños al realizar galerías en forma transversal al eje del árbol. Atacan árboles en buen estado, sanos, y se atraen por las feromonas sexuales del macho. Una particularidad, es que emergen desde el mismo orificio que ofició de entrada (Figura 8.2, Foto H).

En La Plata se los ha encontrado en varias especies como plátanos, tilos, casuarinas, magnolias, robles, entre otras.

- *Scolytus* sp “Taladrillo chico de los forestales” (Coleóptera - Curculionidae - Scolytinae)

Estos insectos atacan la corteza de las plantas (descortezadores). Existe una especie, que es el vector de la “Grafiosis del olmo”, una enfermedad causada por el hongo *Ophiostoma ulmi*.

El adulto es muy pequeño, mide de 2-2,5mm de largo, de color marrón oscuro. La hembra coloca los huevos entre la corteza y el tronco, formando una galería central desde la cual, una vez que eclosionan las larvas, se desprenden galerías larvales secundarias. La evidencia más notoria de su presencia es la existencia en la corteza de numerosas perforaciones muy pequeñas a modo de perdigones (Figura 8.2, Foto I).

Ataca al género *Ulmus* “olmos” y a otros árboles como álamos, acacia blanca, ciruelo de jardín, nogal europeo, castaño de la India, ligustro y fresno, entre otras.

- *Xyleborus, Euwallacea, Xylosandrus* “Escarabajos de Ambrosía” (Coleóptera - Curculionidae - Scolytinae - Xyleborina)

Se trata de un grupo de insectos conocidos como “Escarabajos de Ambrosía” pertenecientes a la tribu Xyleborina, con comportamiento invasivo, de origen asiático, que ingresaron en nuestro país hace aproximadamente 10 años. Se los ha detectado en la provincia de Buenos Aires sobre plantaciones de Salicáceas en la zona del Delta del Paraná (Landi, 2013) y en ejemplares aislados en decaimiento de *Acer negundo* en el Paseo del Bosque de la ciudad de La Plata (Acosta, com. per.).

Los adultos son de tamaño muy pequeño, entre 1,9 y 3,8 mm, que se diferencian de otros gorgojos por no presentar el típico rostro desarrollado y por tener fusionados los últimos artejos de las antenas dándoles aspecto de maza. La simbiosis alimenticia obligada se establece con hongos xilófagos conocidos como “hongos de Ambrosia” que suelen pertenecer al orden Ophiostomatales (Ascomycota) (Biedermann, 2009). Los orificios que realizan siguen un patrón lineal a lo largo del fuste y sobre las hendiduras de la corteza. También pueden visualizarse estructuras cilíndricas y alargadas, tipo tubitos, de aserrín compacto que salen de los orificios de entrada y que se desintegran fácilmente (Figura 8.2, Foto J).

Algunas de los géneros citados para estos insectos son: *Salix, Populus, Acer, Ailanthus, Albizia, Alnus, Robinia*.

- *Paysandisia archon* “polilla de las palmeras, Oruga barrenadora de las palmeras” (Lepidóptera - Castniidae)

La “polilla de las palmeras” es un lepidóptero nativo de la región de Sudamérica que ataca palmeras nativas.

El adulto es una polilla de unos 10 cm de envergadura, con las alas anteriores de color gris verdoso y las posteriores de color naranja rojizo con una mancha negra con el centro blanco. Las orugas al eclosionar se alimentan de hojas tiernas, luego del cogollo de la palmera, realizando galerías al interior de la misma, las cuales taponan con un conglomerado de sustancias que le da un aspecto de aserrín.

Se encuentra en diferentes especies de palmeras de los géneros exóticos *Phoenix*, *Washingtonia*, *Chamaerops*, entre otros y de las nativas *Butia*, *Trithrinax* y *Syagrus* (De La Torre et al., 2014), pudiendo causar la muerte de los ejemplares atacados.

- *Rynchophorus ferrugineus* “picudo rojo, picudo rojo de las palmeras” (Coleóptera – Curculionidae)

El “picudo rojo” es un insecto originario del sur de Asia con una amplia dispersión geográfica. A mediados del 2022 fue detectada en Uruguay emitiéndose una alerta fitosanitaria ya que hasta ese momento no estaba citada para la región (MGAP, 2022). En Argentina, a octubre 2023, no se encuentra presente en el país según fuentes oficiales.

El insecto adulto puede llegar a medir de unos 19-50 mm de longitud, es de color rojo ferruginoso o pardo anaranjado claro, a veces con manchas negras en el pronoto. Posee rostro alargado. Las hembras adultas emergen en busca de nuevos hospedantes llevando los huevos fertilizados y realizando puestas de un total de 300-400 huevos. El ciclo biológico es de 3-4 meses por lo que pueden llegar a tener 3 generaciones al año.

Ataca a las palmeras, causando la muerte de los ejemplares. Su presencia es difícil de asegurar mediante una inspección visual porque se alimenta en el interior de los hospedantes, con lo cual, los síntomas e indicios (presencia de cocones, galerías en el interior del ejemplar) son mayormente visibles cuando el insecto ya ha atacado a la palmera, es decir, cuando el daño ya fue realizado.

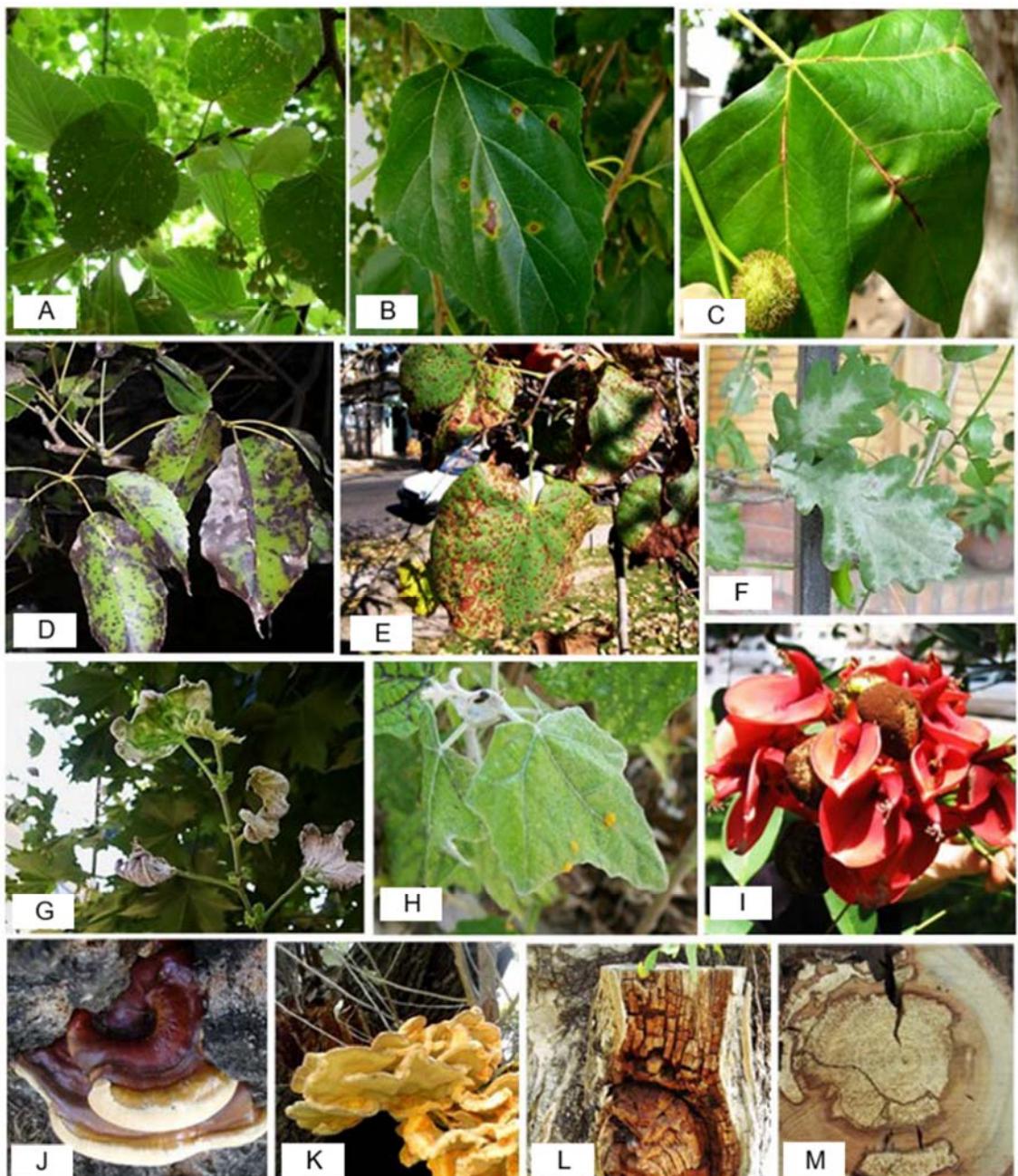


Figura 8.1. Enfermedades fúngicas en el arbolado urbano. Algunos ejemplos. Fotos A-C: Antracnosis. Síntoma en tilo (A), morera (B) y plátano (C). Fotos D-E: Leaf spots. Síntoma en lapacho (D) y árbol de Judea (E). Fotos F-G: Oídio. Signo (eflorescencia) en roblo (F), signo y síntoma (deformación) en plátano (G). Fotos H-I: Roya. Signo (pústulas) en álamo plateado (H); signo y síntoma (tumor) en seibo (I). Fotos J-K: Basidiomas (signo) de *Ganoderma resinaceum* (J) y de *Laetiporus sulphureus* (K). Fotos L-M: Madera con pudrición (síntomas) castaña (L) y blanca (M). Fuente: Mónica Murace.



Figura 8.2. Insectos plaga en el arbolado urbano. Algunos ejemplos. Foto A: *Ceroplastes grandis* "Cochinilla del aguaribay". Foto B: *Cephisus siccifolius* "Chicharrita de la espuma". Foto C: *Oiketicus sp.* "Bicho del cesto, Bicho canasto". Foto D: *Glycaspis brimblecombei* "Psílido del escudo". Foto E: *Pachylis argentinus* "Chinche de las leguminosas". Foto F: larva y daños por *Xanthogaleruca luteola* "Vaquita del Olmo". Foto G: *Gonipterus sp.* "Gorgojo del eucalipto". Foto H: *Megaplatypus mutatus* "Taladrillo grande de los forestales". Foto I: *Scolytus sp.* "Taladrillo chico de los forestales". Foto J: "Escarabajos de ambrosía". Foto k: *Phorocantha sp.* "Taladro del eucalipto". Fuente: Natalia Acosta.

Manejo de los problemas sanitarios – pautas generales

En referencia a los aspectos más importantes para el mantenimiento de los árboles en áreas urbanas se pueden mencionar el abonado, el manejo y/o control de enfermedades y plagas, la poda de ramas y la gestión adecuada de los residuos generados por estas tareas.

Es importante destacar que las labores de mantenimiento de las áreas con árboles en espacios urbanos requieren de la puesta en valor del patrimonio forestal, generalmente vinculadas a organismos municipales responsables de su cuidado, como también de llevar a cabo las tareas propias sobre los ejemplares a fin de evitar y/o minimizar los riesgos que podrían causar en caso rotura y caída sobre las personas y/o bienes.

El manejo de plagas y enfermedades requiere tomar decisiones y llevar adelante acciones de prevención y seguimiento, y a partir de ello realizar un manejo adecuado, considerando diferentes aspectos que surgen del hecho mismo que el árbol se encuentra en un ambiente urbano, por lo cual se deben establecer acciones de manera económica para reducir las plagas a niveles tolerables.

Para delinear un plan de manejo es necesario identificar y establecer la importancia de la plaga a través de inspecciones periódicas, como también la posibilidad de realizar observaciones a partir de situaciones puntuales planteadas por los vecinos ante organismos municipales y/o provinciales.

Las actividades a realizar en el marco del manejo de adversidades pueden ser preventivas y curativas. De hecho, resulta más eficiente llevar a cabo medidas preventivas a que hacerlo cuando el problema ya se ha presentado y las plagas logran establecerse de manera exitosa entre todos los ejemplares arbóreos.

En este caso las medidas culturales son consideradas de prevención, dado que ellas aportan condiciones favorables para el crecimiento y desarrollo de nuestros árboles.

Tomar acciones de control debe ser un proceso de decisión, no una combinación de métodos de control, como ocurre comúnmente. Uno de los inconvenientes para establecer un manejo integrado de plagas urbanas es la dificultad para diagnosticar los problemas, la falta de información de la biología de las plagas, la escasa disponibilidad de productos alternativos a insecticidas convencionales, la falta de umbrales económicos o estéticos, así como el costo de la implementación del programa (Sánchez, 2003).

Manejo de enfermedades que afectan al tronco

Se deben plantar árboles que respondan de manera exitosa al sitio de plantación; también, los ejemplares a utilizar deben estar libres de enfermedades desde la etapa de cultivo en vivero. Naturalmente se debe considerar el buen estado de salud del fuste y ramificaciones de los ejemplares seleccionados al momento de implantación.

No existen fungicidas que prevengan las infecciones de diferentes especies de hongos xilófagos que suelen colonizar a los árboles en el contexto urbano. Por lo tanto, la aplicación de prácticas silviculturales resultan beneficiosas para mantener los árboles vigorosos y resistentes,

entre las que se pueden mencionar las aplicaciones apropiadas de fertilizante en otoño o a principios de la primavera basados en un análisis del suelo, regar durante períodos secos y en forma profunda (esto es válido para ejemplares de poca edad y que han sido plantados recientemente), y evitar heridas innecesarias en los árboles. También se aconseja mantener la base del tronco tan seca como sea posible y libre de césped y/o vegetación. Cuando la enfermedad ya está presente, se sugiere quitar todas las ramas muertas y en vías de estarlo en los árboles afectados.

Manejo de enfermedades que afectan la raíz

Es necesario plantar árboles y arbustos bien adaptados a las condiciones del sitio de plantación, para que los individuos crezcan vigorosos y sean menos susceptibles a las enfermedades. También se recomienda una fertilización regular, basada en un análisis del suelo; el riego en períodos secos, realizar desagües para el escurrimiento del agua y al mismo tiempo evitar el riego excesivo. Como medida de prevención, se suele recomendar fumigar el suelo a la máxima profundidad posible antes de plantar, mientras que, si existen antecedentes de una enfermedad en el sitio, es mejor no hacer una plantación y eliminar todo el material contaminado. Si la fuente de infección es conocida y no puede ser eliminada, en algunos casos se recomienda la colocación de material plástico (polietileno) a 1 metro de profundidad de tal manera que cubra el espacio entre plantas enfermas y sanas, y con ello evitar posibles contagios por el contacto entre raíces. Cabe resaltar que la aplicación de productos con acción fungicida es prácticamente innecesaria dado que, una vez manifestada la enfermedad, los productos no actúan de manera curativa, son solo eficientes cuando se los aplica como preventivos.

Manejo de enfermedades que afectan las hojas

Como primera medida precautoria, para disminuir la incidencia de enfermedades es necesario plantar árboles adaptados a las condiciones climáticas y suelos locales (Taylor y Nameth, 2004). Luego de efectuada la plantación, si se riega por aspersión, se recomienda hacerlo durante el día, para que el follaje tenga la oportunidad de secarse y no propiciar condiciones de humedad. También, los árboles jóvenes se deben mantener saludables mediante prácticas culturales, para que cuando se produzcan heladas que puedan dañar los tejidos, éstos no sean susceptibles a la infección. Además, se debe evitar la superpoblación arbórea para permitir una buena circulación del aire y mantener las áreas libres de residuos de poda para eliminar focos de infección. Cuando la enfermedad se hace presente, se deben eliminar las partes afectadas y destruirlas, para que los individuos cercanos no se contaminen (Hansen, 2000). En parques y áreas residenciales se pueden aplicar fungicidas específicos, sólo si llega a ser necesario.

Manejo integrado de plagas (MIP) en árboles urbanos

El manejo de los recursos forestales urbanos precisa de áreas de gestión en conservación y protección del patrimonio forestal en los organismos encargados de su administración. En este sentido, el manejo integrado de plagas (MIP) es una herramienta sustentada en la aplicación de diferentes técnicas que sean compatibles entre sí, a fin de lograr el manejo del problema sanitario que se presenta.

Los diferentes elementos que conforman un programa o plan de MIP incluye: prevención, identificación, determinación de los niveles de daño y de los umbrales de intervención y, por último, los métodos de control y su posterior evaluación.

En cuanto a la prevención, es una etapa clave en este proceso, dado que busca recolectar y contar con información previa a la aparición de las plagas y con ello evitar que se transformen en un problema más grave.

La identificación de las plagas es crucial para poder reconocer el tipo de plaga - enfermedad que se presenta y de esta manera seleccionar el sistema más útil de monitoreo y las posteriores medidas de control. Además, el monitoreo permite no sólo conocer los daños, sino que también habilita a llevar un registro de cómo evoluciona la plaga en el espacio y tiempo.

La percepción de los posibles daños que pueden causar los árboles en las zonas verdes urbanas, es un tema estudiado y de gran importancia por el crecimiento que ha tenido la reforestación en este ecosistema, aunque es menester resaltar que esta poco considerado. En ocasiones los árboles poseen defectos propios en su estructura, pero en otras ocasiones, estos daños o enfermedades son causados por patógenos o insectos (Pérez et al., 2018). Es necesario que el ente encargado del proyecto de arborización mantenga un control constante de la sanidad de los individuos con el fin de disminuir riesgos (García y Pérez, 2009; Pérez, Santillán, Donato, Galeote y Vásquez, 2018). En ámbitos urbanos los árboles experimentan deficiencias en las condiciones nutricionales por la baja calidad del sustrato y pueden presentarse dificultades para obtener agua del suelo. Las carencias hídricas provocan que las defensas de los árboles sean particularmente bajas, haciéndolos más vulnerables al ataque de plagas. Por ello, resulta necesario un monitoreo constante que permita identificar el problema fitosanitario a tiempo y poder controlarlo (Montes, 2017).

Aplicación de productos fitosanitarios en el contexto urbano

El manejo y/o control de plagas y enfermedades en el arbolado urbano requiere tener en cuenta ciertas consideraciones que lo hacen muy particular dada la ubicación de los ejemplares en relación a la población y otros seres vivos urbanos que debemos proteger y cuidar.

Asimismo, es menester considerar que, en la actualidad, no hay productos agroquímicos formalmente registrados ante los organismos regulatorios nacionales para su utilización en especies forestales, por lo cual se tensiona su uso sobre especies en ambientes urbanos.

Cuando se toma la decisión técnica de aplicar algún agroquímico, sea insecticida o fungicida, se debe considerar la clase toxicológica, la residualidad y el costo de aplicación y, sobre todo, la

seguridad para el operario, las personas en general y el medio ambiente, recordando siempre el escenario urbano con todas sus características. La aplicación en sí misma debería considerar el momento óptimo, sea desde el punto de vista de la plaga como la minimización de la circulación de los habitantes de la ciudad por las zonas a tratar, buscando reducir las pérdidas de producto fuera del objetivo “árbol”, y que el producto usado no se deposite sobre otras superficies. También se debe buscar la mayor eficiencia sobre la plaga – enfermedad que se desea manejar y/o controlar.

Dentro del ambiente urbano es importante considerar las condiciones meteorológicas más adecuadas para efectuar los tratamientos, por lo cual se debe evitar realizarlos en horarios con altas temperaturas, es decir no mayores a 25 - 30°C, y bajos porcentajes de humedad relativa, no menor a 35%. Las condiciones de velocidad del viento han de ser bajas, de entre 5 y 10 Km por hora, dado que a velocidades mayores se producen pérdidas del producto por no depositarse en el objetivo árbol, con el agravante de originar el fenómeno de deriva del producto sobre viviendas, animales, ya sea aves, mascotas domiciliarias, y población urbana, causándoles alteraciones que se relacionan a determinados efectos tóxicos.

En el tratamiento sobre árboles, independientemente de su altura y desarrollo, las aplicaciones foliares de productos fitosanitarios deben realizarse hasta llegar al límite del llamado “goteo”, es decir que se debe observar que desde el árbol gotea producto hacia el suelo. Esta condición es de suma importancia porque es indicativa de que se ha logrado la cobertura total de la copa del ejemplar, y ello nos garantiza el mejor resultado en la aplicación del producto agroquímico. Naturalmente, estos procedimientos merecen la evaluación toxicológica del producto a utilizar, evitando y/o disminuyendo al máximo los efectos negativos sobre el ambiente.

Referencias

- Acosta, N. (2014). *Gonipterus scutellatus, Gonipterus gibberus* "Gorgojos del Eucalipto". Sanidad. Ficha Técnica. *Revista Producción Forestal*, 10, 26-27.
- Agrios, G. (2005). *Plant Pathology*. 5th Edition. Academic Press.
- Aprea, A. M. y Murace, M. A. (2019). Problemáticas sanitarias del arbolado. EDULP. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/82977>.
- Benito, G. y Palermo, M. (2021). *El árbol en la ciudad: Manual de arboricultura urbana*. Editorial Facultad de Agronomía.
- Biedermann, P. H. W., Klepzig, K. D. y Taborsky, M. (2009). Fungus Cultivation by Ambrosia Beetles: Behavior and Laboratory Breeding Success in Three Xyleborine Species. *Environ. Entomol.*, 38(4), 1096-1105.
- Brailovsky, H. y Guerrero, I. (2014). Revisión del género *Pachylis* con descripción de dos especies nuevas, sinonimias y datos de distribución (Hemíptera: Heteroptera: Coreidae: Nematopodini). *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(2), 363-382.
- Brugnoni, H. (1980). *Plagas Forestales*. Hemisferio Sur S.A.
- Carrero, J. M. (1996). *Lucha integrada contra las plagas agrícolas y forestales*. Mundi Prensa.

- Comerci, R. (2011). *Catálogo de plagas y enfermedades del arbolado urbano. Descripción, control y tratamiento*. Orientación Gráfica Editora.
- Costa Lima, A. (1942). *Homópteros. Insetos do Brasil*, 3º Tomo. Escola Nacional de Agronomía, Serie didáctica N° 4. <http://www.ufrrj.br/institutos/ib/ento/tomo03.pdf>
- Cram, M. M. y Littke, W. R. (2012). Leaf Spots and Blights. En: Michelle M. Cram, Michelle S. Frank, Katy M. Mallams (Ed.), *Forest Nursery Pest, Agriculture Handbook No.680* (pp. 91-93). United States Department of Agriculture (USDA Forest Service).
- Criollo, C., Assar, R., Cáceres, D. y Préndez, M. (2016). Arbolado urbano, calidad del aire y afecciones respiratorias en seis comunas de la provincia de Santiago, Chile. *Rev. Chil. Enferm. Respir.*, 32, 77-86.
- de Borbón, C.M. y Agostini, J.P. (2011). *Gynaikothrips uzeli* (Zimmermann) y *Androthrips ramachandrai* Karny (Thysanoptera, Phlaeothripidae), primeras citas para la Argentina. *Rev. FCA UNCUYO, Tomo 43, N° 1, Año 2011*, 253-260
- De La Torre Manca, S.J., Defagó, M.T. y Salvo, A. (2014). Insectos fitófagos asociados a palmeras en la ciudad de Córdoba, Argentina. *Rev. Soc. Entomol. Argent.* vol.73 no.3-4
- Di Iorio, O. (2004). Especies exóticas de Cerambycidae (Coleóptera) introducidas en la Argentina. Parte 1. El género *Phoracantha* newman, 1840. *Agrociencia*, 38(5), 503-515.
- Drake, C. J. y Ruhoff, F. A. (1965). Lacebugs of the World: A Catalog (Hemíptera: Tingidae). *Bulletin of the United States National Museum*, 1-634. <https://doi.org/10.5479/si.03629236.243.1>
- Enrique De Braino, A., Santoro de Crouzel, I., Saini, E. y Lasaigues, V. (1983). Observaciones sobre el ciclo biológico del "bicho del cesto" (*Oiketicus platensis* Berg, 1883 – Lepidóptera: Psychidae). *Rev. Per. Ent.*, 26(1), 51-58.
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Silvicultura urbana y periurbana. (2023, julio de 20). <http://www.fao.org/forestry/urbanforestry/80536/es/>
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2020. Iniciativa ciudades verdes. (2023, julio 23). <https://www.fao.org/green-cities-initiative/es..>
- Fernández, F., Alessio, F., Bongiorno, V., Galdeano, E. Conci, L. (2020). Enfermedades causadas por Fitoplasmas. Situación en Argentina. *Boletín de la Asociación Argentina de Fitopatólogos*. Diciembre 7.
- Fernández, F., Galdeano, E., Kornowski, M., Arneodo, J. y Conci, L. (2016). Description of 'Candidatus Phytoplasma meliae', a phytoplasma associated with Chinaberry (*Melia azedarach* L.) yellowing in South America. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 66(12), 5244-5251.
- Granara de Willink, M. y Claps, L. E. (2003). Cochinillas (Hemíptera: Coccoidea) presentes en Plantas Ornamentales de la Argentina. *Neotropical Entomology*, 32(4), 625-637.
- Guidoti, M., Montemayor, S. I. y Guilbert, E. (2015). Lace Bugs (Tingidae). En: A. R. Panizzi, J. Grazia (Ed.), *True Bugs (Heteroptera) of the Neotropics, Entomology in Focus 2* (pp:395-419). Springer Science-Business Media Dordrecht. DOI 10.1007/978-94-017-9861-7_14
- Hansen, M. (2000). Botrytis blight of peony. *Virginia cooperative extencion, Knowledge for the Common Wealth*, 450-602.
- Hernández, J. R. y Hennen, F. (2002). The genus *Ravenelia* in Argentina. *Mycological Research*, 106(8), 954-974.

Hernández, M. P. y Villaverde, R. A. (2019). Claveles del aire. En: A. Aprea y M. Murace (Ed.), *Problemáticas sanitarias del arbolado. Enfermedades presentes en La Plata. Especial referencia a las de origen fúngico* (pp.113-119). EDULP.

Instituto de Botánica Darwinion. (2023, agosto 20). Darwin.edu.ar

Izurieta, G., Crespo, J., Barroso, A., Bustamante, E., y Esteban, J. (2002). *El arbolado en el medio ambiente*. Agencia Córdoba Ambiente.

Klema, C. (1992). *Guía para la recuperación del arbolado urbano en los municipios de la Provincia de Córdoba*. Gobierno de Córdoba.

Landi, L. (2013). Insectos exóticos de preocupación forestal: Avances de las recientes detecciones de escarabajos de ambrosía. <http://inta.gob.ar/documentos/escarabajos-de-ambrosia-y-avispa-taladradora-de-las-latifoliadas-tremex>

Larran, S., Perelló, A. y Balatti, P. (2023). Alteraciones fisiológicas causantes de enfermedad en plantas. En: P. Balatti y C. Mónaco (Ed.), *Introducción a la patología vegetal* (En prensa). EDULP.

Ledesma, M. (2008). *Arbolado público: Conceptos, manejo*. INTA-EEA Manfredi.

Lindquist, J. (1982). *Royas de la República Argentina y zonas limítrofes*. INTA.

Marelli, C. A. (1927). El gorgojo de los eucaliptos hallado en la Argentina [No es la especie originaria de Tasmania *Gonipterus scutellatus* Gyll.]. *Physis, Revista del Museo de La Plata*, 30, 257-269. <https://publicaciones.fcnym.unlp.edu.ar/rmlp/article/viewFile/1408/1098>

Marelli, C. A. (1930). Lucha contra el gorgojo de los eucaliptus. *Revista Maderil*, III (30),8-10.

Marquina, J. L. (2019). Arbolado urbano. En: A. Aprea y M. Murace (Ed.), *Problemáticas sanitarias del arbolado. Enfermedades presentes en La Plata. Especial referencia a las de origen fúngico* (pp. 9-15). EDULP.

Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP) del Gobierno de Uruguay. (2022). Alerta fitosanitaria: Picudo rojo de las palmeras. Dirección General de Servicios Agrícolas. <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/comunicacion/noticias/alerta-fitosanitaria-picudo-rojo-palmeras>

Montes, K. (2017). Endoterapia vegetal como técnica de control de plagas y enfermedades en árboles urbanos. Repositorio Institucional Universidad Nacional Agraria La Molina. Colección CFO-IF. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3439>

Moricca, S., Bracalini, M., Croci, F., Corsinovi, S., Tiberi, R., Ragazzi, A. y Panzavolta, T. (2018). Review Biotic Factors Affecting Ecosystem Services in Urban and Peri-Urban Forests in Italy: The Role of Introduced and Impending Pathogens and Pests. *Forests*, 9(65). DOI:10.3390/f9020065

Murace, M., Luna, M. L., Ciuffani, M. G. y Perelló, A. (2017). Modificaciones anatómicas y químicas en el leño de ejemplares del arbolado de la ciudad de La Plata (Buenos Aires) causadas por *Laetiporus sulphureus* (Basidiomycota, Polyporales). *Boletín Sociedad Argentina de Botánica* 52(4), 647-661.

Murace, M., Luna, M. L., Robledo, G. y Perelló, A. (2019). Pudrición del leño en los árboles urbanos. En: A. Aprea y M. Murace (Ed.), *Problemáticas sanitarias del arbolado. Enfermedades presentes en La Plata. Especial referencia a las de origen fúngico* (pp. 78-96). EDULP.

Pérez Miranda, R., Santillán, A., Donato, F. y Galeote, B. (2018.) Riesgo del arbolado urbano, estudio de caso en el Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza. *Revista Mexicana de Ciencias forestales*, 9(45), 208-228.

- Rivera, M. C. y Wright, E. R. (2020). *Apuntes de patología vegetal: Fundamentos y prácticas para la salud de las plantas*. Facultad de Agronomía.
- Salbitano, F., Borelli, S., Conigliaro, M. y Chen, Y. (2017). Directrices para la silvicultura urbana y periurbana. Estudio FAO. *Montes* (178). Roma, FAO. <http://www.fao.org/3/i6210s/i6210s.pdf>
- Sánchez, H. (2003). Manejo de insecticidas en ambientes urbanos. En: G. SILVA, R. HEPP (Ed.), *Bases para el manejo racional de Insecticidas* (203-236). Fundación para la Innovación Agraria (FIA), Facultad de Agronomía, Universidad de Concepción, Chillán, Chile.
- Schwarze, F., Engels, J. y Mattheck, C. (2000). *Fungals strategies of wood decay in trees*. Springer Verlag.
- Shigo, A. (1994). *Arboricultura moderna compendio: Un estudio de los sistemas para el cuidado de los árboles y sus asociados*. Durham: Shigo and Trees Associated.
- Taylor, N. y Nameth, T. (2004). Needle diseases on 2-needed conifers in Ohio. <http://ohioline.osu.edu/hyg-fact/3000/3071.html>
- UIIPM. University of Illinois Integrated Pest Management. (2004). *Cytospora* canker of poplars and willows. <http://ipm.illinois.edu/diseases/series600/rpd661/index.html>
- Vazquéz, A., Ducase, D. A., Nome, S. F. y Muñoz, J. O. (1983). Declinamiento del paraíso (*Melia azedarach* L.), síntomas y estudio etiológico de esta nueva enfermedad. *Revista Investigaciones Agropecuarias (INTA)*, 18(2), 309-320.

CAPÍTULO 9

Inventario forestal urbano

Diego Ramilo y Sebastián Galarco

Desde mediados del siglo pasado la población urbana ha experimentado un creciente aumento, pero es en las últimas tres décadas que se acentuó el interés y conciencia acerca de la importancia de la infraestructura verde -y del rol de los árboles y bosques urbanos en particular- en la provisión de servicios ecosistémicos que contribuyen a la sostenibilidad de las ciudades y al bienestar de sus habitantes (Hubacek y Kronenberg, 2013).

La planificación y gestión de los bosques urbanos requiere de información diagnóstica confiable y actualizada que oriente y soporte la toma de decisiones fundamentadas. Es a través de un inventario forestal urbano que dicha información se obtiene y es luego interpretada y significada para su utilización en el diseño de un plan de gestión, en la confección de programas operativos (plantación, cuidados culturales, poda, evaluación de riesgo), y en la elaboración o ajuste de normativa (reglamentos y ordenanzas). Adicionalmente, los datos colectados en inventarios pueden tener aplicación para estudiar los servicios ambientales que proveen los bosques urbanos y su valor económico (Nielsen et al., 2014) y para conocer y comprender mejor su funcionamiento.

Inventario forestal urbano

Un *inventario forestal urbano* (IFU) o *inventario del arbolado urbano* comprende un proceso de relevamiento, registro, procesamiento, análisis y almacenamiento de información sobre la vegetación arbórea de un área urbana objeto de estudio. Los límites del área a examinar son un elemento crítico para definir el alcance del inventario, los métodos y procedimientos a emplear y el tiempo y recursos que insumirá su realización.

Los métodos de inventario

El relevamiento puede tener diferentes niveles de detalle según se trate de superficies más o menos extensas de cubierta boscosa en zonas periurbanas (ej. bosques, reservas, parques, etc.), o de áreas correspondientes al ejido urbano en las que se requiere estudiar el bosque a nivel de los árboles individuales.

Existen diferentes *métodos de inventario*, cada uno con sus características en cuanto a procedimientos, los dispositivos empleados en la colecta de los datos, las ventajas y limitaciones respecto al tipo de variables que pueden relevar y la precisión con la que pueden hacerlo.

La información sobre el bosque urbano puede relevarse por medios aéreos o mediante estudios de terreno (Nowak, 2008). Los métodos basados en el uso exclusivo de medios aéreos, pueden brindar información sobre cobertura forestal -que es una variable frecuentemente estimada a partir de un IFU- a bajo costo relativo, a través del uso de teledetección y sus productos (imágenes satelitales, fotografías aéreas, imágenes LiDAR¹, imágenes obtenidas con UAV/drones), de sistemas de procesamiento y análisis digital de imágenes y de sistemas de información geográfica (SIG). Como recurso complementario a los medios aéreos, se han desarrollado métodos que recurren a la captura de imágenes desde el nivel del suelo y el uso de software para estimar algunos atributos individuales relacionados al volumen de copa (Abd-Elrahman et al., 2010; Patterson et al., 2011).

Los métodos aéreos presentan limitantes para proveer información de la estructura y estado del arbolado que son cruciales para su manejo, tales como especie, edad, tamaño de copa, interacción con infraestructura urbana, condición sanitaria y de riesgo, entre otras variables. Es mediante relevamientos de terreno que dicha información puede colectarse con precisión (Figura 9.1). En la mayoría de los casos, los métodos de terreno se apoyan y complementan con información de base obtenida a través de medios aéreos.



Figura 9.1. Trabajos de campo en medición y valoración de atributos de árboles individuales en el marco de un censo. Fuente: Izq. Municipalidad de Zapala, Neuquén. Centro: Radin (2010). Der. Observatorio de Desarrollo Territorial, Universidad Nacional de Avellaneda.

Por lo general, los IFU se concentran en la colecta de datos a nivel de árboles individuales porque proveen el nivel de detalle necesario para asistir a los gobiernos locales en una planificación y gestión eficiente en aspectos cruciales, como son: la identificación y priorización de los trabajos sobre el arbolado (poda, intervenciones sanitarias); la gestión del riesgo; la seguridad en el tráfico; la elección de especies; las decisiones de plantación, extracción y reposición; la estimación de costos de manejo, entre otras (Keller y Konijnendijk, 2012). En su forma tradicional, los IFU involucran trabajos de campo en los que se realizan mediciones

¹ Acrónimo del inglés LiDAR, *Light Detection and Ranging* o *Laser Imaging Detection and Ranging*, un LiDAR es un dispositivo que permite determinar la distancia desde un emisor láser aerotransportado a un objeto o superficie en el terreno, utilizando pulsos de luz infrarroja.

directas y valoración de atributos sobre los árboles individuales, lo que los limita al estudio en áreas públicas, quedando frecuentemente excluida de estos relevamientos -por motivos de acceso- la parte del bosque urbano que se encuentra en propiedad privada.

Censos y relevamientos por muestreo

Los *inventarios completos* (denominados también *censos forestales urbanos*) estudian el 100% de los árboles en áreas públicas; proveen información precisa y detallada que los caracteriza con fines de manejo y los localiza espacialmente, posibilitando su ubicación en un mapa. Sus mayores desventajas son el tiempo y esfuerzo que insume su realización, especialmente en grandes ciudades, y los costos asociados a su actualización periódica.

Los *inventarios por muestreo*, por su parte, son una alternativa para llevar a cabo relevamientos con menor costo y esfuerzo en comparación con un censo, pero los datos obtenidos son parciales y proveen solo una estimación de algunas características del bosque urbano con diferentes grados de precisión (Nowak, 2008). Es posible llevar a cabo inventarios completos por etapas, dividiendo el bosque urbano de acuerdo a diferentes criterios, priorizando el relevamiento de ciertas áreas por considerarlas más urgentes o relevantes en su estudio, o simplemente por no contar con los recursos (humanos, materiales o económicos) para hacerlo en su totalidad.

Funciones del IFU

La información recogida en un IFU es organizada en una base de datos y/o en un sistema de información geográfica (SIG), lo que permite a los gestores técnicos acceder a la información de forma rápida y sencilla para utilizarla en la toma de decisiones de planificación y operativas.

