

Manual de Silvicultura Urbana y Periurbana

UNIVERSIDAD
CIENTÍFICA
DEL SUR

FONDO
EDITORIAL



MUNICIPALIDAD DE
LIMA

Manual de Silvicultura Urbana y Periurbana



MUNICIPALIDAD DE

LIMA

UNIVERSIDAD
CIENTÍFICA
DEL SUR

FONDO
EDITORIAL



MUNICIPALIDAD DE
LIMA

UNIVERSIDAD
CIENTÍFICA
DEL SUR

FONDO
EDITORIAL

Manual de silvicultura urbana y periurbana

© Municipalidad de Lima

Jirón Conde de Superunda 141, Cercado de Lima, Lima, Lima

(51 1) 632-1300

www.munlima.gob.pe

© Universidad Científica del Sur S. A. C.

Carretera Antigua Panamericana Sur km 19, Villa El Salvador, Lima, Lima - Perú

(51 1) 610 6400

www.cientifica.edu.pe

fondoeditorial@cientifica.edu.pe

Edición general: Fondo Editorial de la Universidad Científica del Sur

Responsable del Fondo Editorial: Rubén Quiroz Ávila

Editora: Katherine Estrada Aguirre

Diseño e imagen de portada: Municipalidad de Lima

Diagramación: Carmen Huancachoque

Cuidado de textos: Ángel García Tapia

Primera edición digital: diciembre de 2022

ISBN: 978-612-4276-35-4

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca: Nacional del Perú N° 202300037

Todos los derechos reservados. Se prohíbe la reproducción total o parcial de esta publicación, por cualquier medio o procedimiento, sin la autorización previa, expresa y por escrito de la Municipalidad Metropolitana de Lima y la Universidad Científica del Sur.

Índice

Presentación	4
Módulo 1. Fundamentos de la silvicultura urbana y periurbana	5
Módulo 2. Viveros forestales	19
Módulo 3. Plantación de árboles urbanos	41
Módulo 4. Mantenimiento de arbolado urbano	61
Módulo 5. Arquitectura de árboles	75
Módulo 6. Poda y tala de árboles urbanos	91
Módulo 7. Deterioro del arbolado urbano	117
Módulo 8. Trasplante de árboles urbanos	157
Módulo 9. Tratamiento del impacto de obras en subsuelo	173
Módulo 10. Inventario de arbolado urbano	177
Módulo 11. Valorización económica del arbolado urbano	243
Módulo 12. Seguridad y salud laboral en el manejo del arbolado urbano	257
Referencias bibliográficas	283
Glosario de términos	293
Créditos de imágenes	299

Presentación

La Municipalidad de Lima viene impulsando diversas acciones para la gestión, la conservación y el manejo del arbolado en los entornos urbanos y periurbanos, con el fin de contribuir a la construcción de una ciudad sostenible y resiliente ante los efectos del cambio climático.

Por ello, en el marco de la Ordenanza N.º 1852-2014-MML, la Municipalidad de Lima ha elaborado el Manual de Silvicultura Urbana y Periurbana, cuyo objetivo es ser un instrumento de gestión y planificación que promueva la protección, la conservación, el manejo y la habilitación del arbolado urbano de la provincia de Lima; y que está dirigido a las autoridades públicas o privadas, así como a las personas naturales o jurídicas que tengan a su cargo la administración, el mantenimiento o el usufructo del arbolado urbano.

Este manual ha sido estructurado en 12 módulos, que comprenden los fundamentos de la silvicultura urbana y periurbana, los requerimientos y las indicaciones para la implementación de viveros forestales, el establecimiento y mantenimiento de árboles en el suelo urbano y periurbano, el inventario y la valorización económica del arbolado urbano, entre otros aspectos.

Agradezco a todos los que participaron en la elaboración de este instrumento que, sin duda, contribuirá a la construcción de una ciudad sostenible que responda de manera efectiva a la necesidad de servicios ecosistémicos que tiene nuestra ciudadanía.

Vianca Vanesa Madrid Brañes

Gerenta de Servicios a la Ciudad y Gestión Ambiental
Municipalidad de Lima

MÓDULO

1

Fundamentos de la silvicultura urbana y periurbana



MÓDULO

1

Fundamentos de la silvicultura urbana y periurbana

1. ¿Qué se entiende por silvicultura urbana y periurbana?

La silvicultura urbana se desarrolla inicialmente en países como Canadá y Estados Unidos, a partir de un enfoque actualizado y aplicativo de la silvicultura en la gestión del árbol y el bosque urbano, desde su etapa de planificación, diseño y ordenamiento (Céspedes, 2007). En tal sentido, entendemos por silvicultura, en general, al cultivo de los bosques naturales y artificiales, y entendemos por silvicultura urbana y periurbana al cultivo y manejo del conjunto del arbolado de la ciudad y de los espacios naturales de sus alrededores, desde la fase de selección de semillas, propagación, crecimiento en viveros, remoción, desarrollo juvenil en parcelas o cuarteles de crecimiento, hasta su posterior traslado y plantación en el terreno definitivo. Involucra su mantenimiento permanente en sus nuevos lugares de emplazamiento para la obtención sostenible de bienes y servicios ecosistémicos en su conjunto, y para su aporte actual y potencial al bienestar fisiológico, económico y social de la población urbana y periurbana (FAO, 1994).

2. ¿Qué es la arboricultura?

Es la ciencia cuyo objeto de estudio y cuidado es el árbol, arbustos y enredaderas, a las que se le considera como individuos, con importantes funciones ecosistémicas y con necesidades particulares de atención técnica y fitosanitaria individualizada, en lo que se refiere a su producción, selección, plantación, poda, trasplante, cordaje, derribo, fertilización, recuperación del suelo, aireación, protección en las construcciones, diagnóstico, valoración y seguridad en el trabajo. Para desarrollarse, la arboricultura requiere de la silvicultura urbana, que comprende técnicas de producción, selección, plantación y manejo de árboles, entre otras. En cierto modo, la arboricultura es el desarrollo especializado de la silvicultura en las áreas verdes urbanas con la finalidad de manejar y mantener el desarrollo óptimo de los árboles que crecen en la urbe (Alcaldía La Dorada, 2014).

3. ¿Qué se entiende por árbol urbano?

Se entiende por árbol urbano al conjunto de especies forestales o frutales de patrón rústico, correspondientes a los biotipos de árbol o palmera, entre otros arbustos de conformación arbórea o tipos de bambú como la caña de Guayaquil. Establecidos en el ámbito urbano y periurbano para brindar servicios ecosistémicos, recreacionales y sociales de beneficio para toda la comunidad.

4. ¿Qué se entiende por forestería urbana?

Se entiende por forestería urbana a las actividades de conservación, forestación y reforestación que se realizan involucrando a la población, con el objetivo de permitir el desarrollo forestal urbano para proporcionar servicios ecosistémicos y disminuir los efectos de la emisión de gases de efecto invernadero en los espacios urbanos y de expansión urbana.

5. ¿Qué es la forestería análoga?

Es un método basado en la restauración ecológica que garantiza la conservación integral, a través del uso de los bosques naturales, que sirven como referente estructural para lograr paisajes con equilibrio ecológico, sostenibles y socioeconómicamente productivos, con la finalidad de incrementar su resiliencia (IGER, 2019).

Asimismo, la forestería análoga es un sistema de silvicultura complejo, mediante el cual se busca instaurar ecosistemas dominados por árboles, que sean semejantes en composición y funcionalidades ecológicas a la vegetación original clímax y subclímax (Senanayake, 1992).

6. ¿Cuáles son los conceptos centrales de la forestería análoga?

Para desarrollar la forestería análoga, se debe tener en cuenta los siguientes conceptos centrales:

- **Imitar a los bosques naturales.** Establecer ecosistemas con configuración arquitectónicas y ecológicamente funcionales, semejantes a la vegetación original (clímax o subclímax) de ecosistemas análogos (Senanayake, 1998).
- **Sucesión ecológica.** La forestería análoga toma información de la sucesión ecológica para generar sistemas permanentes dominados por árboles. Comienzan con especies colonizadoras que muestran preferencia por la exposición al sol. Se aplica a tierras agrícolas degradadas o pastos antes de aproximarse a una estructura de bosque maduro, lo que da productos secundarios importantes a través del tiempo (Martínez, 2020).