El inventario involucra tres funciones primarias:

1. Constituye la base de datos de información sobre árboles individuales, que en general incluye mínimamente: la ubicación del árbol, especie, diámetro del tronco, altura, condición o estado sanitario, presencia de defectos y/o riesgo que pueda representar para las personas e infraestructuras.
2. Como herramienta de planificación, la información sobre la población de árboles permite a los administradores identificar y priorizar los objetivos generales del bosque urbano y establecer las metas anuales y plurianuales.
3. Como herramienta gestión, facilita a los responsables técnicos la rápida identificación de los árboles que necesitan ser intervenidos (podados, tutorados, fertilizados, etc.) o extraídos y reemplazados. Los administradores de bosques urbanos utilizan el inventario para revisar periódicamente los árboles que han sido identificados como riesgosos.

Una cuarta función, que ha cobrado importancia creciente en los últimos años, es la del inventario como herramienta de cuantificación de los servicios ambientales que brinda el bosque urbano según su composición de especies, edades y distribución espacial.

La información generada por un IFU reflejará las características del arbolado al momento de su realización, por lo que constituye una “fotografía” del estado de situación a la fecha en que se realizó. El rasgo distintivo de elemento vivo y dinámico del bosque urbano, sujeto a cambios naturales y por la intervención del hombre, determina que la información del inventario requiere ser actualizada, lo que se logra por dos vías:

- Realizando periódicamente nuevos inventarios de actualización;
- Por incorporación, a la base de datos del arbolado, de las prácticas realizadas a cada árbol o en cada sitio/ubicación (ej. podas, extracciones, nuevas plantaciones).

El inventario forestal urbano y la información que de él se obtiene constituye la base o punto de partida para la definición del plan de manejo o gestión del bosque urbano. Es por ello que su realización demanda un diseño y planificación reflexiva y responsable, en la que se identifique claramente cuáles son las preguntas a responder, qué información se requiere colectar y para qué en relación a la gestión del arbolado. La definición imprecisa o desacertada de los objetivos del inventario, de las características a medir o evaluar en cada árbol (y las posibles categorías o estados que puede asumir cada una de ellas), o de los procedimientos de registro, procesamiento y análisis de los datos, pueden afectar la calidad y aplicabilidad final de la información generada, dilapidando tiempo, esfuerzo y recursos.

Importancia y ventajas del IFU

El IFU es un instrumento que describe el bosque urbano en términos de composición, estructura y estado, y constituye una herramienta de soporte para su administración, entre cuyas aplicaciones podemos mencionar:

- *Planificación y gestión urbana:* el inventario proporciona una visión completa de la distribución de los árboles en la ciudad. Esta información es esencial para una planificación urbana eficiente y para tomar decisiones informadas sobre dónde plantar nuevos árboles, dónde realizar mantenimiento y dónde se requieren acciones de conservación.
- *Monitoreo sanitario:* el seguimiento regular de la salud de los árboles es vital para prevenir enfermedades y plagas que podrían diseminarse y afectar al resto del arbolado. El inventario permite identificar y ubicar individuos enfermos o dañados, posibilitando una respuesta rápida y efectiva para su tratamiento o remoción.
- *Valoración del riesgo y la seguridad pública:* árboles mal mantenidos o en mal estado pueden representar un peligro para la seguridad pública. Un inventario permite identificar y abordar situaciones de árboles potencialmente riesgosos. Luego, a través de inspecciones, se evalúa y valorar el riesgo en los individuos identificados y se definen los cursos de acción a fin de evitar accidentes y daños a la propiedad.

- *Estimar recursos y presupuestos:* el inventario posibilita dimensionar los recursos necesarios para la gestión en términos de personal, equipamiento y fondos, y permite elaborar presupuestos para los planes anuales de mantenimiento, extracciones y plantación, tratamientos culturales, entre otros.

Por diversas razones, no siempre los pueblos y ciudades cuentan con un relevamiento de su arbolado. Aun cuando puedan disponer de un área técnica y de personal operativo destinado a labores en espacios verdes y/o arbolado urbano, la planificación racional y eficiente de las intervenciones es poco probable, ya que resulta muy difícil manejar aquello que se desconoce. En tales contextos, el manejo del arbolado es predominantemente de tipo reactivo: las intervenciones se realizan como respuesta al reclamo de los frentistas, por solicitud de otras áreas municipales, o cuando la acción es tan evidentemente necesaria que no puede omitirse o posponerse.

Contar con la información que provee un IFU tiene como ventaja la posibilidad de reconfigurar el manejo del arbolado hacia un modelo de gestión preventiva, en ajuste a un plan plurianual que proyecta las intervenciones para que se realicen en tiempo y forma, y a planes anuales que organizan las actividades.

Objetivos del inventario

El objetivo de un IFU es responder a preguntas básicas, tales como: *¿Qué hay? ¿Dónde está? ¿En qué estado se encuentra? ¿Constituye un riesgo sobre las personas o las infraestructuras?*

El tipo de información principal que se espera conocer y valorar como resultado del inventario es, como mínimo:

- N° de árboles y densidad.
- Diversidad de especies que lo componen
- Edad y envejecimiento de la población de árboles
- Condición general, relacionada al estado sanitario y estructural

El inventario actualizado permite al gestor técnico contar con un enfoque global que habilita la integración y desarrollo del bosque urbano con otras variables a considerar al gestionar una urbanización como, por ejemplo, la red vial y la circulación de diferente tipo de tránsito (transporte público, camiones, etc.), la ubicación de escuelas, hospitales u otros lugares de afluencia y tránsito peatonal, la distribución de la red aérea y subterránea de servicios, los sistemas de luminarias, la ubicación y orientación de cámaras de seguridad, entre otras tantas.

¿Qué relevar en un IFU?

Antes de realizar un inventario debe identificarse claramente cuál es su propósito (Ziesemer, 1978) y cuál es la parte del bosque urbano que interesa conocer y porqué (Smiley y Baker, 1988). El tipo y la amplitud de los datos recopilados sobre árboles individuales en el marco de un inventario se ajustarán a las necesidades identificadas en cada situación. La planificación de un inventario conlleva una serie de pasos o etapas que involucran su diseño, la capacitación y entrenamiento del personal, los trabajos de medición y evaluación a campo de los árboles y el registro de datos, la transferencia, control y procesamiento de los datos de campo y finalmente su análisis para elaborar información útil.

Planificar un IFU demanda una reflexión integral sobre todo el proceso, proyectando las diferentes etapas en sentido reverso, desde el producto final requerido hasta la explicitación de qué y cómo medir. La fase de diseño del IFU es determinante: en ella es necesario clarificar qué información es relevante para la toma de decisiones de gestión y, en línea con ello, definir qué información debería proveer el inventario como producto final. Luego considerar qué datos o atributos de los árboles serían necesarios, factibles de colectar y de analizar, y cómo se efectuaría dicho análisis para general la información requerida. Finalmente, esclarecido el conjunto de datos a relevar con sus respectivas escalas o estados que pueden asumir, se precisarán los procedimientos de medición, valoración y registro, estableciendo un conjunto de reglas tendientes a uniformar criterios. El entrenamiento del personal que conducirá los trabajos de campo es otro aspecto fundamental que no debe descuidarse.

En la práctica, hay un conjunto atributos -de los árboles individuales y del lugar donde están ubicados- que son de uso común en los inventarios en la mayoría de las ciudades. Nielsen et al. (2014) señalan aquellos más utilizados en diferentes métodos de inventario. A nivel local, entre los más frecuentes, podemos mencionar:

- *Identificación en el lugar*: ID del árbol, georreferenciación, ubicación en referencia a la calle donde se encuentra.
- *Composición*: especie, variedad;
- *Condición del árbol*: muerto, vivo, ausente; condición de copa, estado sanitario; defectos observados;
- *Variables dendrométricas*: altura, diámetro, tamaño de la copa (radio, ancho, longitud);
- *Atributos de la ubicación del árbol*: ancho de vereda, espaciamiento entre árboles, espacio de crecimiento, tipo de cazuelas;
- *Compromisos con infraestructura urbana*: distancia a edificaciones, veredas, cableado de servicios, etc.;
- *Identificación del riesgo*: hay diversos métodos de evaluación de riego (ver Capítulos 11 y 12). Las evaluaciones de riesgo requieren de personal técnico especialmente calificado y

generalmente no se realizan para la totalidad de la población inventariada, sino a posteriori sobre el conjunto de árboles identificados como potencialmente riesgosos.

- *Información de la persona que realizó el inventario:* nombre, fecha, hora de inicio y finalización.

En el diseño debería existir un equilibrio entre los objetivos del IFU, la cantidad y tipo de variables a relevar y los costos. Un número excesivo de atributos a considerar puede llevar a un aumento del tiempo insumido en examinar cada árbol, con un incremento significativo de los costos del inventario. Es función de los diseñadores del IFU el valorar, a los fines de análisis y generación de información útil, la relevancia y aplicabilidad de los diferentes atributos a medir y valorar durante los trabajos de campo, de modo de no malgastar tiempo y esfuerzo en colectar información irrelevante, difícil de analizar o de dudosa aplicabilidad para los objetivos establecidos para el inventario. Realizar pruebas de campo en las que se cuantifiquen los tiempos insumidos en la medición de diferentes conjuntos de variables y el posterior procesamiento y análisis de los datos obtenidos puede resultar muy útil para realizar ajustes y redefinir las variables que efectivamente se relevarán y las metodologías a adoptar.

Tecnología y herramientas

Si bien los datos para los inventarios de árboles se han recopilado tradicionalmente con papel y lápiz empleando planillas diseñadas a tal efecto, hoy en día están disponibles una amplia gama de tecnologías digitales y dispositivos que facilitan, aceleran, abaratan y mejoran la calidad del relevamiento. Las herramientas de teledetección, los sistemas de posicionamiento global (GPS), los dispositivos móviles y las aplicaciones de registro de datos contribuyen para recopilar datos de manera eficiente y precisa.

La elección de la metodología y la consideración de los atributos clave a relevar son fundamentales para recopilar datos de calidad que habiliten la toma de decisiones informadas sobre la gestión y planificación de la vegetación urbana. La tecnología moderna desempeña un papel destacado potenciando el análisis de datos a gran escala y facilitando su consulta inmediata. En nuestro medio, en los últimos años han surgido diversas empresas privadas que brindan servicios de inventario forestal urbano, algunas de las cuales desarrollaron software específico para la recolección de información en el terreno, su posterior análisis y presentación de reportes de resultados (Figura 9.2). También se han llevado adelante iniciativas institucionales como *Forestando Córdoba*, un programa gubernamental que incluye una plataforma digital para asistir a los trabajos de censo del arbolado público en la provincia. Alternativamente, existen herramientas informáticas gratuitas como el paquete *i-Tree* del Servicio Forestal de Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA FS) y el *OpenTreeMap*, desarrollado como proyecto colaborativo entre empresas privadas, instituciones e individuos.

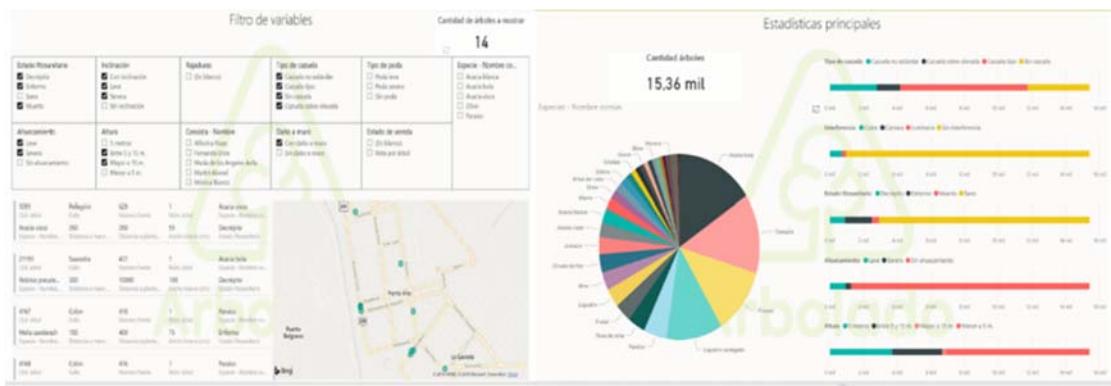


Figura 9.2. Uso de aplicaciones para la colecta de datos de campo, análisis y consulta de resultados.

Fuente: Arbolando (www.arbolando.com.ar)

No obstante las ventajas del uso de aplicaciones, es factible llevar adelante un inventario con un receptor GPS para ubicar los árboles, un colector de datos (o en su defecto planillas de campo) para registrar los atributos, software gratuito de planillas de cálculo o bases de datos (ej. LibreOffice, OpenOffice) para procesar los datos obtenidos y sistemas de información geográfica (ej. QGIS) como herramientas para realizar consultas geoespaciales y generar información útil para el manejo del arbolado (Figura 9.3).

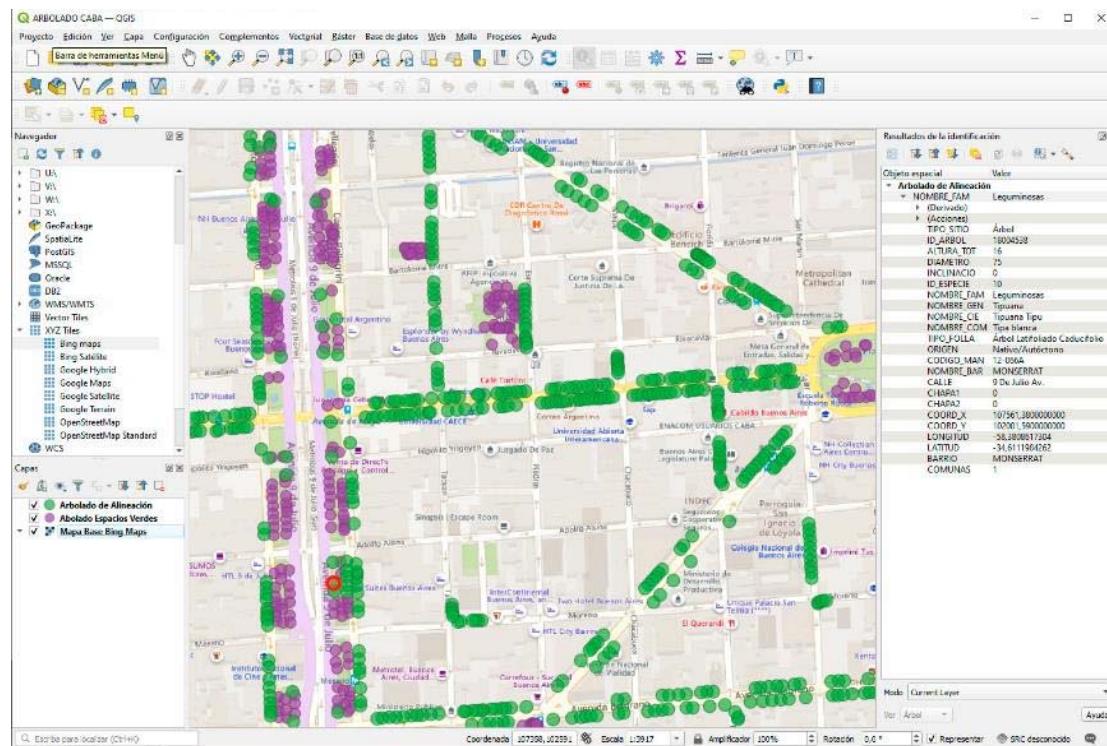


Figura 9.3. Uso de herramientas de software gratuito para consultas geoespaciales sobre el arbolado en relación a otras fuentes de información. QGIS sobre información del arbolado de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Fuente: elaboración propia a partir de datos abiertos CABA y QGIS.

Es fundamental entender que uno de los determinantes más importantes de un IFU es la calidad del recurso humano que lo llevará a cabo. El personal técnico debe tener experiencia y

una base de conocimientos acordes al trabajo que llevará adelante, tanto en la fase de diseño del inventario y la definición sobre qué datos colectar y cómo, en su implementación operativa con los trabajos de campo, y en el procesamiento y análisis de los datos obtenidos para generar información útil a la toma de decisiones de gestión. La capacitación en relación a las diferentes etapas del proceso es crucial, particularmente la del personal encargado de medir y valorar atributos mediante inspección de los árboles individuales. Estas labores requieren de un entrenamiento previo para dotar al personal los conocimientos y habilidades requeridas para el trabajo, y para uniformar criterios de valoración de los atributos y registro de los datos (Figura 9.4).



Figura 9.4. La capacitación del personal que llevará adelante las labores de campo es un aspecto decisivo en la calidad final del inventario. Fuente: propia.

La información del IFU como herramienta de gestión

La información provista por el inventario puede tener aplicación en una variada gama de temas vinculados a la gestión bosque urbano. Entre ellas, podemos mencionar:

- *Composición de especies*: la información puede asistir a profesionales paisajistas para seleccionar qué especies utilizar en relación al espacio disponible (McBride, 2008) en reposiciones y ampliaciones del bosque urbano; habilita el análisis de la participación o frecuencia relativa de cada una, a fin de mantener un balance en la diversidad de especies; puede emplearse para direccionar los objetivos y metas de producción de los viveros municipales sobre las especies a producir, en qué cantidades y la tipología de planta a lograr (Ramilo y Galarco, 2015);
- *Edad y condición general*: en la planificación de mediano plazo, para precisar las necesidades de renovación de parte del arbolado; la identificación y ubicación de árboles jóvenes tiene aplicación en la planificación espacio temporal de las podas de conducción y otras prácticas silviculturales;

- *Tamaño de los árboles e interferencia con infraestructura:* el tamaño de los árboles en relación a las características del lugar de plantación y el espacio disponible (ej. ancho de veredas, tipo de cazuelas, tipo de edificaciones, distancia a línea de edificación, infraestructura aérea de servicios) son diagnósticas para localizar individuos de tamaño excesivo para sitio donde se ubican y definir posibles intervenciones (poda, extracción y reemplazo).
- *Estado sanitario y condición estructural:* para conocer la cantidad, especies y ubicación de árboles enfermos o afectados por plagas con objeto de implementar medidas de manejo y control; determinar la cantidad y ubicación de individuos con defectos estructurales que suponen un peligro, para realizar las evaluaciones de riesgo de acuerdo a criterios de prioridad y luego los tratamientos tendientes a mitigar el riesgo; identificar especies con alta incidencia de enfermedades y evaluar su progresivo reemplazo por otras más tolerantes al ambiente urbano;
- *Áreas libres de árboles, cazuelas vacías:* la información sobre sitios libres y potencialmente aptos para forestar permiten planificar nuevas plantaciones, seleccionar las especies más adecuadas al espacio disponible y cuantificar la necesidad de plantas, personal y recursos para los trabajos operativos de plantación y cuidados iniciales.

Los ejemplos precedentes revelan que la información provista por el IFU es en sí misma de vital importancia para la gestión del arbolado. Sin embargo, **cuando combinada en un sistema de información geográfica (SIG) con otras fuentes de información sobre el territorio, su valor y utilidad se potencian significativamente. Es posible realizar análisis espaciales y consultas combinadas y simultáneas sobre varias fuentes de información complementarias a la del inventario**, tales como información catastral, de tendidos de servicios (energía, gas, agua, cloacas), de infraestructura urbana (tipo y altura de luminarias, semáforos y señales de tránsito), zonificaciones urbanas (barrios, áreas comerciales, industriales), red vial (ancho de calzada y veredas, bulevares, tipo de tránsito), entre otras. A modo de ejemplo:

- Identificar árboles potencialmente riesgosos en zonas de alta afluencia de público, combinando información del IFU referida a la edad, condición sanitaria y estructural de los individuos, con otras fuentes que señalen la ubicación de escuelas, hospitales, zonas comerciales y áreas recreativas, con el objetivo de asignar recursos y fijar prioridades en las labores de evaluación de riesgo y su mitigación.
- Determinar la cantidad y ubicación de árboles que requieren de podas de elevación de copa hasta alturas mayores a la estándar, a partir de información sobre la edad y tamaño de los árboles, en combinación con información sobre la red vial y las arterias con tránsito de camiones y buses.

Es en las consultas espaciales sobre múltiples fuentes de información del territorio que los SIG demuestran su excepcional poder como herramienta de soporte a la toma de decisiones

informadas. Los administradores urbanos en general, y los de las áreas vinculadas al manejo del arbolado en particular, encuentran en esta tecnología un instrumento indispensable para una gestión proactiva y eficiente del bosque urbano.

Comentarios finales

El inventario forestal urbano es una fotografía del estado del arbolado al momento de su realización y es el punto de partida para elaborar el plan de manejo del bosque urbano que organice su gestión sostenible. Independientemente de la tecnología y de la existencia de aplicaciones que facilitan el trabajo, el diseño del IFU es un elemento clave del proceso que debería ser abordado por profesionales con la debida capacitación y experiencia. Asimismo, tan importante como la calidad del producto final del IFU es la capacidad técnica que deben tener los gestores del territorio para hacer uso integral de la información, en articulación multidisciplinaria con otras áreas de gestión del espacio público, tales como obras públicas, tránsito, seguridad, desarrollo y crecimiento urbano, y con empresas prestadoras de servicios de energía y comunicaciones.

Bibliografía

- Abd-Elrahman, A.H., M.E. Thornhill, M.G. Andreu, and F. Escobedo. 2010. A community-based urban forest inventory using online mapping services and consumer-grade digital images. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 12(4):249–260.
- Hubacek, K. y Kronenberg, J. (2013). Synthesizing different perspectives on the value of urban ecosystem services. *Landscape and Urban Planning* 109(1):1–6.
- Keller, J.K.K., y Konijnendijk, C.C. (2012). Short communication: A comparative analysis of municipal urban tree inventories of selected major cities in North America and Europe. *Arboriculture & Urban Forestry* 38 (1):24–30.
- McBride J.R. (2008). A method for characterizing urban forest composition and structure for landscape architects and urban planners. *Arboriculture & Urban Forestry* 34(6):359–365.
- Nielsen, A.B., Östberg, J. y Delshammar T. (2014). Review of urban tree inventory methods used to collect data at single-tree level. *Arboriculture & Urban Forestry* 40 (2): 96–111
- Nowak, D.J. (2008). Assessing urban forest structure: Summary and conclusion. *Arboriculture & Urban Forestry* 34 (6):391–392.
- Patterson, M.F., Wiseman, P.E., Winn, M.F., Lee, S.M. y Araman, P.A. (2011). Effects of photographic distance on tree crown attributes calculated using UrbanCrowns image analysis software. *Arboriculture & Urban Forestry* 37 (4):173–179.
- Radin, V. (2010). Censo del arbolado urbano de alineación en seis departamentos de San Juan. Consejo Federal de Inversiones – Provincia de San Juan. 61 pp. y anexos.
- Ramilo, D. y Galarco, S. (2015). Censo del arbolado público – Inventario forestal urbano. Conceptos básicos. Ciclo de capacitaciones para Municipios. Consejo Federal de Inversiones – Ministerio de Asuntos Agrarios de la Provincia de Buenos Aires. 94 pp.

Smiley, E.T. y Baker F.A. (1988). Options in Street Tree Inventories. *Journal of Arboriculture*. 14(2): 36-42.

Ziesemer, A. (1978). Determining need for street tree inventories. *Journal of Arboriculture* 11:210-213.

CAPÍTULO 10

Aproximación a la valoración del bosque urbano con enfoque en los servicios ecosistémicos

Analía Scarselletta y Elena Craig

Introducción a la aplicación de la valoración del arbolado urbano

En los capítulos previos se ha explorado la importancia del arbolado en la mitigación de los efectos del cambio climático en las ciudades, evidenciando que las áreas urbanas, a pesar de ser centros de desarrollo socioeconómico, enfrentan desafíos significativos debido al crecimiento no planificado, recursos limitados y externalidades negativas generadas por procesos de urbanización sin una adecuada planificación (Organización de las Naciones Unidas, 2016; Cepal, 2016).

Según el último informe del Banco Mundial, el aumento del uso del suelo urbano supera el crecimiento de la población hasta en un 50 %; para 2030, esto puede sumar al mundo hasta 1,2 millones de km² de nueva superficie construida. Esa expansión ejerce presión sobre el uso del suelo y sobre la naturaleza, lo que produce resultados indeseables adicionado a que las ciudades son responsables de dos tercios del consumo mundial de energía y de más del 70 % de las emisiones de gases de efecto invernadero.

En el mundo, más del 50 % de la población vive en zonas urbanas. Para 2045, la población urbana mundial aumentará en 1,5 veces hasta llegar a 6.000 millones de personas. Las autoridades municipales deben actuar con rapidez para planificar el crecimiento y proporcionar servicios básicos.

(Banco Mundial, 2023)

Es decir, la expansión no planificada de los centros urbanos ha llevado a pautas insostenibles de producción y consumo. Esto ha vuelto a las ciudades más vulnerables a desastres naturales y a los impactos del cambio climático. En este sentido, la pandemia por COVID-19 resaltó la vulnerabilidad de las ciudades y expuso las deficiencias en la estructura económica, social y ambiental.

En este contexto, la infraestructura verde emerge como una herramienta valiosa al proporcionar espacios de esparcimiento seguros (Ugolini et al., 2020; Fernández, 2013; Calaza et al., 2018) en casos como la pandemia, pero también ofrece innumerables servicios

ecosistémicos que hacen a las ciudades más eficientes en el consumo energético y más habitables antes los efectos del cambio climático como por ejemplo las islas de calor.

La gobernanza de la infraestructura verde enfrenta desafíos significativos, dados los niveles de incertidumbre ecológica, la complejidad social y política, así como las limitaciones de recursos fiscales y humanos (Odom Green et al., 2016). En el marco del Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 11: “Ciudades y Comunidades Sostenibles”, se destacan metas específicas para el año 2030 tales como la reducción del impacto ambiental per cápita de las ciudades, el acceso universal a zonas verdes y espacios públicos seguros, y la promoción de políticas integradas para la inclusión, el uso eficiente de los recursos y la mitigación del cambio climático (Objetivos de Desarrollo Sostenible, ONU). Construir ciudades verdes, resilientes e inclusivas requiere una intensa coordinación de políticas y decisiones de inversión por parte de los gobiernos nacionales y locales, así como la participación y el compromiso de toda la comunidad. Sin embargo, a pesar del reconocimiento de la importancia de los servicios ecosistémicos asociados a la infraestructura verde, estos a menudo se pasan por alto en los procesos de toma de decisiones (TEEB, 2010; Swinton et al., 2007). Por lo tanto, **es fundamental reconocer la valoración de estos servicios ecosistémicos como una herramienta para la gobernanza de los bosques urbanos con un enfoque sostenible e integral.**

En este capítulo, nos sumergiremos en la valoración del arbolado urbano y periurbano como una herramienta esencial para reconocer y proteger los servicios ecosistémicos que proporciona para contribuir a mitigar los efectos del cambio climático en entornos urbanos y a mejorar la calidad de vida de la comunidad. En primer lugar, exploraremos las funciones de la valoración. Luego, profundizaremos en los distintos enfoques, unidades de medida, métodos y herramientas disponibles para llevar a cabo esta evaluación. Finalmente, presentaremos algunos casos prácticos que ejemplifican la aplicación de estos conceptos en la actualidad.

En principio es importante destacar que la valoración en el ámbito del arbolado urbano es un tema tan novedoso como complejo, que, aunque se aplica en algunas ciudades del mundo, aún se encuentra en proceso de desarrollo. En este sentido, se pueden identificar dos corrientes principales de valoración en este ámbito. Una de ellas se centra en estimar el valor de cada árbol de manera individual, empleando habitualmente variables dendrométricas, costos de reposición y mantenimiento y, en ocasiones, considerando factores del entorno tanto sociales como ambientales. La otra corriente, en cambio, se orienta hacia la valoración de los servicios ecosistémicos proporcionados por los árboles y la infraestructura verde en las ciudades.

Para comprender cada uno de estos enfoques es imprescindible considerar la aplicación práctica, la utilidad y los recursos disponibles para aplicarla. Por ejemplo: la implementación de una compensación por daño ambiental necesitará de una correcta identificación del grado técnico del daño, de instrumental completo por parte del controlador, de una base de inspectores que controlen *in situ* la situación y de una completa disponibilidad de estos recursos en el territorio (Pengue, 2023).

En última instancia, nuestro objetivo es convertir los valores de los flujos de materia y energía en una forma comprensible para aquellos involucrados en la gestión de los bosques urbanos,

tales como funcionarios, ciudadanos/as, organizaciones sociales, emprendedores inmobiliarios, entre otros.

¿Cuándo estimar el valor de árboles urbanos?

De acuerdo con el sistema capitalista en el que estamos inmersos, tendemos a asignar valor a todo, no solo a los bienes de consumo, sino que llegamos a creer que cualquier cosa puede ser comprada e incluso que los daños ambientales pueden ser compensados económicoamente.

Aunque este concepto es complejo y debatible, dado que la naturaleza posee un valor intrínseco, **asignar valor al arbolado como mecanismo de compensación por el daño ambiental es una de sus principales utilidades**. Cuando se producen daños a los bienes públicos, resulta apropiado asignarles un precio de indemnización como un bien de la comunidad o bien colectivo (Dowhal, 2016). Esto se lleva a cabo, por ejemplo, en la provincia de Buenos Aires, donde según el artículo 12º de la ley 12.276-1999, el monto de la sanción por infracciones se determina por la dependencia municipal encargada del arbolado público. Esta entidad establece los valores de las multas en función del grado de daño sufrido por los ejemplares afectados. En algunas ordenanzas municipales, se asignan valores a las sanciones que equivalen a módulos definidos en el código de faltas municipales por cada árbol dañado, o bien se establecen en base a salarios municipales. Sin embargo, en la mayoría de los casos analizados, los montos son determinados de manera “arbitraria” por el juez de faltas. Otro ejemplo es el de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, en donde se implementa el método **SICAPESA** (Sistema de Compensación Ambiental por Equivalencia de Secciones Arbóreas) para evaluar y determinar la compensación requerida por la tala, según lo establecido en los artículos 15º y 14º de la ley 3.263-2009 de Arbolado Público de CABA, así como para los trasplantes. Este método calcula la sección arbórea del ejemplar a ser removido y la equipara con una cantidad determinada de ejemplares jóvenes, cuya suma resulte equivalente. Y se le aplica un coeficiente en función del estado general del árbol. Es decir, un árbol con un diámetro de 30 cm y una sección de 706 cm² sería compensado por 13 ejemplares jóvenes de tamaño comercial, cada uno con un diámetro de 12-14 cm (equivalente a 54 cm² de sección). Los detalles de este método se encuentran en el Plan Maestro para el Arbolado Público Lineal de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Tomo II (Anexo III - pág. 240).

Otra aplicación de la valoración del arbolado puede ser en causas judiciales, es decir cuando **hay conflictos de interés por daños causados por un árbol o en el árbol**. En este caso valorar el bien público o cuantificar servicios y diservicios del árbol puede ser un insumo para determinar acciones.

También se puede **considerar la valoración para la toma de decisiones en pliegos técnicos y licitaciones de obra pública y en proyectos de ordenamiento territorial**. A su vez, la cuantificación de las externalidades se puede aplicar en estudios de impacto ambiental y en valoración de riesgos.

Si asignamos un valor a la naturaleza, podremos cuantificarla. Si la cuantificamos, podremos gestionarla. Si gestionamos su valor, evitaremos su destrucción. Ese es el problema al que hemos estado sometidos durante cien años. Desde el momento en el que no consideramos ese valor, hemos tratado a la naturaleza como si fuera gratuita e ilimitada. Hemos estado consumiéndola sin ser conscientes del valor que estamos perdiendo.

Elliott Harris (Subsecretario General de Desarrollo Económico y Economista jefe de las Naciones Unidas)¹

Enfoques en torno a la valoración de la naturaleza en general y de los bosques urbanos en particular

En general, la valoración puede realizarse en distintas unidades y dependen de la utilidad de la valoración y de los actores involucrados. A su vez, desde un punto de vista más filosófico, las unidades dependen del enfoque aplicado: el enfoque economista convencional que convierte a la naturaleza en capital natural, el de ecología convencional, el de economía ambiental, el de economía ecológica u otro².

El enfoque de capital natural acarrea muchas controversias al instalar el reconocimiento de los servicios ecosistémicos a través de precios de mercado y al convertir la naturaleza en bienes intercambiables por dinero. Walter Pengue (2009) es muy crítico con los economistas convencionales que desconocen el intrincado y complejo funcionamiento de los ecosistemas, viendo solo el consumo y las pautas de crecimiento. Desde la economía ambiental también se ha intentado poner valor reconociendo los servicios ecosistémicos y supeditando la ponderación del valor a las preferencias del consumidor. Es de donde surge la ecuación de VALOR ECONÓMICO TOTAL (VET) (Toledo, 1998):

$$\text{VET} = \text{VA} + \text{VO} + \text{VE}$$

VA: Valor de uso actual, integrado por un valor directo y un valor indirecto del bien en cuestión. El valor directo está asociado a los servicios de aprovisionamiento, por ejemplo, en una especie arbórea puede ser leña, o materiales para la construcción y el valor indirecto esté asociado a los servicios de regulación como por ejemplo la retención de carbono, o de partículas contaminantes.

VO: Valor de opción. Se refiere al suministro potencial de servicios y productos para la humanidad en el futuro.

VE: Valor de existencia. Se refiere al valor subjetivo que le da la sociedad a la preservación de un determinado servicio ecosistémico o un bien común.

¹ Entrevista sobre el Módulo de Contabilidad de los Ecosistemas del Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica. Recorte disponible en: www.un.org/es/climatechange/elliott-harris-measure-value-nature

² Para profundizar en los fundamentos de cada una de estas posiciones recomendamos la lectura del capítulo 3. Distintas vertientes entre la economía y la ecología del libro Fundamentos de economía ecológica de Walter Pengue, 2009. Ed. Kaicron.

De esta ecuación surgen muchas de las metodologías que se desarrollarán en el siguiente punto.

Por otro lado, el Protocolo de Capital Natural³ propone tres enfoques de valoración para el capital natural en general: el cuantitativo, el cualitativo y el monetario. Esta propuesta parte de una simplificación de un proceso para llegar a cuantificar los servicios ecosistémicos. El enfoque de valoración seleccionado dependerá de la utilidad que se le dará, o de lo que se intenta informar. El proceso de valoración suele iniciar con un análisis basado en características cualitativas, posteriormente se procede a una medición cuantitativa y, finalmente, a una valoración monetaria según sea necesario, donde cada una de estas etapas puede influir en la siguiente. En algunas situaciones, una evaluación cualitativa o cuantitativa puede ser suficiente para cubrir los requisitos. No obstante, en otras circunstancias, puede ser necesario combinar los tres enfoques, especialmente cuando ciertos impactos no pueden ser fácilmente traducidos a términos monetarios o cuando faltan datos confiables para algunas variables.

Tabla 10.1 Enfoques de valoración: cualitativo, cuantitativo y monetario. Adaptado de Natural Capital Coalition (2016).

Enfoque	cualitativo	cuantitativo	monetario
Usos y aplicaciones	Suele ser útil para una evaluación preliminar. Puede ser la única opción en situaciones donde la valoración monetaria no es necesaria, y/o a algunas partes interesadas les resulta difícil aceptar o interpretar valoraciones monetarias. Por ejemplo, en relación con valores espirituales.	La medición cuantitativa en términos físicos suele ser requerida como insumo para la valoración cuantitativa, y normalmente también es un requisito previo para valoración monetaria.	Para proporcionar información sobre el valor marginal de cambios incrementales. También se puede utilizar para evaluar las tendencias del valor en función de cambios en las condiciones de oferta y demanda.
Enfoque	Descriptivo y se centra en percepciones subjetivas.	Descriptivo, basado en términos biofísicos	Asignación de precios de mercado
Implementación	A través de encuestas por cuestionario, enfoques u opiniones de expertos, etc.	Mediante el uso de cuestionarios, aplicación de indicadores e índices. Mediante enfoques de ponderación y puntuación.	Se asignan valores de mercado a la cuantificación biofísica utilizando precios observados en el mercado, o se miden preferencias sociales y métodos de

³ El Protocolo de Capital Natural es un marco de toma de decisiones que permite a las organizaciones identificar, medir y valorar sus impactos directos e indirectos y sus dependencias del capital natural.

			preferencia “revelados” o “declarados” para los impactos o dependencias que no tienen precios de mercado explícito.
Unidades / formas de expresión	La valoración cualitativa puede expresar el valor relativo utilizando términos como “alto, medio o bajo”, “sí o no”, u opciones de clasificación utilizando categorías o escalas definidas.	Se expresa el valor en términos numéricos, no monetarios.	Se expresa en moneda de cambio o puede expresarse en equivalentes a una unidad (Por ejemplo: unidades de salario mínimo)
Observaciones	La valoración cualitativa también puede adoptar la forma de relatos, historias clínicas, citas o expresiones de respuestas emocionales a cambios en el capital natural.	Es indispensable citar la fuente de información para aportar confiabilidad a los datos.	Para determinar el valor de los impactos y/o dependencias en una unidad de medida común; Determinar los costos y beneficios netos de una intervención que altere la calidad y/o cantidad de servicios ecosistémicos y/o abióticos proporcionados; Evaluar cómo se distribuyen los costos y beneficios entre las diferentes partes interesadas; Evaluar la magnitud de las posibles fuentes de financiación o ingresos.

Fuente: elaboración propia

En síntesis, basándonos en el enfoque, la utilidad de la valoración y la información disponible, podemos utilizar diversas unidades de medida. A modo de ejemplo, podemos mencionar categorías cualitativas como “alto, medio y regular”, escalas numéricas y valores biofísicos como la concentración de partículas contaminantes por unidad de superficie, así como los valores de precios de mercado.