- **Ecología del paisaje.** Se busca mejorar la conectividad del paisaje o conservar ríos y lomas costeras utilizando la forestería análoga para la restauración de ecosistemas naturales, incluida la generación de corredores biológicos o áreas de amortiguamiento (Martínez, 2020).

7. ¿Por qué es importante la forestería análoga?

Es importante porque nos da pautas silviculturales e identifica la dinámica de la evolución natural que se da en otros ecosistemas similares y que debemos seguir y tener en cuenta para mejorar la conectividad del paisaje y garantizar la recuperación de ecosistemas degradados.

Por ejemplo, en el caso de la restauración de ecosistemas frágiles de las lomas costeras, se podría realizar teniendo en cuenta la ubicación sucesional en el ecosistema de lomas, principalmente con especies arbóreas nativas reportadas por los primeros botánicos peruanos, Ramón Ferreyra y Abundio Sagástegui Alva, que estudiaron la flora del ecosistema de lomas, y con aquellas especies análogas procedentes de ecosistemas análogos, con los que se haya tenido una experiencia exitosa.

En las lomas de Lachay, a partir de 1993, el investigador forestal Hans Rösll introdujo experimentalmente cerca de 32 especies forestales, entre eucaliptos, casuarinas, pinos y acacias. Los eucaliptos introducidos experimentalmente tolerantes a suelos salinos y a la sequía fueron *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus astringens*, *Eucalyptus angulosa*, *Eucalyptus transcontinentalis* y *Corymbia citriodora*; y las casuarinas, *Casuarina cunninghamiana* y *Casuarina equisetifolia*, procedentes de Australia. Estas fueron evaluadas rigurosamente, durante un periodo de 25 años, frente a las condiciones meteorológicas donde se realizaron las plantaciones en condiciones naturales. Las que prosperaron hasta nuestros días fueron las especies análogas de *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus astringens*, *Eucalyptus angulosa* y las casuarinas —todas especies de bosques primarios que provienen de ecosistemas costeros de nieblas de Australia, similares al ecosistema de nuestras lomas—, además de la especie sucesional colonizadora *Tamarix* sp, procedente de las costas brumosas del Mediterráneo.

En el caso de la restauración de ecosistemas del monte ribereño en las zonas de borde de los ríos Lurín, Rímac y Chillón, la reforestación se podría realizar con especies nativas propias del monte ribereño y otras especies provenientes de ecosistemas similares que proporcionen mayores servicios ambientales ecosistémicos.

8. ¿Qué es la forestería comunitaria?

Es el conjunto de teorías, políticas y actividades de planificación, gestión y evaluación forestal que se desarrollan de manera participativa y democrática con las personas, para la satisfacción de sus requerimientos económicos y ambientales, y para la mejora de las condiciones de estas comunidades a través de actividades productivas y de conservación de los recursos forestales.

9. ¿Cuál es la situación del arbolado urbano en la ciudad de Lima?

Lima, edificada sobre el oasis del desierto costero, es delimitada y cuenta con agua proveniente del trasvase del Mantaro y de los ríos Lurín, Rímac y Chillón, los cuales definen divisorias de cuencas y microcuencas con cerros de estribaciones andinas y lomas costeras de clima mediterráneo de frío invernal; por otro lado, el encuentro del freático de sus ríos con el agua marina define sus ecosistemas de pantanos de Villa, Lurín y Ventanilla.

El variado espectro geográfico y el asentamiento poblacional es marcadamente diferenciado por un núcleo urbano privilegiado asentado en lo que fueron tierras agrícolas en los más bajos niveles altitudinales y una periferia marginal asentada, principalmente, en suelos totalmente áridos en los niveles de mayor altitud. Esto evidencia la fortaleza de la gradiente orográfica del ecosistema forestal urbano de Lima a tener en cuenta para la planificación del riego y el desarrollo armonioso de las áreas verdes y la silvicultura urbana de la ciudad.

Actualmente, Lima es una ciudad en cuyas congestionadas calles los vehículos emanan dióxido de carbono (CO_2) y otros gases de efecto invernadero, así como elevados índices de presencia de polvo sedimentable en la atmósfera limeña.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) y otras organizaciones, en una ciudad debería haber 9 m^2 de áreas verdes por cada habitante y 1 árbol por cada 3 habitantes, para fomentar un ambiente saludable donde los ciudadanos realicen actividades deportivas, recreativas, de esparcimiento y disfrute, lo que mitiga el estrés y mejora su calidad de vida.

Para nuestro contexto, Lima Metropolitana brinda a sus ciudadanos $3,5 \text{ m}^2$ por habitante, es decir, se evidencia un déficit de casi 4,710 ha de áreas verdes y una demanda de 2 858 325 árboles. Estas áreas verdes están conformadas por parques y jardines como el parque de la Exposición (ver figura 1).



Figura 1. Parque de la Exposición

10. ¿De dónde proceden los árboles de nuestra ciudad?

Los árboles de nuestra ciudad, según su procedencia, pueden ser de dos tipos:

10.1. Especies nativas

Según la R. M. N.º 0382-2017-MINAGRI, del 2017, se considera especies nativas a todas aquellas cuyas poblaciones silvestres se distribuyen de forma natural en un espacio geográfico determinado (región, país o continente). Es parte de los procesos ecológicos de los ecosistemas presentes en el ámbito geográfico del país.

En la ciudad de Lima se han establecido algunas especies de ecosistemas de bosque estacionalmente seco ribereño, como el huarango, la tabebuia y el molle serrano (ver figura 2); y de llanura de bosque de colina alta y baja, como el algarrobo y el cedro, respectivamente. De los ecosistemas de loma, bosque estacionalmente seco interandino y matorral andino tenemos la tara, el huarango y el molle serrano, especies que se han adecuado y establecido, por lo que requieren menos cuidado y mantenimiento.

10.2. Especies introducidas

Son las especies que se encuentran en una zona ajena al lugar en que originalmente se conoce su presencia, producto de la propagación deliberada o incidental por actividades antropogénicas. También son llamadas especies exóticas (FAO, 2012). La mayor proporción de árboles urbanos existentes son introducidas y proceden de Europa, Asia, África, Australia y Norteamérica. Se han establecido en el marco de oleadas de diseños urbanísticos paisajistas de nuestras ciudades latinoamericanas, y les dan un sello característico por tratarse de árboles grandes. Ejemplos: papelillo, eucalipto, ficus, melia, tulipán africano, Huaranguay, ponciana, entre otros (ver figura 3).



Figura 2. Árboles de Lima. Arriba: Tabebuia (*Tabebuia serratifolia*).
Abajo: Molle serrano (*Schinus molle*)



Figura 3. Árboles de Lima. Arriba: Huaranhuay (*Tecoma stans*).
Abajo: Ponciana (*Delonix regia*)

11. ¿Cuál es la importancia de las áreas públicas para efectos de arborización?

Los espacios públicos abiertos para efectos de arborización no solo sobresalen por su característica de uso colectivo, sino también por su conexión con el paisaje y el aspecto visual urbano (Avilés y Gutiérrez, 2010), por lo que a ello deberán estar orientadas las acciones de arborización urbana.

Dicho de otro modo, la arborización urbana ofrece heterogeneidad, un perfil único y una belleza visual en las áreas públicas; a la vez, prioriza la coexistencia de la funcionalidad natural y social (Avilés y Gutiérrez, 2010).

Lima es una ciudad que debe alcanzar los estándares internacionales de demanda de áreas verdes y arbolado urbano por habitante. Por ese motivo, es necesario el incremento de las áreas verdes, pues contribuyen al bienestar público. Cabe tener en cuenta que un aumento de las zonas verdes urbanas implica un alto consumo de agua para riego, en una ciudad donde ya hay demanda para la población; en tal sentido, debemos planificar estrategias de riego conservando aquellos tipos realizados con agua de regadío, que permitan brindar el servicio ecosistémico de recarga de acuífero. Para ello, es necesario realizar las siguientes acciones:

- Uso de las tomas y redes de regadío para aprovechar el agua de regadío proveniente directamente del río y del proceso de potabilización.
- Planificación del riego con agua de regadío, en aquellas áreas verdes ubicadas por debajo de la cota altitudinal de la ubicación de las tomas provenientes de los tres ríos.
- Planificación y gestión del uso de las aguas tratadas por empresas privadas que la reciclan por responsabilidad socioambiental.
- Uso de las aguas tratadas de las lagunas de oxidación de Sedapal, para el riego de las áreas verdes.
- Uso de las aguas tratadas de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) ubicadas por encima de la cota altitudinal de las tomas de regadío.
- Introducción de técnicas alternativas en gestión del agua, por ejemplo, el riego por goteo y el uso de aguas servidas.
- Uso de especies de árboles xerófilos en lugares donde haya escasez de recursos hídricos, puesto que demandan poca agua y, al tener mayor biomasa arbórea, pueden presentar alta resistencia a la contaminación del aire, buena producción de oxígeno, disuasión del polvo, reducción de la contaminación acústica. Entre otras, tenemos molle serrano, huaranhuay, jacarandá, grevillea, palo verde, tara, etc.

Debe destacarse que el tamaño de las especies xerófilas se desarrolla óptimamente según la disponibilidad de agua de riego y que esta puede ser estacional por la naturaleza caducifolia de las especies mencionadas, que no necesitan agua cuando están en su periodo de seco, cuando son mínimos los servicios ecosistémicos que brindan.

12. ¿Cuáles son los principios del manejo silvicultural?

Los principios del manejo de la silvicultura son los siguientes:

- La selección del sitio de plantación en los espacios naturales y áreas verdes periurbanas
- La selección del lugar, la orientación geográfica y el distanciamiento de plantación en parques, calles, alamedas, vías y lugares a forestar o reforestar
- La selección de especies forestales idóneas por sus servicios ecosistémicos
- La provisión de semillas forestales seleccionadas
- La producción en viveros forestales
- El mantenimiento de árboles jóvenes en parcelas o cuarteles de crecimiento de viveros forestales hasta su traslado definitivo a la ciudad
- La plantación definitiva en campos de árboles jóvenes de tamaño grande y resistencia lograda, que ya no están en situación de riesgo y vulnerabilidad
- Manejo de árboles jóvenes en sitios o lugares definitivos aplicando riego, podas de formación (ver figura 4) y control de plagas y enfermedades
- Manejo de árboles adultos



Figura 4. Poda de ramas bajas con tijera de podar. Fotografía tomada antes de la pandemia del COVID-19

13. ¿Cuáles son las herramientas y equipos principales para el manejo silvicultural?

Actividad	Herramientas y equipos
Plantación	• Pico
	• Lampa
	• Barreta
	• Carretilla <i>buggy</i>
Poda	• Tijeras de podar
	• Carretilla <i>buggy</i>
	• SERRUCHO CURVO
	• Motosierra
	• Camión baranda baja
	• Camión malezero
Control de plagas y fertilización	• Mochila fumigadora
Protección personal	• Arnéses de seguridad
	• Casco de trabajo
	• Lentes de seguridad
	• Soga

14. ¿Cómo es el aprovechamiento de los residuos de la poda?

Los residuos de la poda son restos vegetales de troncos, ramas y hojas que se generan en grandes cantidades como productos de la poda, los cuales son eliminados con los prejuicios ambientales consiguientes, para evitar estos daños al ambiente debe planificarse el tratamiento que deben tener y ser trasladados a los centros de compostaje, donde se les deberá clasificar previamente, según el tratamiento y su utilidad final (ver figura 5). Pueden tener la siguiente finalidad:

- Preparación de compost a partir de ramas delgadas y hojas
- Selección y usos de maleza seca triturada de ramas y troncos para tableros aglomerados
- Selección de material verde de hojas para forraje
- Selección de material vegetal verde para propagación
- Preparación de chips para mulch decorativo
- Escuadrado y tableado de troncos para madera de mobiliario de parques
- Preparación de chips para tableros conglomerados



Figura 5. Residuos de poda agrupados para procesamiento

15. ¿Qué es el compost de residuos forestales?

Es el producto resultante de la descomposición aeróbica de la materia orgánica obtenida de los restos forestales de poda, las cuales pasan por una selección y clasificación. La materia orgánica usada proviene de jardines, parques o del arbolado urbano.

El compost obtenido se caracteriza por presentar un color oscuro, olor agradable y con una buena estructura higroscópica. Sirve para mejorar la estructura de los suelos y proporciona nutrientes, lo que añade a los sustratos nuevas características físicas y químicas para los cultivos de plantas ornamentales y florales (FAO, 2013).

16. ¿Cómo se prepara el compost a partir de los residuos de la poda?

El compost se prepara del siguiente modo:

- Se coloca una base de gravas y ramitas pequeñas que servirán de drenaje.
- Se apilan sucesiva e intercaladamente capas de 10 a 15 cm de residuos de poda previamente seleccionada y triturada, y se intercalan con capas de 1 a 2 cm de tierra que se espolvorean encima con cal.
- Se repite todo el proceso hasta una altura de 1,20 m, si es en pilas (ver figura 6), o a una profundidad de 1,5 m, si es en una poza de compostaje cavada en el suelo.
- Se riega profundamente la compostera una a dos veces por semana.
- El compost se voltea al segundo mes.
- A los 5 a 6 meses, se pone en sacos para que no atraiga moscas.



Figura 6. Pilas de compost procesadas

MÓDULO

2

Viveros forestales



MÓDULO

2

Viveros forestales

1. ¿Qué es un vivero forestal?

Es un centro de producción de árboles que necesitan la ciudad y su periferia, y comprende una serie de instalaciones que tienen como objetivo principal la producción de árboles para establecer la conectividad natural de la ciudad y su entorno (INECC, s. f.). En estas instalaciones se manejan las condiciones ambientales y se proporciona los medios para el crecimiento más adecuado de las especies que se destinarán a las áreas verdes de la ciudad.

El vivero es la base de la producción y adaptación al medio (aclimatación) que permite el crecimiento y suministro de plantas que forman parte de las diversas colecciones de especies de una determinada plantación (Unorca, 2013).

Los viveros de plantas forestales tienen la función de contribuir al crecimiento de estas, ya que si son plantadas de pequeñas en la ciudad se exponen a situaciones de alto riesgo y de sobrevivencia, por factores externos como carencia de agua de lluvia, dificultades en la disponibilidad del agua de regadío o exposición a actos vandálicos, lo cual genera grandes pérdidas. Entonces, en este tipo de viveros se protege a las plantas forestales desde que se ponen las semillas, se repican y se remueven, para que crezcan en parcelas o cuarteles de crecimiento hasta que alcanzan un tamaño y desarrollo importantes que les permite resistir las inclemencias del medio antrópico y seguir creciendo con mayor seguridad en sus lugares de emplazamiento definitivo.

2. ¿Qué se requiere para instalar viveros de plantas forestales?

- Selección y disponibilidad del terreno plano
- Considerar la topografía y pendiente del terreno para un buen drenaje de todo el vivero para evitar aniegos o la erosión
- Disponibilidad de agua potable para los almácigos y agua de riego de buena calidad para las camas de crecimiento

- Un aporte de agua abundante y frecuente (Unorca, 2013) para garantizar el pleno desarrollo de las plantas
- Caminos y senderos de fácil acceso
- Suelos con buen drenaje y pH neutro
- Buen clima (es necesario tomar en cuenta los registros climáticos para las épocas de riesgo y planificar el momento correcto para establecer los procesos en el vivero: siembra, trasplante, podas, fumigaciones, etc.) (Unorca, 2013)
- Personal capacitado en viveros forestales y con experiencia

3. ¿Cuántos tipos de viveros forestales existen?