Herramientas disponibles para valorar el bosque urbano partiendo de la provisión de servicios ecosistémicos

Los métodos disponibles para valorar los servicios ecosistémicos se basan principalmente en estimaciones de preferencias subjetivas o en los precios de mercado, dependiendo del servicio ecosistémico específico. Se recomienda un enfoque particular según cada caso (Figura 10.1). La mayoría de estos métodos fueron sistematizados y definidos por Penna, De Prada y Cristeche en 2011.

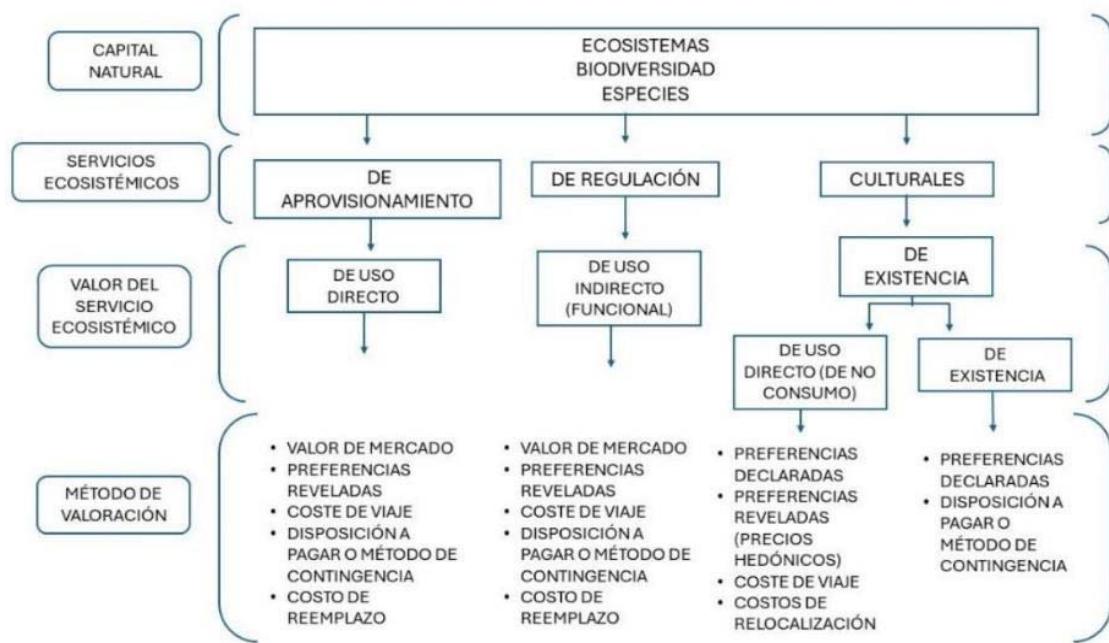


Figura 10.1. Métodos de valoración sugeridos de acuerdo con el servicio ecosistémico considerado.
Adaptado de Barbier, 1997; Alonso Mendoza P. 2023.

Siguiendo los enfoques previamente descritos, se identifican diversas técnicas de recopilación de información. Estas incluyen entrevistas semiestructuradas y estructuradas, encuestas de preferencia (como el Proceso Analítico Jerárquico) y datos de indicadores, tales como las emisiones de ciertos gases al aire, toneladas producidas por hectárea, riesgo de extinción de especies y número de visitantes o transeúntes por día. Además, se pueden emplear parámetros establecidos por la normativa local o internacional, así como datos oficiales o información pública.

Para el enfoque económico, también se pueden incluir los costos/precios pagados por bienes y servicios comercializados en los mercados (por ejemplo: tonelada de madera, carbono, valor de la factura del agua o permiso de contaminación); otra información financiera (por ejemplo: valor financiero estimado de pasivos, activos, cuentas por cobrar) y otras interpretaciones de los datos del mercado (por ejemplo: de demanda derivadas, costos de oportunidad, costos de mitigación/comportamiento aversivo o costo sanitario).

Asimismo, existen herramientas informáticas disponibles y accesibles para recopilar datos y modelar el valor de los servicios ecosistémicos. Estas herramientas se apoyan en sistemas de información geográfica (SIG) y pueden adaptarse según las necesidades específicas del proyecto y los datos disponibles. Tanto InVEST como Aries son aplicables a cualquier tipo de ecosistema, mientras que I-Tree se destina exclusivamente a los ecosistemas forestales o arbóreos.

InVEST: Es un conjunto de modelos de software gratuitos y de código abierto utilizados para mapear y valorar los bienes y servicios de la naturaleza. Desarrollado con base en la Universidad de Stanford y la asociación NatCap. Los modelos InVEST son espacialmente explícitos, utilizan mapas como fuentes de información y producen mapas como resultados. InVEST devuelve resultados en términos biofísicos (por ejemplo: toneladas de carbono secuestrado) o económicos (por ejemplo: valor actual neto de ese carbono secuestrado). La resolución espacial de los análisis es flexible, lo que permite a los usuarios abordar el territorio a escala local, regional o global. Los modelos se basan en funciones de producción que definen cómo los cambios en la estructura y función de un ecosistema pueden afectar los flujos y valores de los servicios ecosistémicos en un paisaje. Los modelos tienen en cuenta tanto el suministro de servicios (por ejemplo: hábitats vivos como amortiguadores de olas de tormenta) como la ubicación y actividades de las personas que se benefician de los servicios (por ejemplo: ubicación de personas e infraestructura potencialmente afectadas por tormentas costeras). Está disponible en el sitio web: <https://naturalcapitalproject.stanford.edu/software/invest> (Figura 10.3).

I-Tree: Es un paquete de software que proporciona herramientas para la evaluación de beneficios y análisis forestal, tanto en entornos urbanos como rurales. Fue desarrollado a través de una asociación pública/privada cooperativa entre el Servicio Forestal del USDA, Davey Tree Expert Company, la Fundación del Día del Árbol, la Sociedad Forestal Urbana y Comunitaria, la Sociedad Internacional de Arboricultura, Casey Trees y la Facultad de Ciencias Ambientales de SUNY. Entre sus herramientas se encuentran: *I-Tree Canopy* (Figura 10.2), que permite estimar la cobertura arbórea; *I-Tree Eco*, para inventariar árboles individuales y estimar servicios ecosistémicos; y *I-Tree Design*, que ayuda a estimar los beneficios futuros de cada árbol en términos de dióxido de carbono, contaminación del aire, impacto de las aguas pluviales, ahorro de energía, entre otras herramientas. El software está disponible en el sitio web: <https://www.itreetools.org/>

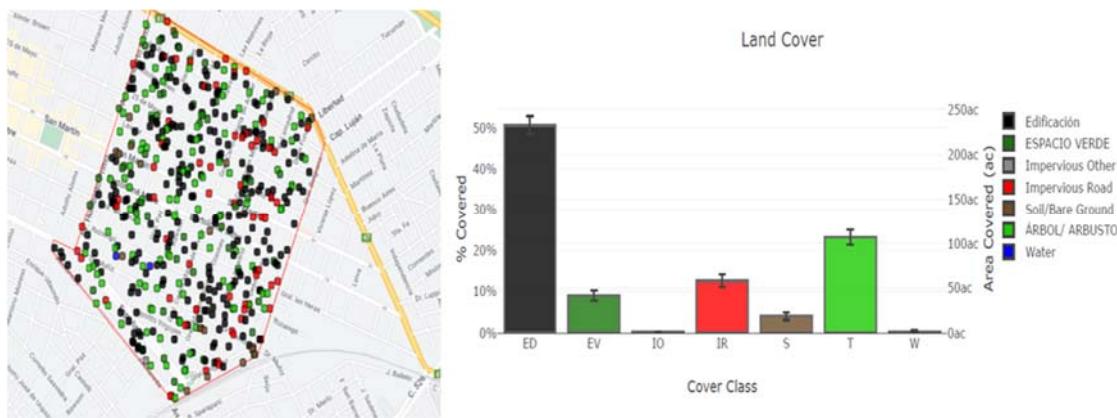


Figura 10.2. Ejemplo de la aplicación de la herramienta I-Tree Canopy. Estimación de la cobertura arbórea del barrio “Centro-estación” del partido de Luján, provincia de Buenos Aires. Estimación realizada con imágenes de Google® de octubre de 2023. Elaboración propia, 2024.

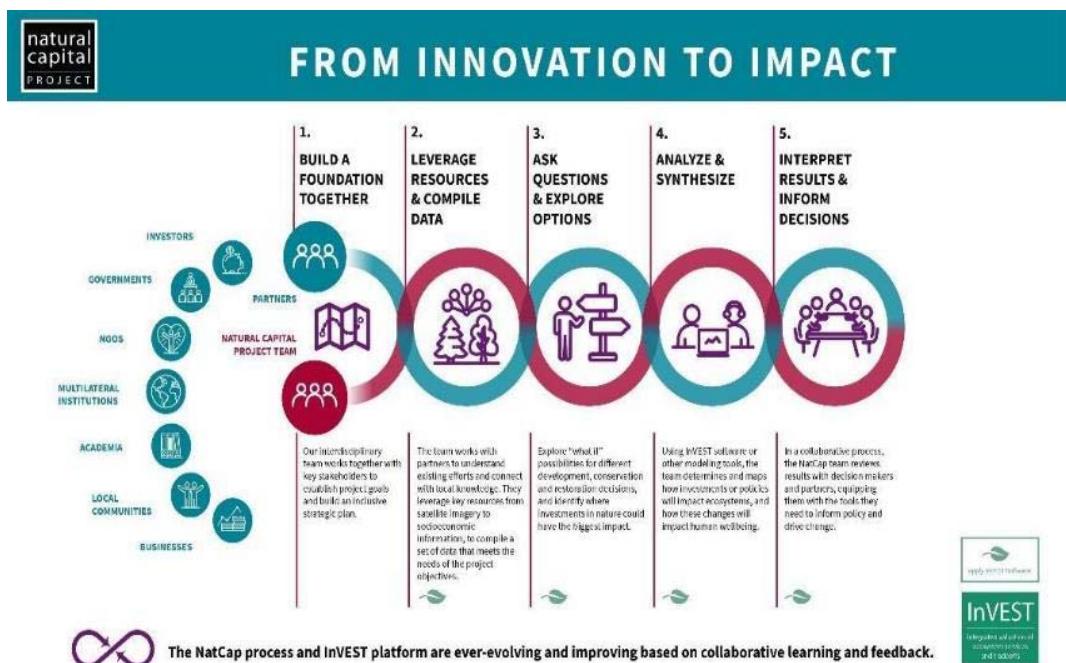


Figura 10.3. Diagrama de formulación del proyecto InVEST. Tomado de <https://naturalcapitalproject.stanford.edu>

Aries: Es una aplicación basada en Inteligencia Artificial que se construye sobre la plataforma de modelado integrado K.Lab. Utiliza datos y modelos del Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica de las Naciones Unidas (SEEA) y ofrece una interfaz de usuario para compilar cuentas y realizar un modelado integral del valor de los servicios ecosistémicos. Se encuentra disponible en: <https://aries.integratedmodelling.org>

Estas herramientas fueron elaboradas de forma cooperativa entre el sector público, profesionales de distintas disciplinas, organizaciones territoriales y el sector científico-académico.

Otros métodos de valoración de árboles individuales

Ya se han comentado métodos de valoración del arbolado a nivel regional, desde el sector público en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y la situación más frecuente en municipios de la provincia de Buenos Aires. En este apartado se mencionan dos métodos reconocidos a nivel internacional: la Norma Granada y el método COPIMA.

La **Norma Granada**, desarrollada y actualizada por la Asociación Española de Parques y Jardines Públicos (AEPJP), es el método de valoración ornamental más aplicado en España desde 1990, y desde ese entonces ha sido actualizada corrigiendo enfoques e incorporando nuevos paradigmas. La Norma discrimina árboles con carácter sustituible y árboles no sustituibles.

Un árbol se considera sustituible cuando es factible encontrar en el mercado otro ejemplar con tamaño y características similares. Esta valoración es relevante en situaciones como expropiaciones, ventas o al determinar el valor patrimonial del árbol. En estos casos, se evalúa la pérdida del árbol original, dado que su reemplazo no es siempre viable o deseable. Para calcular su valor, se considera el costo de reposición, que abarca la extracción, la adquisición de una nueva planta en vivero, los gastos de transporte, la preparación del suelo y la plantación, junto con el mantenimiento y la reparación de la vereda. A este costo se le asigna una probabilidad de falla. Además, se añaden al valor final una serie de factores intrínsecos del ejemplar, tales como su estado sanitario, estructura y características propias de la especie.

Distinto es el cálculo del valor de los árboles no sustituibles, es decir, aquellos ejemplares que no pueden ser reemplazados por otros con características similares. Para este cálculo, se parte de un valor básico (V_b) que incorpora información específica del ejemplar, como el perímetro del tronco, el grupo taxonómico al que pertenece la especie (coníferas o latifoliadas), datos de la tabla de velocidad de crecimiento de la especie y precios de mercado para los parámetros establecidos. Además de esto, se consideran una serie de factores intrínsecos y extrínsecos que se aplican al V_b para determinar el valor final del árbol (V_f).

El bloque de factores intrínsecos (BI) abarca diversos aspectos fundamentales del árbol, como su estructura en la zona radical, el cuello, el tronco y las ramas principales y secundarias. Además, se evalúa su estado sanitario, considerando la presencia de cuerpos fructíferos, insectos, pudriciones, perforaciones, cancros, tumores, exudaciones, ramas secas, yemas anormales, agallas, hojas cloróticas, hojas con puntuaciones, manchas internervales y perforaciones en hojas. También se tienen en cuenta las características particulares de la especie, como su potencial invasor, su contribución a la biodiversidad urbana en términos de frecuencia relativa dentro de la ciudad, así como su clase diamétrica.

Dentro de los factores extrínsecos (FE) la Norma Granada considera:

- *Factores extrínsecos de carácter social (BES)* como: singularidades históricas, culturales o simbólicas; estéticos por forma, atractivo cromático, floración, fragancia, poda topiaria, poda inadecuada o vandalismo y diservicios como potencial máximo alergénico, toxicidad, espinas, frutos malolientes y frutos y flores que manchan.

- *Factores extrínsecos de carácter ambiental (BEA)* en las que el evaluador considera características ambientales positivas y negativas, por ejemplo: pantalla sonora y visual, sombra, control de la erosión, reducción del viento, captación de CO₂, emisión de compuestos orgánicos volátiles.
- *Factores extrínsecos de localización (FEL)*: el evaluador valora la localización del ejemplar teniendo en cuenta ubicación, visibilidad y valores especiales.

Cada una de las variables mencionadas se evalúa utilizando tablas de estimaciones y escalas que se encuentran detalladas en el Manual de Aplicación de la Norma. Además, para considerar todos los factores analizados, se han establecido coeficientes de ponderación, lo que significa que no todos los factores tienen el mismo peso específico en la valoración final del árbol. El valor final (V_f) del ejemplar se calcula mediante una ecuación que integra todas estas consideraciones:

$$V_f = V_b \times BI \times (1 + FE) \quad \text{Sitio web: } \underline{\text{Norma Granada}}$$

El método de valoración conocido como **COPIMA**, nombrado en referencia a los tres municipios donde se desarrolló: Concepción, La Pintana y Maipú, es uno de los más ampliamente utilizados en Chile. Esta fórmula para determinar el valor de un árbol (V) considera diversos factores: el precio de la especie en el mercado local (A), el valor estético y sanitario del árbol (B), un índice de situación (C), y un índice de dimensiones (D).

$$V = (A \times B \times C \times D) / 10$$

A	Precio de la especie en el mercado local: la planta debe tener 12 a 14 cm de perímetro a la altura del cuello, la altura total para especies perennes es 3,5 a 4,0 m, y para coníferas y palmeras 2,0 a 2,5 m.
B	Para el valor estético y sanitario del árbol la escala es 1 a 10 dependiendo de la belleza del ejemplar, su relación con la protección, salud, vigor y valor dendrológico: 10 (planta sana, vigorosa, solitaria y destacable), 9 (sana, vigorosa, en grupo de 2 a 5 destacables), 8 (sana, vigorosa, en grupo, en cortinas o hileras), 7 (sana, vegetación mediana, solitaria), 6 (sana, vegetación mediana, en grupo de 2 a 5), 5 (sana, en grupo, cortina o hilera), 4 (poco vigorosa, envejecida, solitaria o en hilera), 3 (sin vigor, en grupo, mal formada), 2 (sin vigor, enferma, sólo en hilera) y 1 (sin valor).
C	El índice de situación valora la situación relativa del árbol en su entorno, según el grado de urbanización del sector donde se encuentra: 10 para el centro urbano, 8 para barrios, 6 para zonas rurales o agrícolas.
D	En el índice de dimensiones el árbol se valora midiendo su perímetro a una altura de 1,3 m del nivel del suelo; su puntuación será: 2 (<30 cm), 3 (30 a 60 cm), 6 (60,1 a 100

	cm), 9 (100,1 a 140 cm), 12 (140,1 a 190 cm), 15 (190,1 a 240 cm), 18 (240,1 a 300 cm), 20 (>300 cm).
--	---

Mauricio Ponce Donoso (2017) evaluó la incorporación de nuevos criterios en las fórmulas aplicadas en Chile: a) que incluyan variables de servicios ecosistémicos; b) que las variables permitan una aplicación práctica de la fórmula, preferentemente a nivel de municipios; c) que el valor monetario final permita una real capacidad de resarcimiento por la pérdida del árbol, haciéndola viable en los Juzgados, tanto en su valor mínimo como máximo; d) que su valor monetario no presente diferencias significativas con la fórmula CTLA⁴ o COPIMA; y finalmente, d) se reduzcan las diferencias significativas entre tasadores y grupos de tasadores que fueron encontradas en otros estudios de los mismos autores. A continuación, se describe la nueva fórmula recomendada para aplicar en municipios chilenos.

$$\text{Valor (US\$)} = \text{UTM} \times \text{T} \times \text{U} \times \text{S} \times \text{A} \times \text{E} \times \text{FE} \times \text{DS}$$

UTM	Unidad Tributaria Mensual del mes en que se realiza la valoración
T	Tamaño, que se expresa como una relación entre el DAP y el volumen de copa, expresado en metros cúbicos, que es además corregido de acuerdo con la forma.
U	Ubicación, que considera a la especie emplazada en un sitio correcto, adecuado suelo, cazoleta y espacio.
S	Condición sanitaria del árbol, donde se busca identificar la vigorosidad que presenta el espécimen, tanto en la copa, fuste, ramas y raíces que están a la vista
A	Amenidades, donde se evalúa las características plásticas del árbol tanto individualmente o como grupo, incorporando aspecto de floración, fragancia y otras; puede tomar el valor de 1,5; 2,4 o 3,0.
E	Características Ambientales, relacionadas con el aporte a la biodiversidad, reducción del ruido, reducción del material particulado, reducción de gases de efecto invernadero, mejora de la humedad ambiental, reducción de los rayos ultravioleta y disminución de la erosión; el valor fluctúa entre 1,0 y 3,0.
FE	Factores Especiales, que corresponde a la ponderación para ampliar el valor del árbol al identificar variables especiales a destacar, tales como: ubicación en un arboretum, árbol de componente histórico (debidamente documentado), relict,

⁴ CTLA: fórmula del Council of Tree and Landscape Appraisers de los Estados Unidos. Considera el área de la sección transversal del tronco a 1,4 m sobre el nivel del suelo, multiplicado por un valor basado en el costo de la disponibilidad de la especie en viveros regionales. El valor es multiplicado por factores tales como condición, ubicación y calidad, usando una ponderación entre 0,0 a 1,0 para cada factor:

$$\text{Valor (US\$)} = (\text{área del tronco (cm}^2\text{)} * \text{precio básico cm}^2\text{)} * \text{especie} * \text{condición} * \text{localización}$$

	fuente de calidad genética u otro. Por cada uno de estos se podrá ponderar proporcionalmente en un 5 %, con un máximo de 30 %.
DS	Diservicios, corresponde a la ponderación para reducir el valor del árbol al identificar variables que generan problemas, tales como alergias, caída de hojas, caída de frutos, rotura de infraestructura u otros. Se podría descontar un máximo del 10 %.

Además de los mencionados, en el contexto internacional se han desarrollado y se aplican otros métodos de valoración del arbolado, tales como el método Helliwell, el Método Estándar de Evaluación de Árboles (STEM), los métodos italiano y francés, el desarrollado por la Intendencia de Montevideo (IM), la Valoración Monetaria del Árbol Urbano (VaMA), el método suizo y el método Burnley, así como el método Contato-Carol, entre otros. Cada uno de estos métodos responde o intenta responder a las demandas y oportunidades específicas de cada territorio.

Recientemente, el Concejo de Arboricultores Europeos⁵ ha publicado el primer borrador de un ESTÁNDAR DE CÁLCULO DEL VALOR DE LOS ÁRBOLES PARA ARBORISTAS. Esta guía tiene como objetivo definir el enfoque para calcular el valor de los árboles de servicios en toda la comunidad europea y está actualmente en proceso de evaluación y recepción de sugerencias.

Aproximación a un caso práctico con enfoque integral

Al valorar, reconocemos que los árboles no son simplemente objetos con valor intrínseco, sino que también proporcionan servicios que poseen un valor de mercado directo o indirecto. Por lo tanto, no es suficiente contabilizar los árboles individualmente como activos o bienes naturales, sino que es necesario empezar a cuantificar los servicios ecosistémicos que ofrecen.

En el ejemplo desarrollado a continuación⁶ se aplica una adaptación al Protocolo de Capital Natural previamente mencionado. En este caso, nos enfocamos en cuantificar los impactos en la provisión de servicios ecosistémicos al aplicar un plan de gestión sobre un determinado activo natural, siendo que el objetivo principal del plan es reducir los factores de degradación sobre dicho activo y así potenciar la provisión de servicios ecosistémicos.

Este proceso implica definir el área a evaluar, identificar los activos naturales y los servicios ecosistémicos asociados, reconocer los factores de degradación que limitan el potencial de estos activos para ofrecer dichos servicios, y aplicar un plan de acción para mitigar estos factores de estrés, es decir, para potenciar la provisión de servicios ecosistémicos (Figura 10.4).

⁵ The European Arboricultural Council (EAC) es un foro donde se reúnen delegados de diversas organizaciones arborícolas de toda Europa con el objetivo de elevar el estatus y avanzar la profesión actuando como enlace en asuntos que van desde la investigación y la educación hasta el establecimiento exitoso de árboles y la mejora de las prácticas laborales. <https://www.eac-arboriculture.com/>

⁶ Evaluación realizada en el marco del curso de posgrado titulado “Servicios Ecosistémicos de Bosques Urbanos y Capital Natural”, como parte del programa de la Maestría en Jardines Históricos y Servicios Ecosistémicos de la Infraestructura Verde ofrecido por la Universidad Politécnica de Madrid.

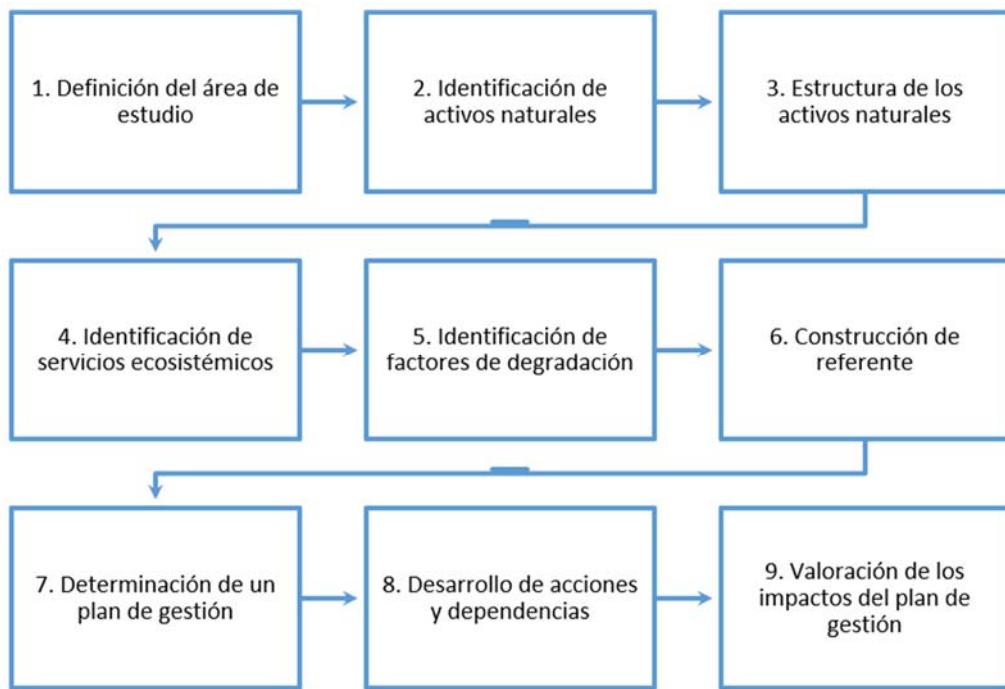


Figura 10.4. Secuencia aplicada para la valoración de los servicios ecosistémicos con enfoque integral.
Elaboración propia.

El caso de estudio se centra en un corredor verde ubicado en la ciudad de Luján, provincia de Buenos Aires. El área específica abarca las plazoletas, el bulevar y las veredas hasta la línea municipal de la Avenida España, en el tramo comprendido entre la altura 0 y 900 (Figura 10.5).



Figura 10.5. Mapa del área de estudio. Elaboración propia, 2024.

Se identificaron los activos naturales del área de estudio, los cuales se clasificaron en: especies, como *Jacarandá mimosifolia* y *Platanus x acerifolia*; en hábitats, como el césped del bulevar y las plazoletas con otras especies arbóreas. Además, se describieron estos activos mediante el cálculo de su extensión, incluyendo la cantidad de ejemplares y los metros cuadrados de cobertura arbórea. A continuación, se detallaron los servicios ecosistémicos asociados a estos activos, siguiendo la clasificación CICES Versión 5.1 (Tabla 10.2).

Tabla 10.2. Identificación y clasificación de servicios ecosistémicos para los activos *Jacarandá mimosifolia* y *Platanus x acerifolia* de acuerdo con la matriz CICES

Código CICES	Servicio ecosistémico
2.2.1.1	Control de ratios de erosión
2.1.2.2	Atenuación del ruido
3.1.1.2	Características de los sistemas vivos que permiten actividades que promueven la salud, la recuperación o el disfrute a través de interacciones pasivas u observacionales
2.2.1.3	Regulación del ciclo hidrológico y del flujo de agua
3.2.2.1	Características o características de los sistemas vivos que tienen un valor de existencia
5.1.2.1	Mediación de molestias por estructuras o procesos abióticos
2.2.2.3	Manteniendo poblaciones en sus primeros estadios de vida y hábitats
3.1.2.4	Características de los sistemas vivos que permiten experiencias estéticas.
2.2.6.1	Regulación de la composición química de la atmósfera
2.2.6.2	Regulación de temperatura y humedad, incluyendo ventilación y transpiración

Fuente: elaboración propia, 2024.

De acuerdo con el punto 5 del proceso de evaluación, se identificaron los principales factores de degradación (FDG) de estos activos, que limitan la provisión de servicios ecosistémicos (Tabla 10.2 y Figura 10.6). Los FDG más ponderados fueron las podas innecesarias y las mutilaciones, justamente intervenciones que están prohibidas sin autorización correspondiente (Ley provincial 12.276-1999 y Ord. municipal 7875-2022).

Tabla 10.3. Identificación de factores de degradación para los activos naturales: *Platanus x acerifolia* y *Jacaranda mimosifolia*

EXTERNOS		INTERNOS
ANTRÓPICOS	NATURALES	
Podas/ mutilaciones/ desmoches	Déficit hídrico	Senescencia de ejemplares arbóreos
Cambio de uso del suelo	Incendios	Decrepitud de ejemplares
Vandalismo	Calores extremos	
Abandono	Plagas	
Daños por frentistas	Enfermedades	
Cortes de raíz mal ejecutados	Especies exóticas invasoras	

Fuente: elaboración propia, 2024.



Figura 10.6. Ponderación de los factores de degradación (FDG) de los activos naturales *Platanus x acerifolia* y *Jacaranda mimosifolia* calculada a partir de la estimación subjetiva de la frecuencia de ocurrencia por la intensidad del impacto sobre el activo. Elaboración propia, 2024.

Con la construcción de un referente o una situación ideal se generó un plan de gestión a cuatro años (plan de preservación), teniendo en cuenta la experiencia de Villadelmoros (2016). Se identificaron las acciones y los impactos y dependencias de cada una de esas acciones y se realizó una estructura de costos.

Tabla 10.4. Plan de gestión para el activo especie (*Platanus x acerifolia* y *Jacaranda mimosifolia*)

ACCIÓN	IMPACTOS		DEPENDENCIAS
	POSITIVOS	NEGATIVOS	
Reposición progresiva con ejemplares de especies autóctonas (Por ejemplo: timbo-ibirá pita, lapacho)	Mantenimiento de la identidad del corredor.	Pérdida de la identidad de la “avenida de los plátanos”.	Cartelería y actividades de educación ambiental pensando en las instituciones locales. Mano de obra. Disponibilidad de plantas de calidad. Aceptación de la población (hurtos o destrucción). Comunicación sobre el trabajo a la población.
SOBRE PARTE AÉREA: Despeje de espacio aéreo privado. Limpieza de ramas con débil ángulo de inserción, secas y en mal estado.	Disminución del riesgo a daños a personas o bienes. Indicio a la población local sobre la labor de la gestión municipal.		Mano de obra (cuadrilla + supervisor). Combustible. Maquinaria. Comunicación sobre el trabajo a la población.
SOBRE PARTE RADICULAR: Corte vertical con confinamiento.	Disminución del riesgo a daños a personas o bienes Indicio a la población local sobre la gestión municipal	Adición de ruidos molestos durante las labores	Mano de obra (cuadrilla + supervisor). Combustible. Maquinaria. Comunicación sobre el trabajo a la población.
SOBRE LAS VEREDAS: Agrandamiento de cazuelas. Reparación de veredas.	Disminución del riesgo a daños a personas o bienes. Indicio a la población local sobre la gestión	Adición de ruidos molestos durante las labores.	Mano de obra (cuadrilla + supervisor). Combustible. Maquinaria.
Relevamiento técnico de ejemplares. Evaluación del riesgo.	Mejora de percepción de la población sobre la gestión del espacio verde.	Contradicciones de la población, no aceptación del diagnóstico.	Personal capacitado para el relevamiento. Instrumentos de medición Capacitaciones. Comunicación sobre el trabajo a la población.
Extracción de ejemplares: - enfermos - de riesgo - que interfieren con un servicio público (art. 5º ley provincial 12.276/99)	Disminución del riesgo a daños a personas o bienes. Indicio a la población local sobre la gestión municipal	Aumento de la insolación Percepción de un sector de la población por extraer ejemplares	Cartelería y actividades de educación ambiental pensando en las instituciones locales. Mano de obra para las tareas. Combustible. Maquinaria – herramientas. Comunicación sobre el trabajo a la población.

Fuente: elaboración propia

Finalmente, se calculó el porcentaje en el que las acciones definidas en el plan de gestión reducirían los factores de degradación, con el objetivo de potenciar los servicios ecosistémicos proporcionados (Figura 10.7). Se seleccionaron algunos de los servicios ecosistémicos previamente identificados, para los cuales se llevó a cabo una búsqueda bibliográfica con el fin de identificar unidades y metodologías de estimación. Luego se aplicaron de acuerdo a la estructura de los activos.

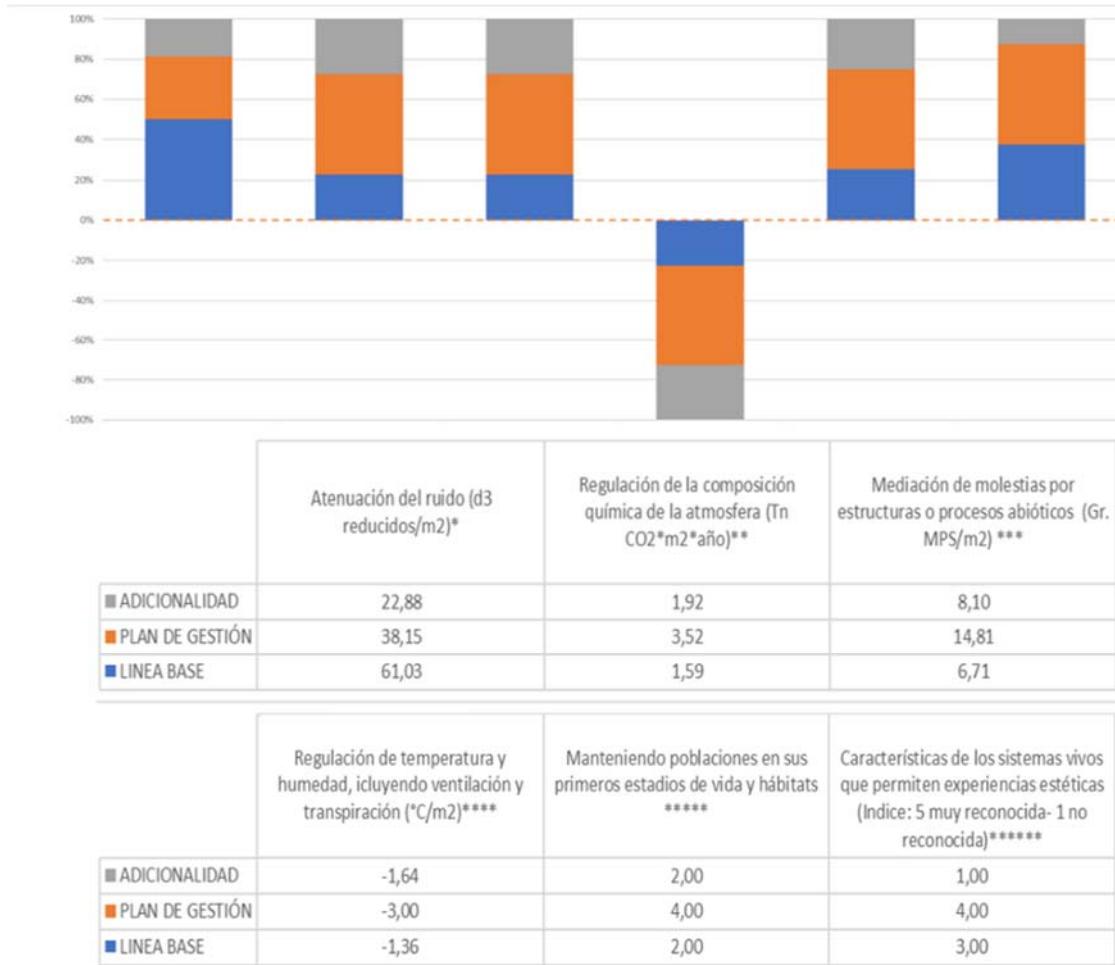


Figura 10.7. Estimación de la provisión de servicios ecosistémicos de los activos evaluados. Línea de base, plan de gestión y adicionalidad. Elaboración propia, 2024. *Nota.* *Cook, D., Haerbeke, D. (1971). **Valores de tabla de la calculadora de absorción de CO2 de especies forestales de España. ***Valores de tabla de Alcalá et al (2008). ****Villavicencio Ordóñez, Johanna Elizabeth (2011). *****Probabilidad de avistaje de aves de acuerdo con la ONG “Grupo de los Sábados” (GDLS, Decreto Municipal 1408/14) y contribuciones de registros de reconocidos observadores de aves (Narosky e Yzurieta; Martín de la Peña; sitio de internet www.ecoregistros.org). *****Encuestas de preferencia. *****Índice normativo local

El ejemplo simplificado constituye una estimación de las posibles repercusiones o los impactos de un plan de gestión. Esta metodología podría ser útil para presentar proyectos a los tomadores de decisiones, para solicitar financiamiento, o como estrategia comunicacional para la comunidad en general.

Consideraciones finales

La determinación del valor del arbolado urbano y de sus servicios ecosistémicos es solo una componente de la gestión integral y sostenible del bosque urbano y no puede ser considerada como una estrategia aislada. Por otro lado, es importante reconocer que el valor que se le otorga tiene cierto grado de imprecisión, ya sea por la metodología aplicada, por las variables o factores considerados o por la subjetividad que imprime cada evaluador. A su vez, dado que la valoración de servicios ecosistémicos es un tema ampliamente debatido y en constante producción, es fundamental mantener la **precisión** en la recopilación de información, datos y métodos que sean técnicamente sólidos desde una perspectiva científica y económica, y que además sean acordes para el propósito deseado. Dado que obtener datos puede ser un proceso complejo, se sugiere **priorizar o jerarquizar los servicios ecosistémicos** según el propósito de la valoración y las necesidades de los destinatarios del mensaje. Por otro lado, todas las estimaciones subjetivas, datos, advertencias y métodos utilizados tienen que ser **transparentes, trazables, completamente documentados y repetibles**. Esto permite su eventual verificación o auditoría, según sea necesario y aporta a su credibilidad (Natural Capital Coalition, 2016).

Las dificultades y desafíos en este campo son diversos, incluyendo la necesidad de un trabajo interdisciplinario y coordinado, la asociación entre valoración biofísica, económica y social y la participación ciudadana. Es esencial comprender que la metodología de cuantificación debe seguir principios éticos y morales, ya que estamos traduciendo información para los responsables de definir políticas.

En resumen, enfrentamos el desafío de desarrollar una valoración económica responsable que responda a las necesidades de la ciudadanía, del ambiente y de las generaciones futuras.