Según el tiempo de su uso, los viveros forestales pueden ser de dos tipos:

3.1 Vivero temporal o volante

Es aquel vivero de pequeña extensión que se establece por reducidos periodos (2-4 años) y en lugares próximos a las áreas donde se realizará el proceso de plantación. Solo se necesita de una infraestructura simple y de bajo costo. La principal desventaja es su ubicación en zonas alejadas, lo que evita su vigilancia adecuada y las hace propensas al deterioro. Sin embargo, debemos destacar que pueden desarrollarse en parques amplios, bosques urbanos o ecosistemas naturales de lomas o monte ribereño (INECC, s. f.).

3.2 Vivero permanente

Es aquel terreno usado para la obtención de distintos árboles con propósitos particulares: calles, vías, alamedas, parques pequeños o medianos, y el ornato de cada distrito. Los gastos de instalación son más costosos en cuanto a mano de obra, materiales y extensión del área, incluyendo zona de oficina y guardianía, con vías de acceso, área de almacén de insumos, área de germinación de semillas, área de camas de repique y remoción de plántulas, área de parcelas o cuarteles de crecimiento de plántulas (Vera *et al.*, 2006).

4. ¿Qué instalaciones debe tener un vivero?

Principalmente, debe tener semilleros, área de envasado, tinglado, lotes de crecimiento, área de almacenamiento, equipo e infraestructura de riego; además de una oficina de control, una de servicios del personal y un almacén y (INECC, s. f.). En la figura 1 se observa camas de concreto armado para almácigos debajo del área tinglada para el control de luz en las plántulas.



Figura 1. Vivero forestal con camas de concreto armado para almácigos

5. ¿De qué tamaño debe ser un vivero forestal de árboles urbanos?

Para determinar el tamaño del vivero, debemos tomar en cuenta los siguientes criterios (Unidad de Gestión Educativa Local Oxapampa y Devida, 2012):

5.1 La demanda de plántones

Cuando la finalidad de la producción es cubrir la demanda de árboles por cada distrito, teniendo en cuenta el estándar de la OMS de 1 árbol por cada 3 habitantes y conociendo el tamaño de la población de cada distrito, se estima su demanda real de árboles, a la cual se le descontará el número de árboles de su último inventario, lo que da como resultado la cantidad de árboles o la demanda neta de árboles por producir en el vivero, en un lapso de 4 años.

Ejemplo: Se necesita hallar la demanda neta de árboles para la provincia de Lima, para lo cual tomamos el indicador internacional de demanda de arbolado urbano: 1 árbol / 3 habitantes y la cantidad de habitantes del ámbito geográfico: 8 574 974 habitantes en Lima Metropolitana. Por una regla de tres simple, obtenemos lo siguiente:

Demanda real estimada de árboles para la provincia de Lima = 2 858 325

Inventario total de árboles de la provincia de Lima: N árboles

Demanda neta de árboles para la provincia de Lima = (2 858 325 - N)

Demanda del primer año de gestión = (2 858 325 - N) / 4

5.2 Tamaño del terreno para el vivero

Para hallar el área que se requiere para producir un determinado número de plantas, se determina el metrado de las principales unidades de producción del vivero forestal como se explica a continuación (Unidad de Gestión Educativa Local Oxapampa y Devida, 2012):

Metrado de unidades de producción de viveros forestales		
Unidad de producción	Metrado unitario (m ²)	Cantidad plantas / Metrado unitario
Almacigado - Invernadero	1,5	500 plántulas
Camas de repique	1,5	100 plantines
Camas de remoción	1,5	25 plantones
Parcela o cuartel de crecimiento en surco	1,3	1 árbol juvenil

Como antecedentes, se puede estimar que la producción del vivero, aproximadamente, es de 1 000 000 de plantas en 4 años. Debe producir 250,000 plantas al año con una superficie necesaria aproximada de 1,95 ha para ser utilizada en sus tres primeras unidades de producción, según el cuadro de metrado de unidades de producción de viveros forestales.

6. ¿Cuáles son las partes de un vivero forestal de árboles grandes?

Un vivero para producir arbolado urbano consta de las siguientes partes:

- **Almácigos**

Los almácigos son camas específicas en ambientes de invernaderos, adecuadas para la germinación de las semillas hasta que son plantines y pueden ser trasplantados a bolsas u otro tipo de recipientes (ver figura 2). Los almácigos se acondicionan en función de la temperatura, la radiación, la media sombra, la humedad, la protección contra vientos y el suelo fértil, para que la planta se desarrolle. Comúnmente, se requiere una superficie de 0,5 m² de almácigo por cada 1000 plantas. Con un número menor de plantas, las camas pueden ser construidas en cajones de verduras (Archila, 2011).

- **Camas de repique**

Los contenedores ocupan el mayor espacio en el vivero y son necesarios para asegurar el crecimiento de las plantas. Las plantas son instaladas luego de ser trasplantadas del almácigo a las bolsas negras (ver figura 3). En áreas semisecas es recomendable utilizar un bajo nivel, para aprovechar mejor el agua. Suelen tener de 1 a 1,2 m de ancho, no más de 10 m de largo, y la profundidad es la misma o similar a la altura del recipiente. En el caso de utilizar sombras individuales por cantero, estas deben orientarse en sentido este-oeste para obtener sombra las 24 horas (Archila, 2011).



Figura 2. Cama de almácigos de vivero forestal. Fotografía tomada antes de la pandemia de COVID-19



Figura 3. Cama de repique de vivero forestal. Fotografía tomada antes de la pandemia de COVID-19

- **Calles y sendas**

Las camas se dividen por senderos de unos 30 a 50 cm de ancho, espacio que permite pasar fácilmente una carretilla (ver figura 4). Cada 10 senderos, es ideal dejar una calle más espaciosa para que pueda transitar un tractor o una camioneta, que transportarán materiales del vivero o el despacho de las plantas (Archila, 2011).

- **Media sombra**

En climas soleados o de vientos intensos, es vital ofrecer a las plantitas (en almácigo y en camas de repique) una media sombra, para que no pierdan tanta agua por evaporación y estén protegidas. Para este proceso, lo más usado es la malla Raschel al 50% o aprovechar la copa de un árbol no tan densa como sombra para las pequeñas plantas. Una única infraestructura de sombra puede servir para todas las camas (debería ser alta para lograr pasar) o individuales (una para cada cama). Si se ubica inclinada, la parte más baja debe permanecer hacia el norte, para evitar demasiada radiación en dicho sitio (Archila, 2011) (ver figura 5).

- **Área de repique y embolsado**

En esta parte se encuentran las plantas que derivan de los almácigos, luego de alcanzar un tamaño apto para ser trasplantadas (Vacalla, 2014). Esta área se puede dividir en dos sectores, según las especies por cultivar y la técnica elegida. El primero se denomina camas de repique y es donde se trasplantan las plántulas cultivadas en almácigos a los recipientes (Archila, 2011). Este método se emplea especialmente para plantas de hojas permanentes. El segundo sector son las parcelas de crecimiento, donde también se alberga a las plantas del almácigo, para su siembra directa en tierra (ver figura 6). Esta técnica, generalmente, es efectiva para especies de hoja caduca que resisten un trasplante a lugares fijos, y que son previamente embolsadas con champa o cepellón, o también a raíz descubierta, de acuerdo con la especie y de sus dimensiones (Quispe, 2013).



Figura 4. Calles y sendas permiten el paso con carretillas para el traslado de plantas.
Fotografía tomada antes de la pandemia de COVID-19



Figura 5. Plantas en bolsa colocadas a media sombra



Figura 6. Plántulas embolsadas en vivero forestal

- **Parcelas o cuarteles de crecimiento de árboles**

Son parcelas forestales de recría donde se establecen, con carácter temporal, plantones de especies forestales que tienen las mismas necesidades hídricas y de manejo silvicultural, y es donde se los cultiva y mantiene con poda de copa y de raíces hasta su retiro con pan de tierra o cepellón, para su trasplante a un sitio definitivo que puede ser un parque, una calle o una avenida de la ciudad.