Si seguimos permitiendo que la economía lo domine todo, estaremos tomando la vía rápida hacia el desastre. Podemos cambiar las cosas; no es fácil, pero sí posible. Estar informados es la mejor manera de tomar las decisiones correctas
(Elliott Harris)

Agradecimientos

A nuestras familias. A la Universidad Nacional de Luján. Al equipo de la Universidad Politécnica de Madrid Gabriel Dorado Martín, Jesús Carrasco, Laura Vargas Kostiuk y Pedro Calaza Martínez.

Bibliografía

Alonso, P. (2024). Anteproyecto de mejora de los servicios ecosistémicos del sector 9 “Lavanderas”.

Banco Mundial (2023). Informe de desarrollo urbano.
<https://www.bancomundial.org/es/topic/urbandevelopment/overview>

- Barbier, E., Acreman, M. y Knowler, D. (1997). *Economic Valuation of Wetlands*. Cambridge: IUCN.
- Calaza, P., Cariñanos, P., Escobedo, F., y Schwab, J. (2018). Crear paisajes urbanos e infraestructura verde. *Unasylva*. 69.
- Calaza-Martinez, P., Arrieta León, J., Ayuga Téllez, E., Ayuga García, A., Eiras Carlín, J., Medina Martínez, F., García Ventura, C., Guillén Pérez, M., Ángeles Grande, M., Iglesias Díaz, M.I., González García, C., Mena Ros, A., Ochoa Rego, J., Pereira Espinel, J., Sánchez de Medina, A., Ugidos Álvarez, A. y Vilar Rivas, M. (2020). Norma Granada 2020. Método de valoración de árboles, palmeras y arbustos ornamentales. Manual de aplicación. Asociación Española de Parques y Jardines Públicos. Madrid. España.
- CEPAL (2016). Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: Una Oportunidad para América Latina y el Caribe. Organización de las Naciones Unidas.
- Cullen, S. (2007). Putting a value on trees – CTLA guidance and methods. *J. Arboric.* 30: 21-43.
- Cook, D. y Haerbeke, D. (1971). Trees and shrubs for noise abatement. Research Bulletin, University of Nebraska, College of Agriculture.
- Dowhal, A. (2016). Arboricultura Urbana: Gestión y manejo del arbolado público. Editorial Maipue. Pp: 267- 277.
- Fernández, G. (2013). Biodiversidad urbana. Aportes para un sistema de áreas verdes en la región metropolitana de Buenos Aires. (Vol. En colección Cuestiones Metropolitanas N° 14). Los Polvorines: Edu UNGS.
- Lawrence, A., De Vreese, R., Johnston, M., Sanesi, G. y Konijnendijk van den Bosch, C.C. (2013). Urban Forest governance: towards a framework for comparing approaches. *Urban Forestry and Urban Greening* 12(4): 464- 473.
- Ley provincia de Buenos Aires 12.276 de 1999. Régimen Legal del Arbolado Público. La Plata, 2 de marzo de 1999. Boletín Oficial, 5 de abril de 1999. Vigente, de alcance general. Id SAIJ: LPB0012276.
- Mayntz, R. (2006). Governance Theory als fortentwickelte Steuerungstheorie? In: G. F. Schuppert (Ed.), *Governance-Forschung. Vergewisserung über Stand und Entwicklungslinien* (pp. 11-20).
- Natural Capital Coalition (2016). Natural Capital Protocol. (Online) Available at: www.naturalcapitalcoalition.org/protocol
- Odom Green, O., Garmestani, A. S., Albro, S., Ban, N. C., Berland, A., Burkman, C. E., y otros. (2016). Adaptive governance to promote ecosystem services in urban green spaces. *Urban Ecosyst*, 19, 77-93.
- Organización de Naciones Unidas (2016). *Urbanization and development: World cities report 2016*. Nairobi. Naciones Unidas.
- Pengue, W. A. (2009). *Fundamentos de Economía Ecológica*. 1er Ed. Buenos Aires. Kaicron.
- Pengue, W. A. (2023). *Economía Ecológica, Recursos Naturales y Sistemas Alimentarios ¿Quién se come a quién?* Colección Economía Ecológica. Orientación Gráfica Editora. Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
- Penna, J. A.; De Prada, J. D. y Cristeche, E. (2011). Valoración económica de los servicios ambientales: teoría, métodos y aplicaciones en Laterra, P.; Jobbágy, E.G y Paruelo, J. M (Ed.) *Valoración de servicios ecosistémicos: Conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial* (1er Ed. Pp. 85- 119). Ediciones INTA.

- Ponce Donoso M., Vallejos Barra O. y Escobedo F.J. (2017). Appraisal of Urban Trees Using Twelve Valuation Formulas and Two Appraiser Groups. *Arboriculture & Urban Forestry* 43(2):72–82
- Ponce Donoso, M., Vallejos Barra, O. y Escobedo, F.J. (2017). Fórmula para la valoración monetaria del árbol urbano en Chile central. *BOSQUE* 38(1): 67-78.
- Sheppard, S., Konijnendijk van den Bosch, C., Croy, O., Palomo, A.M. y Barron, S. (2017). Urban forest governance and community engagement. En: F. Ferrini, C. Konijnendijk van den Bosch y A. Fini, eds. Routledge handbook of urban forestry, pp. 205–221. Abingdon, Reino Unido, Routledge
- Swinton, S., Leppla, F., Robertson, G. y Hamilton, S. (2007). Ecosystem services and agriculture: cultivating agricultural ecosystems for diverse benefits. *Ecological Economics*, 245- 252.
- The Economics of ecosystems and Biodiversity (2010). (s.f.) <http://teebweb.org/>.
- Toledo, A. (1998). Economía de la biodiversidad. Serie Textos básicos para la Formación Ambiental N° 2. PNUMA. México.
- Ugolini, F., Massetti, L., Calaza Martinez, P., Cariñanos, P. y Sanesi, G. (2020). Effects of the COVID 19 pandemic on the use and perceptions of urban green space: An international exploratory study. *Urban Forestry & Urban Greening*, 56, 126888.
- Villadelmoros, A. (2016). Plan de Preservación de *Platanus × hispanica*, como parte de la gestión del arbolado en la ciudad de Rosario, Argentina. Arborists News-International Society of Arboriculture. Vol. 26. N° 5.
- Villavicencio Ordóñez, Johanna Elizabeth (2011). La vegetación como instrumento para el control microclimático en el espacio urbano. UTPL, Loja.

CAPITULO 11

Introducción a la gestión de riesgos del arbolado urbano

Damian Castro y Marcela Buyatti

Introducción

El riesgo asociado a árboles en entornos urbanos es una preocupación creciente, por lo tanto, su conceptualización es esencial para entender los métodos y herramientas disponibles para gestionar eficazmente el arbolado. Estudios internacionales sugieren que la probabilidad de accidentes mortales causados por árboles es baja, en el rango de 1 entre varios millones de habitantes (Hartley & Chalk, 2019; National Tree Safety Group, 2011; Schmidlin, 2009), pero los incidentes de lesiones moderadas a graves no mortales son mucho más frecuentes, en el rango de 1 en 500 habitantes (Way & Balogh, 2022), similar a la proporción de heridos anuales en Argentina por accidentes de tránsito calculada a partir de la población actual y la tasa de heridos anuales (*Consideraciones generales acerca de los accidentes de tránsito*, s. f.). En países como Inglaterra, Australia y Estados Unidos, donde existe una tradición establecida en la gestión del arbolado urbano, se han desarrollado estadísticas detalladas. En Argentina, sin embargo, la falta de datos oficiales complica la percepción del riesgo asociado a árboles¹. Investigaciones locales han revelado que un alto porcentaje de árboles presentan riesgos moderados a altos² de daño a la población o a los bienes e infraestructura (Cambiagno, 2020; Castro et al., 2019; Garelík, 2019; Gutierrez, 2016; Nussbaum, 2022), a pesar de la ausencia de incidentes graves hasta el momento.

La falta de programas de gestión de riesgos integrados a los planes operativos anuales o a los planes maestros de gestión han contribuido a la presencia de árboles potencialmente peligrosos en ciudades y pueblos argentinos. Prácticas sin objetivos claros y aplicadas sistemáticamente a gran escala, como podas indiscriminadas³ y la limitación del espacio para el

¹ Algunas noticias sobre siniestros en Argentina son las siguientes (ver en bibliografía): “Cayó un árbol durante la fuerte tormenta y murió aplastada - Noticias - Cadena 3 Argentina”, 2019; “Feroz temporal”, 2023; “La muerte de un hombre destapó que existen casi 300 árboles con riesgo de caer en Maipú”, 2022; “Pergamino | Murió Dominga Herrera, la mujer que sufrió la caída del árbol en el Parque”, 2023; “Se cayó un centenario árbol sobre un transporte escolar y sobre una moto”, 2016; “Una mujer murió por la caída de un árbol en el barrio Pinar del Lago (2) | Bariloche Opina | Noticias de Bariloche.”, 2014; Clarín.com, 2023; Nueva, 2014; Página12, 1639349193; Ruth, 2023; Todo Noticias, 2022.

² Cómo veremos más adelante, los árboles en esta categoría tienen una elevada capacidad de daño por sus defectos y porque la población está muy expuesta a dichos árboles al convivir con ellos en determinados puntos de la ciudad.

³ Como por ejemplo las podas sistemáticas que se realizan anualmente sin tener en cuenta la edad, vigor, especie de árbol o los tamaños de corte e intensidad de poda.

crecimiento radicular por extensión de las aceras, debilitan la resistencia mecánica de los árboles y disminuyen su resiliencia frente a factores ambientales y antrópicos, lo cual contribuye a un ciclo vicioso que termina con la pérdida de vida útil del árbol por disminución de vigor, vitalidad y aumento del peligro potencial.

Cuando ocurren siniestros, la responsabilidad recae en el propietario del árbol, que en el caso del arbolado urbano es el Estado municipal o comunal. En el ámbito estatal, la evaluación de la responsabilidad implica revisar las acciones tomadas sobre el árbol con las normativas vigentes. La existencia de leyes⁴ que regulan la gestión del arbolado en áreas urbanas impone la necesidad de tener programas de evaluación y mitigación de riesgos.

La gestión adecuada de riesgos se vuelve fundamental para promover la seguridad pública y cumplir con los marcos normativos vigentes. Aunque la probabilidad de incidentes mortales es baja, los costos asociados a compensaciones son significativos (Nueva, 2014; van Haaften et al., 2016). En Argentina, donde la mayoría de la población vive en áreas urbanas, la convivencia con árboles es inevitable. Sumado a esto, *el momento del colapso o fallo de un árbol o una de sus partes es imposible de predecir, pero teniendo una gestión adecuada de riesgos se pueden prevenir la mayoría de los siniestros*. Por ende, contar con un plan de gestión de riesgos es esencial para maximizar los beneficios ambientales y culturales proporcionados por los árboles urbanos, al tiempo que se minimizan los riesgos y costos asociados y se cumple con los marcos normativos vigentes.

Biomecánica y fuerzas en árboles urbanos

La biomecánica, un campo del conocimiento que investiga las propiedades mecánicas de los sistemas biológicos, desempeña un papel crucial en la evaluación de riesgos en árboles. Esta disciplina utiliza los métodos de la mecánica para analizar la estructura, función, movimiento y comportamiento mecánico de los árboles, permitiendo comprender las complejas interacciones entre su anatomía, arquitectura, entorno y prácticas de cultivo a lo largo de su ciclo de vida (James et al., 2017). Sin embargo, es esencial tener en cuenta que, en el contexto de la biomecánica arbórea, ciertos supuestos fundamentales de la ingeniería de materiales no siempre son plenamente aplicables debido a las particularidades de las plantas (Telewski & Niklas, 2017).

Los árboles, como estructuras vivas, están constantemente sujetos a fuerzas⁵ diversas que actúan sobre ellos. La biomecánica permite analizar cómo estas fuerzas afectan la estructura de los árboles, generando esfuerzos⁶ y deformaciones que, en casos extremos, pueden llevar al

⁴ Algunas de las leyes provinciales son las siguientes (ver en bibliografía): Declaración de interés público de la protección, conservación, implantación y promoción del arbolado público en el territorio de San Juan, 2015; Ley de arbolado público, 1984; Ley de Arbolado Público Urbano. Registro de Árboles Históricos y Notables, 2009; Ley del Árbol, 2019; Política ambiental, permanente, racional y sustentable para el control, conservación y preservación del arbolado público., 2008; Programa de Arbolado Público de la Provincia del Chaco, 2013; Régimen de protección del arbolado público provincial, 2004; Régimen Legal del Arbolado Público, 1999; Se declara Patrimonio Natural y Cultural al Arbolado Público de la Provincia, 2017.

⁵ La fuerza se define como un fenómeno que puede cambiar el estado de movimiento o la forma de un cuerpo u objeto.

⁶ El esfuerzo se define como una medida de la magnitud de las fuerzas internas por unidad de área en un cuerpo que resultan de la aplicación de fuerzas externas. Es una medida fundamental en el análisis de la resistencia de los materiales

colapso de ramas, troncos o del árbol completo con su pan de tierra. La comprensión de estos principios biomecánicos es esencial para evaluar y gestionar los riesgos asociados a los árboles urbanos. En el equilibrio de fuerzas que mantiene a un árbol en reposo (sin colapsar), intervienen leyes fundamentales de la física (Figura 11.1). La primera ley de Newton establece que la sumatoria de fuerzas sobre un cuerpo en reposo debe ser cero. Asimismo, la segunda ley de Newton señala que si hay una fuerza neta actuando sobre un cuerpo, este se acelerará⁷. La tercera ley de Newton destaca que por cada acción hay una reacción igual y opuesta⁸. Estos principios se aplican al análisis biomecánico de árboles, donde las fuerzas gravitacionales y la resistencia estructural mantienen el equilibrio.

El factor de seguridad, un parámetro crítico en la biomecánica arbórea, indica la capacidad de un árbol para resistir cargas⁹ sin colapsar, es decir, de permanecer en reposo ante la aplicación de cargas. Se calcula dividiendo la capacidad de carga máxima entre la carga de trabajo real (Niklas, 2002). En árboles sanos, este factor suele ser significativamente alto, a menudo superior a 5, lo que implica que pueden soportar al menos 5 veces más carga de la que soportan bajo condiciones normales en su entorno, sin riesgo de fallo estructural (Mattheck et al., 1993). Sin embargo, este equilibrio se ve amenazado por factores exógenos dinámicos y estáticos y por factores endógenos del árbol.

Los árboles toleran bien cargas estáticas, como la fuerza gravitacional constante, adaptándose gradualmente. Su peso estructural crece paulatinamente con el tiempo, permitiéndoles ajustarse mecánicamente y resistir eficientemente la carga estática en constante aumento (Gardiner et al., 2016). Las cargas dinámicas, como las generadas por ráfagas de viento o deposición de nieve en nevadas copiosas y de corta duración, representan desafíos más significativos (Gardiner et al., 2016; Telewski & Niklas, 2017).

Los árboles tienen diversos mecanismos para disminuir la transferencia de energía cinética del viento a su estructura modificando su “área de vela”¹⁰, son capaces de disipar la energía absorbida mediante la oscilación de las ramas producto de su naturaleza visco-elástica¹¹ y,

y es esencial para comprender cómo los materiales responden a las fuerzas aplicadas y cómo pueden cambiar su forma o estructura bajo diferentes condiciones de carga.

⁷ En el contexto de la evaluación del riesgo en árboles, esto significa que el árbol o alguna de sus partes colapsará y será atraído hacia el suelo por la fuerza de gravedad con una aceleración de 9,8 m.s⁻².

⁸ Siguiendo con la nota anterior, lo que evitará que el árbol o alguna de sus partes colapse es la presencia de una fuerza de reacción opuesta a la fuerza de gravedad, que está dada por la resistencia de la madera.

⁹ El término *carga* en el contexto de la biomecánica es equivalente al de *fuerza aplicada por unidad de área de sección transversal* de las ramas, tronco o raíces. Existen dos tipos de cargas; a) las cargas estáticas que son aquellas que no varían o varían muy lentamente en magnitud, dirección o sentido a lo largo del tiempo (ej.: peso del árbol) y b) las cargas dinámicas que son aquellas que varían rápidamente en magnitud, dirección o sentido en función del tiempo (ej.: la fuerza de arrastre del viento).

¹⁰ Superficie arbórea expuesta al viento (área foliar y madera de brotes, ramas y tronco) que afecta el estrés mecánico y la estabilidad estructural del árbol.

¹¹ Un sólido visco-elástico es un material cuyas propiedades mecánicas exhiben tanto características viscosas como elásticas. La viscosidad se manifiesta en la capacidad del material para deformarse bajo la aplicación de una fuerza constante a lo largo del tiempo, mientras que la elasticidad se refiere a la capacidad del material para recuperar su forma original después de una deformación. Esto es importante en el contexto de la evaluación del riesgo en árboles, porque la madera viva se deforma lentamente en respuestas a fuerzas continuas como el viento y además es capaz de recuperar su forma luego de que cesa la fuerza que actúa sobre el tejido, si no se supera el factor de seguridad. Esta propiedad le daría un margen de adaptación a un entorno biomecánico cambiante mediante cierta capacidad de absorber y disipar energía, lo que contribuye a la resistencia del árbol frente a eventos mecánicos, como tormentas.

además, pueden desarrollar crecimiento adaptativo que refuerza su estructura mecánica en respuesta a estas cargas (Gardiner et al., 2016; James et al., 2006). No obstante, la variabilidad en magnitud, dirección y sentido de las cargas dinámicas en cortos períodos de tiempo puede llevar a colapsos, especialmente cuando se combinan con defectos estructurales. Es fundamental reconocer que los árboles no son simples estructuras homogéneas; la madera, su principal componente estructural, es un material anisotrópico¹² y viscoelástico. A diferencia de los materiales manufacturados, la madera responde de manera compleja a las fuerzas, experimentando deformaciones y ajustes a lo largo del tiempo. Por tanto, actualmente los principios biomecánicos proporcionan un marco conceptual más que un modelo preciso de predicción.



Figura 11.1. Inclinación de un árbol debido al peso de la estructura (M) que se genera al interior de la calle en busca de luz. En esta situación se muestra la aplicación de las leyes de Newton que explican por qué este árbol sometido a un momento flector (flecha roja) no colapsó ya que, al momento anterior, se le opone un momento resistente (flecha verde) de igual magnitud y dirección, pero en sentido opuesto. Esto hace que no haya ninguna fuerza neta actuando sobre el árbol (segunda ley de Newton) y por lo tanto la sumatoria de fuerzas sobre el árbol es nula (primera ley de Newton).

¹² Un material *anisotrópico* es aquel en el cual todos o algunos de sus atributos cambian en función de la dirección en la que se evalúan a diferencia de los materiales isotrópicos cuyas propiedades no varían en ninguna dirección, como el vidrio o el acero.

El análisis de defectos estructurales es esencial para comprender y gestionar riesgos. Factores como podredumbres, cavidades, uniones débiles y ramas con excesivo brazo de palanca, entre otros, pueden reducir drásticamente el factor de seguridad de un árbol, aumentando la probabilidad de colapso. Evaluar estos defectos utilizando como base el marco conceptual provisto por la biomecánica y aplicar estrategias de gestión adecuadas es esencial para minimizar los riesgos asociados a los árboles urbanos. En los apartados siguientes veremos con cierto detalle cuáles son esos defectos que deberemos observar y gestionar para reducir el riesgo de los árboles urbanos.

Concepto de riesgo en árboles urbanos: evaluación, peligro y riesgo

Como vimos anteriormente, al conformar bosques urbanos en las ciudades, todos aceptamos de manera inconsciente o consciente los riesgos y otros dis-servicios asociados a los árboles, a cambio de los servicios ambientales y culturales que nos brindan. La evaluación del riesgo en árboles urbanos es una disciplina crucial para garantizar la seguridad de las áreas urbanas y maximizar los beneficios de la infraestructura verde urbana, tomando acciones proporcionadas al valor de los árboles. No obstante, es esencial distinguir claramente entre los conceptos de “peligro” y “riesgo” para lograr una gestión efectiva de los árboles en entornos urbanos.

Las organizaciones de normalización internacional, como la Organización Internacional de Normalización (ISO) y el Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM), han proporcionado definiciones más claras de esas palabras que las ofrecidas por la Real Academia Española. Según la ISO 3.800 (*Sistemas de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional*, 1998), el *peligro* se considera como una fuente o situación con potencial para producir daños, mientras que el *riesgo* implica evaluar la posibilidad de que ocurra ese daño y la magnitud de sus consecuencias. En el contexto de la evaluación de riesgo en árboles, el peligro se asocia con la capacidad de un árbol para producir daños, ya sea a personas, propiedades u otra infraestructura. Este potencial de daño está intrínsecamente ligado al objeto en cuestión, es decir, al árbol específico. La medición de este potencial de daño implica la utilización de criterios e indicadores que asignen un valor de peligro a cada árbol observado (Figura 11.5). Aunque se han realizado avances en estudios biomecánicos, aún no existe un modelo determinístico aplicable en la industria de la silvicultura urbana que permita predecir, con alto grado de confianza, el valor de peligrosidad de un árbol. Sin embargo, se han identificado defectos clave y se han desarrollado índices confiables para determinar el colapso de troncos, ramas o árboles enteros (Huang et al., 2017; Mattheck & Breloer, 1994). Actualmente, la cuantificación del potencial de colapso de un árbol se basa en la cantidad de defectos que presentan, su severidad y la posible interacción entre estos defectos. No obstante, la evaluación y la asignación de puntajes para el potencial de colapso sigue siendo en gran medida subjetiva y dependiente de la formación y experiencia del observador (Koeser & Smiley, 2017).

Como se mencionó anteriormente, en el contexto de la evaluación de riesgos en árboles, el riesgo se vincula a la combinación entre la posibilidad de que un árbol produzca daños y la

gravedad de sus consecuencias. La posibilidad de daño está directamente relacionada con los atributos del árbol que lo hacen más o menos peligroso, pero la posibilidad de que ocurra un daño y la magnitud de sus consecuencias depende de la exposición de las personas y bienes a ese peligro, así como de las condiciones ambientales que predisponen a que ocurran siniestros. Así, la exposición de personas y bienes al árbol en cuestión está intrínsecamente ligada a la posibilidad de que ocurra un daño y a la magnitud de las consecuencias de ese daño. Por ejemplo, un árbol con pocos indicadores de colapso puede representar un valor de riesgo alto si se encuentra en un área muy transitada, como un parque infantil. En este caso, aunque la capacidad de daño del árbol (peligro) sea moderada, el riesgo se incrementa debido a la mayor exposición de personas al peligro potencial. La Figura 11.2 ilustra los componentes del riesgo en árboles urbanos. La posibilidad de que ocurra un daño depende del peligro del árbol, definido por la presencia de defectos y desórdenes, así como de las condiciones predisponentes a un colapso. El potencial de daño está relacionado con el tamaño de la parte con mayor probabilidad de colapsar, la altura de caída y el blanco¹³ probable en caso de colapso.

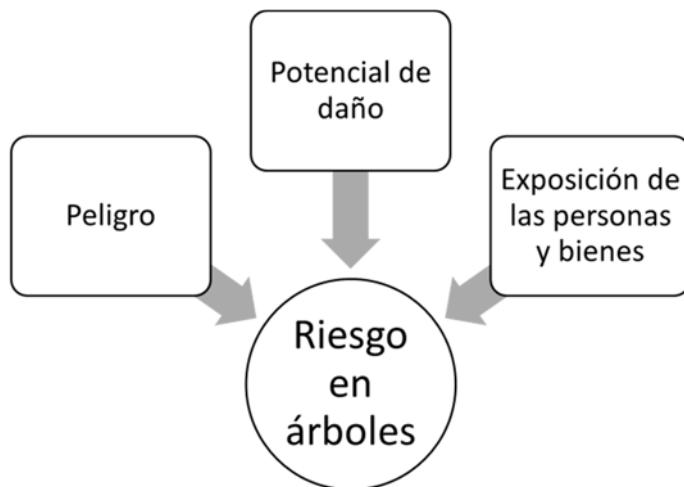


Figura 11.2. Componentes del riesgo de daño por árboles urbanos

La magnitud de las consecuencias, a su vez, se define por el tipo de blanco que impactará en caso de colapso. Por ejemplo, una rama de 10 cm de diámetro cayendo desde 10 m de altura puede tener consecuencias severas para una persona, pero solo causar daños leves a un vehículo. La exposición de personas y bienes al árbol se relaciona con la posibilidad de que ocurra el daño y la magnitud de las consecuencias.

¹³ Este concepto hace referencia al “blanco de tiro” que utilizan distintas disciplinas que disparan sobre un blanco, donde la “diana” es el centro de ese blanco. En el contexto de la evaluación de riesgos en árboles, el “blanco” o “diana” son las personas, vehículos, infraestructura y todo aquello que pueda ser golpeado, aplastado, atrapado, etc. por el colapso de un árbol o alguna de sus partes.

Tipos comunes de riesgos en árboles urbanos

Los riesgos asociados a árboles en entornos urbanos generalmente se vinculan a *daños* por aplastamientos, aprisionamientos, golpes, choques, caídas o cortes. Estas situaciones están principalmente relacionadas con el colapso del árbol entero, colapso del tronco, colapso de ramas y la interferencia con actividades humanas. Los riesgos de daños pueden suponer desde daños leves hasta la destrucción total o la muerte, dependiendo de si el blanco afectado es una persona, un vehículo o infraestructura.

El *colapso del árbol entero* puede deberse a varios factores. La esbeltez¹⁴ extrema del árbol, combinada con un reducido volumen de suelo explorado por las raíces, puede contribuir al colapso bajo condiciones predisponentes como vientos fuertes o lluvias abundantes. Además, una elevada porción del sistema radicular con podredumbres o la interacción de estos factores pueden provocar el quiebre de raíces, llevando al vuelco del árbol con su sistema de raíces (Coder, 2018). El *colapso del tronco* está asociado a defectos como rajaduras, podredumbre del tronco o la existencia de cavidades con poca pared viva residual que debilitan la integridad estructural del tronco, aumentando la posibilidad de colapso. Las podas no planificadas y agresivas que acrecientan y desequilibran el área de vela del árbol aumentan la presión de viento contribuyendo al peligro de colapso del tronco. Evaluar el *colapso de ramas* implica considerar el estado fisiológico del árbol, la presencia de ramas muertas, la conexión adecuada al tronco, la presencia de podredumbres y los brazos de palanca de esas ramas, entre otras cosas.

La *interferencia con actividades humanas* puede surgir de la arquitectura de la copa del árbol, la ubicación de las ramas y la altura de la base de la copa. En áreas urbanas, donde la gente transita constantemente, la evaluación del riesgo debe considerar el uso humano del espacio circundante y la posibilidad de que el árbol cause inconvenientes a los peatones, ciclistas, vehículos motorizados, luminarias, tuberías subterráneas o conductores eléctricos. También ocurren conflictos por el colapso de árboles o ramas sobre conductores eléctricos o calles que interrumpen temporalmente el suministro de energía o el tránsito vehicular generando inconvenientes de variada intensidad.

Evaluación y gestión de riesgos en árboles urbanos

La gestión del riesgo en árboles urbanos implica un enfoque sistemático que busca maximizar los beneficios ambientales y culturales de los árboles, al tiempo que mitiga y previene los riesgos asociados con su presencia. Un plan de gestión de riesgos se convierte en un componente esencial para estructurar un plan maestro de gestión del bosque urbano.

El proceso de gestión del riesgo, según la norma ISO 31.000 (*Gestión del riesgo — Directrices*, 2018), comprende varios pasos esenciales (Figura 11.3). *Establecer el contexto* es el primero de ellos, y se refiere a comprender la política provincial y municipal hacia el bosque

¹⁴ Árbol muy alto y de diámetro pequeño en relación a su altura. La esbeltez de un árbol se mide en términos del índice de esbeltez (H/D) que se obtiene dividiendo la altura total entre el diámetro a la altura del pecho en las mismas unidades; un H/D > 50 es indicativo de un árbol con elevado riesgo de colapso según Mattheck et al. (2003).

urbano. Esto implica evaluar si existe o no una política municipal adecuada que cumpla la normativa provincial, reconocer los servicios ambientales y culturales que brindan los árboles¹⁵ y entender la visión de la sociedad sobre el arbolado en la ciudad. El segundo paso es la *evaluación del riesgo*, que supone identificar el riesgo, analizarlo y valorarlo en el marco del contexto establecido en el paso anterior. La identificación de riesgos implica conocer el nivel de peligro y capacidad de daño de los árboles en cuestión y cuáles son los riesgos más probables; golpes, aprisionamientos, aplastamientos, cortes, etc., utilizando criterios e indicadores de peligro basados en aspectos biológicos y mecánicos de colapso que facilitan la identificación. La formación y experiencia del personal municipal o empresas tercerizadas para el reconocimiento correcto de los indicadores mecánicos y biológicos de colapso es clave en esta etapa. El análisis de riesgos asigna un valor a cada árbol evaluado, utilizando diversas metodologías¹⁶. Estas metodologías son cualitativas, dividiéndose en numéricas o no numéricas, y su elección depende de la complejidad de la metodología, el tiempo de medición requerido y los recursos disponibles. La valoración del riesgo compara los resultados del análisis con estándares predefinidos, determinando así si el riesgo es aceptable o si se deben tomar medidas de mitigación. Esta etapa es crucial para la toma de decisiones informadas sobre la gestión del bosque urbano y la experiencia y formación de los operarios encargados de la evaluación tiene un gran impacto en las estrategias de mitigación prescriptas. Los estándares para determinar si el riesgo observado es aceptable o no pueden ser establecidos por la municipalidad, basándose en normativas provinciales o en consensos internacionales.

El tercer paso es el *tratamiento del riesgo*, que es un componente clave en la gestión del riesgo en árboles urbanos. Las opciones de tratamiento incluyen evitar el riesgo, aceptar el riesgo, eliminar la fuente de riesgo, modificar la probabilidad de ocurrencia o las consecuencias del riesgo. La elección de la estrategia de tratamiento debe considerar la relación entre el valor del árbol, la posibilidad de ocurrencia del siniestro y la magnitud de las consecuencias. Evitar el riesgo puede implicar medidas como restringir el acceso a ciertas áreas, especialmente alrededor de árboles con alto peligro de colapso y riesgo de daño. Aceptar el riesgo es una opción viable cuando los resultados del análisis de riesgos están por debajo de los estándares predefinidos, no obstante, en este caso se puede optar por utilizar señalética que prevenga siniestros. Eliminar la fuente de riesgo puede involucrar la poda de ramas peligrosas o la extracción de árboles de alto riesgo de daño. Modificar la probabilidad de ocurrencia o las consecuencias del riesgo puede lograrse mediante prácticas de manejo y mantenimiento adecuadas como, por ejemplo, el apuntalamiento de árboles inclinados o ramas con mucho brazo de palanca, o el movimiento del blanco por fuera del área de impacto potencial del árbol o sus ramas. La elección de acciones de tratamiento del riesgo debe considerar el valor del árbol y equilibrar la mitigación del riesgo con el costo de implementar la medida. Árboles de alto valor histórico, cultural o ambiental pueden requerir estrategias de tratamiento más conservadoras y que demanden mayor inversión

¹⁵ Esto puede hacerse utilizando diversas metodologías para la valoración monetaria de árboles, de las cuales el software I-tree es el más popular actualmente.

¹⁶ Para más información sobre las distintas metodologías ver: Smiley et al. (2012), Pokorni et al. (2003), Ellison (2005), VALID (s. f.), Chauchard (2017), Forbes-Laird (2010) entre otras.

y complejidad de implementación. En cualquier caso, se debe evaluar la viabilidad técnica y económica de las opciones de tratamiento disponibles.



Figura 11.3. Esquema de gestión del riesgo en árboles del bosque urbano siguiendo la estructura propuesta por la norma ISO 31.000 para la gestión del riesgo en organizaciones y adaptado por los autores para la evaluación del riesgo en árboles. Fuente: elaboración propia a partir del esquema propuesto por la Norma ISO 31.000.

Una vez completado el proceso de evaluación y tratamiento del riesgo, se debe generar un informe detallado que documente los resultados obtenidos. Este informe debe incluir información sobre la identificación de riesgos, su análisis, la valoración de estos, las opciones de tratamiento seleccionadas y la justificación de dichas elecciones. Además, es crucial incluir detalles sobre las limitaciones en el proceso de evaluación, la validez temporal de los resultados y las condiciones bajo las cuales se llevó a cabo la evaluación. Es esencial destacar que el espacio de inferencia de los resultados de la evaluación de riesgo depende de las condiciones ambientales, y en caso de fenómenos de intensidad considerablemente superior a lo normal, la validez del resultado se ve comprometida. En condiciones ambientales normales, los resultados son válidos especificando vientos de hasta 75 km/h y lluvias normales. El informe debería integrarse en la base de datos del plan de gestión operativo anual, proporcionando un marco completo para la toma de decisiones y la implementación de acciones específicas.

Métodos de evaluación visual de riesgos

En el proceso de evaluación de riesgos en árboles, el observador desempeña un papel decisivo al calificar la posibilidad de colapso o fallo del árbol, identificando defectos mecánicos y desórdenes biológicos. Además, se evalúa el potencial de daño, considerando factores como el tamaño de las partes con mayor posibilidad de caer, su altura de caída, el tipo de blanco que

podría impactar y las consecuencias de dicho impacto. Cada uno de estos componentes se califica en una escala ordinal, donde la asignación del puntaje depende en gran medida de la percepción, experiencia y entrenamiento del observador (Koeser y Smiley, 2017). Para reducir la subjetividad en estas evaluaciones, se deben implementar programas de formación y entrenamiento. Por otro lado, la claridad en la terminología y definiciones precisas también contribuyen a mejorar la confiabilidad y consistencia de los resultados, por lo cual debe ponerse especial atención en definir correctamente los criterios, indicadores, descriptores y puntajes asociados a cada uno.

Los sistemas de evaluación de riesgos en árboles pueden ser cualitativos numéricos, asignando números a factores clave para obtener una estimación numérica del riesgo relativo (Figura 11.4). También existen sistemas que utilizan categorías no numéricas asignadas por matrices u otros mecanismos no numéricos (Smiley et al., 2012; VALID, s. f.). Es importante destacar que, a pesar de la asignación numérica en las metodologías cualitativas numéricas, estos sistemas son esencialmente cualitativos, ya que representan categorizaciones y no son cuantificables en términos matemáticos convencionales. En la construcción del valor de riesgo en los sistemas cualitativos numéricos, se suman o multiplican los valores asignados a la posibilidad de colapso, el potencial de daño y la frecuencia de ocupación debajo del árbol. Sin embargo, es muy importante comprender que estas escalas numéricas no siguen las reglas matemáticas convencionales, ya que representan categorías ordinales más que valores numéricos reales. Para ilustrar esto, consideremos un escenario donde un árbol tiene un potencial de colapso de 3, un potencial de daño de 4 y una tasa de uso debajo del árbol de 2. La suma de estos números ($3 + 4 + 2$) es 9, indicando un riesgo moderado en varias metodologías. La peculiaridad aquí radica en que el resultado puede variar si cambiamos el orden de la suma (por ejemplo, a $4 + 2 + 3$), aunque ambos escenarios representen el mismo riesgo global. En el segundo caso, el árbol tendría mayor prioridad de trabajo porque está en un área más concurrida dado por el mayor valor en la exposición de los blancos (último sumando). Esta variabilidad en el resultado en función del orden de los sumandos es una peculiaridad importante en la evaluación de riesgos en árboles. A diferencia de las matemáticas convencionales, donde el orden de los sumandos no afecta el resultado, en este contexto, el orden puede influir en la interpretación final y, por ende, en las decisiones relacionadas con la gestión y el mantenimiento de los árboles.

En cuanto a los niveles de evaluación del riesgo, se distinguen tres niveles con diferente grado de profundidad y, por ende, de inversión de tiempo, recursos humanos y equipamiento (Baw Baw Shire Council, 2021). La *evaluación de Nivel 1* se utiliza cuando se deben inspeccionar un gran número de árboles, identificando defectos obvios que indican un peligro inminente. La *evaluación Nivel 2* implica una inspección más detallada utilizando instrumentos sencillos para identificar defectos no detectables con la evaluación Nivel 1. A partir de la evaluación Nivel 2, puede surgir la necesidad de realizar una *evaluación Nivel 3*, que incluye métodos más avanzados como trepa, drones o plataformas elevadas, resistógrafos, tomógrafos, etc. Es importante destacar que los estudios científicos muestran una clara mejora en la capacidad de evaluación de riesgo cuando

se utiliza una evaluación tipo 2 o 3 en comparación con la evaluación tipo 1, no obstante, en la mayoría de las ocasiones, el uso de una evaluación tipo 3 no aporta información adicional que permita una mejor apreciación del riesgo en comparación con el uso de la evaluación tipo 2 (Koeser et al., 2017).

La elección de la metodología y el nivel de evaluación deben basarse en la situación específica, considerando los objetivos y los recursos disponibles. Es esencial adaptar las técnicas según las necesidades de los tomadores de decisiones, el nivel de detalle requerido, los recursos disponibles y las posibles consecuencias. Con una comprensión clara de las particularidades matemáticas de la obtención del valor y un enfoque adaptativo, la evaluación visual de riesgos en árboles urbanos se convierte en una herramienta valiosa para una gestión efectiva del arbolado.