El cuartel o parcela de crecimiento está comprendido por un conjunto de parcelas donde se establecen con carácter temporal los plantones forestales en surcos, donde mantienen un distanciamiento inicial entre árboles de 1 metro lineal entre plantón y plantón, según la especie, y una distancia inicial entre surcos de riego de 1 metro. El arbolado recién establecido en los surcos tendrá una distribución en tres bolillos para optimizar los distanciamientos y cada parcela estará constituida por 10 surcos que tendrán una longitud de 100 metros; asimismo, la distancia entre parcelas será de 4 metros de ancho para el desplazamiento del bobcat, la pluma o grúa hidráulica, o el camión cisterna.

El arbolado establecido temporalmente para su desarrollo en las parcelas o los cuarteles de crecimiento forestal tendrá un destino planificado y definitivo en la ciudad. Cada surco en la parcela o cuartel de crecimiento corresponde a un parque, calle o avenida, y el arbolado tendrá como destino una determinada zona de área verde del distrito. Cada cuartel o parcela de crecimiento corresponderá a un distrito o sector del distrito o a alamedas, parques o vías metropolitanas.

- **Depósito de insumos y área de preparación del sustrato**

Son depósitos compartimentados, semiabiertos y con estructuras rústicas para sombra, donde se reciben insumos para la producción de sustrato, en la cual los vehículos de los proveedores depositan los insumos necesarios de tierra, arena, musgo, humus y fertilizantes en cada compartimento que corresponda. Generalmente, se ubica contigua al principal lugar del vivero, donde los operarios jardineros preparan y embolsan el sustrato en un área de trabajo techada, a donde se provee rápidamente estos insumos para preparar las mezclas de sustrato para el almacigado o su embolsado.

- **Cercos**

Sirven para evitar el ingreso de animales. Deben ser resistentes, porque incluso un solo animal podría destruir rápidamente la producción de plantas y las condiciones del vivero (Olivera y Maldonado, 2010).

- **Galpón de máquinas**

Almacén de máquinas mayores, como bobcat, pluma hidráulica o tractor; máquinas menores, como rastrillo de discos, de dientes, surcador; equipos, como mochilas pulverizadoras, desmalezadora, balanza, corta cercos; y herramientas, como tijera de podar, escuadra de plantar, tutores.

- **Oficina, comedor, vestuario, servicios higiénicos y duchas de personal**

Se debe tener los ambientes de trabajo y los servicios necesarios para el buen desenvolvimiento del personal.

- **Almacén de herramientas, equipos de protección y seguridad, repuestos e insumos menores**

Heladera o cámara para almacenamiento de semillas, insumos de jardinería, bolsas, macetas contenedoras, equipos de protección y seguridad. Llantas de *buggies*, martillo, clavos, picos, palas rectas y curvas, lampitas de mano, azada, rastrillo, escoba metálica, barretas, pinturas y *buggies*. Sistema de provisión, almacenamiento y distribución de agua: bomba, tanque, mangueras, equipos de riego (aspersión, microaspersión, goteo). Refrigeradora para preservar estacas de especies forestales, ornamentales y de frutales francos, así como semillas de especies forestales, también poseemos macetas de diversos tamaños, enraizadores, herbicidas, fertilizantes, abonos, insecticidas, fungicidas, acaricidas, caracolicidas, entre otros

- **Otras instalaciones**

En cualquier vivero, es de gran utilidad instalar una casa de guardianía o vigilancia durante las 24 horas del día. En la figura 7 se puede observar un croquis referencial de un vivero forestal modelo.

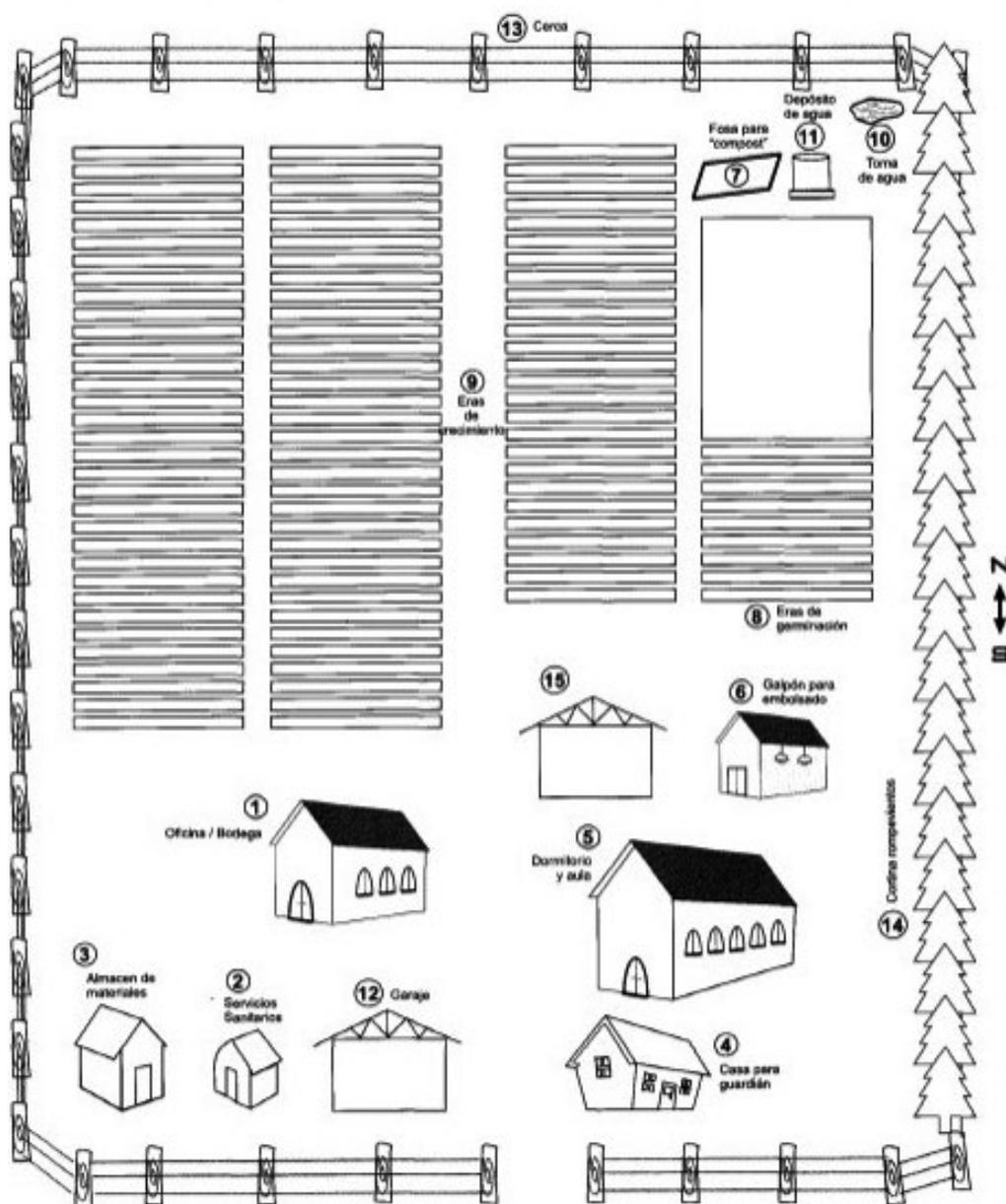


Figura 7. Croquis de un vivero forestal modelo

7. ¿Cuáles son los criterios para el establecimiento del vivero?

- **Disponibilidad de mano de obra**

Casi todo el año el vivero municipal requiere mano de obra capacitada, para diversas actividades como siembra, poda de raíces, trasplantes, extracción de plantas (Rivalora, 2011); por tanto, el vivero debe tener un presupuesto anual especial destinado al personal que se encarga de su funcionamiento.

Se puede estimar la cantidad de mano de obra requerida tomando como ejemplo un vivero pequeño donde manualmente se producen 100 000 plántulas, el cual necesitará aproximadamente 220 jornales/año (jornal es el día de trabajo obrero) (Rivalora, 2011).

- **Rutas transitables o accesibles durante el año**

Es importante que el vivero tenga rutas de entrada favorables para el transporte de carga, a fin de que no se vea afectado el traslado de las plantas (Rivalora, 2011).

- **Terreno para cultivar con buen drenaje y suelo apropiado**

El terreno elegido debe tener un adecuado drenaje tanto superficial como en el subsuelo. El agua en exceso por cortos períodos puede ocasionar el ahogamiento de las plantas, lo que produce grandes pérdidas en la producción (Quispe, 2013).

El suelo ideal para el cultivo de plantones o plántulas es de textura franco-arenosa; por lo tanto, no se recomienda utilizar suelos de textura muy fina, como suelos arcillosos y ásperos pedregosos, pues estos interfieren en el desarrollo del sistema radicular y dificultan la manipulación mecánica en el proceso de poda de las raíces. Mucho menos se aconseja usar suelos que fueron reutilizados varias veces en agricultura intensiva o la ganadería, debido a que poseen alta compactación, oxígeno reducido y difícil manejo (Rivalora, 2011).

- **Suficiente cantidad y buena calidad de agua**

El vivero demanda de riegos regulares en la etapa de germinación de las semillas y en el crecimiento de las plántulas. Es conveniente que la fuente de agua se coloque cerca del vivero y que, para el área de preparación de almacigados, oficina y servicios, sea potable. El tipo del agua para el riego de las camas y las parcelas o cuarteles de crecimiento será la de regadío o de aguas tratadas. La cantidad de agua y la frecuencia de los riegos en sus distintas unidades de producción dependerán del perfil del suelo y la especie forestal (Quispe, 2013).

- **Exposición a la luz**

En relación con la luz, lo adecuado es escoger la orientación de camas de producción y surcos de parcelas de crecimiento en la dirección donde se tenga mayores horas de exposición al sol. Evitar las exposiciones y los lugares con demasiada sombra porque la poca radiación implica un menor crecimiento de la planta (Rivalora, 2011).

- **Protección contra el viento**

El vivero debe estar bien ubicado, de tal manera que la cortina forestal esté en la dirección de los vientos más fuertes, para controlar su velocidad y así proteger el suelo y el cultivo de la evaporación, y al suelo de la desecación (Peñuelas, 1991; citado en Quispe, 2013).

- **Tamaño del vivero**

Para determinar la magnitud del vivero a instalar, es decir, cuántas plantas se van a producir, se debe tomar en cuenta la demanda de plántulas y la disponibilidad de una superficie llana (Rivalora, 2011).

- **Disponibilidad de materiales**

Para la instalación de un vivero, se deberían usar materiales de fácil acceso y bajo costo, si es posible propios de la zona, tales como carrizo, caña brava, bolsas de costalillo, palos de eucalipto, malla Raschel, entre otros (Maldonado, 2006; citado en Bancayán y Delgado, 2016).

8. ¿Cuáles son los aspectos para tener en cuenta en el manejo de semillas forestales?

La semilla es la parte de la planta involucrada en la reproducción y se produce después de la fecundación con los granos de polen. Las semillas poseen tamaños y formas muy diversas. Su viabilidad es fundamental, porque existen especies que no permiten reservarlas debido a que su viabilidad es muy corta, como el molle serrano, lo cual hace que su selección y almacenamiento sea riguroso y rápido (Carreón *et al.* 2013).

Una buena semilla debe reunir las siguientes características:

- Recién colectadas, con alto poder germinativo
- Plantas vigorosas, de buena calidad
- Saludables y libre de enfermedades y plagas

Provisión de semillas

Para la provisión de semillas debe comprarse semillas forestales certificadas por un buen proveedor. De no encontrar dichas semillas debe optarse por su recolección. Por lo que es necesario seleccionar árboles plus o tipo, conocidos también como árboles madre o productores de semillas, de adecuadas características fenotípicas, con fustes rectos, limpios de ramificaciones, ni muy jóvenes ni muy viejos, con copa adaptable y que exprese su modelo arquitectural, y libres de plagas y enfermedades.

No obstante, antes de la recolección de semillas, se deben verificar los datos de la especie seleccionada, tales como su época de floración y fructificación, así como la técnica de almacenamiento de las semillas, a fin de no desperdiciar los materiales recolectados (Pocop, 2012).

Características de las semillas recolectadas

Las semillas deben presentar las siguientes características:

- Ser homogéneas
- Pertenecer a un mismo origen (regional, huerto o árbol)
- Provenir de un árbol madre saludable
- Estar libres de parásitos
- Tener tamaños regulares
- Presentar sus partes completas y sin presencia de daños

En la figura 8, se puede observar semillas de falso boliche (*Harpullia arborea*), las cuales cumplen todas las características antes mencionadas.

Si se trata de frutos carnosos, sus semillas deben ser limpiadas hasta eliminar cualquier porción de pulpa pegada a ellas, a fin de disminuir su poder germinativo.

Pasos para el acondicionamiento de las semillas a propagar

1. Separar la pulpa
2. Lavar las semillas
3. Usar la técnica de flotación de las semillas (aquellas que permanezcan en la superficie serán eliminadas, ya que no germinarán)
4. Secar las semillas, sin exponerlas directamente al sol (considerar una sombra menor al 80%)
5. Seleccionar las semillas óptimas (en términos de forma, color y tamaño) para su posterior almacenamiento



Figura 8. Semillas de falso boliche (*Harpullia arborea*)

Almacenamiento de semillas

- El almacenamiento tiene como finalidad conservar las semillas un tiempo prolongado con una excelente viabilidad. La viabilidad es la etapa de conservación de la capacidad ideal de la germinación.
- Las semillas deben ponerse en bolsas, costales o contenedores cerrados, y ser llevadas a un sitio fresco y seco, con condiciones de oscuridad y temperatura baja, para evitar el ataque de hongos, insectos y roedores. En casos extremos, hay que usar fungicidas o insecticidas en polvo.
- Existen semillas que duran bastante tiempo a temperatura ambiente, con reducida humedad, por ejemplo, las semillas de cáscara dura del grupo de las leguminosas, como algarrobo, huarango, ponciana, etc.
- Las semillas que no se pueden almacenar deben sembrarse rápidamente, luego de retirarlas del fruto.
- Otras semillas son de baja viabilidad, pues se conservan únicamente por pocas semanas; es el caso del molle serrano.

Tratamientos pregerminativos

En especies botánicas, lo habitual son las semillas muy rígidas, cubiertas por una cáscara compacta que se rompe para permitir la entrada del agua, para lo cual se utilizan diversos tratamientos.

- **Alternancia del remojo y secado.** Remojar las semillas durante la noche y luego secarlas durante el día, tal es el caso de la teca del nogal. Esto se debe realizar dentro de una a dos semanas (Geifus, 1994).
- **Tratamiento con agua fría.** Las semillas son remojadas con agua fría entre 1 a 3 días. Este procedimiento se usa en semillas no tan duras, como las fabáceas (huarango, algarrobo, cedro rosado de la India) (Geifus, 1994).
- **Escarificación mecánica.** Se usa un material rugoso de forma que, cuando la semilla y el material rocen, se reduzca el grosor de la capa protectora de las semillas. Por ejemplo, se aplica en la tara (Geifus, 1994).
- **Corte y rotura.** Se corta un lado de la cáscara, sin afectar el embrión, lo cual hace que el agua ingrese. Otra manera de permitir la permeabilidad es golpear la semilla delicadamente sin dañar el embrión. Se emplea en semillas como las del nogal (Geifus, 1994).
- **Remoción total de la cáscara.** Se extrae la cáscara completamente usando una herramienta como un martillo, pero tratando de golpear muy fuerte para causar heridas en el embrión. Se aplica, por ejemplo, en las nueces (Geifus, 1994).