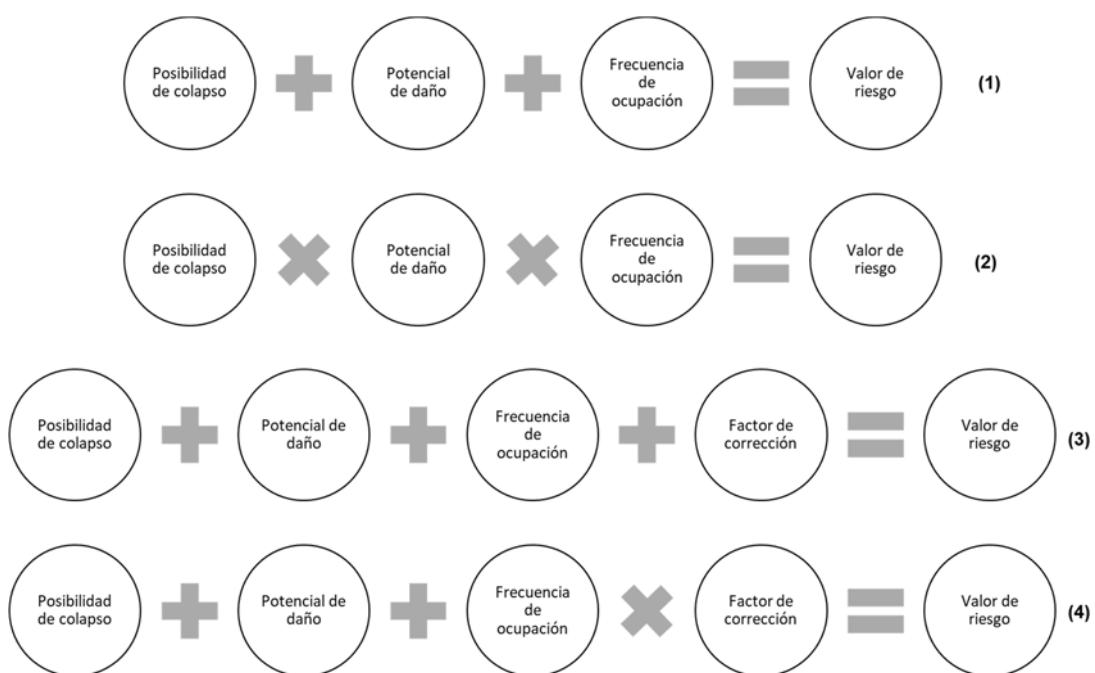


Figura 11.4. Ejemplos de construcción del valor de riesgo en algunas las metodologías de evaluación visual más difundidas: (1) TRAQ de la Sociedad Internacional de Arboricultura (Smiley et al., 2012), (2) THREATS (Forbes-Laird, 2010) y QTRA (Ellison, 2005), (3) USDA (Pokorny et al., 2003) y (4) Administración de Parques Nacionales de Argentina (Chauchard, 2017). Fuente: Elaboración propia.

Criterios, indicadores y descriptores para evaluar la posibilidad de colapso

La evaluación de la posibilidad de colapso en árboles urbanos es un proceso integral que implica la utilización de criterios, indicadores y descriptores específicos. Existen diferencias entre metodologías, pero todos estos elementos juegan un papel fundamental en la determinación de la salud y estabilidad mecánica del árbol.

Los criterios son estándares que proporcionan la base para la toma de decisiones en la evaluación de riesgos en árboles urbanos. En este contexto, los criterios se centran en la salud

y estabilidad mecánica del árbol (Figura 11.5). La salud se refiere al desempeño biológico en condiciones ambientales específicas que permiten entender si estamos en presencia de un árbol resiliente o en presencia de un árbol con decaimiento reversible o irreversible. Por otro lado, la estabilidad mecánica implica la ausencia de defectos estructurales graves que predispongan al colapso de ramas, tronco o árbol entero con plato radicular (vuelco).

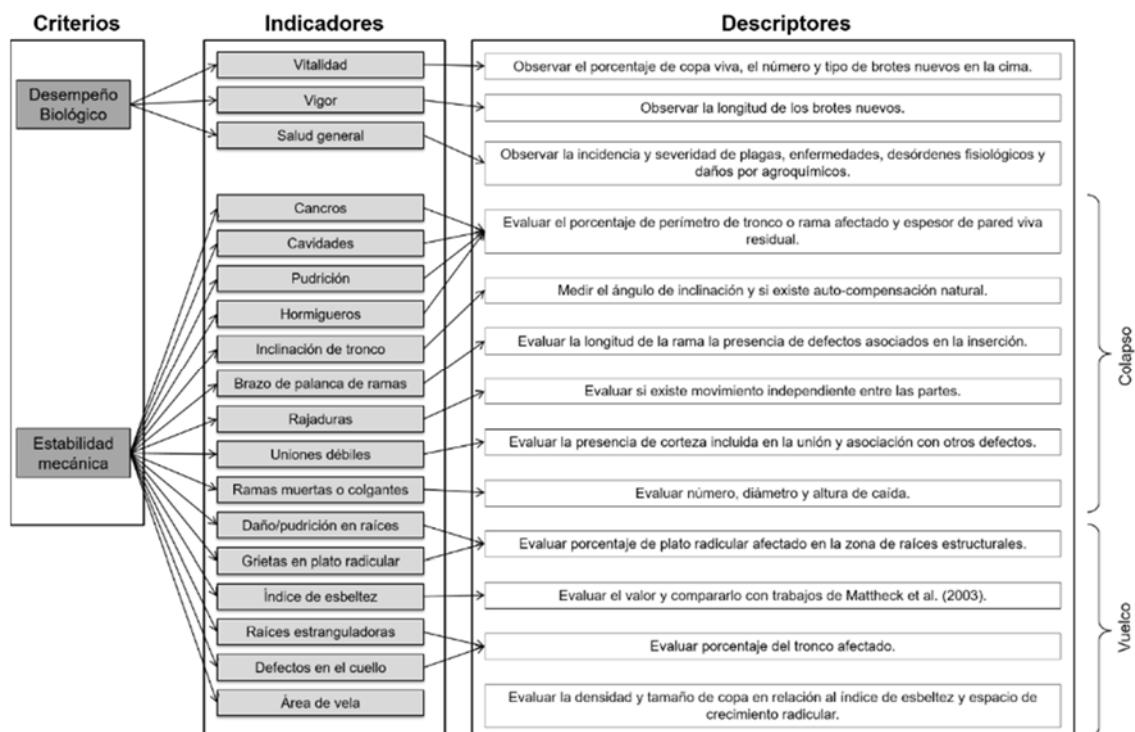


Figura 11.5. Criterios, indicadores y descriptores más utilizados para determinar la posibilidad de colapso o vuelco en la evaluación visual de árboles. Algunos de estos indicadores muestran un peligro obvio y se utilizan en la evaluación nivel 1, pero la mayoría debe evaluarse detalladamente y con instrumentos sencillos, por ende, son más aplicables a la evaluación nivel 2. Tomado de Mattheck y Breloer (1994) y modificado en base a las distintas metodologías existentes.

Es necesario comprender que la evaluación de riesgos en árboles urbanos es una tarea compleja. La salud y la estabilidad mecánica no se pueden evaluar simplemente mediante una inspección visual superficial y desorganizada; se requiere una combinación de criterios específicos y un conjunto adecuado de indicadores. Los indicadores son señales o marcadores que proporcionan información sobre la condición del árbol. En el contexto de la evaluación de riesgos en árboles, los indicadores están relacionados con características específicas que se observan para determinar tanto el desempeño biológico como la estabilidad mecánica del árbol.

Al observar la Figura 11.5, se aprecia diversidad de indicadores utilizados en diferentes metodologías de evaluación de riesgos en árboles. Estos indicadores son fundamentales para comprender la situación del árbol y proporcionan la base para la toma de decisiones en la evaluación de riesgos. Es crucial destacar que un *indicador de desempeño biológico, colapso o vuelco en el contexto del entorno de crecimiento de un árbol es una condición estructural, de salud o ambiental que podría predisponer a un árbol a fallar en el corto o mediano plazo* (National

Tree Safety Group, 2011). Por ejemplo, una herida actual en el tronco puede no representar un peligro inmediato, pero si evoluciona a una cavidad en el futuro, la posibilidad de colapso aumenta significativamente, pero eso debe ser evaluado en el futuro, si ocurre ese desenlace. Esto refuerza la necesidad de capacitación y formación para reconocer y valorar los indicadores de riesgo y por otro lado la necesidad de monitoreo periódico de los árboles, dado que lo que en el tiempo presente no convierte al árbol en peligroso, en el futuro podría concluir en una condición estructural débil por el progreso de enfermedades y el envejecimiento del árbol.

Los descriptores son el último nivel de detalle en la evaluación de riesgos en árboles urbanos. Estos describen específicamente los niveles de los indicadores, proporcionando detalles que permiten establecer una calificación para ese indicador. En los ejemplos proporcionados (ver Figura 11.5), se observa que los descriptores están diseñados para brindar claridad y precisión en la calificación, pero tal como están expresados no sirven para asignar un puntaje. No obstante, se pueden construir descriptores que sirvan para asignar inequívocamente los puntajes a los indicadores, dado que no todas las metodologías incluyen descriptores explícitos con puntajes asociados. La presencia de descriptores minimiza sesgos del observador y mejora la exactitud de los resultados en la evaluación de riesgos.

Para comprender mejor la aplicación de criterios, indicadores y descriptores, consideremos dos ejemplos concretos:

Ejemplo 1: Desempeño Biológico

Criterio: Desempeño biológico.

Indicador: Vitalidad de la parte aérea¹⁷.

Descriptor:

- No hay brotes muertos; cantidad y vigor de brotes nuevos adecuados. Valor de puntuación: 1.
- Poca cantidad de brotes nuevos; ortótropos débiles, plagiotropos normales. Valor de puntuación: 2.
- Más del 25% de brotes muertos; brotes suplentes reestructuran la copa. Valor de puntuación: 3.
- Más del 25% de brotes muertos sin suplentes; asignado a árboles muertos en pie. Valor de puntuación: 4.

Ejemplo 2: Estabilidad Mecánica ante el Vuelco

Criterio: Estabilidad mecánica ante el vuelco.

Indicador: Índice de esbeltez (H/DAP)¹⁸.

Descriptor:

- $H/DAP < 60$. Valor de puntuación: 1.

¹⁷ Construido por los autores a partir de Drénou y Caraglio (2018)

¹⁸ Adaptado de Mattheck et al. (2003)

- $H/DAP = 60-80$. Valor de puntuación: 2.
- $H/DAP = 80-100$. Valor de puntuación: 3.
- $H/DAP > 100$. Valor de puntuación: 4.

Estos ejemplos ilustran cómo los criterios establecen estándares generales, los indicadores proporcionan información específica, y los descriptores ofrecen detalles para calificar el potencial de colapso.

Criterios, indicadores y descriptores para evaluar el potencial de daño

La estimación del potencial de daño se basa en factores como tamaño, altura y tipo de blanco (Figura 11.6). Diferentes metodologías presentan variaciones en los indicadores y en la cantidad de niveles de cada indicador y sus respectivos puntajes. Supuestos empíricos respaldan estos niveles, considerando que partes más grandes del árbol tienen mayor potencial de causar daños extensos, sobre todo si caen desde alturas considerables e impactan sobre blancos débiles como las personas (Pokorny et al., 2003). La presencia de desviaciones, como la caída a través de las copas de los árboles, puede influir en la asignación de valores. Es decir que, si una rama con mucha posibilidad de colapsar desde gran altura tiene en su caída libre otras ramas como obstáculo, se puede asignar un puntaje menor. Esto ocurre porque las ramas que interfieren en la caída le restan energía cinética o directamente pueden atrapar la rama en cuestión impidiendo su caída al suelo.

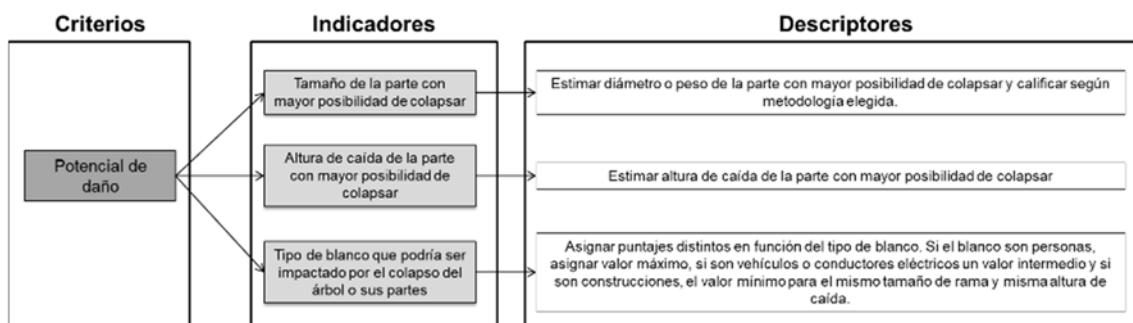


Figura 11.6. Criterios, indicadores y descriptores más utilizados para determinar el potencial de daño en la evaluación visual de árboles. Tomado de Forbes-Laird (2010) y Pokorny et al (2003) y modificado.

Frecuencia de ocupación de la zona de impacto potencial

La zona de impacto potencial (ZIP) es crítica en la evaluación de riesgos. La frecuencia de ocupación evalúa la exposición de blancos y se asigna a árboles o poblaciones de árboles en zonas geográficas definidas. Esto implica considerar diferentes niveles de exposición en distintas áreas urbanas. Ejemplos de criterios, indicadores y descriptores para la frecuencia de ocupación

se presentan en la Figura 11.7. La asignación de puntajes basada en zonas geográficas minimiza la subjetividad del observador y mejora la coherencia en la evaluación.

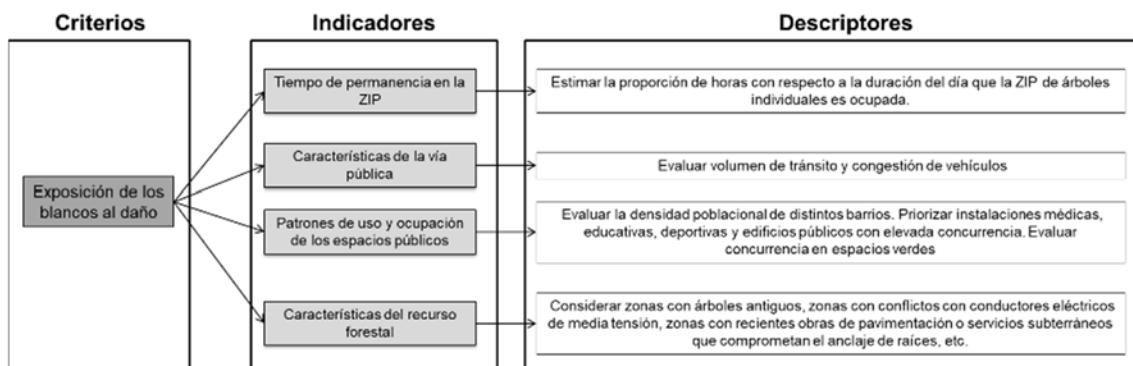


Figura 11.7. Criterios, indicadores y descriptores más utilizados para determinar la frecuencia de ocupación de la ZIP del árbol. Tomado de Forbes-Laird (2010) y Pokorny et al (2003) y modificado.

Una vez que se ha realizado el análisis de riesgos, se asigna una magnitud mediante fórmulas específicas (Figura 11.4). La valoración del riesgo implica comparar esta magnitud con estándares establecidos por las autoridades locales. Si el riesgo es aceptable, no se requieren medidas adicionales; sin embargo, si es inaceptable, se deben implementar medidas proporcionales al riesgo observado y los recursos disponibles.

Gestión de riesgos y planificación

En las páginas previas, se ha desarrollado una estructura conceptual para la evaluación de riesgos en árboles urbanos, explorando criterios, indicadores y descriptores presentes en diversas metodologías. En esta sección, abordaremos someramente opciones de tratamiento de riesgos y cómo esta información puede aportar a la construcción de un plan maestro de gestión, o en su defecto, contribuir a la mejora de planes operativos dentro de un marco de gestión ya establecido para la infraestructura verde urbana.

Según la Figura 11.3, después de realizar las etapas de identificación, análisis y valoración del riesgo en el proceso de evaluación, queda pendiente decidir el tratamiento adecuado. Como se mencionó anteriormente, el tratamiento del riesgo debe ser proporcional tanto a la magnitud del riesgo como al valor ambiental, cultural y patrimonial del árbol, ya que, en el entorno urbano asumimos consciente o inconscientemente los riesgos asociados a la convivencia con árboles a cambio de sus servicios ambientales y culturales.

El tratamiento del riesgo implica elegir entre varias opciones: a) evitar el riesgo, b) aceptar el riesgo, c) eliminar la fuente de riesgo, d) modificar la posibilidad de ocurrencia del riesgo, y e) modificar las consecuencias del riesgo. En la Figura 11.8 se presentan las diversas opciones de tratamiento de riesgos según el tipo de peligro observado. Todas estas opciones corresponden a situaciones en las que el riesgo no puede ser aceptado debido a que supera el estándar de

referencia, por lo que todas involucran una acción sobre el árbol o su entorno, lo cual genera una inversión de recursos humanos, financieros y tiempo.

A continuación, se explican algunas estrategias posibles:

- *Evitar el riesgo:* La restricción del acceso a la Zona de Impacto Potencial (ZIP) es una forma de evitar el riesgo. Puede aplicarse tanto al peligro de vuelco como al peligro de fallos en el tronco y ramas. Esta medida, sin embargo, debe ser factible desde el punto de vista operativo y justificada por el valor del árbol, por ejemplo, si está catalogado como un árbol singular. Otras técnicas para evitar riesgos de colapso incluyen el apuntalamiento de árboles con inclinación pronunciada o ramas con excesivo brazo de palanca, la sujeción de ramas estructurales con defectos graves, o la vinculación de ramas mediante cables de acero. En situaciones de conflicto entre conductores eléctricos y árboles, acciones como la aplicación de retardantes de crecimiento o la poda periódica de reducción de altura pueden ayudar a evitar el riesgo a corto plazo. A largo plazo, se puede considerar un plan de recambio de especies para prevenir futuros conflictos.
- *Modificar las consecuencias del riesgo:* Mover el blanco fuera de la ZIP modifica las consecuencias del riesgo. Por ejemplo, cambiar la trayectoria de un sendero recreativo o reubicar un área de juegos o un área de acampe para evitar posibles daños en caso de fallos estructurales de los árboles.
- *Modificar la posibilidad de ocurrencia del riesgo:* La elección de especies adecuadas y la selección de plantas de calidad son medidas preventivas para modificar la posibilidad de ocurrencia de riesgos futuros al momento de implantación de bosques urbanos. Estrategias adicionales incluyen el aumento del espacio de crecimiento, la reducción del área de vela de la copa, el control de plagas y enfermedades, y la poda de formación en ejemplares jóvenes o la utilización de deflectores radiculares en plantaciones con tuberías de desagüe pluvial, o cualquier otro servicio enterrado, para evitar futuros problemas.
- *Eliminar la fuente de riesgo:* La eliminación de ramas con peligro inminente de colapso mediante poda sanitaria, la eliminación de raíces que interfieren con servicios subterráneos, y la extracción de ejemplares que representan un riesgo significativo de daño son medidas para eliminar la fuente de riesgo. La extracción se considera como última opción, aplicable cuando otras estrategias no son viables técnica o económicamente o proporcionadas para equilibrar la seguridad y los servicios de los árboles urbanos.

La elección y aplicación de acciones de tratamiento del riesgo deben basarse en información recopilada a partir de evaluaciones de riesgo. Esta información permite la planificación efectiva de acciones en planes operativos anuales, contribuyendo a un manejo integral y sostenible de la infraestructura verde urbana. La gestión exitosa de esta infraestructura requiere un diagnóstico inicial, la definición de objetivos a alcanzar y estrategias claras, y todo ello se basa en una evaluación adecuada del riesgo en el arbolado urbano mediante muestreos periódicos, censos (si se tiene la capacidad de inversión) o una estrategia combinada. A partir de un relevamiento

inicial se puede construir un punto de partida y evaluar la distancia que existe entre la situación actual y los objetivos a alcanzar para el bosque urbano. La información recopilada servirá para priorizar zonas geográficas del municipio o comuna y ordenar los trabajos durante el periodo de gestión, haciendo más eficiente el uso del tiempo y de los recursos humanos y financieros que son siempre escasos.

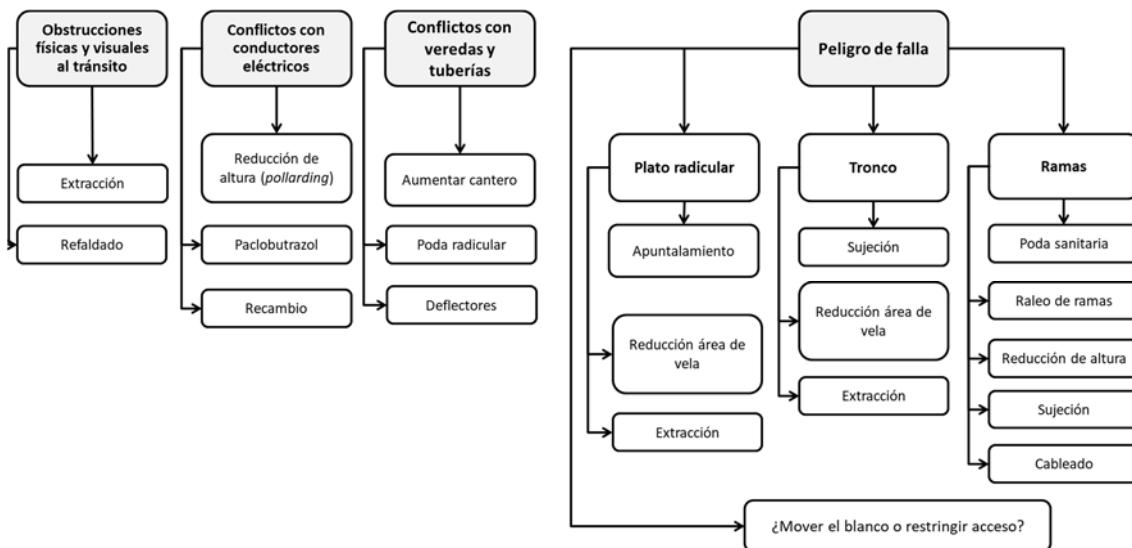


Figura 11.8. Opciones de tratamiento de los riesgos observados en la fase de evaluación de riesgos. Las opciones de tratamiento para mitigar los riesgos deben ser proporcionales a la magnitud de los servicios ambientales y culturales que nos brindan los árboles evaluados. Como se observa, la poda es una de muchísimas acciones de mitigación posibles. La extracción también es una opción que debe considerarse cuando todas las demás medidas proporcionales al riesgo y al valor del árbol no sean opciones eficientes para el tratamiento del riesgo. Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones y recomendaciones

Los bosques urbanos son implantados porque nos brindan servicios ambientales y culturales, que mejoran la calidad de vida de los habitantes de pueblos y ciudades. Por ende, es necesario entender a los bosques urbanos como infraestructura verde y como parte de los servicios públicos que un municipio o comuna debe gestionar. Convivir con infraestructura verde implica aceptar consciente o inconscientemente la posibilidad de ocurrencia de dis-servicios, como el conflicto con actividades humanas y la infraestructura gris, y el riesgo de daño por el colapso de árboles o sus partes.

La gestión eficaz de los riesgos asociados a los árboles es un imperativo ineludible para salvaguardar la seguridad y el bienestar en entornos urbanos al tiempo que se cumple con las normativas provinciales vigentes. Aunque la probabilidad de incidentes mortales es baja, las lesiones moderadas o los daños a infraestructura o bienes son un hecho casi tan frecuente como los accidentes de tránsito no mortales. En Argentina, la carencia de estadísticas oficiales sobre siniestros vinculados con árboles dificulta la percepción del riesgo, pero investigaciones locales revelan porcentajes significativos de árboles con elevada capacidad de daños en pueblos y

ciudades. La gestión deficiente, especialmente la poda indiscriminada, contribuye a la pérdida prematura de la vida útil de los árboles, planteando desafíos significativos para la seguridad pública y la preservación del arbolado urbano.

Ante un siniestro, la responsabilidad principal recae en el Estado municipal o comunal, subrayando la necesidad apremiante de programas integrales de gestión del bosque urbano, donde la información sobre el nivel de riesgo de daños que poseen los árboles puede funcionar como una variable ordenadora a escala de municipio. Una gestión adecuada no solo promueve la seguridad pública, sino que también asegura el cumplimiento de las normativas vigentes y minimiza los costos asociados a incidentes y reparaciones posteriores, al tiempo que preserva y aumenta los servicios ambientales y culturales que proveen los árboles. La inversión en la gestión proactiva de riesgos se revela como una estrategia sensata y sostenible a largo plazo.

La biomecánica, que examina las propiedades mecánicas de sistemas biológicos, se establece como un pilar fundamental para evaluar los riesgos en árboles. Los principios biomecánicos, basados en leyes fundamentales de la física, son esenciales para comprender la capacidad de los árboles para resistir cargas externas y cómo las prácticas de manejo pueden mejorar o debilitar la estructura mecánica del árbol y su resiliencia.

La evaluación de riesgos en árboles urbanos distingue entre peligro y riesgo. El peligro se vincula con la capacidad de un árbol para causar daño, evaluado mediante criterios, indicadores y descriptores específicos. Aunque aún no existe un modelo determinístico para predecir el peligro, se han identificado defectos clave. El riesgo, por otro lado, combina la posibilidad de daño con la gravedad de las consecuencias. Factores como la exposición de personas y bienes, así como las condiciones ambientales, influyen la magnitud del riesgo. Los tipos comunes de riesgos en árboles urbanos incluyen daños por colapso y la interferencia con actividades humanas. La gestión de riesgos busca prevenir siniestros y maximizar los beneficios ambientales y culturales de los árboles urbanos, utilizando diversas estrategias proporcionadas al riesgo observado, al valor del árbol en cuestión y a la capacidad operativa del municipio o comuna.

El monitoreo continuo, los programas regulares capacitación del personal, la elección de metodologías con criterios, indicadores y descriptores definidos de manera clara e inequívoca son aspectos esenciales para disminuir el efecto de la subjetividad del observador sobre el resultado de la valoración de riesgos y las estrategias propuestas de mitigación. La actualización periódica de las evaluaciones de riesgo a medida que cambian las condiciones ambientales y la estructura urbana, garantiza la toma de decisiones informadas y ajustes necesarios. Mantener una base de datos digitalizada con las evaluaciones de riesgo realizadas, tratamientos aplicados y resultados del monitoreo ayuda a una gestión efectiva a largo plazo, dado que contribuye a mantener una política de Estado adecuada para los bosques urbanos independientemente de la gestión política de turno y permite avanzar organizadamente a medida que ocurren los cambios de gestión.

Una gestión integral del riesgo en árboles urbanos exige la implementación de una política de Estado con un enfoque multidisciplinario que abarque evaluaciones técnicas, implementación de estrategias, monitoreo continuo, participación comunitaria, educación al ciudadano y formación

profesional de los operarios a cargo del mantenimiento. Al equilibrar la seguridad con la preservación del valor ambiental y cultural de los árboles, se puede lograr una convivencia armoniosa entre la naturaleza urbana y sus habitantes, lo cual contribuye a cumplir los marcos normativos provinciales y a aportar desde los gobiernos locales al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Organización de las Naciones Unidas (ONU). La colaboración activa entre autoridades locales, expertos en silvicultura urbana y la comunidad es esencial para forjar un futuro donde los árboles urbanos prosperen como elementos seguros y beneficiosos de nuestro entorno urbano

Bibliografía

- Azarkevich, E. (12/09/23). Una chica estaba en su cama y se le cayó un árbol encima por un temporal: Murió aplastada. Diario Clarín. https://www.clarin.com/sociedad/chica-cama-cayo-arbol-encima-temporal-murio-aplastada_0_LIFFfc3JhU.html
- BarilocheOpina (21/01/2014). Una mujer murió por la caída de un árbol en el barrio Pinar del Lago. BarilocheOpina. <https://www.barilocheopina.com/noticias/2014/01/21/16534-una-mujer-murio-por-la-caida-de-un-arbol-en-el-barrio-pinar-del-lago-2>
- Baw Baw Shire Council (2021). Tree Inspection Guidelines. <https://www.bawbawshire.vic.gov.au/files/sharedassets/public/environment/documents/tree-inspection-guidelines-cover-light-green.pdf>
- Cambiagno, V. (2020). Entrenamiento en la Metodología TRACE: Determinación del riesgo del arbolado urbano en un barrio representativo de la ciudad de San Francisco, Córdoba [Práctica profesional agronómica]. Universidad Nacional del Litoral.
- Castro, D. C., Alesso, C. A., Iaconis, A., Cerino, M. C., Buyatti, M., (2019). Factors influencing street tree hazard condition in Rafaela, Argentina. Revista Arvore, 43(4). <https://doi.org/10.1590/1806-90882019000400010>
- Chauchard, L. M. (2017). Evaluación del riesgo de caída de árboles en áreas recreativas—REGIÓN PATAGONIA (1ra edición). Editorial APN.
- Coder, K. (2018). Tree Anchorage & Root Strength Manual. University of Georgia, Warnell School of Forestry & Natural Resources outreach publication WSFNR-18-37. <https://bugwoodcloud.org/resource/files/15114.pdf>
- Consideraciones generales acerca de los accidentes de tránsito (s. f.). Luchemos por la vida. Recuperado 19 de febrero de 2024, de <https://www.luchemos.org.ar/es/accidentes-argentina>
- Declaración de interés público de la protección, conservación, implantación y promoción del arbolado público en el territorio de San Juan, 824-L, Cámara de diputados de la provincia de San Juan (2015). <http://www.saij.gob.ar/824-local-san-juan-declaracion-interes-publico-proteccion-conservacion-implantacion-promocion-arbolado-publico-territorio-san-juan-1pj1200824-2014-11-19/123456789-0abc-defg-428-0021jvorpyel>
- Drénou, C. y Caraglio, Y. (2018). ¿Hablamos Archi? Principales definiciones del método ARCHI. La Cultura del árbol. Revista Oficial de la Asociación Española de Arboricultura, 82, 10–17.
- Ellison, M. J. (2005). Quantified tree risk assessment used in the management of amenity trees. Journal of Arboriculture, 31(2), 57–654.

- Crónica (26/05/23). Feroz temporal: Cayó un árbol en Palermo y aplastó un auto. Diario Crónica. <https://www.cronica.com.ar/cronicahd/Feroz-temporal-cayo-un-arbol-en-Palermo-20230526-0009.html>
- Forbes-Laird, J. (2010). Tree Hazard: Risk Evaluation and Treatment System. A method for identifying, recording & managing Hazards from trees. Guidance notes for users.
- García, F. (23/11/2022). La muerte de un hombre destapó que existen casi 300 árboles con riesgo de caer en Maipú. Diario Uno. <https://www.diariouno.com.ar/sociedad/la-muerte-un-hombre-destapo-que-existen-casi-300-arboles-riesgo-caer-maipu-n1059924>
- Gardiner, B., Berry, P., y Moulia, B. (2016). Review: Wind impacts on plant growth, mechanics and damage. *Plant Science*, 245, 94–118. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2016.01.006>
- Garelík, L. (2019). Evaluación de riesgo y Valoración del arbolado del “Paseo de las tres culturas”, ciudad de Santa Fe de la Vera Cruz [Práctica profesional agronómica]. Universidad Nacional del Litoral.
- Gestión del riesgo—Directrices (2018). <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:31000:ed-2:v1:es>
- Gutierrez, L. S. (2016). Manejo cultural e inventario forestal del arbolado público de la ciudad de Vera, Santa Fe. [Práctica profesional agronómica]. Universidad Nacional del Litoral.
- Hartley, M., y Chalk, J. (2019). A review of deaths in Australia from accidental tree failures. <https://bdtps.wordpress.com/2023/08/05/a-review-of-deaths-in-australia-from-accidental-tree-failures-mark-a-hartley-and-jessica-j-chalk-1-may-2019/>
- Huang, Y.S., Hsu, F.L., Lee, C.M. y Juang, J.-Y. (2017). Failure mechanism of hollow tree trunks due to cross-sectional flattening. *Royal Society Open Science*, 4(4), 160972. <https://doi.org/10.1098/rsos.160972>
- Iermoli E. (12/12/2019). Cayó un árbol durante la fuerte tormenta y murió aplastada. Noticias Cadena 3 Argentina. Cadena 3. https://www.cadena3.com/noticia/sociedad/cayo-un-arbol-durante-la-fuerte-tormenta-y-murio-aplastada_248287
- IRAM (1998). Sistemas de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional (IRAM 3800). https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/d_recursos_humanos/concurso/normativa/_archivos/000007_Otras%20normativas%20específicas/000000_NORMA%20IRAM%203800.pdf
- James, K. R., Haritos, N., y Ades, P. K. (2006). Mechanical stability of trees under dynamic loads. *American Journal of Botany*, 93(10), 1522–1530. <https://doi.org/10.3732/ajb.93.10.1522>
- James, K. R., Moore, J. R., Slater, D., & Dahle, G. A. (2017). Tree biomechanics. *CAB reviews*, 12(38), 1–12.
- Koeser, A. K., Hauer, R. J., Klein, R. W., y Miesbauer, J. W. (2017). Assessment of likelihood of failure using limited visual, basic, and advanced assessment techniques. *Urban Forestry & Urban Greening*, 24, 71–79. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.03.024>
- Koeser, A. K., y Smiley, E. T. (2017). Impact of Assessor on Tree Risk Assessment Ratings and Prescribed Mitigation Measures. *Urban Forestry & Urban Greening*, 24, 109–115. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.03.027>
- La Gaceta, (11/11/2016). Se cayó un centenario árbol sobre un transporte escolar y sobre una moto: Un niño muerto. La Gaceta. <https://www.lagaceta.com.ar/nota/707115/seguridad/se-cayo-centenario-arbol-sobre-transporte-escolar-sobre-moto-nino-muerto.html>
- Ley de arbolado público, 5.339, Cámara de diputados de la provincia de San Juan (1984). http://www.saij.gob.ar/legislacion/ley-san_juan-5339-arbolado_publico.htm
- Ley de Arbolado Público Urbano. Registro de Árboles Históricos y Notables, 3.263, Legislatura de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (2009). <http://www.saij.gob.ar/3263-local-ciudad->

autonoma-buenos-aires-ley-arbolado-publico-urbano-registro-arboles-historicos-notables-lpx0003263-2009-11-26/123456789-0abc-defg-362-3000xvorpyel

Ley del Árbol, 13.836, Legislatura de la provincia de Santa Fe (2019). <http://www.sajg.gob.ar/13836-local-santa-fe-ley-arbol-lps0013836-2018-11-29/123456789-0abc-defg-638-3100svorpyel>

Matheck, C., Bethge, K., Kappel, R., Mueller, P., y Tesari, I. (2003). Failure modes for trees and related criteria. International Conference 'Wind Effects on Trees', University of Karlsruhe, Germany.

Matheck, C., Bethge, K., y Schäfer, J. (1993). Safety Factors in Trees. *Journal of Theoretical Biology*, 165(2), 185–189. <https://doi.org/10.1006/jtbi.1993.1184>

Matheck, C., & Breloer, H. (1994). Field guide for visual tree assessment (VTA). *Arboricultural Journal*, 18, 1–23.

National Tree Safety Group (2011). Common sense risk management of trees. Guidance on trees and public safety in the UK for owners, managers and advisers. (1a ed.). Forestry Commission.

Niklas, K. (2002). Wind, Size, and Tree Safety. *Arboriculture & Urban Forestry*, 28(2), 84–93. <https://doi.org/10.48044/jauf.2002.011>

Nueva, R. de L. (2014, marzo 5). Cayó un árbol y mató a una chica de 15; habían alertado por el mal estado de los ejemplares. La Nueva. <https://www.lanueva.com/nota/2014-3-5-7-36-0-cayo-un-arbol-y-mato-a-una-chica-de-15-habian-alertado-por-el-mal-estado-de-los-ejemplares>

Nussbaum, S. (2022). Uso de TICs para el mapeo y la cuantificación del riesgo en árboles, en la zona urbana Sur de Sauce Viejo, Santa Fe [Práctica profesional agronómica]. Universidad Nacional del Litoral.

Página 12 (12/12/21). Tucumán: Varios nenes heridos tras la caída de un árbol en el sector de juegos del Parque Avellaneda. Diario Página12. <https://www.pagina12.com.ar/388924-tucuman-varios-nenes-heridos-tras-la-caida-de-un-arbol-en-el>

Pergamino (24/04/23). Murió Dominga Herrera, la mujer que sufrió la caída del árbol en el Parque. (2023, abril 24). Diario Primera Plana. <https://www.primeraplana.com.ar/murio-dominga-herrera-la-mujer-que-sufrio-la-caida-del-arbol-en-el-parque>

Pokorny, J. D., O'Brien, J., Hauer, R., Johnson, G., Albers, J., Bedker, P., y Mielke, M. (2003). *Urban Tree Risk Management: A Community Guide to Program Design and Implementation* (1a ed.). USDA Forest Service Northeastern Area State and Private Forestry.

Política ambiental, permanente, racional y sustentable para el control, conservación y preservación del arbolado público., 7.874, Senado y cámara de diputados de la provincia de Mendoza (2008). <http://www.sajg.gob.ar/7874-local-mendoza-politica-ambiental-permanente-racional-sustentable-para-control-conservacion-preservacion-arbolado-publico-lpm0007874-2008-06-11/123456789-0abc-defg-478-7000mvorpyel>

Programa de Arbolado Público de la Provincia del Chaco, 7.172, Cámara de diputados de la provincia del Chaco (2013). <http://www.sajg.gob.ar/7172-local-chaco-programa-arbolado-publico-provincia-chaco-lph0007172-2012-12-13/123456789-0abc-defg-271-7000hvorpyel>

Régimen de protección del arbolado público provincial, Senado y cámara de diputados de la provincia de San Luis (2004). <http://www.sajg.gob.ar/318-local-san-luis-regimen-proteccion-arbolado-publico-provincial-lpd1000318-2004-03-24/123456789-0abc-defg-813-0001dvorpyel>

Régimen Legal del Arbolado Público, 12.276, Senado y cámara de diputados de la provincia de Buenos Aires (1999). <http://www.saij.gob.ar/12276-local-buenos-aires-regimen-legal-arbolado-publico-lpb0012276-1999-03-02/123456789-0abc-defg-672-2100bvorpyel>

Ruth, P. C. (2023, octubre 29). Tenían 2 y 7 años y murieron aplastados por un árbol a orillas del Lago Lácar: “Pasó por la falta de controles de los guardaparques”. Infobae. <https://www.infobae.com/sociedad/2023/10/29/tenian-2-y-7-anos-y-murieron-aplastados-por-un-arbol-a-orillas-del-lago-lacar-paso-por-la-falta-de-controles-de-los-guardaparques/>

Schmidlin, T. W. (2009). Human fatalities from wind-related tree failures in the United States, 1995–2007. *Nat Hazards*, 50, 13–25.

Se declara Patrimonio Natural y Cultural al Arbolado Público de la Provincia, 8.991, Legislatura de la provincia de Tucumán (2017). <http://www.saij.gob.ar/8991-local-tucuman-se-declara-patrimonio-natural-cultural-al-arbolado-publico-provincia-lpt0008991-2017-03-20/123456789-0abc-defg-199-8000tvorpyel>

Smiley, E. T., Matheny, N., y Lilly, S. (2012). Qualitative Tree Risk Assessment.

Telewski, F. W., y Niklas, K. J. (2017). Tree biomechanics. En *Routledge Handbook of Urban Forestry* (1a ed., pp. 449–477). Taylor & Francis.

Todo Noticias (Director) (2022, diciembre 27). Pánico en el Jardín Japonés: El momento en que una rama gigante cayó encima de dos personas. <https://www.youtube.com/watch?v=zKhyOyvbdMM>

VALID (s. f.). Shire City Municipal District Council. Recuperado 28 de noviembre de 2023, de <https://www.validtreerisk.com/resources/Documents/Risk%20Management/VALID%20-%20Government%20TRBM%20Strategy%20v9.0%20-%20Letter.pdf>

van Haaften, M. A., Meuwissen, M. P. M., Gardebroek, C., y Kopinga, J. (2016). Trends in financial damage related to urban tree failure in the Netherlands. *Urban Forestry & Urban Greening*, 15, 15–21. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.11.002>

Way, T. L., y Balogh, Z. J. (2022). The epidemiology of injuries related to falling trees and tree branches. *Anz Journal of Surgery*, 92(3), 477–480. <https://doi.org/10.1111/ans.17481>

CAPÍTULO 12

Árboles urbanos: la evaluación del riesgo y su gestión

Ana Paula Coelho-Duarte, María Agustina Sergio y Mauricio Ponce-Donoso

¿Los árboles son peligrosos?

Los árboles urbanos aportan servicios ecosistémicos de gran importancia en la ciudad, como la captura de carbono proveniente de las emisiones de dióxido de carbono, la reducción del consumo eléctrico por enfriamiento o calentamiento de edificios y viviendas, la mitigación de las partículas en suspensión, entre otros, funciones que ayudan a proporcionar bienestar a la población (Haase et al., 2014; Ponce-Donoso et al., 2020). Asimismo, su presencia en la ciudad tiene un valor tanto intrínseco como monetario (Ponce-Donoso et al., 2012), lo que le otorga un valor patrimonial público y privado a las ciudades. Para que estos servicios sean potenciados, es importante que los árboles estén en buenas condiciones y adaptados al sitio para que su riesgo sea minimizado (National Tree Safety Group, 2011; Vogt et al., 2015), de lo contrario pueden llegar a causar daños a personas, bienes materiales o cortes de servicios esenciales por la caída de ramas o árboles enteros (Calaza e Iglesias, 2016). Para avanzar más sobre este concepto es necesario distinguir entre riesgo y peligro, qué los diferencia, y, más concretamente, cómo definimos el riesgo.

Según las OSHAS 18001 (Occupational Health and Safety Assessment Series), el *peligro* se define como una “situación o acto con potencial para causar un perjuicio en términos de daño humano o deterioro de la salud, o una combinación de ambas”. A su vez, el *riesgo* se define como “la combinación de la probabilidad de que ocurra un suceso o exposición peligrosa y la severidad del daño o deterioro de la salud que puede causar el suceso o exposición”. Por lo tanto, todo árbol es potencialmente peligroso, pero el riesgo depende de otros factores, como la presencia de dianas que puedan ser impactadas y la consecuencia que este impacto generará. Considerando lo anterior, eliminar el riesgo total del arbolado urbano es una actividad económica y técnicamente inviable, ya que sería necesario eliminar todos los árboles para tener un riesgo cero. Por ello, su gestión debe orientarse a conservarlo en su mejor estado, favoreciendo sus beneficios y longevidad.

¿Cómo se evalúa el riesgo?

La evaluación del riesgo es parte central del proceso de gestión del riesgo (Figura 12.1). Según la norma ISO 31000 (2018), la gestión es un sistema cíclico que se compone de distintos procesos: comunicación y consulta; alcance, contexto y criterios; evaluación del riesgo; tratamientos del riesgo; seguimiento y revisión; y registro e informe. La *evaluación del riesgo* se define como el proceso de identificar, analizar y valorar todos los factores que afectan a las probabilidades y a la consecuencia.

Evaluar la condición del árbol tiene como objetivos reconocer y reducir potenciales riesgos, conservando una cobertura arbórea deseable. La remoción de un excesivo número de árboles condiciona los remanentes a nuevos ambientes que pudieran aumentar su riesgo de colapso y reduce los servicios ecosistémicos. En este contexto, la evaluación de la condición de riesgo del árbol urbano se releva para la sociedad, principalmente para los gestores municipales, planteando dos importantes desafíos: la determinación del riesgo y su gestión (Calaza e Iglesias, 2016).

Por lo señalado precedentemente, la evaluación del riesgo del árbol es eficiente si el evaluador comprende factores clave, como las características del sitio, las condiciones ambientales y los manejos anteriores, identificando además potenciales dianas, especie, edad, salud y vigor.



Figura 12.1. Proceso de gestión del riesgo. Adaptado de la Norma ISO 31000/2018

Los primeros estudios asociados a la evaluación del riesgo de árboles urbanos comienzan en las décadas de 1960 y 1970 en áreas recreacionales, cuyos objetivos son la definición de los

factores ambientales y las características de los árboles, buscando distinguir situaciones de riesgo (Wagener, 1963; Paine, 1971; Webster, 1978; Johnson, 1981). Seguidamente, desde la década de los noventa se han propuesto diferentes métodos en base a una evaluación visual (Matheny y Clark, 1994; Pokorny, 2003; Forbes-Laird, 2010; Smiley et al., 2011). El primer método desarrollado por la Sociedad Internacional de Arboricultura (ISA), detallado en el libro “*A Photographic Guide to the Evaluation of Hazard Trees in Urban Areas*” (Matheny y Clark, 1994), presenta una descripción de los defectos usando fotografías, recomendando que la evaluación considere la estructura del árbol en función de las prácticas de manejo, especialmente las podas. Este método sirve como base para otros desarrollados posteriormente, como el “*Best Management Practice – Tree Risk Assessment*” (Smiley et al., 2011) y el “*Quantified Tree Risk Assessment*” (Ellison, 2005). En los años 2000, Pokorny (2003) recopila información generada en décadas anteriores por el Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDAFS) y la ISA, proponiendo una guía de gestión del riesgo que incluye la división de los defectos en siete categorías, a saber: pudrición, grietas, problemas radiculares, uniones débiles, cancros, arquitectura pobre y árbol o parte de éste muertos.

En la última década otros métodos de evaluación visual del riesgo han sido desarrollados o revisados, entre ellos los que se presentan en el Tabla 12.1.

En general los métodos presentan similitudes al analizar las probabilidades de que un árbol o parte de éste falle e impacte una diana, y las consecuencias o daños que provocaría. Estos componentes -probabilidad de falla, probabilidad de impacto y consecuencia- combinados resultan en la clasificación del riesgo (ISO, 2018). A su vez, los componentes están conformados por distintos atributos, como presencia de defectos en el árbol, el uso del área y el tamaño del ejemplar.

Tabla 12.1. Métodos recientes, atributos de sus componentes y clasificación del riesgo

MÉTODO	PROBABILIDAD DE FALLA	PROBABILIDAD DE IMPACTO	CONSECUENCIAS	CLASIFICACIÓN DEL RIESGO
<i>ISA BMP; “Best Management Practice – Tree Risk Assessment (2nd edition)” (Dunster et al., 2017)</i>	Defectos, perfil de falla de la especie, condiciones del sitio, factores ambientales, crecimiento respuesta	Tasa de ocupación, zona de impacto para el defecto identificado	Tipo de diana, tamaño de la parte, características de la caída, distancia de caída, factor de protección de la diana	Matriz 1: Probabilidad de falla x Probabilidad de impacto Matriz 2: Probabilidades x Consecuencia Rangos divididos en: Bajo – Moderado – Alto – Extremo
<i>QTRA; “Quantified Tree Risk Assessment (5th edition)” (Ellison, 2018)</i>	Defectos estructurales, condiciones meteorológicas prevalentes	Tipos de diana (construcciones, humanos, vehículos), frecuencia de uso o valor monetario	Tamaño de la parte Puede considerar la degradación en el caso de ramas muertas, y aplicar un múltiplo de “Peso Reducido”, descontando el tamaño a la mitad o a un cuarto del valor	Los rangos se introducen en una calculadora manual o software, combinándose para obtener el Riesgo de Daño El ranking varía de 1/1 a 1/<1.000.000 Se divide en 4 rangos, basados en la expresión ALARP: Ampliamente aceptable – Tolerable – Tolerable/inaceptable – Inaceptable

Tabla 12.1. (continuación)

MÉTODO	PROBABILIDAD DE FALLA	PROBABILIDAD DE IMPACTO	CONSECUENCIAS	CLASIFICACIÓN DEL RIESGO
THREATS; "Tree Hazard: Risk Evaluation and Treatment System" (Forbes-Laird, 2010)	Defectos identificados considerando el histórico de la especie, criterios de falla establecidos y época del año	Zona de impacto para el defecto identificado, diana potencial, tasa de ocupación	Tamaño de la parte, altura de caída/impulso, protección de la diana	Probabilidad de falla x Puntuación de la diana x Puntuación del impacto Ranking varía de 0 a 20.000 puntos Dividido en 7 rangos llamados Categoría de amenaza, incluye recomendaciones de acción y plazo de ejecución: Insignificante – Mínimo – Leve – Moderado – Significante – Grave – Extremo
USDA 1; "A Guide to Identifying, Assessing, and Managing Hazard Trees in Developed Recreational Sites of the Northern Rocky Mountains and the Intermountain West" (Guyon et al., 2017)	Defectos identificados Considera la posibilidad de aumentar el puntaje en caso de presencia de defectos combinados	Zona de impacto potencial, tasa de ocupación, tipo de diana	Tamaño de la parte, altura de caída	Potencial de falla + Valor de la diana + Daño potencial El ranking varía de 3 a 10 puntos Divide en 4 rangos: Bajo – Medio – Alto – Severo
USDA 2; "Guide to Hazard Tree Management" (Blodgett et al., 2017)	Defectos estructurales relacionados con la forma de crecimiento, daños mecánicos o enfermedades	Basado en el nivel de exposición al peligro potencial (tasa de ocupación), tipo de diana	El método no incluye la valoración de la consecuencia	Blanco potencial x Peor defecto Ranking varía de 0 a 6 puntos, excluyendo el 5 Subdividido en 3 rangos de Peligro Potencial y su respectiva sugerencia de acción: Bajo – Moderado – Alto
TRAM; "Guidelines for tree risk assessment and management arrangement (9th edition)" (Greening, landscape and tree management section, 2020)	Estado de salud y estructura del árbol, defectos o daños, tamaño y orientación de la parte que puede fallar, y efecto de las condiciones ambientales	Frecuencia y duración de la exposición de dianas al área de impacto potencial	Nivel de daño o lesión que puede causarse sobre la diana impactada, considerando el tamaño, la masa, la velocidad y la energía de la parte que puede fallar	Matriz de riesgo que combina los tres componentes y asigna una categoría de riesgo: Bajo – Moderado – Alto – Extremo; y una prioridad de acción: Inmediata – Urgente – Rutinaria – Ninguna
VALID; "VALID Tree Risk-Benefit Assessment & Management" (VALID, 2021)	Estado del árbol, defectos, tamaño y orientación de la parte que puede fallar, así como el efecto del ambiente	Frecuencia y duración de la exposición de dianas al área de impacto potencial	Nivel de daño o lesión que puede causarse sobre la diana impactada. Agrega la valoración del beneficio como cuarto componente, según el valor social, ambiental y económico que aporta el árbol"	Matriz de riesgo-beneficio que combina los cuatro componentes y asigna una categoría: Bajo – Moderado – Alto – Extremo; y una prioridad de acción: Inmediata – Urgente – Rutinaria – Ninguna

Fuente: elaboración propia

Componentes de los métodos de evaluación visual del riesgo

La probabilidad de falla se relaciona a la presencia de defectos en el árbol. Según Tomao et al. (2015), conocer las características de la especie mejoraría la evaluación del riesgo, aspecto que se considera un factor importante en estudios que analizan datos de fallas post tormenta (Duryea et al., 1996; Jim y Liu, 1997; Francis, 2000; Duryea et al., 2007). Por ello, hay métodos que sugieren la utilización del perfil de fallas por especie (Matheny y Clark, 1994; Forbes-Laird, 2010; Smiley et al., 2011; Blodgett et al., 2021; Guyon et al., 2017), que además incorporen la susceptibilidad al ataque de agentes de biodeterioro y factores que agravan su estrés (Dunster,

1996), tales como viento, suelo compactado, entre otros. Existen métodos que son específicos para evaluar la probabilidad de falla, como el “*Visual Tree Assessment (VTA)*” (Mattheck, 2007; Mattheck et al., 2015) y el “*Static Integrated Assessment (SIA)*” (Wessolly y Erb, 2016), a través del uso y aplicación de conceptos asociados a la biomecánica del árbol (Calaza e Iglesias, 2016).

La parte del árbol más probable de fallar también es relevante, pues permite la estimación de las consecuencias de la falla y orienta las actividades de manejo para reducir el riesgo valorado. Durante 2016 en Madrid (España) se registra la caída de 454 árboles y 3.235 ramas (Morcillo San Juan, 2017), señalándose que la falla de una rama es siete veces más probable que la caída de un árbol completo.

Otro componente en la evaluación del riesgo es la *probabilidad de impacto*, y el atributo más utilizado para valorarlo es la *tasa de ocupación*. Esta tasa se relaciona con la probabilidad de que, al fallar un árbol o parte de éste, impacte una diana, que pueden ser personas o bienes (Matheny y Clark, 1994). Así, áreas con mayor uso público o estructuras de gran valor deberían recibir mayor atención que zonas de menor uso o sin estructuras (Ellison, 2005; Papastavrou et al., 2010; Klein et al., 2016).

Un tercer componente es la *consecuencia*, que corresponde a una medida indirecta de la proporción del daño que puede causar la caída del árbol o parte de éste (Koeser y Smiley, 2017). Para su cálculo es necesario conocer la densidad de la madera, que, junto a las diferencias entre especies y características anatómicas, es influenciada por el grado de descomposición (Ellison, 2005). Hay métodos que, además del diámetro de la parte más probable de fallar, incluyen la distancia de caída y el tipo de diana como atributos (Ellison, 2005; Smiley et al., 2011; Tomao et al., 2015). Sin embargo, no todos los métodos incorporan este componente, como es el caso del “*Guide to Hazard Tree Management*”, desarrollado por el USDAFS (Blodgett et al., 2021).

La combinación de los componentes deriva en la *clasificación del riesgo*, la que puede expresarse en términos cualitativos, semicuantitativos o cuantitativos (ISO, 2018). La evaluación cualitativa define consecuencias, probabilidades y nivel del riesgo indicando niveles como “bajo”, “moderado” y “alto”; mientras que los métodos semicuantitativos utilizan escalas de evaluación numéricas para probabilidades y consecuencias, y se combinan para determinar un nivel de riesgo, cuyas escalas pueden ser lineales, logarítmicas u otra relación; por su parte, en el análisis cuantitativo se estiman valores realistas para consecuencias y probabilidades, aunque cuantificar el riesgo de los árboles puede ser limitado debido a la falta de casuística e información sistematizada (Smiley et al., 2011).

La clasificación del riesgo puede ser presentada en rangos cualitativos (Smiley et al., 2011) o como ranking (Matheny y Clark, 1994), disponiéndose de un intervalo de posibles resultados, donde a mayor valor, mayor el riesgo comparativamente (Norris y Moore, 2020). Algunos métodos de evaluación del riesgo del arbolado utilizan ambos tipos (Forbes-Laird, 2010; Guyon et al., 2017; Ellison, 2020), lo que permite clasificar un número mayor de individuos, identificando los grupos críticos para priorizar tratamientos y distribuir el presupuesto.

Independiente de la metodología utilizada, un aspecto de importancia para la evaluación del riesgo son las incertidumbres que generan algunos parámetros, y que están relacionadas a la

confiabilidad del resultado final. El conocimiento y la experiencia que adquiere el evaluador a lo largo de su profesión es un factor importante para la mayor confiabilidad del proceso de evaluación.

¿Quién realiza la evaluación?

La incertidumbre inherente al proceso de evaluación del riesgo de árboles urbanos puede llevar a que los evaluadores arriben a conclusiones diferentes respecto del mismo árbol, principalmente debido a que sus evaluaciones están basadas por supuestos o existe una falta de objetividad que, a su vez, se fundamentan en distintos puntos de vista (Cox, 2009). Estudios demuestran que hay diferencias en los resultados de evaluaciones realizadas en un mismo árbol por distintas personas (Koeser y Smiley, 2017; Norris y Moore, 2020; Coelho-Duarte et al., 2021). Si bien la valoración de los componentes es subjetiva, entrenamiento y mejores definiciones dentro de los métodos pueden aumentar la repetibilidad de las evaluaciones (Koeser y Smiley, 2017).

Otros trabajos discuten la viabilidad de contar con voluntarios de la comunidad para actividades relacionadas a la arboricultura y los bosques urbanos (Roman et al., 2017; Bancks et al., 2018; Hauer et al., 2018). Para que esto funcione correctamente, es necesario entrenamiento continuo, especialmente en evaluaciones de la condición del árbol, además de supervisión de las tareas y controles de calidad. Es importante que los voluntarios no sean sustitutos del personal técnico y sí un adicional.

Niveles de evaluación del riesgo

La Norma A300 de la American National Standards Institute (2011), específicamente la parte 9 sobre evaluación del riesgo de árboles, proporciona directrices para esta práctica y propone estándares. Según esta norma, los métodos pueden ser divididos en tres niveles de aplicabilidad: *nivel 1 - visual limitado*, donde la evaluación puede ser realizada desde un vehículo en movimiento; *nivel 2 - visual básica*, cuyo uso se apoya en un formulario y herramientas sencillas, como martillo de goma, binocular, entre otros; y el *nivel 3 - evaluación avanzada*, donde se incorporan equipos avanzados para detectar descomposición y calcular la resistencia remanente, como son tomógrafo sónico, penetrógrafo o radar de suelo.

La evaluación de nivel 1, a pesar de ser limitada, suele ser utilizada para identificar los defectos más obvios del árbol, siendo una buena herramienta para evaluar una gran población de árboles (Rooney et al., 2005), respondiendo al principio de eficiencia que debería ser parte de las actuaciones municipales.

Respecto de la evaluación de nivel 2, existen distintos métodos, donde cada propuesta busca dar un enfoque que mejor se adapte a las necesidades del contexto donde se aplica. Se destacan aquellos que utilizan la evaluación visual, siendo, entre otros, los más conocidos y difundidos entre los especialistas en arboricultura urbana los métodos: “*Tree Hazard Evaluation Method*”

(Matheny y Clark, 1994), “*Quantified Tree Risk Assessment*” (Ellison, 2005) y “*Best Management Practice – Tree Risk Assessment*” (Smiley et al., 2011).

Por su parte, los niveles de incertidumbre que poseen los métodos de nivel 1 y 2 pueden estar relacionados a diversos factores, como la experiencia y el conocimiento que el evaluador tiene respecto de las características de la especie a evaluar. En algunos casos los defectos son muy visibles, como las grietas o la presencia de cuerpos fructíferos, pero gran parte de ellos no son fácilmente identificables y muchas veces se deben realizar suposiciones. Calaza e Iglesias (2016) señalan que un buen evaluador puede analizar el estado de la madera a través de los cambios de color y textura, pero detectarlos en etapas iniciales es una tarea difícil. Para disminuir la incertidumbre de las evaluaciones, se recomienda una evaluación de nivel 3, que incorpora el uso complementario de instrumentos de análisis no destructivos (Wessolly y Erb, 2016).

Actualmente han sido estudiados y adaptados al ambiente urbano diversos tipos de instrumentos, como penetrógrafos, detectores ultrasónicos, medidores de conductividad eléctrica y radares, cuyo uso e interpretación no son sencillos (Calaza e Iglesias, 2016), lo que puede ser un desafío, ya que la experiencia sigue siendo un tema relevante al momento de evaluar el riesgo. Los métodos no destructivos para la evaluación de la condición interna de los troncos y ramas o de la distribución de las raíces, si bien son costosos a corto plazo debido al precio de adquisición del instrumental, proporcionan buena información y deberían ser utilizados de forma complementaria a la evaluación visual del riesgo (Wang y Allison, 2008; Guo et al., 2013).

Protocolos: una herramienta para la evaluación y gestión del riesgo

Los *protocolos de gestión del riesgo* son un conjunto de procedimientos y directrices que describen las actividades a ser realizadas para llevar a cabo la evaluación del riesgo (Hopkin, 2018). En la gestión del riesgo de los árboles urbanos, contar con un plan de manejo, donde se incluya un protocolo de evaluación del riesgo, es esencial para la gestión municipal que maneja centenas de miles de árboles en calles, avenidas, parques y plazas de las ciudades. Los métodos de evaluación existentes pueden ser eficientes para evaluar y recomendar acciones de mitigación del riesgo, pero no es técnicamente práctico ni financieramente viable evaluar todos los árboles con un alto nivel de detalle, debido a la alta demanda de tiempo para hacer esta tarea.

Es en este contexto que, en su tesis doctoral, Coelho-Duarte (2021) presenta un protocolo que incluye la propuesta de tres métodos de evaluación visual del riesgo.

Protocolo Coelho-Duarte (2021)

En este protocolo (Figura 12.2) se presentan tres niveles para la evaluación del riesgo:

(a) *evaluación visual rápida (VR)*: compuesto por un formulario de evaluación focalizado en el estado fitosanitario y los defectos del árbol, que puede ser aplicado por técnicos con un menor nivel de experiencia o por voluntarios. Es la base del primer proceso de toma de decisiones

del protocolo, de cuyo resultado puede depender la recomendación de la aplicación del siguiente nivel;

- (b) *evaluación visual básica (VB)*: se utiliza un formulario y herramientas sencillas, permite inventariar los árboles, y puede ser aplicado con un nivel apropiado de conocimientos (mínimo de experiencia en coevaluaciones VB). El proceso puede iniciar luego de una evaluación VR, como parte de un programa de gestión, o ser aplicado directamente, por demanda espontánea;
- (c) *evaluación visual detallada (VD)*: complementa a la anterior, pudiendo iniciar por recomendación de la evaluación VB o por solicitud de un gestor o cliente. Incluye un formulario que recoge más información y que facilita el uso de equipamiento no destructivo. La aplicación de esta evaluación y el proceso de toma de decisiones asociado requieren de entrenamiento avanzado (evaluador con experiencia). Este último método está destinado preferentemente a la evaluación de árboles de riesgo alto a extremo, de carácter patrimonial/monumental o en aquellos que presentan algún tipo de conflicto para su conservación.

En VR, se evalúa el estado fitosanitario general y la severidad de heridas o cancros, orificios de emergencia y plagas, utilizando los rangos bueno, regular y malo, y se basó en Vallejos (2018). Con respecto a la incidencia de defectos en cuello, tronco, copa y ramas, se evalúa la presencia/ausencia de fisura, pudrición, bifurcación, cavidad, ramas secas, ramas colgadas y deformaciones. Además, para raíces se evalúa presencia/ausencia del levantamiento del plato radicular, raíces cortadas y raíces estranguladoras.

En VB se evalúa la probabilidad de falla general del árbol, mientras que en VD se evalúan las probabilidades de falla para cada parte del árbol, esto es cuello, tronco, ramas estructurales, ramas secundarias y raíz. Para el análisis del componente probabilidad de falla y posterior cálculo del riesgo en VD, se utiliza la mayor valoración encontrada de las cinco partes del árbol. Las evaluaciones VB y VD se basaron en diversos métodos disponibles en la literatura (Matheny y Clark, 1994; Forbes-Laird, 2010; Dunster et al., 2017; Guyon et al., 2017; Ellison, 2018).

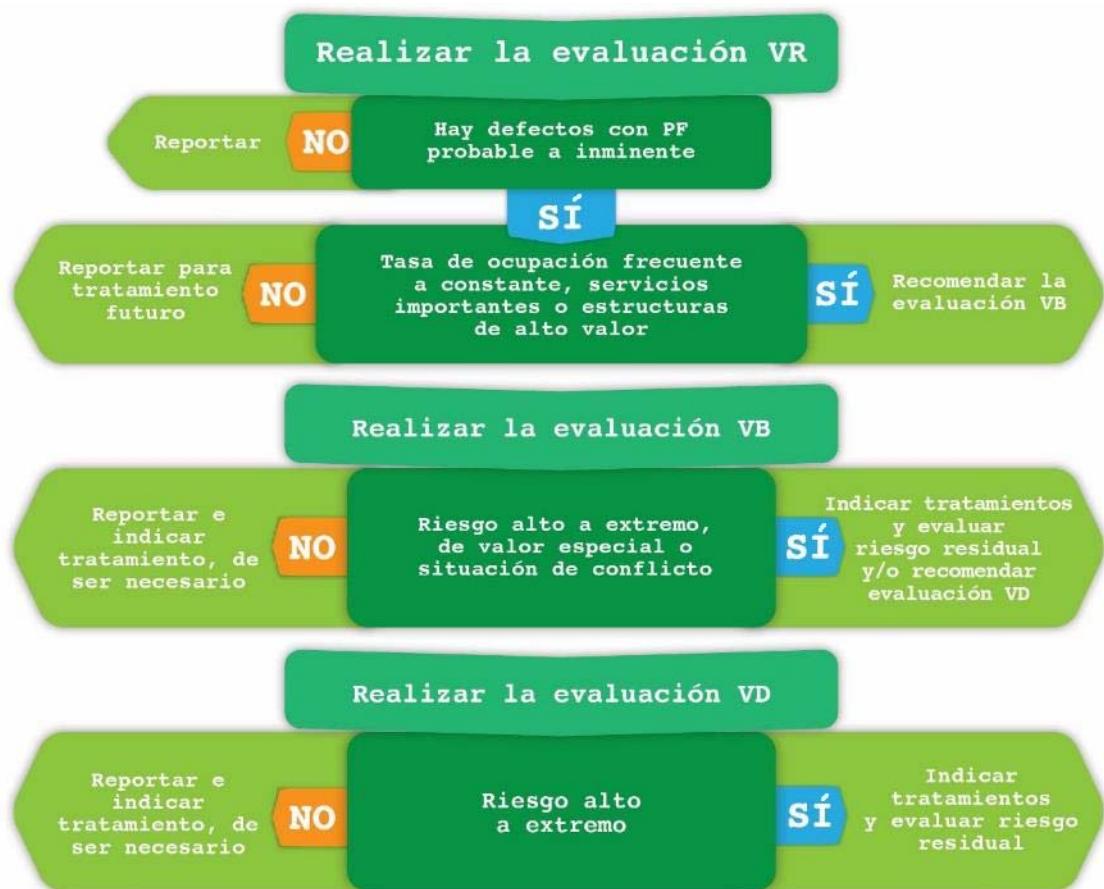


Figura 12.2. Protocolo de evaluación del riesgo propuesto por Coelho-Duarte (2021), incluyendo los tres niveles de evaluación del riesgo. Adaptado de Coelho-Duarte (2021).

Para analizar el riesgo en los métodos VB y VD se recurre a dos formas distintas: una cualitativa, basada en las matrices del método ISA BMP (Dunster et al., 2017), y una semicuantitativa, basada en la suma simple de los componentes de probabilidad de falla, probabilidad de impacto y consecuencia. El ranking semicuantitativo se divide en cuatro rangos, permitiendo el uso de la herramienta de gestión del riesgo *As Low as Reasonable Practicable* (ALARP; Figura 12.3) complementaria al ranking (Ellison, 2018).

Algunas consideraciones pueden ser útiles para comprender la herramienta ALARP, traducida al español como “Tan bajo como sea razonablemente factible”. El concepto de riesgo aceptable, por ejemplo, definido por Norris y Moore (2010) como el nivel de riesgo en el que no se tomará ninguna medida que lo aborde, es subjetivo y por lo tanto depende de los objetivos de la gestión del riesgo, así como de las percepciones del cliente o gestor. Sobre este punto, Calaza e Iglesias (2016) definen que aquellos árboles que sobrepasan ese nivel mínimo de riesgo serán peligrosos desde ese punto de vista.

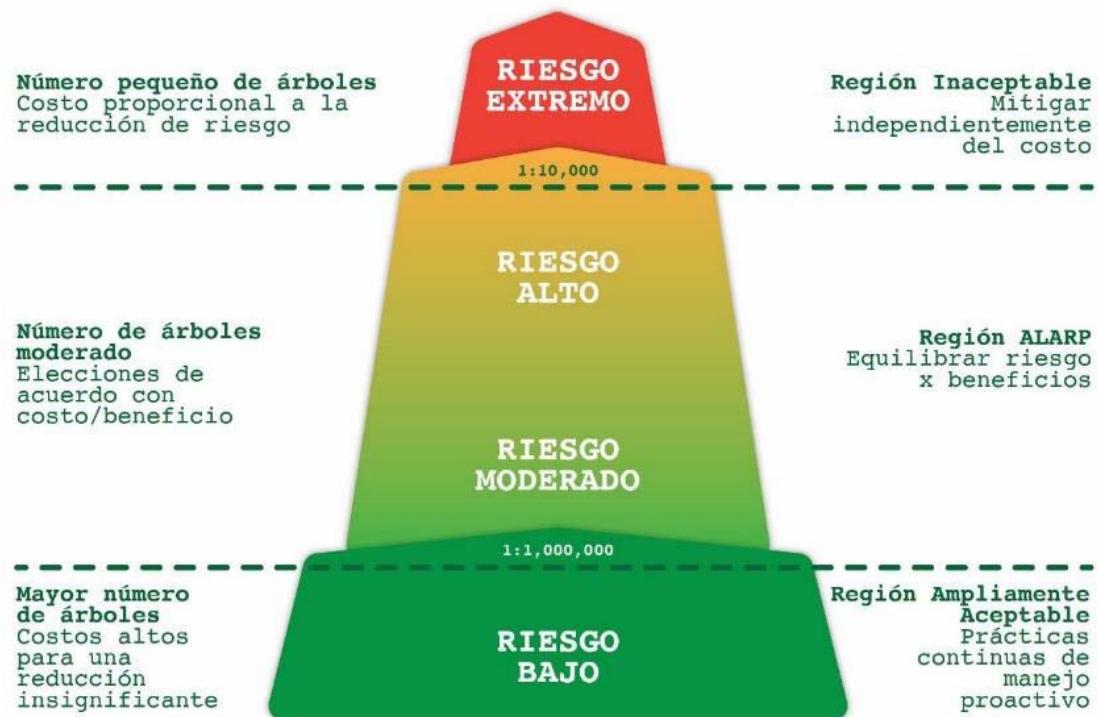


Figura 12.3. Esquema ALARP. Adaptado de (Duntemann & Stuart, 2016).

Estudio de caso: gestión del riesgo en un parque periurbano

En el año 2019 el gestor de la Reserva Natural Salus (Uruguay) se contacta con un grupo de docentes del Departamento Forestal y plantea como problemática la preocupación por el riesgo que puedan presentar los árboles, ya que las fallas de ramas, troncos o vuelcos que ocurren, principalmente durante eventos de tormenta o vientos fuertes, podrían causar accidentes con el personal y visitantes, además de daños a la infraestructura. Este parque abre sus puertas al público durante el día, principalmente en temporadas de vacaciones escolares, pero también durante fines de semana y feriados nacionales. El uso del área del parque es con fines recreativos de carácter familiar, contando con espacios de estacionamiento, picnic, y zona de juegos infantiles, por lo que también presenta estructuras permanentes como baños, parrillero, mesas, bancos y fuentes decorativas. Además, hay visitas de escuelas agendadas durante todo el año.

De esta comunicación surge la propuesta de iniciar un proyecto que logre aportar a la gestión del riesgo de los árboles del parque, aplicando un protocolo en desarrollo, que más tarde fue publicado en Coelho-Duarte (2021). Este proyecto incluye, a nivel práctico, la caracterización del sitio, el inventariado de toda la población de árboles y su evaluación individual (con las recomendaciones de tratamiento y monitoreo). Incluye también el acompañamiento de las actividades de manejo para la mitigación del riesgo y la reevaluación de los individuos tratados, para determinar su riesgo residual real, o en reevaluaciones posteriores a eventos climáticos con incidencia de fallas.

Las visitas iniciales al parque, así como las primeras etapas de trabajo de escritorio, sirven para la caracterización del sitio, desde lo climático (precipitaciones, vientos dominantes, ráfagas y otros eventos climáticos), pasando por factores del sitio como el suelo (en este caso de textura arcillosa, poco profundo, compactado y con drenaje pobre), hasta las particularidades sobre las especies encontradas (como el perfil de fallo de la especie), complementando la información aportada desde la gestión del parque. Además, se realiza el inventario de los árboles, durante el cual se asigna un número de identificación a cada árbol, registrándose 133 en total, y a este número se adjuntan fotografías, la especie y las características dendrométricas del individuo, más específicamente el número de troncos, diámetro a la altura del pecho, diámetro a la altura de la base, altura total, altura de la copa y proyección de copa. Para el registro de todos los datos se utiliza un sistema de información geográfica de software libre y código abierto llamado QGIS.

Las evaluaciones son realizadas en una misma época del año y los resultados obtenidos son presentados en un informe preliminar en conjunto con el inventario y la caracterización. Este reporte explora la información recolectada inicialmente, complementándola con revisión de bibliografía sobre el sitio, las especies y los resultados de la evaluación, que son presentados en cuatro partes: el diagnóstico de enfermedades y plagas identificados; los defectos hallados separados por categoría de defectos según Pokorny (2003) (pudrición, grietas, problemas del sistema radicular, uniones débiles de ramas o troncos codominantes, cancos, arquitectura pobre, madera muerta -árbol o ramas- y otros indicadores como la esbeltez); y por último las recomendaciones y tratamientos.

En esta etapa se evalúan un 62% de los árboles dentro de la categoría de riesgo bajo, un 31% en la categoría moderado, y un 7% en la categoría alto. Ningún árbol presenta un nivel de riesgo extremo. Se recomienda la extracción del 9% de los ejemplares y la posibilidad de extraer un 2% adicional de no ser posible o deseable la primera alternativa de tratamiento sugerida. Tratamientos de poda (reducción de copa, eliminación de ramas muertas, dañadas o vulnerables, reducción del peso, remoción de copa, e incluso remoción de troncos codominantes) se recomiendan para el 86% de los ejemplares, y la instalación de soporte se sugiere para un solo árbol.

Los tratamientos se llevan a cabo ejecutados por profesionales podadores en altura y apeo de árboles, dentro de un plazo razonable después de la entrega del informe preliminar, siendo supervisados por el coordinador del área y con el acompañamiento técnico de quienes llevan adelante el proyecto. Se presenta un evento de tormenta en el período de coordinación de las actividades de poda y extracción, que causa algunas fallas, todas ellas dentro de las probabilidades previamente estimadas en la evaluación de los árboles. Esto último se determina con la aplicación de un formulario internacional para registro de falla (*International Tree Failure Database*) en el cual se registran las fallas, los cambios en los escenarios de riesgo, y, de ser necesario, la adaptación o cambio de los tratamientos recomendados.

Finalmente, se llevan a cabo tratamientos en el 62% de los árboles, siendo extraídos en total 12% de los ejemplares, y realizados tratamientos de poda en un 50% del total.