- **Escarificación con tierra o arena.** Se puede usar un cajón cuya superficie tenga agujeros por donde drene el agua. Consiste en agregar una fina capa de arena donde se introducen las semillas. Luego, se agrega una segunda capa de tierra y se coloca la caja en un lugar sombreado para mantener la humedad. Las semillas son sacadas una vez que se observe el punto blanco del tallo joven. La duración de este proceso fluctúa entre varias semanas o meses, según la especie (Geifus, 1994).
- **Estratificación en frío.** Se remojan las semillas con agua fría durante 12 a 24 horas; luego, se tamiza y se ubican las semillas en un recipiente de polietileno hermético y se lleva al refrigerador (entre 1 y 4 °C) durante algunas semanas, antes de la fase de siembra. Es necesario retirar las bolsas del frío una vez por semana para voltear y airear su contenido. Se aplica preferentemente en el caso de los pinos, eucaliptos, cipreses (Geifus, 1994).
- **Tratamiento con animales.** Existen semillas que brotan mejor luego de pasar por el sistema digestivo de los animales, por ejemplo, el huarango, el mito y el algarrobo. Otro caso es la semilla de teca, que se coloca a veces en la tierra para que las hormigas destruyan su capa exterior (Geifus, 1994).
- **Tratamiento por el fuego.** Las semillas son colocadas sobre el suelo, luego se tapan con hierba seca y se prende fuego. Posteriormente, se pone las semillas en agua fría. Se usa en casos como los de las palmeras y el guarapo (Geifus, 1994).

Tipo de suelos y mezclas para el vivero

Los suelos arenosos son ideales en la zona del almacigado de los invernaderos, mientras que el suelo franco es perfecto para la zona de las camas de repique y remoción. Este último es básicamente un suelo suelto, ni tan arcilloso ni tan arenoso, donde las raíces puedan crecer y extenderse adecuadamente.

Según Montero Oñate (2014), el siguiente ejercicio puede ser útil para elegir la textura ideal del suelo: se toma un puñado de tierra (ligeramente húmeda) y se le presiona hasta formar un cilindro. Si el cilindro no se desarma, pero se rompe al doblarlo, significa que es un suelo óptimo, pero si no se parte al doblarlo, entonces es un suelo de textura muy arcillosa o densa, y no es apto.

- La tierra de textura arcillosa es difícil de trabajar, ya que no favorece la germinación ni el crecimiento de raíces; además, forma una capa dura superficial y favorece al desarrollo de hongos.
- La tierra de textura muy arenosa es excesivamente ligera y no favorece la retención de agua y nutrientes.
- La tierra que presenta piedras y residuos obstruye el normal crecimiento de las raíces.

Según Leguizamón Barbosa (2004), para evitar problemas con los distintos tipos de suelos, es indispensable efectuar algunas combinaciones, según el tipo de material que se va a reproducir y el terreno donde se establecerá el vivero. Las mezclas pueden estar compuestas por varios elementos:

- Sustrato para estacas y semilleros: compuesto por seis partes de arena, tres de tierra de textura franca y tres de musgo.
- Sustrato para bolsas o fundas de vivero: compuesto por tres partes de arena, tres de tierra de textura franca y tres de compost o material vegetal (hojas) en descomposición.
- Otro sustrato opcional puede estar compuesto por tres partes de tierra de textura franca, dos de compost, una de ceniza previamente triturada o ceniza de cascarilla de arroz, y una de arena gruesa.

Si el sustrato no es rico en materia orgánica se puede agregar una porción de abono químico, con una formulación más rica en fósforo y nitrógeno para fomentar el desarrollo de raíces y follaje (Montero Oñate, 2014).

Desinfección del suelo

Se sugiere desinfectar la mezcla con alguna técnica natural, 8 días antes de la siembra, pues esto evitará la invasión de malas hierbas y hongos.

La desinfección del suelo se puede realizar a través de varios métodos. Uno de ellos es la solarización, la cual es un proceso hidrotérmico que consiste en humedecer el suelo combinado para luego cubrirlo con un plástico negro por una semana, de tal forma que, al estar expuesto a la radiación solar, incrementará su temperatura y actividad microbiana. Esto eliminará los hongos del suelo y evitará así la aparición de una enfermedad conocida como hongo de la chupadera, que es recurrente en la germinación de las semillas y tiene entre sus síntomas la quemazón del cuello del tallo una vez que ha germinado el embrión (Montero Oñate, 2014).

Preparación de semilleros

Los semilleros o almácigos se establecen en invernadero protegidos con malla antiáfidos o malla raschel, y son destinados a la implementación de camas almacigueras o platabandas. Estas pueden colocarse al nivel del suelo y deben medir de 1 a 1,20 m de ancho x 6 a 10 m de largo; con la superficie ligeramente alta respecto del camino o con muros sobre cimientos de 0,90 cm de altura x 0,60 cm de ancho. Allí se podrán colocar cajas almacigueras de madera o contenedores destinados a la siembra y el crecimiento inicial de las plántulas, los cuales deben medir más o menos 50 x 70 cm y tener una profundidad de 10 a 20 cm, además de agujeros para facilitar el drenaje del agua. En ese lugar estarán entre 1 y 2 meses, según la especie. Un semillero debe tener un 50% de sombra.

Siembra de semillas en semilleros

Antes de la siembra de semillas se debe asegurar su desinfección, con la finalidad de evitar la invasión y el ataque de hongos. La técnica para la siembra depende del tamaño, ya que existen semillas pequeñas, medianas y grandes.

Para semillas muy pequeñas, la técnica es el voleo. En el caso de las semillas grandes, medianas o de fácil manipulación, la técnica es la de hileras a chorro continuo, manteniendo una corta distancia entre hilera y semilla. Después, se cubren con una capa muy fina de tierra, se humedecen con regadera de mano y se tapan con hojarasca (paja o hojas) para concentrar la humedad y evitar el ataque de aves.

En esta fase, el riego debe ser continuo, pero con mucho cuidado de no empozarlo, porque eso ocasionaría que la semilla se pudra. Por otro lado, cuando se observe el nacimiento de las plántulas, se deberá retirar la cubierta de hoja o paja, a fin de evitar la formación de tallos largos y deformes.

9. ¿Cómo se trasladan las plántulas a la bolsa?

Relleno de bolsas o fundas

Este proceso consiste en el llenado de sustrato en las bolsas o fundas plásticas, donde se procederá a repicar o trasplantar las plántulas nacidas en los semilleros o almácigos. Estas bolsas o fundas deberán tener agujeros para el drenaje del agua. Por otro lado, su tamaño varía según la especie seleccionada para el trasplante; por ejemplo, para aquellas especies que poseen raíces ramificadas y de rápido crecimiento se necesitarán bolsas o fundas grandes, mientras que para las especies que poseen raíces no frondosas y de lento crecimiento se necesitarán bolsas o fundas pequeñas. Lo mencionado evitará la generación de malformaciones, como nudos, raíces enrolladas o que estas salgan de la bolsa o funda (Montero Oñate, 2014).

Repique de plántulas

Es un proceso que consiste en retirar las plántulas del semillero para trasplantarlas a las bolsas preparadas. Cuando se observe que las plántulas tienen un tamaño óptimo (4 a 6 cm) o cuando poseen hojas verdaderas (5 hojitas, aproximadamente) se sugiere su trasplante. En caso las plántulas presenten raicillas alargadas, se deberán repicar sus puntas.

Antes del retiro de las plántulas del semillero, se debe humedecer el suelo y, con la ayuda de un cultivador o un palito fino, se debe proceder al retiro con mucho cuidado, para evitar la ruptura de las raíces. Seguidamente, serán depositadas en un contenedor con lodo o agua para que no se sequen mientras se realiza el repique.

Inmediatamente después, se humedecen las bolsas o fundas que contienen la mezcla o sustrato, y, con la ayuda de un palo, se cava un hoyo de poca profundidad, de tal manera que la raíz encaje en él. Luego, se coge la plántula por las hojas, y se coloca con la raíz derecha, cubriéndola con un poco de tierra hasta la altura donde finaliza la raíz y empieza el tallo (cuello), y se aprieta suavemente con los dedos para evitar espacios de aire dentro de la bolsa o funda.

Es vital asegurar el regado todos días al inicio del trasplante, para luego hacerlo según los requerimientos de la planta, pero la bolsa o funda debe permanecer continuamente húmeda. Cuando el lugar del vivero presenta suelos demasiado secos y el riego se realiza por gravedad con agua de regadío, las camas de plantas repicadas deben estar debajo del nivel del camino.

Las bolsas o fundas se organizan en camas, cuyas dimensiones deben ser de 10 m de largo por 1 a 1,20 m de ancho, sobre un suelo llano y drenado. Se introducen de manera vertical y bien pegadas para que no se caigan y sin dejar espacios vacíos donde se desarrolle maleza. Antes de la organización de bolsas o fundas, se sugiere colocar una lámina de plástico, a fin de evitar el enraizamiento en el suelo y que no se echen a perder al hacia el lugar seleccionado para su trasplante definitivo.

Prácticas de cultivo con manejo de sombra

La fertilidad del suelo está asociada con su actividad microbiológica. Una buena humedad del suelo permite la presencia de microorganismos, los cuales hacen disponibles los nutrientes del suelo para su filtración por las raíces de las plantas.

Cuando no se tiene esa sombra, dos factores originan la sequedad del suelo: el sol y el viento. Por tal motivo, los tinglados sombreadores se establecen con la finalidad de proteger las plántulas y minimizar la evaporación del suelo y la evapotranspiración de las plántulas.

Las plantas repicadas no deben estar expuestas directamente al sol y, si es viable económicamente, se recomienda utilizar una infraestructura de hierro y techo de malla raschel, o un techo de manera rústica con horquetas en los extremos y hojas de palma, cocotero, carrizo o cualquier material disponible, con una inclinación de 35° grados y en sentido norte-sur.

El techo puede ser fijo o movable. La sombra artificial ayuda a proteger las plántulas juveniles de la fuerte radiación y, por lo tanto, evita la evaporación extrema y el marchitamiento de sus hojas, lo que ayuda a economizar agua y mantener la fertilidad del suelo.

Control de malezas

Es ideal tener un suelo libre de malezas en el semillero, a fin de evitar la competencia con las plántulas por los nutrientes. Este trabajo se puede hacer manualmente y a tiempo (ver figura 9).

Riego

- El vivero debe contar con una fuente de agua constante. En caso sea pequeño, se deberá almacenar el agua en un tanque.
- El agua debe estar disponible en verano; si es posible, se puede emplear una cisterna.
- Realizada la siembra, es vital asegurar el regado diario hasta la germinación de la semilla.
- Una vez identificada la germinación de la semilla, se debe regar la forma interdiaria durante las tardes, hasta 4 días antes del trasplante (ver figura 10).
- Se debe evitar la formación de charcos, para prevenir pudrición de las raíces.
- La frecuencia de riego se establece según la especie seleccionada, su estado vegetativo, la capacidad de absorción de agua del suelo, la disponibilidad de agua y las condiciones climáticas.



Figura 9. Remoción manual de maleza en cama de almácigos.
Fotografía tomada antes de la pandemia de COVID-19



Figura 10. Riego de plántulas en vivero. Fotografía tomada antes de la pandemia de COVID-19

Durante su crecimiento, se deben considerar acciones de limpieza y supervisión fitosanitaria de plagas y enfermedades, mediante el manejo integrado de plagas (MIP) para el control oportuno. Asimismo, en los surcos de las parcelas o cuarteles de crecimiento, se deben eliminar las malas hierbas que le roban lugar de crecimiento a las plantaciones. Otro aspecto indispensable es un buen sistema de riego, que suministre las cantidades suficientes de agua, en las distintas etapas climáticas que van ocurriendo, ya que un incremento o la falta de riego pueden causar graves lesiones a las plantas arbóreas.

MÓDULO

3

Plantación de árboles urbanos



MÓDULO

3

Plantación de árboles urbanos

1. ¿Cuáles son los fundamentos para el establecimiento de árboles en el suelo urbano y periurbano?

Los fundamentos están constituidos por los numerosos beneficios y servicios ambientales que brinda el arbolado a los habitantes que viven en el ambiente urbano de nuestra ciudad, puesto que la arborización puede generar un microclima que influye o mitiga el nivel de radiación solar, la humedad, la circulación del aire, la temperatura, la producción de oxígeno o la captura de dióxido de carbono. A continuación, describiremos algunos de estos beneficios.

- **Protección contra la temperatura**

Los árboles moderan la temperatura del aire en las áreas urbanas cuando absorben, interceptan y reflejan la luz solar a través de sus hojas, en un proceso conocido como fotosíntesis (Alcaldía Mayor de Bogotá, s. f.).

Toda la vegetación regula el clima por medio de la evapotranspiración, lo que reducen en un 30% la necesidad de aire acondicionado; por ello, han sido denominados modificadores del clima al disminuir el efecto invernadero (ONU-Hábitat, 2019).

- **Protección contra el viento**

El viento puede disminuir la diferencia en temperatura al cambiar el vapor húmedo y frío por aire seco y cálido, los vientos surgen por diferencias de densidad y de temperatura. Los árboles minimizan la velocidad del viento protegiendo a las zonas de las condiciones térmicas extremas (Alcaldía Mayor de Bogotá, s. f.).

- **Influencia de los árboles en la precipitación y la humedad**

Los árboles filtran la radiación solar, moderan el flujo del aire, absorben y pierden agua, y disminuyen la evaporación de la humedad del suelo. Por esa razón, la humedad debajo del dosel arbóreo es generalmente más alta, con menores tasas de evaporación.

Como consecuencia, el agua desciende paulatinamente a la tierra, lo que brinda mayor tiempo para la infiltración, es decir, menor escurrimiento superficial y erosión del terreno (Alcaldía Mayor de Bogotá, s. f.).

- **Control de los contaminantes del aire**

La vegetación capta, absorbe y transforma el CO₂ en oxígeno. Las partículas del aire pueden ser retenidas y disminuidas por la interrupción de árboles y arbustos. Los árboles también atrapan polvo, cenizas, granos de polen, arena y humo, que pueden ser lavados por las precipitaciones o mediante el uso de hidrolavadoras, para que sus hojas no pierdan su capacidad fotosintética.

De la misma manera, los árboles fijan elementos contaminantes del aire que se van acumulando en sus hojas y que afectando su función de productor primario (Alcaldía Mayor de Bogotá, s. f.).

Por medio de la transpiración, los árboles ayudan a limpiar el aire de partículas nocivas e, incluso, pueden despejar algunos olores incómodos del ambiente con el aroma de sus flores.

- **Usos arquitectónicos de los árboles**

Las áreas verdes arbóreas cumplen un rol estructural, por eso son utilizadas para la definición del espacio, como una cubierta o cortina que contribuye a la privacidad y la renovación del paisaje, además de atender la demanda de árboles en la ciudad, por lo que se debe incluir en todo proyecto de obra de espacio público la siembra de árboles (Lima Conde, 2011).

Los árboles y los arbustos forman barreras y coberturas en el ambiente que, junto con otros elementos arquitectónicos, pueden ser utilizados para moldear o modificar el espacio exterior.

- **Usos estéticos y fauna**

Los árboles y, en general, la vegetación son valorados por su funcionalidad estética y por ser refugio de una diversidad de especies de aves, murciélagos, entre otras especies animales y vegetales asociadas, y pueden servir, inclusive, como "ecosistema de transición" para aves migratorias. Las franjas verdes en zonas urbanas pueden transformarse en corredores biológicos de animales que viven en una región; además, pueden ser parte de estrategias más desarrolladas de conservación de la biodiversidad regional perjudicada por la extensión de la urbe (Sorensen, *et al.*, 1998).

Se sabe que, debido a la depredación y la alteración de su hábitat, muchas aves usan los jardines municipales y privados de las ciudades como su último espacio de protección.

- **Recreación**

Un importante beneficio de las áreas verdes es el de ofrecer un espacio para el juego de los niños y que la gente, principalmente de la tercera edad pueda pasear y disfrutar de la naturaleza. Por ejemplo, hay árboles que son parte de eventos históricos y de espacios naturales dentro de las urbanizaciones y edificios. Los árboles tienen, además, esa sutil característica de evocar tiempos pasados, sentimientos y memorias (Alcaldía Mayor de Bogotá, s. f.).

2. ¿Qué criterios debo considerar para la elección de las especies que formarán parte del arbolado urbano?

El principal criterio para tener en cuenta es la evaluación del sitio donde se va a establecer el arbolado urbano, en lo que se refiere a las siguientes características:

- El clima, para lo cual se debe considerar