La reevaluación de los árboles tratados se realiza inmediatamente después de ejecutados los tratamientos; los resultados se agregan al informe preliminar para obtener el informe final con las evaluaciones actualizadas, con la recomendación de realizar otro ciclo de evaluación luego de un año o post-tormenta, de acuerdo con el protocolo. En los resultados de esta reevaluación se encuentra que un 82% presenta un riesgo residual bajo, un 16% moderado y un 2% alto. Ningún árbol presenta un nivel de riesgo extremo.

El considerable aumento final del porcentaje de árboles en la categoría bajo (de 62% a 82%) se debe especialmente al efecto de mitigación de los tratamientos aplicados en árboles de las categorías moderado y alto. De árboles con riesgo originalmente moderado, se realizó la extracción de ocho y de los con riesgo alto se eliminaron cinco.

Es importante considerar que, para lograr mitigar el riesgo, es necesario actuar sobre la(s) parte(s) del árbol que se asocian al escenario de riesgo más alto evaluado para dicho ejemplar. Por ejemplo, si un escenario de riesgo con resultado “alto” se relaciona a la probabilidad de falla del tronco por una pudrición avanzada y, al tratar, se realiza solamente una poda de ramas muertas, el riesgo residual seguirá siendo alto, dado que no se trató el riesgo relacionado con la falla del tronco.

En las Figuras 12.4 y 12.5 se presentan, a modo de ejemplo, dos árboles con distintos escenarios y los resultados obtenidos en este proceso.



ID: A

Especie: *Eucalyptus globulus*

Nro. Troncos: 3

Rebrote de tocón: no

DAP: 0.57 m; 0.35 m; 0.46 m

Altura: 28 m

Altura de la copa: 26.5 m

Proyección de copa N – S: 7.3 m

Proyección de copa E – W: 7.5 m

DAB: 1.46 m

Factores del sitio: Suelo poco profundo, compactado o pobre, patrón de vientos y exposición críticas; superficie de la zona de protección de raíces – césped, sin alteraciones recientes, sin superficie levantada.

Estado fitosanitario: malo



Muerte regresiva avanzada



Tronco con múltiples defectos

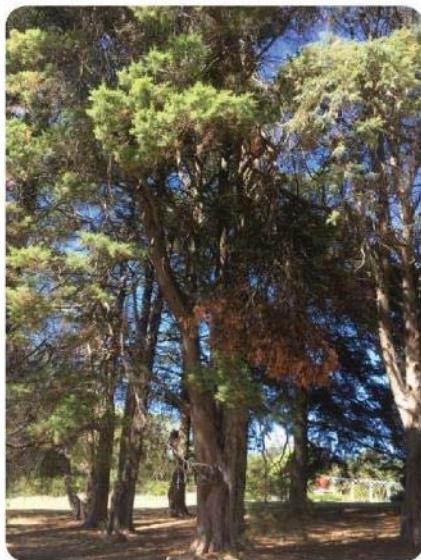
Observaciones: tronco recto, copa disforme; presencia de *T. nubilosa* (mancha por nubilosa) y cancro por *Coniothyrium*. Defectos más relevantes (por categoría): pudrición – extremo; madera muerta – extremo; grietas – alto; uniones débiles – alto.

Evaluación del peor escenario:
 Parte falla: tronco (diámetro: 0.35 m)
 Distancia de caída: 28 m
 Masa reducida por degradación: sí
 Diana(s): personas, autos estacionados
 Protección de diana(s): ninguna
 Probabilidad de falla: *inminente*
 Probabilidad de impacto: *medio*
 Consecuencia: *significativa*
 Categoría de riesgo: *alto*
 Recomendaciones y tratamientos: remoción del árbol (Talar el árbol y triturar el tocón como una medida de reducción de enfermedades y control de rebrotes)



Observaciones: **controlar rebrotes**
 Riesgo residual (si corresponde): **no**

Figura 12.4. Ejemplo A, extracción. Fuente: elaboración propia.



ID: B

Especie: *Cupressus lusitanica*

Nro. Troncos: 1

Rebrote de tocón: no

DAP: 1.21 m

Altura: 26 m

Altura de la copa: 19.2 m

Proyección de copa N – S: 13.8 m

Proyección de copa E – W: 8.7 m

DAB: 1.56 m

Factores del sitio: Suelo poco profundo, compactado o pobre, patrón de vientos y exposición críticos; superficie de la zona de protección de raíces – césped y pavimento/vereda, sin alteraciones recientes, sin superficie levantada

Estado fitosanitario: regular



Ramas muertas/rotas/
colgando



Tronco con defectos
menores

Observaciones: tronco recto, copa disforme; han fallado ramas; presencia de insectos.

Defectos más relevantes (por categoría): grietas – alto; madera muerta – alto.

Evaluación del peor escenario:
Parte falla: ramas estructurales y ramas secundarias (diámetro: 0.30 m)
Distancia de caída: 10 m
Masa reducida por degradación: si
Diana(s): personas
Protección de diana(s): ninguna
Probabilidad de falla: *inminente*
Probabilidad de impacto: *medio*
Consecuencia: *menor*
Categoría de riesgo: *moderado*
Recomendaciones y tratamientos: remoción de ramas (Podar vegetación muerta/dañada/vulnerable); monitoreo de grietas y cavidades e investigación adicional con tomógrafo en el tronco.



Observaciones: *monitoreo del tronco*
Riesgo residual (si corresponde): *moderado*

Figura 12.5. Ejemplo B, poda. Fuente: elaboración propia.

Agradecimientos

A la Universidad de la República y la Comisión Sectorial de Investigación Científica por el apoyo y financiamiento del doctorado de Ana Paula Coelho que es base para la escritura de este capítulo. A la Compañía Salus S.A. y a la Reserva Natural Salus por apoyar a la docencia e investigación. Al diseñador gráfico Francisco Moreno por las imágenes.

Bibliografía

- Bancks, N., North E. y Johnson, G. (2018). An analysis of agreement between volunteer- and researcher-collected urban tree inventory data. *Arboriculture & Urban Forestry*, 44(2): 73-86.
- Blodgett, J.T., Burns, K.S. y Worrall, J.J. (2021). Guide to hazard tree management. Technical Report R2-69. Lakewood: USDA Forest Service, Rocky Mountain Region. 32 p. https://www.fs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/fseprd933384.pdf
- Calaza, P. e Iglesias, I. (2016). El riesgo del arbolado urbano. Contexto, concepto y evolución. Madrid: Mundi-Prensa. 526 p.
- Coelho Duarte, A. (2021). Evaluación del riesgo de los árboles urbanos: propuesta de un protocolo para Montevideo, Uruguay. Tesis de doctorado. Universidad de la República (Uruguay). Facultad de Agronomía. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12008/32601>.
- Coelho-Duarte, A.P., Daniluk-Mosquera, G., Gravina, V., Vallejos-Barra, O. y Ponce-Donoso, M. (2021). Tree Risk Assessment: Component analysis of six visual methods applied in an urban park, Montevideo, Uruguay. *Urban Forestry & Urban Greening* 59(2021): 127005. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127005>.
- Cox, L.A. (2009). Risk Analysis of Complex and Uncertain Systems. Boston: Springer US. 456 p. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-89014-2>.
- Dunster, J.A., Smiley, E.T., Matheny, N. y Lilly S. (2017). Tree Risk Assessment Manual. Champaign: International Society of Arboriculture. 194 p. <https://www.isa-arbor.com/store/product/442/>
- Dunster, J.A. (1996). Hazard tree assessments: developing a species profile for western hemlock. *Journal of Arboriculture* 22(1): 51-57.
- Duntemann, M. y Stuart, N. (2016). An Assessment of Ordinal Tree Risk Rating Systems. Natural Path Urban Forestry Consultants [En línea]. http://naturalpathforestry.com/wp-content/uploads/2016/11/OrdinalTreeRiskRatingSystems_English.pdf.
- Duryea, M.L., Kampf, E., Littell, R.C. y Rodríguez-Pedraza, C.D. (2007). Hurricanes and the Urban Forest: II. Effects on Tropical and Subtropical Tree Species. *Arboriculture & Urban Forestry* 33(2): 98-112.
- Duryea, M.L., Blakeslee, G.M., Hubbard, W.G. y Vasquez, R.A. (1996). Wind and trees: A survey of homeowners after hurricane Andrew. *Journal of Arboriculture* 22(1): 44-50.
- Ellison, M. (2020). Nota de procedimiento Quantified Tree Risk Assessment (V5.2.5(ES)2020-01). Quantified Tree Risk Assessment Limited [En línea]. 7 abril 2020. <https://www.qtra.co.uk/cms/index.php?action=download&id=312&module=downloadmodule&src=%40random52a559f0954e2>.
- Ellison, M. (2005). Quantified tree risk assessment used in the management of amenity trees. *Journal of Arboriculture*, 31(2): 57-65.

- https://www.qtra.co.uk/cms/index.php?action=download_resource&id=26&module=resource&smodule&src=%40random436a8977cf8ba.
- Ellison, M. (2018). Quantified Tree Risk Assessment: Nota de procedimiento V5.2.3(ES)2018-01. Quantified Tree Risk Assessment Limited. 9 p.
- Forbes-Laird, J. (2010). THREATS: Tree hazard: Risk evaluation and treatment system. Bedford: Forbes-Laird Arboricultural Consultancy. 16 p. <http://www.flac.uk.com/wp-content/uploads/2010/07/THREATS-GN-June-2010.pdf>.
- Francis, J.K. (2000). Comparison of hurricane damage to several species of urban trees in San Juan, Puerto Rico. *Journal of Arboriculture*, 26(4): 189-197.
- Greening, landscape and tree management section (2020). Guidelines for tree risk assessment and management arrangement 9th edition (Rev. 3). Development Bureau, Hong Kong [En línea]. [https://www.greening.gov.hk/filemanager/content/pdf/tree_care/9th_Edition_of_TRAM_Guide_line_rev_2\(1.11.2020\).pdf](https://www.greening.gov.hk/filemanager/content/pdf/tree_care/9th_Edition_of_TRAM_Guide_line_rev_2(1.11.2020).pdf).
- Guo, L., Chen, J., Cui, X., Fan B. y Lin, H. (2013). Application of ground penetrating radar for coarse root detection and quantification: A review. *Plant Soil* 362: 1-23. <https://doi.org/10.1007/s11104-012-1455-5>.
- Guyon, J., Cleaver, C., Jackson, M., Saavedra, A. y Zambino, P. (2017). A Guide to Identifying, Assessing, and Managing Hazard Trees in Developed Recreational Sites of the Northern Rocky Mountains and the Intermountain West. USDA Forest Service, Northern and Intermountain Regions [En línea]. https://www.fs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/fseprd571021.pdf
- Haase, D., Larondelle, N., Andersson, E., Artmann, M., Borgström, S., Breuste, J., Gomez-Bagethun, E., Gren, Å., Hamstead, Z., Hansen, R., Kabisch, N., Kremer, P., Langemeyer, J., Rall, E.L., McPhearson, T., Pauleit, S., Qureshi, S., Schwarz, N., Voigt, A., Wurster, D. y Elmqvist, T. (2014). A quantitative review of urban ecosystem service assessments: Concepts, models, and implementation. *AMBIO*, 43: 413-433. <https://doi.org/10.1007/s13280-014-0504-0>.
- Hopkin, P. (2018). Fundamentals of risk management: Understanding, evaluating and implementing effective risk management. New York: Kogan Page. 480 p.
- Instituto Nacional de Estadística (2011). Censos 2011 [En línea]. 25 enero 2021. <http://www.ine.gub.uy/censos-2011>.
- ISO (2018). ISO 31000:2018 Gestión del Riesgo—Directrices. Suiza: ISO. 26 p.
- Jim, C.Y. y Liu, H.H.T. (1997). Storm damage on urban trees in Guangzhou, China. *Landscape and Urban Planning* 38: 45-59.
- Johnson, D.W. (1981). Tree Hazards Recognition and Reduction in Recreation Sites. Tech. Rep. R2-1. Denver: United States Department of Agriculture, Forest Service. 24 p.
- Klein, R.W., Koeser, A.K., Hauer, R.J., Hansen, G. y Escobedo, F.J. (2016). Relationship between perceived and actual occupancy rates in urban settings. *Urban Forestry & Urban Greening* 19: 194-201. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.06.030>.
- Koeser, A.K. y Smiley, E.T. (2017). Impact of assessor on tree risk assessment ratings and prescribed mitigation measures. *Urban Forestry & Urban Greening*, 24: 109-115. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.03.027>.
- Mattheck, C., Bethge, K. y Weber, K. (2015). The body language of trees: Encyclopedia of visual tree assessment. Kronau: KS Druck GmbH. 548 p.

Mattheck, C. (2007). Updated Field Guide for Visual Tree Assessment. Karlsruhe: Karlsruhe Research Center. 170 p.

Morcillo San Juan, A. (2017). Pliego de prescripciones técnicas particulares del contrato del servicio de actuaciones no programadas de ejecución inmediata y de control del riesgo en materia de arbolado. Área de Gobierno de Medio Ambiente y Movilidad, Madrid [En línea]. https://sede.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/PerfilContratante/PC_Areas/PC_MAmbienteMov/2017/D.G.%20Gesti%C3%B3n%20del%20Agua%20y%20Zonas%20Verdes/ficheros/PPT%20SER+VERDE%202017_12_05_con%20fichas.pdf.

National Tree Safety Group (2011). Common sense risk management of trees: Guidance on trees and public safety in the UK for owners, managers and advisers. Forestry Commission. Edinburgh: Forestry Commission. 104 p.

Norris, M. B. y Moore, G. M. (2020). How Tree Risk Assessment Methods Work: Sensitivity Analyses of Sixteen Methods Reveal the Value of Quantification and the Impact of Inputs on Risk Ratings. *Arboriculture & Urban Forestry* 46(6).

Paine, L.A. (1971). Accident hazard evaluation and control decisions on forested recreation sites. California: United States Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest. 18 p.

Papastavrou, V., Leaper, R. y Prytherch, R. (2010). Determining pedestrian usage and parked vehicle monetary values for input into quantified tree risk assessments—Two case studies from urban parks in great britain. *Arboricultural Journal* 33: 43-60. <https://doi.org/10.1080/03071375.2010.9747591>.

Pokorny, J.D. (2003). Urban Tree Risk Management: A Community Guide to Program Design and Implementation. USDA Forest Service, Northeastern Area, State and Private Forestry [En línea]. <https://www.fs.usda.gov/naspf/publications/urban-tree-risk-management-community-guide-program-design-and-implementation>.

Ponce-Donoso, M., Vallejos-Barra, O., Ingram, B. y Daniluk-Mosquera, G. (2020). Urban Trees and Environmental Variables: Relationships in a City of Central Chile. *Arboriculture & Urban Forestry* 46(2): 84-95.

Ponce-Donoso, M., Vallejos-Barra, O. y Daniluk-Mosquera, G. (2012). Comparación de fórmulas chilenas e internacionales para valorar el arbolado urbano. *Bosque*, 33(1): 69-81. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002012000100008>.

Roman, L.A., Scharenbroch, B.C., Östberg, J.P.A., Mueller, L.S., Henning, J.G., Koeser, A.K., Sanders, J.R., Betz, D.R. y Jordan, R.C. (2017). Data quality in citizen science urban tree inventories. *Urban Forestry & Urban Greening* 22: 124-135. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.02.001>.

Rooney, C.J., Ryan, H.D., Bloniarz, D.V. y Kane, B.C. (2005). The reliability of a windshield survey to locate hazards in roadside trees. *Journal of Arboriculture* 31(2): 89-94.

Smiley, E.T., Matheny, N. y Lilly, S. (2011). Best Management Practices: Tree Risk Assessment. Champaign: International Society of Arboriculture. 194 p.

Tomao, A., Secondi, L., Corona, P., Giuliarelli, D., Quatrini, V. y Agrimi, M. (2015). Can composite indices explain multidimensionality of tree risk assessment? A case study in an historical monumental complex. *Urban Forestry & Urban Greening* 14(3): 456-465. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.04.009>.

Tortorelli, L.A. (2009). Maderas y bosques argentinos Vol. 1. Buenos Aires: Orientación Gráfica Editora. 576 p.

VALID (2021). VALID Tree Risk-Benefit Assessment & Management [En línea]. <https://www.validtreerisk.com/>.

- Vallejos, O. (2018). Protocolo de gestión del arbolado urbano: Uso de análisis multisensorial para predecir la calidad sanitaria a nivel individual—Informe Final Proyecto Fondecyt no 1150815. Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica - CONICYT [En línea]. <http://repositorio.conicyt.cl/bitstream/handle/10533/227299/1150815.pdf?sequence=1&isAllowed=1>.
- Vogt, J., Hauer, R.J. y Fischer, B.C. (2015). The Costs of Maintaining and Not Maintaining the Urban Forest: A Review of the Urban Forestry and Arboriculture Literature. 41(6): 293-323.
- Wagener, W.W. (1963). Judging hazard from native trees in California recreational areas: A guide for professional foresters. Berkeley: United States Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Forest and Range. 32 p.
- Wang, X. y Allison, R.B. (2008). Decay Detection in Red Oak Trees Using a Combination of Visual Inspection, Acoustic Testing, and Resistance Microdrilling. *Arboriculture & Urban Forestry* 34(1): 1-4.
- Webster, B.L. (1978). Guide to judging the condition of a shade tree. *Journal of Arboriculture*, 4(11): 247-249.
- Wessolly, L., Erb M. (2016). Manual of Tree Statics and Tree Inspection. Berlin: Patzer Verlag. 288 p.

CAPÍTULO 13

Contenidos sobre arbolado urbano en los planes de estudio

Laura Pinciroli, Tatiana Cinquetti, Sebastián Galarco, Diego Ramilo y Sandra Sharry

Introducción

Desde el Protocolo de Montreal, se han fijado criterios de sustentabilidad y desarrollo en conjunto con diferentes alternativas para poder hacer frente al cambio climático. En este marco, en la última década, se ha impulsado fervientemente el expansionismo de las *Ciudades Sostenibles* o también llamadas *Ciudades Verdes*.

El objetivo N°11-*Ciudades y Comunidades Sostenibles* de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas hace mención específica a esta temática: lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles. Según el último informe de las Naciones Unidas, la población mundial alcanzó los 8.000 millones de personas en noviembre de 2022, de las cuales más de la mitad (55 %) viven en zonas urbanas, una cifra que se prevé que aumente al 70 % para el año 2050. A pesar de los esfuerzos por hacer frente a la urbanización y al crecimiento poblacional, los datos de 2020 sobre 1.072 ciudades revelan que más de tres cuartas partes tienen menos del 20 % de su área dedicada a espacios públicos abiertos y calles (Naciones Unidas, 2023).

En el año 2020, la FAO presentó la iniciativa Ciudades Verdes, en donde se menciona el importante papel que tienen la silvicultura urbana, la agricultura urbana y los sistemas alimentarios urbanos. De esta manera, la gestión y planificación de infraestructura, los espacios verdes comunes y el ordenamiento territorial se tornan claves a la hora de la toma de decisiones en lo que concierne a la interacción entre la ciudad y el medio natural.

En este sentido, el arbolado urbano adquiere un rol activo en cuanto al bienestar y calidad de vida de la población. Su importancia radica principalmente en la organización del paisaje, la mitigación de ruido, la atenuación de temperaturas, la producción de sombra, el resguardo de la fauna y la pureza del aire. Según la ONU, estos son los principales beneficios del arbolado urbano:

1 - Aumento de la biodiversidad urbana

2 - Mitigación del cambio climático

- 3 - Filtros para contaminantes urbanos y partículas finas como el polvo, humo, etc.
- 4 - Enfriamiento del aire de 2 a 8 grados centígrados
- 5 - Mejoran la salud física y mental, disminuyen la presión arterial alta y el estrés
- 6 - Regulan el flujo de agua y previenen inundaciones
- 7 - Aumentan el valor de la propiedad hasta un 20%

Por estos motivos, resulta crucial formar profesionales en este campo, capaces de impulsar la planificación, implantación y conservación de este tipo de arbolado.

En este capítulo se presenta una revisión de los contenidos sobre Arbolado Urbano que se imparten en las distintas Universidades Nacionales argentinas que ofrecen las carreras de Ingeniería Agronómica e Ingeniería Forestal. El objetivo fue realizar un análisis curricular comparado de la enseñanza vinculada a la gestión de los espacios verdes mediante el análisis de los planes y programas de estudio de carreras agropecuarias y forestales en instituciones públicas de educación superior de Argentina.

Contenidos sobre arbolado urbano en los planes de estudio

Se realizó un análisis de los planes de estudio vigentes, con una revisión crítica de los programas de materias afines al tema. La búsqueda se basó en la información disponible en internet sobre las carreras de Ingeniería Agronómica e Ingeniería Forestal de Universidades Nacionales de Argentina. Para definir y reconocer las asignaturas y/o temas agroforestales presentes en la currícula de las carreras, se consideró el concepto general de arbolado urbano, espacios verdes y paisajismo.

Lo que primero se pudo observar es la falta de cursos o asignaturas regulares específicas sobre el tema en la mayoría de las casas de estudio, con la excepción de UNCu y UNLZ, cuyos planes de estudio de agronomía incluyen una materia específica sobre arbolado urbano. Asimismo, la UNLP ofrece una asignatura sobre diseño de arbolado urbano para las carreras de ingeniería agronómica e ingeniería forestal.

Tabla 13.1. Tratamiento de los contenidos de arbolado urbano en las carreras de Agronomía de Universidades Nacionales de Argentina

Universidad	Facultad	Título Expedido	Contenido de Arbolado Urbano			Provincia
			Curso	Unidad Completa	Parte de unidad	
UBA	Cs.Agrarias	Ing. Agr	-	-	-	CABA
UNC	Cs. Agropec.	Ing. Agr	-	-	-	Córdoba
UNCa	Cs. Agrarias	Ing. Agr	Dasonomía	Sí	-	Catamarca
UNCoMa	Cs.Agrarias	Ing. Agr	-	-	-	Río Negro

UNCu	Cs.Agrarias	Ing. Agr	Espacios Verdes	-	-	Mendoza
UNDEC	Ing. Agronómica	Ing. Agr	-	-	-	La Rioja
UNER	Agronomía	Ing. Agr	-	-	-	Entre Ríos
UNICEN	Agronomía	Ing. Agr	-	-	-	Bs. Aires
UNJu	Cs.Agrarias	Ing. Agr	-	-	-	Jujuy
UNL	Cs.Agrarias	Ing. Agr	-	-	-	Santa Fe
UNLP	Cs.Agrarias y Forestales	Ing. Agr	Planeamiento y Diseño del Paisaje	-	-	Bs. Aires
UNLaR	Agronomía	Ing. Agr	-	-	-	La Rioja
UNLu	Agronomía	Ing. Agr	-	-	-	Bs. Aires
UNLZ	Cs.Agrarias	Ing. Agr	Planificación de espacios verdes	-	-	Bs. Aires
UNMDP	Cs.Agrarias	Ing. Agr	-	-	-	Bs. Aires
UNAM	Cs. Forestales	Ing. Agr	-	-	-	Misiones
UNNE	Cs.Agrarias	Ing. Agr	Silvicultura	Sí	-	Corrientes
UNNOBA	Esc. Cs. Agrs. Nat y Ambiente	Ing. Agr	-	-	-	Bs. Aires
UNR	Cs.Agrarias	Ing. Agr	-	-	-	Santa Fe
UNRC	Agronomía y Veterinaria	Ing. Agr	Dasonomía	-	-	Córdoba
UNRN		Ing. Agr	-	-	-	Río Negro
UNS	Agronomía	Ing. Agr	-	-	-	Bs. Aires
UNSA	Cs.Naturales	Ing. Agr	Silvicultura	-	-	Salta cap.
UNSA	Cs. Naturales	Ing. Agr	Silvicultura	-	-	Salta. Sede
UNSE	Agronomía y Agroindustrias	Ing. Agr	-	-	-	Sgo. del Estero
UNSJ	Dpto. Ing. Agronómica.	Ing. Agr	-	-	-	San Juan

UNSL	Agronomía	Ing. Agr	-	-	-	San Luis
UNT	Agronomía y Zootecnia	Ing. Agr	Dasonomía	-	-	Tucumán
UNVM	Agronomía	Ing. Agr	-	-	-	Córdoba
UNLPAM	Agronomía	Ing. Agr	-	-	-	La Pampa

Fuente: elaboración propia, 2024.

Tabla 13.2. Tratamiento de los contenidos de arbolado urbano en las carreras de Ingeniería Forestal de Universidades Nacionales de Argentina

Universidad	Facultad	Título expedido	Contenidos de Arbolado Urbano			Provincia
			Curso	Unidad Completa	Parte de Unidad	
UNPSJB	Ingeniería	Ing. Forestal	-	-	-	Chubut
UNF	Recursos Naturales	Ing. Forestal	-	-	-	Formosa
UNLP	Cs. Agrarias y Forestales	Ing. Forestal	Planeamiento y Diseño del Paisaje	-	-	Bs.As
UNaM	Cs. Forestales	Ing. Forestal	Silvicultura II	-	Sí	Misiones
UNSE	Cs. Forestales	Ing. Forestal	-	-	-	Sgo. del Estero

Fuente: elaboración propia, 2024.

Sin embargo, es interesante destacar que varias universidades ofrecen formación en la temática a través de cursos optativos (Tabla 13.3).

Tabla 13.3. Tratamiento de los contenidos de arbolado urbano en cursos optativos en Universidades Nacionales

Universidad	Facultad	Curso optativo	Provincia
UNPSJB	Ingeniería	Silvicultura Urbana y de Interfases	Chubut
UBA	Cs. Agrarias	Planificación y Diseño de Espacios Verdes	CABA
UNCoMa	Cs. Agrarias	Parques, jardines y fruticultura	Río Negro
UNER	Agronomía	Espacios Verdes	Entre Ríos
UNRN		Silvicultura	Río Negro
UNS	Agronomía	Dasonomía	Buenos Aires

UNS	Agronomía	Plantas Nativas para Uso Ornamental	Buenos Aires
UNS	Agronomía	Arboricultura Forestal	Buenos Aires

Fuente: elaboración propia, 2024

A su vez, el análisis permitió identificar las casas de estudio que poseen una carrera específica vinculada la temática. Las mismas se encuentran detalladas en la Tabla 13.4.

Tabla 13.4. Universidades que ofrecen una carrera relacionada al tema de Arbolado Urbano

Universidad	Facultad	Carrera	Provincia
UBA	Cs. Agrarias	Planificación y Diseño del Paisaje	CABA
UNCa	Cs. Agrarias	Ingeniería del Paisaje	Catamarca
UNCoMa	Cs. Agrarias	Tecnicatura universitaria de espacios verdes	Río Negro
UNER	Agronomía	Tecnicatura universitaria en espacios verdes	Entre Ríos
UNER	Agronomía	Diplomatura en ejecución y mantenimiento de espacios verdes	Entre Ríos
UNLZ	Cs. Agrarias	Tecnicatura Universitaria en Diseño y Mantenimiento de Espacios Verdes	Buenos Aires
UNAM	Cs. Agrarias	Especialización en Biología de la Conservación (contiene la asignatura Ecología Urbana)	Misiones
UNS	Agronomía	Tecnicatura Universitaria en Parques y Jardines	Buenos Aires

Fuente: elaboración propia, 2024

Conclusión

En general, las grandes ciudades además de carecer de áreas periurbanas de amortiguamiento ecológico, presentan muchas veces un déficit en la relación a la cantidad de área verde por habitante. Por ello, es necesario contar con profesionales formados para abordar esta problemática, que sean capaces de planificar el uso del territorio y asistir en la creación y gestión de los bosques urbanos.

Se pudo apreciar que, si bien en muchas universidades el arbolado urbano es un tema que se tiene en cuenta en el planteo del campo de ejercicio profesional y en las incumbencias del título, son pocas las casas de estudio que incluyen esta temática dentro de su currícula.

Una estrategia eficaz de promoción y fortalecimiento de las capacidades de los equipos de gestión de los espacios verdes y del arbolado urbano implica realizar una revisión integral de los

planes de estudio universitarios, sus contenidos, los alcances y las actividades reservadas al ejercicio profesional. Este capítulo aporta una aproximación al tema. Sería provechoso, además, analizar la demanda de profesionales en este rubro, de tal manera de poder integrar y compatibilizar las necesidades con la formación de profesionales que puedan dar respuesta a esta demanda. Asimismo, nos interpelamos acerca de la creación de carreras cortas de grado y posgrado específicas sobre esta temática.

Referencias

- FAO (2020). Programa de Acción Ciudades Verdes. Disponible en:
<https://www.fao.org/news/story/es/item/1413088/icode/>
- Naciones Unidas (2023). Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Disponible en:
https://unstats.un.org/sdgs/report/2023/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2023_Spanish.pdf
- ONU (2019). Importancia del Arbolado Urbano Disponible en:
<https://onuhabitat.org.mx/index.php/siete-grandes-beneficios-de-los-arboles-urbanos>

CAPÍTULO 14

Bosques de infancias: los árboles y el bosque en la experiencia infantil de niñas y niños

Luciano Roussy

Introducción

En el presente artículo se abordan cuestiones referidas a las infancias, cómo pueden ser pensadas desde un proyecto político pedagógico emancipador y desde allí, qué lugar ocupan los árboles y el bosque como parte de dicho entramado. También, se desarrollarán elementos técnicos referidos a cómo conformar bosques que alberguen a niñas y niños de manera cuidada, qué atributos tipológicos deben ser tenidos en cuenta al momento de la elección de especies y qué conformaciones espaciales. Se busca crear ámbitos donde poder desarrollar propuestas que den cuenta de experiencias de infancia.

En primer lugar, es conveniente destacar que ser niña o niño no garantiza vivir una experiencia de infancia en la vida que se transita. En este sentido, pensamos a la infancia en clave de derechos donde todas y todos puedan tener las posibilidades de desarrollar su subjetividad personal y colectiva de la mejor manera posible. La desigualdad material y de acceso a los bienes culturales y simbólicos es una característica que alarma si tomamos al colectivo de niñas, niños y adolescentes de Argentina, especialmente en los grandes conglomerados urbanos donde existen amplios territorios con deficiencias básicas para el desarrollo de la vida. Dentro de ese universo de desigualdades, tanto el paisaje, como las distribución y cantidad de espacios verdes de calidad y árboles existentes es extremadamente deficiente. Si tomamos el Área Metropolitana de Buenos Aires observamos que tenemos entre 0,5 y 3 m² de espacio verde por habitante (L.E. RMBA-PBA, 2007), con estimaciones disímiles o inexistentes respecto a la cantidad de árboles por distrito, caracterizándose amplios territorios por las plantaciones preexistentes o las realizadas por los privados de manera aleatoria y dispersa. En la gran mayoría de los municipios, al alejarnos de las zonas céntricas, desaparece el arbolado urbano de alineación de veredas, así como también, los espacios verdes de calidad, conformando territorios de paisajes degradados que se superponen con deficiencias en el resto de las infraestructuras y servicios básicos. Podríamos preguntarnos, ¿cuántos espacios verdes son necesarios para albergar a todas esas niñas y niños para que puedan vivir experiencias de ciudadanía?, ¿qué conformación espacial deberían tener para poder vivir la infancia en el espacio público?, ¿son

acaso los árboles y el bosque un derecho del que deben tener posibilidad de vivir niñas y niños?, ¿qué paisajes transitan de manera diaria y cómo deberían ser?

Pensar en los árboles y el bosque como elementos disponibles en niñas y niños es una cuestión que implica posibilidades simbólicas ligadas a la cultura para que puedan desarrollarse de manera integral. Pensar en árboles y bosques es también una infancia en clave ambiental, que les permita vivir en hábitat más sanos y saludables para el desarrollo de la vida.

Árboles y bosques forman universos simbólicos que pueden ser ligados a la literatura y el arte, a la memoria colectiva y la identidad, a la destreza física y a un aroma que nos acompañará toda la vida, al otoño y a una floración deslumbrante que convoca a la observación y admiración, casas de pájaros y orugas que despiertan la curiosidad e historias insólitas. Pensar las infancias en clave de igualdad es que la mayoría de niñas y niños puedan acceder a algunas de las posibilidades puestas en juego anteriormente, es también convocar a plantar árboles y bosques que formen *lugar* para que niñas y niños puedan encontrarse y estar de manera cuidada. Habilitar bosques infantiles para el encuentro es quizá una de las maneras para que tenga lugar la idea que J. Larrosa (2000) ha dado en llamar el enigma de la infancia. Aquello que desconocemos que traen las nuevas generaciones y que nunca será comprensible por el mundo adulto, que no puede ser vigilado ni normado, que da lugar a la creación propia de una experiencia infantil.

Este texto, busca orientar sobre qué plantar y cómo para poder construir territorios en clave de igualdad para las infancias.

Bosques de infancia

Una de las cuestiones centrales consiste en la posibilidad de cultivar pequeños bosques ya sea en el espacio público, instituciones educativas o espacios privados. Allí donde es posible tener árboles, o donde ya están presentes, es necesario tener algunas consideraciones para su cuidado, desarrollo y crecimiento.

Para comenzar, podríamos preguntarnos: ¿por qué cuidar un árbol?, ¿qué cultivaríamos con el árbol? Seguramente, a partir de estas indagaciones surjan muchas ideas que permitan construir sentidos y generen nuevas preguntas, algunas que se responderán y otras que no. Desde allí, pondremos en juego con niñas y niños *lugares* donde se encontrarán bajo su fronda haciendo rondas colectivas, pero también de a pocas y pocos susurrando cuentos, o simplemente descansando colgadas y colgados de una hamaca.

El bosque tiene múltiples sentidos, muchos de los cuales han sido indagados por la literatura, pero también en la historia de la humanidad, desde entenderlo como el recurso que proveía leña y madera hasta como espacio inhóspito del peligro. P. Donadieu (2006) expresa que ... *el bosque representa el lugar donde uno puede perderse físicamente, pero también metafóricamente, es la pérdida del buen camino y de la verdad*. Los significantes que tenemos hoy del bosque son múltiples. En este sentido, L. Roussy (2019) plantea que ...*el bosque se resignificó como el lugar donde se puede jugar al aire libre, donde encontramos pájaros, donde se vive y se vacaciona, donde se hace música. Actualmente, se produce esta dualidad donde el deseo del aire puro y*

naturaleza simbolizado en el bosque se conjuga con un miedo secretamente constituido. Nos podríamos preguntar: ¿qué sucede con el bosque en nuestras infancias? Estar en un bosque es una experiencia que nos traspasa; aparece la penumbra y la humedad relativa del aire es mayor, el sonido de las hojas nos envuelve y el aroma a madera y líquenes nos abraza. ¿De qué modo nuestras niñas y niños llegan allí? Narrar un cuento a la sombra de los árboles, jugar y armar refugios en la penumbra y las múltiples variaciones que pueden explorarse en los espacios exteriores. ¿Es posible vivir algo de esto?

Técnicamente, para construir un bosque son necesarios al menos tres árboles. Sin embargo, cuantos más ejemplares arbóreos, tendrá mayores implicancias ese bosque. Los árboles podrían estar dispuestos en triángulo o de manera aleatoria, aunque siempre cercanos, entre 4 y 6 m entre sí de manera tal de poder formar un macizo arbóreo donde todos los elementos juntos actúen como una unidad: el bosque. La escala del bosque para niñas y niños es menor, no es necesario tener grandes árboles para poder alojarles dentro; pensar el portal de acceso al bosque, con un perímetro de plantas que escondan el interior y que marquen un adentro y un afuera. De esta manera, puede existir una preparación para poder ingresar. Las alturas de las visuales de circulación de niñas y niños de hasta 6 años no superan 1,25 m de altura aproximadamente (Ministerio de Salud de la Nación, 2018), con lo cual es posible pensar trabas visuales para esas edades y que a la vez permita a adultas/os acompañar en la tarea de cuidado.

La escala del bosque tiene que ver también con que los elementos vegetales existentes no sean una fuente de peligro por caída de ramas secas o ejemplares arbóreos para quienes estén dentro. También para que puedan constituirse en elementos de trepado y ser asistidas/os por adultas/os que están bajo la tarea de cuidado.

La elección de la especie de árboles no es tarea fácil. Como primera variable de elección definimos como los más adecuados a los de tercera y cuarta magnitud, pensamos en pequeños árboles que de tamaño adulto no superen los 6-8 m de altura. Pueden ser especies perennes para un bosque más oscuro, muy frío en invierno y fresco en verano. Algunos ejemplos de estas especies para la provincia de Buenos Aires son la *Acacia dealbata* “Aromo”, *Eriobotrya japonica* “Níspero”, *Solanum granulos-leprosum* “Fumo bravo”, *Acacia melanoxylon* “Acacia australiana”, entre otros.

En otro sentido, podemos pensar un bosque otoñal, donde se exprese la caída de hojas ya sea por el color en otoño o por la permanencia de las hojas secas en el suelo.

Respecto a las especies arbóreas caducas que expresan el otoño a partir del cambio en la coloración del follaje, de manera de poder ver y vivir la experiencia infantil del otoño se encuentran: *Acer buergerianum* “Arce”, *Cercis siliquastrum* “Árbol de judea”, *Salix humboldtiana* “Sauce nativo”, *Salix erytroflexuosa* “Sauce eléctrico”, *Salix vitellina*, *Dyospirus kaki* “Caqui”, *Erithrina crista-galli* “Ceibo” (no muestra el otoño con su caída de hojas), *Tecoma stans* “Lapachillo”, *Koerleuteria paniculata* “Jabonero de la India”, entre otros.

En lo referido a especies que tengan la capacidad de conformar un colchón de hojas en la superficie del suelo, quienes mejor lo expresan son las que no tienen textura fina (ya que las hojas se incorporan fácilmente al suelo), que la caída de hojas se dé en un momento determinado

y no tenga larga duración, que las hojas conserven su estructura seca por largos períodos, que el follaje sea abundante (por ejemplo: densidades de follaje laxas difícilmente conformen colchón de hojas).

Una especie típica de esta categoría es el *Fraxinus pennsylvanica* Fresno americano que, si bien es una especie de segunda magnitud, su madera flexible y buena cicatrización hacen posible su uso en amplias superficies. Especialmente los ejemplares masculinos conforman una copa más compacta, con mayor densidad de hojas y una caída de hojas en menor tiempo. Su follaje torna a coloración amarilla intensa en otoño y cuando caen las hojas conforma una capa de hojas secas marrones en el suelo de gran densidad (Roussy, 2019).

La superficie de hojas secas conforma un manto que admite multiplicidad de experiencias, desde la recolección de hojas, la conformación de un ámbito cuidado para jugar en el suelo con vueltas carnero o actividades de destreza física, se constituyen en elementos para patear, arrojar, realizar lluvia de hojas, triturado de las mismas, conformación de montañas por barrido, etc.

A su vez, este manto de hojas permite en los parques fertilizar la superficie de suelo y la capa cespitosa. Lentamente se incorpora al suelo mediante triturado por el corte de pasto regular de manejo de un parque.

Por último, los mantos de hojas secas conforman ámbitos efímeros en el espacio público. Es interesante porque existen sólo en un momento del año, el otoño. La caída de las hojas dibuja un espacio que inevitablemente crea un ámbito, es decir un lugar en el que ocurren espontáneamente actividades. Lo interesante aquí es cómo a partir de un suceso fenológico podemos generar ámbitos donde la invención da lugar al juego que transforma lo real (un manto de hojas) en una dimensión imaginaria simbólica.

Plantar y cuidar un árbol es una tarea delicada y atenta. Se comparte un breve esquema de plantación (Figura 14.1):

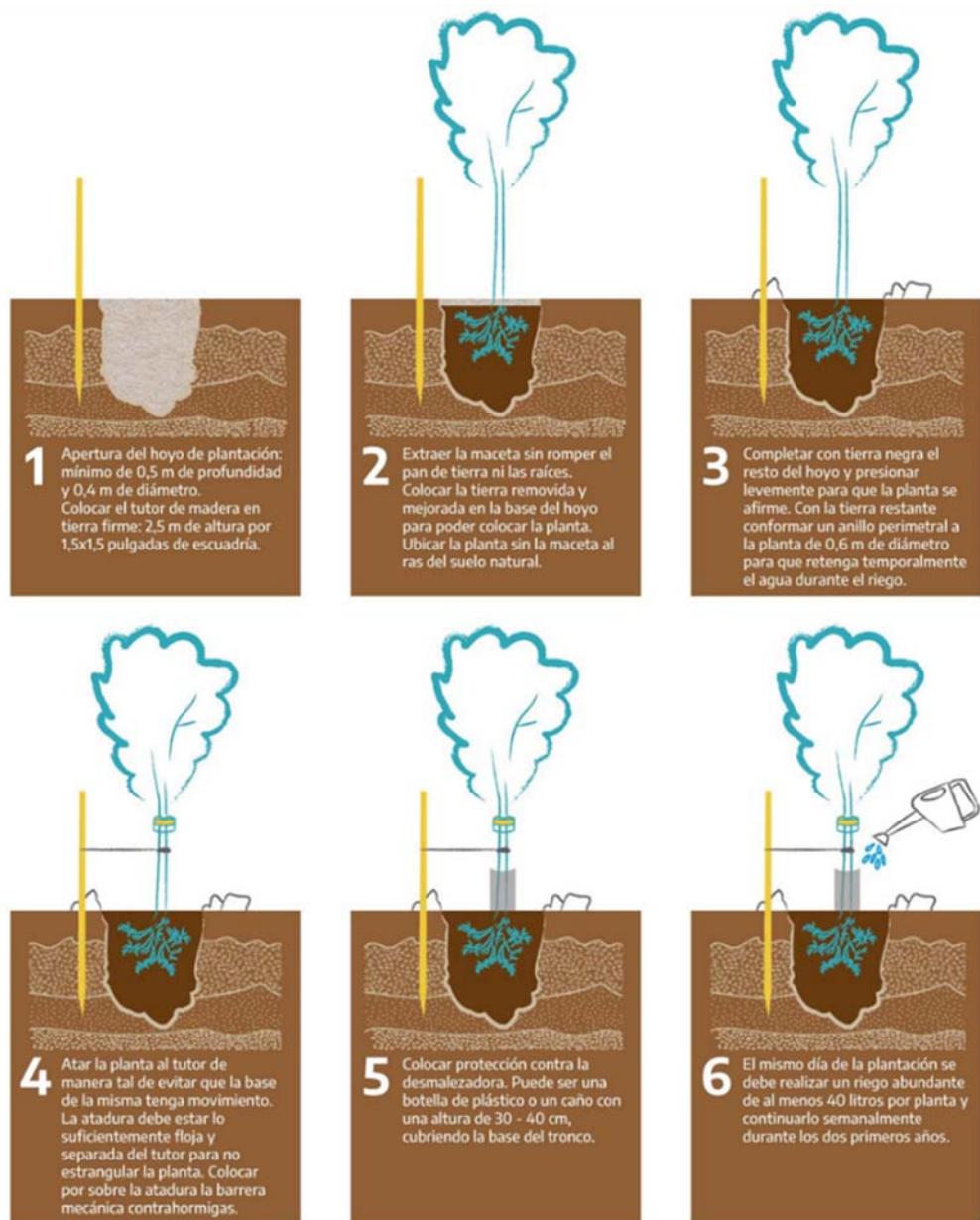


Figura 14.1: Esquema de plantación de un árbol. Autora infografía: Celeste Mazzariol (DGCyE, 2023)

Árboles para la memoria

Los árboles han estado presentes a lo largo de la historia, o mejor dicho de las historias colectivas, barriales, comunitarias y algunos especialmente se han constituido en símbolos. Tal es el caso del “Árbol de la Memoria”. El “Árbol de la Memoria” *Senna spectabilis* surgió como idea en el año 1996 de la experiencia llevada adelante por la Comisión de la Memoria, Recuerdo y Compromiso de las Facultades de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAyF) y de Ciencias Médicas Veterinarias de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP), fue plantado por Nora Cortiñas y Osvaldo Bayer en el Jardín de la Memoria de ambas facultades y nos recibe todos los 24 de marzo florecido como símbolo de la vida en contraposición al horror vivido durante la última

dictadura cívico-militar. El árbol como guardián de memorias colectivas que se construyen día a día, con propuestas bajo su fronda que hablen de relatos compartidos.

Pensar los árboles como testigos vivos de una memoria pasada, que entra en diálogo con el presente y nos permite pensar futuros posibles con algunas de las dimensiones que es interés agregar en los significados que puede adquirir un árbol. Específicamente, en lo referido a las infancias, el cultivo ligado a la memoria es una manera de poner en práctica de forma cuidada algunos aspectos referidos a la construcción de ciudadanía. Crear un ámbito a partir de un árbol que porta una historia común y que recibe a niñas y niños en rondas bajo su fronda habilita un diálogo común entre pares propios en una práctica democrática.

Todorov (citado en INFID, 2025) nos dice que la memoria no consiste en traer el pasado al presente, porque el pasado no puede ser nunca restituido íntegramente y en esa reivindicación del pasado hay una mirada particular que selecciona qué y cómo quiere ser recordado en términos de memoria histórica. La memoria está conformada por relatos que dejan en evidencia los sentidos en pugna acerca del pasado, como relación de poder. Elizabeth Jelin y Lorenz (2004) plantean que no hay un único relato y éstos van cambiando al compás de las transformaciones del presente. Es decir que la memoria conlleva un proceso de construcción desde el presente hacia el pasado y es esa mediación inevitable de la perspectiva sobre el hoy la que modifica la mirada hacia atrás. Entender las memorias como reconstrucción compartida y que tienen un lugar principal en la conformación de las identidades. La memoria supone también una relación con el futuro, en tanto éste parece abrirse desde ciertas posibilidades que se imaginan en el presente y que están cargadas de historia. Una memoria de nuestro pasado reciente que se hace presente y que no es inocente porque hace pie en procesos de construcción de la verdad para lograr justicia. ¿Acaso es posible compartir parte de esa verdad con niñas y niños? ¿De qué manera?

Pensamos en el cultivo de un árbol para plantar y cuidar a lo largo del tiempo y generar así un espacio de disfrute, de juegos, canciones y cuentos bajo su sombra que tengan a niñas y niños como protagonistas de una historia común, compartida y resignificada.

Árboles monumentales

Podemos pensar un grupo de árboles que por su inmensidad se constituyan en hitos, en verdaderos monumentos naturales. En este caso, poder estar junto a un elemento gigante e inabarcable sitúa al individuo en un lugar de insignificancia y le permite comprender la relatividad de las cosas: sentirse por un rato como una hormiga ante el elemento vivo más grande de la tierra, al menos visible. La monumentalidad atrae, genera cierto magnetismo que detiene la mirada, el tiempo. Pensar en la monumentalidad asociada a un tiempo diferencial, el tiempo del disfrute, del pensamiento, un tiempo sin tiempo. En este sentido, W. Kohan (2015) habla de un tiempo *scholé* que se aleja del tiempo *chronos*, el del reloj. Cuando existe lugar para tiempos *scholé* es que encontramos la posibilidad de la experiencia infantil.

Los “árboles lobo” de la selva son los elementos vivos más grandes, que sobresalen sobre una asociación vegetal compleja, las maderas nobles que forman el techo de la selva. Tener la posibilidad de estar junto a uno de estos ejemplares, tocarlos, mirarlos de cerca y de lejos, imaginar cómo circula el agua y la savia en su interior, pensar en algún día treparlos o simplemente sentirse protegidos bajo su copa, son algunas de las vivencias de las que no podemos privar a las infancias.

En este grupo de árboles encontramos dos grupos de especies plausibles de ser usadas de manera cuidada para ámbitos de infancia. Se registraron dos tipos de monumentalidad, especies que por su altura constituyen un hito y especies que lo hacen por el tamaño de copa. En el primer grupo se encontró por ejemplo el *Platanus x acerifolia* “Plátano” y en el segundo podemos situar al *Cinnamomum glanduliferum* “Falso alcanforero” o *Ceiba insignis* “Palo borracho”.

Especies de árboles longevos

Estas especies tienen la capacidad de conformarse en testigos de la experiencia vital de muchas generaciones y en el hilo de continuidad sincrónica entre las infancias. Plantar árboles que sean disfrutados y cuidados por múltiples generaciones de niñas y niños nos brinda la posibilidad de construir una mirada histórica de las infancias, que dialogue con el pasado, construyendo las marcas del presente y prefigure un futuro deseado, común y compartido.

En este sentido, los árboles notables contienen de una u otra manera niñas y niños a lo largo de toda su vida. Cada generación deja una marca simbólica en su leño, que puede ser percibido metafóricamente hoy y mañana. En algunos casos, estas marcas no son sólo metafóricas, sino que se convierten en reales al quedar impresas en los anillos del árbol. Este signo en los anillos de crecimiento se puede observar mediante una datación dendrocronológica del ejemplar a partir de la extracción de una muestra de barreno. En este barreno, se ubican las diferentes generaciones de niñas y niños, los hechos históricos compartidos que la marcaron en concordancia con el anillo de crecimiento del árbol en el barreno. La edad histórica de los árboles notables introduce la variable del tiempo más allá de lo que duran nuestras vidas y nos permite poner en diálogo con las infancias aspectos relacionados a la identidad histórica. Este trabajo tiene por fin rescatar la tradición en clave de futuro, no como un discurso que mira al pasado, sino principalmente como comprensión de lo que somos para poder proyectarnos en un ser deseado propio, en nuevas identidades.

Algunos ejemplos de árboles a utilizar podrían ser ejemplares notables de *Ficus elastica* Gomero, *Magnolia grandiflora* Magnolia o *Enterolobium contortisiliquum* “Timbó”.

A modo de cierre

Este artículo tiene por objetivo poner en diálogo la vegetación en clave infantil. Pensar los árboles como *lugares* para albergar experiencias infantiles como una de las llaves para poder decidir qué especie plantar, con qué conformación y sobre todo con qué sentidos. Plantar allí donde los árboles no se encuentran, donde miles de niñas y niños no tienen posibilidades de

acceder a un bosque real, a árboles de calidad. Plantar con sentidos, ligados a un proyecto político pedagógico para las infancias. Árboles que abrazan e invitan a compartir, que son cuidados para poder existir y desarrollarse, que se encuentran asociados a la cultura y la identidad, a la historia y la memoria. Ser capaces de transformar el territorio en un ambiente más sano y vivible para nuestras infancias. Allí, donde la belleza y el descubrimiento interpele en términos de pregunta sobre: ¿Cómo construimos bosques que alberguen el enigma de la infancia?

Referencias

- Dirección General de Cultura y Educación (DGCyE), Dirección Provincial de Educación Inicial (DPEI) (2023). Educación Ambiental Integral: una mirada desde el paisaje y la ciudadanía. Provincia de Buenos Aires. Portal ABC.
- Donadieu, P. (2006). *La sociedad paisajista*. (1ra edición). La Plata, Argentina: EDULP.
- Kohan, W., Kennedy, D. (2015). La escuela y el futuro de la Scholé: un diálogo preliminar. Revista Espacios en Blanco - Serie indagaciones (25), 213-226.
- Larrosa, J. (2000). Pedagogía profana. Estudios sobre lenguaje, subjetividad, formación. Ed: Novedades Educativas.
- Lineamientos Estratégicos para la Región Metropolitana De Buenos Aires. (2007). Provincia de Buenos Aires.
- Ministerio de Salud de la Nación. (2018). Patrón de crecimiento de niñas y niños hasta los 6 años.
- Roussy, L. (2019). Paisajes para recrear infancias. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Nacional de La Plata.

Los autores

Coordinadores

Ramilo, Diego Iván

Ingeniero Forestal, FCAyF-UNLP. Es Jefe de Trabajos Prácticos ordinario del curso de Introducción a la Dasonomía y colaborador en los cursos de Aprovechamiento Forestal e Industrias de Transformación Mecánica de la Madera (FCAyF-UNLP). Fue asesor técnico del Centro de Investigaciones y Experiencias Forestales (CIEF) de 2009 a 2019, donde realizó trabajos de investigación, desarrollo y transferencia en mejoramiento genético de eucaliptos, pinos subtropicales y sauces para empresas foresto industriales de Mesopotamia y región Pampeana. Publicó trabajos en jornadas y congresos nacionales e internacionales de la especialidad. Asistió a numerosos cursos de posgrado, simposios, congresos, jornadas y capacitaciones vinculados a su actividad profesional y docente. Fue consultor del Consejo Federal de Inversiones liderando estudios sobre cuencas forestales industriales de la provincia de Buenos Aires y brindando capacitaciones sobre gestión de arbolado urbano destinadas a municipios de la provincia. Desde 2020 desarrolla actividades de docencia, investigación, capacitación y producción en el Centro Tecnológico de la Madera de la FCAyF-UNLP, del cual es coordinador del área de aserradero y es integrante del Laboratorio de Investigaciones en Madera (LIMAD-UNLP).

Galarco, Sebastián Pablo

Ingeniero Forestal egresado de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata (FCAyF-UNLP) en 1997. Especialista en Docencia Universitaria (UNLP, 2014) y estudiante de Doctorado en Ciencias Agrarias y Forestales (FCAyF-UNLP) con el proyecto de tesis "*Evaluación de la distribución espacio-temporal de la acacia negra (Gleditisia triacanthos L.) y su prospectiva regional*". Se desempeña como Profesor Adjunto ordinario del curso de Introducción a la Dasonomía de la FCAyF, y es integrante del Laboratorio de Investigaciones en Madera (LIMAD-UNLP). Participante de proyectos de investigación y extensión de la UNLP. Prosecretario de Asuntos Académicos Forestales entre 2017 y 2019. Actualmente es Director Adjunto del Centro Tecnológico de la Madera de la FCAyF-UNLP. Es profesional de la Dirección de Bosques y Forestación de la Provincia de Buenos Aires, de la cual fue Director de Bosques desde 2010 hasta 2017. Entre 2000 y 2010 fue Director de la Estación Forestal y Vivero Parque Pereyra Iraola. Ha dirigido y participado en proyectos de Extensión Universitaria y es autor de numerosos trabajos de investigación, extensión, tecnológicos y de difusión.

Sharry, Sandra Elizabeth

Doctora en Ciencias Naturales. Licenciada en Biología. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de La Plata (FCNyM-UNLP). Profesor Titular Ordinario del curso Introducción a la Dasonomía-Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAyF-UNLP). Profesor Titular Ordinario, cursos de Silvicultura y de Educación Ambiental, Universidad Nacional de Río Negro (UNRN), Sede Atlántica, Viedma. Profesora de posgrado en Agrobiotecnologías (DOCA-RUNA) y de Bioética en la Universidad del Museo Social Argentino (UMSA). Investigadora Categoría I del Laboratorio de Investigaciones de la Madera (LIMAD-FCAyF-UNLP). Actualmente dirige proyectos de investigación y extensión relacionados con el tema del libro, así como becarios y tesis doctorales. Ha publicado varios libros, capítulos y artículos en su especialidad. Fue Decana y Vice Decana de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata.

Autores

Acosta, Natalia Raquel

Ingeniera forestal, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata (FCAyF-UNLP). Diploma de posgrado en Cambio Climático, Universidad Nacional de Quilmes. Ayudante diplomado Asignatura Protección Forestal (FCAyF-UNLP) realizando actividades de docencia y de servicios a terceros. Responsable del Área Gestión Forestal Sostenible (SAGyP-Min. Economía): Evaluación de proyectos de sanidad forestal, capacitaciones, prospecciones de plagas forestales, diseño de material para la identificación de plagas forestales, participación en Proyecto del Fondo Argentino de Cooperación Sur-Sur y Triangular (FO.AR) con Chile sobre control biológico. Integrante del Proyecto PICT-2020 del INTA sobre Ecología aplicada. Publicaciones: “Problemáticas sanitarias del arbolado. Enfermedades presentes en La Plata - especial referencia a las de origen fúngico”. Autor Criterio 3.a en el Segundo y Tercer Reporte al Proceso de Montreal.

Aprea, Alberto Miguel

Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata (FCAyF-UNLP). Docente Universitario Autorizado, Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, UNLP. Profesor Adjunto Ordinario Asignatura Protección Forestal (FCAyF-UNLP). Integrante del Comité Organizador de Congresos y Encuentros relacionados con la sanidad vegetal. Publicaciones: Coordinador Libro de Cátedra “Problemáticas sanitarias del arbolado. Enfermedades presentes en La Plata - especial referencia a las de origen fúngico”. Autor capítulo “Manejo Integrado de enfermedades en los sistemas de producción en vivero de especies leñosas”, en “Introducción a la Propagación Vegetal”, Serie Libros de Cátedra (EDULP). Publicaciones en revistas, congresos y jornadas de Fitopatología y Ciencias de la Educación. Participante de proyectos de investigación y extensión vinculados con la sanidad vegetal. Servicios de diagnóstico de problemas sanitarios.

Buyatti, Marcela

Ingeniera Agrónoma, Universidad Nacional del Litoral. Magíster Scientiae en Cultivos Intensivos por la Universidad Nacional del Litoral. Profesor Titular, Cultivos Intensivos - Área Floricultura y Paisajismo, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Litoral. Directora y docente de la Maestría en Cultivos Intensivos y la Especialización en Cultivos Intensivos. Docente responsable del curso de posgrado “Silvicultura Urbana”. Docente Internacional de la UNL. Coordinadora de la CAELJM IVU (Cátedra Abierta de Estudios Latinoamericanos José Martí de Infraestructura Verde Urbana), Edición 2022 y Edición 2024.

Directora y participante de Proyectos de Investigación y Extensión en los siguientes temas: Formulación y evaluación de sustratos de cultivos, reproducción de plantas nativas de interés paisajístico. Integrante del PRODOCVA (Programa de Documentación Conservación y Valoración de la Flora Nativa), trabaja en la generación de protocolos para revalorizar el uso de especies nativas en el desarrollo paisajístico, con énfasis en la Silvicultura Urbana.

Castro, Damian César

Ingeniero Forestal, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata y Doctor en Ciencias Agrarias por la Universidad Nacional de Rosario. Docente de posgrado en Especialización y Maestría en Cultivos Intensivos (FCA-UNL). Docente responsable del curso de posgrado de Silvicultura urbana (MCI-FCA-UNL). Investigador Asistente del CONICET en el Instituto de Tecnología de los Alimentos de la Universidad Nacional del Litoral y Jefe de Trabajos Prácticos exclusivo ordinario de la cátedra de Cultivos Intensivos – Área Fruticultura (FCA-UNL). Docente Internacional de la UNL. Coordinador de la Cátedra Abierta de Estudios Latinoamericanos José Martí (UNL) sobre la Infraestructura Verde Urbana en Latinoamérica (Ediciones 2022 y 2024). Integrante del PRODOCVA (Programa de Documentación Conservación y Valoración de la Flora Nativa de la UNL). Director de proyectos de extensión e investigación en el área de cultivos intensivos, productos forestales no maderables de especies nativas y bosques urbanos.

Cinquetti, Tatiana

Ingeniera Forestal, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata (FCAYF-UNLP). Ayudante diplomado ordinario del curso de Mecanización Forestal y docente colaborador en el curso Aprovechamiento Forestal de la FCAYF-UNLP. Fue ayudante alumno ordinario del curso de Introducción a la Dasonomía de la misma facultad. Participa en Proyectos de Investigación vinculados con la mecanización agrícola y forestal. Ha publicado trabajos vinculados a la mecanización agrícola y al cultivo *in-vitro*, desarrollando su tesis de grado en propagación por cultivo de tejidos de especies para arbolado urbano. Se desempeña además como técnica forestal en Dirección de Bosques del Ministerio de Ambiente de la Provincia de Buenos Aires.

Coelho-Duarte, Ana Paula

Ingeniera Forestal de la Universidade Federal de Viçosa (Brasil) y Doctora en Ciencias Agrarias por la Universidad de la República (Uruguay). Académica del Departamento Forestal de la Universidad de la República (Uruguay). Su línea de investigación es en anatomía de la madera, biomecánica de los árboles y evaluación del riesgo de los árboles urbanos.

Craig, Elena Beatriz

Doctora e Ingeniera Agrónoma de la Universidad Nacional de Luján (UNLu). Profesora investigadora en Dasonomía y Los Arboles en el Entorno Urbano, Universidad Nacional de Luján. Secretaria de Investigación y Extensión (2009-2013), Vicedirectora Decana (2013-2017) y Directora Decana (2017-2021 y 2021 a 2025) del Departamento de Tecnología, Universidad Nacional de Luján. Presidente de EdUNLu (Editorial de Universidad Nacional de Luján).

Ha dirigido numerosos proyectos de investigación y extensión en promotores de crecimiento, biocontroladores, sanidad forestal y bosques urbanos. Actualmente trabaja en proyectos vinculados a la gobernanza, percepción de la comunidad y sanidad forestal. Ha publicado en revistas de referato, capítulos de libro y libros. Colabora en los comités organizadores y académicos de los Foros Latinoamericanos y del Caribe en Bosques Urbanos

Cucciupo, Emiliano

Es Ingeniero Agrónomo egresado de la Universidad Nacional de Luján (UNLu), de la cual es Profesor Adjunto del Departamento de Tecnología, dictando clases en las asignaturas Dasonomía y Los Árboles en el Entorno Urbano. Actualmente es Director provincial de Innovación Productiva, Extensión y Transferencia Tecnológica del Ministerio de Desarrollo Agrario de la provincia de Buenos Aires y Director de la Revista MDA, publicación de divulgación técnico-científica de dicho Ministerio. Fue Director Forestal de PBA (2020 y 2022); Secretario de Extensión de la UNLu (2014-2020) y Director General de Manejo de Espacios Verdes y Arbolado Urbano del Municipio de Moreno (2003-2013). Realizó la Maestría en Gestión Ambiental del Desarrollo Urbano de UNMdP y ha realizado y dictado diversos cursos de grado y posgrado relacionados con los bosques urbanos. Además, ha ejercido la dirección de proyectos de investigación y extensión sobre gestión de bosques urbanos y posee numerosas publicaciones sobre el tema.

Exner, Eliana

Doctora en Ciencias Biológicas, Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas, Universidad Nacional del Litoral (FBCB-UNL). Ingeniera Agrónoma, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Litoral (FCA-UNL). Profesora Adjunta Ordinaria (Dedicación Exclusiva), Cátedra Botánica Sistemática Agronómica (FCA-UNL). Docente de posgrado en Especialización

y Maestría en Cultivos Intensivos (FCA-UNL), Maestría en Protección Vegetal (FCA-UNL). Curadora del Herbario Arturo E. Ragonese (SF). Vicepresidenta de la Red Argentina de Herbarios (RedHAr), perteneciente a la Sociedad Argentina de Botánica (SAB). Coordinadora de la Reserva Natural Martín R. de la Peña (UNL). Directora del Jardín Botánico: “Parque del Cincuentenario” (campus FAVE-UNL). Participa en proyectos de investigación y extensión del PRODOCVA (Programa de Documentación, Conservación y Valoración de la Flora Nativa), relacionados a flora nativa. Representación de la FCA-UNL en el Comité Intersectorial de Manejo del Sitio Ramsar “Jaaukanigás”.

Galarco, Sebastián Pablo

Ingeniero Forestal egresado de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata (FCAyF-UNLP) en 1997. Especialista en Docencia Universitaria (UNLP, 2014) y estudiante de Doctorado en Ciencias Agrarias y Forestales (FCAyF-UNLP) con el proyecto de tesis “*Evaluación de la distribución espacio-temporal de la acacia negra (Gleditisia triacanthos L.) y su prospectiva regional*”. Se desempeña como Profesor Adjunto ordinario del curso de Introducción a la Dasonomía de la FCAyF, y es integrante del Laboratorio de Investigaciones en Madera (LIMAD-UNLP). Participante de proyectos de investigación y extensión de la UNLP. Prosecretario de Asuntos Académicos Forestales entre 2017 y 2019. Actualmente es Director Adjunto del Centro Tecnológico de la Madera de la FCAyF-UNLP. Es profesional de la Dirección de Bosques y Forestación de la Provincia de Buenos Aires, de la cual fue Director de Bosques desde 2010 hasta 2017. Entre 2000 y 2010 fue Director de la Estación Forestal y Vivero Parque Pereyra Iraola. Ha dirigido y participado en proyectos de Extensión Universitaria y es autor de numerosos trabajos de investigación, extensión, tecnológicos y de difusión.

Gergoff Grozeff, Gustavo Esteban

Ingeniero Agrónomo e Ingeniero Forestal egresado de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata (FCAyF-UNLP). Doctor en Ciencias Naturales de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo (FCNyM- UNLP). Es Investigador Adjunto del CONICET (INFIVE CCT CONICET La Plata) e Investigador Categoría III (INFIVE CCT CONICET La Plata). Desarrolla su actividad docente como Jefe de Trabajos Prácticos de los cursos de Fruticultura y Fisiología Vegetal (FCAyF-UNLP). Sus temas de investigación son la fisiología de frutos y tecnología en frutales. Es director de proyectos de investigación (UNLP y CONICET) y responsable del Taller de Extensión “Capacitación en Técnicas de Propagación Vegetal” de la FCAyF-UNLP.

Murace, Mónica Adriana

Doctora en Biología, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata (FCNyM, UNLP). Jefe de Trabajos Prácticos Asignatura Protección Forestal; docente

colaborador Curso Fitopatología, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAYF, UNLP). Dirección y Evaluación de Trabajos Finales de Carrera. Dirección de Pasantías. Participación en Proyectos de Investigación vinculados con la sanidad vegetal. Servicios de diagnóstico de problemas sanitarios en ejemplares arbóreos. Publicación de trabajos vinculados con la sanidad vegetal. Coordinadora del Libro de Cátedra “Problemáticas sanitarias del arbolado. Enfermedades presentes en La Plata - especial referencia a las de origen fúngico”.

Pincioli, Laura

Ingeniera Forestal, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata (FCAYF-UNLP). Ayudante diplomado en Introducción a la Dasonomía (FCAYF-UNLP) realizando actividades de docencia e investigación. Diploma de posgrado en Cambio Climático, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Maestría en Ambiente y Desarrollo Sustentable (tesis en elaboración), Universidad Nacional de Quilmes. Directora de Bosques del Ministerio de Ambiente de la Provincia de Buenos Aires (2022-2024). Cuenta con más de 10 años de experiencia vinculada a gestión e implementación de la Ley Nacional 26.331 y en la formulación de Planes de Manejo con pequeños productores y comunidades indígenas en las provincias de Salta y Jujuy. Asistente en los proyectos *Manejo Sustentable de Recursos Naturales BIRF LN-7520* y *Conservación de la Biodiversidad en Paisajes Productivos Forestales GEF TF 090118*, y técnica de campo en el Proyecto *PNUD ARG/15/G53 Incorporación del uso sostenible de la biodiversidad*.

Ponce-Donoso, Mauricio

Ingeniero Forestal de la Universidad de Talca (Chile) y Doctor en Ingeniería de Montes por la Universidad Politécnica de Madrid (España). Ex Académico de la Universidad de Talca (Chile), responsable del curso de Silvicultura Urbana. Consultor y fundador de Arbología SpA (Chile).

Ramilo, Diego Iván

Ingeniero Forestal, FACYF-UNLP. Es Jefe de Trabajos Prácticos ordinario del curso de Introducción a la Dasonomía y colaborador en los cursos de Aprovechamiento Forestal e Industrias de Transformación Mecánica de la Madera (FCAYF-UNLP). Fue asesor técnico del Centro de Investigaciones y Experiencias Forestales (CIEF) de 2009 a 2019, donde realizó trabajos de investigación, desarrollo y transferencia en mejoramiento genético de eucaliptos, pinos subtropicales y sauces para empresas foresto industriales de Mesopotamia y región Pampeana. Publicó trabajos en jornadas y congresos nacionales e internacionales de la especialidad. Asistió a numerosos cursos de posgrado, simposios, congresos, jornadas y capacitaciones vinculados a su actividad profesional y docente. Fue consultor del Consejo Federal de Inversiones liderando estudios sobre cuencas forestales industriales de la provincia de Buenos Aires y brindando capacitaciones sobre gestión de arbolado urbano destinadas a municipios de la provincia. Desde 2020 desarrolla actividades de docencia, investigación,

capacitación y producción en el Centro Tecnológico de la Madera de la FCAyF-UNLP, del cual es coordinador del área de aserradero y es integrante del Laboratorio de Investigaciones en Madera (LIMAD-UNLP).

Rodríguez Vagaría, Alfonso

Ingeniero forestal y Magister Scientiae de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata. Fue Ayudante diplomado en el curso Manejo de cuencas hidrográficas y actual Ayudante diplomado de la asignatura Aprovechamiento forestal de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAyF-UNLP). Actualmente es coordinador de carpintería del Centro Tecnológico de la Madera (FCAyF-UNLP), donde además desarrolla actividades de docencia, investigación, capacitación y producción. Es instructor en armado y montaje de viviendas de madera bajo Reglamento. Participó como expositor y asistente en Congresos y Jornadas y es autor y coautor de artículos en revistas, libros y material didáctico y libros de cátedra. Participa de proyectos de investigación, extensión y convenios y es consultor en comunicación nacional y reportes bianuales de emisión de gases de efecto invernadero de la Argentina.

Roussy, Luciano Marcos

Ingeniero Forestal, FCAyF-UNLP. Magíster en Ciencias del Territorio - Facultad de Arquitectura y Urbanismo – UNLP y Especialista en Planeamiento Paisajista y Ambiente (FCAyF-UNLP). Investigador y docente de grado y posgrado de la UNLP: Ayudante Diplomado por concurso del curso de grado Planeamiento y Diseño del Paisaje y de la Maestría en Hábitat Paisajista y la Especialización en Planeamiento Paisajista y Ambiente (FCAyF-UNLP). Fue asesor de la Dirección Provincial de Educación Inicial de la provincia de Buenos Aires. Miembro Fundador de la Unidad de Investigación de Ingeniería de Paisaje de la UNLP. Director e integrante de Proyectos de Extensión acreditados UNLP. Fundador del estudio paisajístico: @estudioarbolar. Obtuvo numerosas becas de investigación, dictó conferencias y cursos ligados al Paisaje y su relación con las infancias. Publicó trabajos científicos ligados al paisaje y la ciudadanía en las infancias, la propagación vegetativa, paisajismo y arbolado urbano. Formación de recursos humanos en tesis de grado y becas de investigación. Asistente y Organizador de numerosos eventos científicos nacionales e internacionales. Desempeñó funciones institucionales en la FCAyF-UNLP. Posee experiencia en proyectos y obras paisajísticas, públicas y privadas, de pequeña, mediana y gran escala, destacándose antecedentes en Infraestructura Verde Industrial.

Scarselletta, Analía

Ing. Agrónoma, Universidad Nacional de Luján (UNLu). Doctorado de la UNLu en orientación en Ciencias Sociales y Humanas. Título de plan de tesis aprobado: *La valoración económica, biofísica y social de los servicios ecosistémicos de regulación como insumo para la protección*

jurídico- ambiental de los bosques urbanos en la Ciudad de Luján, Provincia De Buenos Aires. Docencia universitaria en la UNLu como ayudante de primera del Departamento de Tecnología, asignatura Producción Vegetal IV-Dasonomía desde el año 2013; ayudante de primera del Departamento de Ciencias Sociales, asignatura Derecho Ambiental y Gestión y Legislación Ambiental desde el año 2018. Miembro de la Comisión Ambiente del Consejo Urbanístico Ambiental de Luján. Socia de la Asociación Civil Nacional de Arboricultura y de la Subcomisión legales. Miembro del grupo “Derecho Ambiental” del Instituto de Ecología y Desarrollo Sustentable (INEDES), Unidad Ejecutora CONICET- UNLu. Participación en proyectos de investigación y extensión. Publicaciones en congresos, jornadas, foros y otros eventos científico-académicos.

Sergio, María Agustina

Ingeniera Agrónoma de la Universidad de la República (Uruguay) y estudiante de maestría en Ciencias Agrarias en la Universidad de la República. Es docente ayudante del Departamento Forestal de la Universidad de la República (Uruguay). Su línea de investigación es en el uso de métodos no destructivos para la evaluación de árboles en plantaciones forestales y en árboles urbanos.

Sharry, Sandra Elizabeth

Doctora en Ciencias Naturales. Licenciada en Biología. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de La Plata (FCNyM-UNLP). Profesor Titular Ordinario del curso Introducción a la Dasonomía-Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAyF-UNLP). Profesor Titular Ordinario, cursos de Silvicultura y de Educación Ambiental, Universidad Nacional de Río Negro (UNRN), Sede Atlántica, Viedma. Profesora de posgrado en Agrobiotecnologías (DOCA-RUNA) y de Bioética en la Universidad del Museo Social Argentino (UMSA). Investigadora Categoría I del Laboratorio de Investigaciones de la Madera (LIMAD-FCAyF-UNLP). Actualmente dirige proyectos de investigación y extensión relacionados con el tema del libro, así como becarios y tesis doctorales. Ha publicado varios libros, capítulos y artículos en su especialidad. Fue Decana y Vice Decana de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata.

Tonello, María Laura

Ingeniera Forestal, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata (FCAyF-UNLP). Doctora en Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata. Docente de grado de la carrera Ingeniería Forestal (FCAyF-UNLP) y de Posgrado en la Maestría Paisaje, Medio Ambiente y Ciudad, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, UNLP. Es responsable del área Arbolado Público-Bosques Urbanos de la Dirección Forestal del Ministerio de Desarrollo

Agrario de la Provincia de Buenos Aires. Investigadora docente categorizada Universidad Nacional de La Plata e integrante del Laboratorio de Investigaciones en Maderas de la (LIMAD-FCAyF-UNLP). Participa de Proyectos de Investigación y Desarrollo, y de Proyectos de Extensión de la Universidad Nacional de La Plata, siendo los temas sobresalientes la Dendroenergía y la Gestión de Bosques Urbanos.

Arbolado urbano : fundamentos para su gestión sostenible / Natalia Raquel Acosta ... [et al.] ; Coordinación general de Diego Iván Ramilo ; Sebastián Pablo Galarco ; Sandra Elizabeth Sharry. - 1a ed. - La Plata : Universidad Nacional de La Plata ; La Plata : EDULP, 2025.

Libro digital, PDF - (Libros de cátedra)

Archivo Digital: descarga

ISBN 978-950-34-2604-3

1. Árboles. I. Acosta, Natalia Raquel II. Ramilo, Diego Iván , coord. III. Galarco, Sebastián Pablo, coord. IV. Sharry, Sandra Elizabeth, coord.

CDD 511.52

Diseño de tapa: Dirección de Comunicación Visual de la UNLP

Universidad Nacional de La Plata – Editorial de la Universidad de La Plata
48 N.º 551-599 / La Plata B1900AMX / Buenos Aires, Argentina
+54 221 644 7150
edulp.editorial@gmail.com
www.editorial.unlp.edu.ar

Edulp integra la Red de Editoriales Universitarias Nacionales (REUN)

Primera edición, 2019
ISBN 978-950-34-2604-3
© 2025 - Edulp

n
naturales


edulp
EDITORIAL DE LA UNLP



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA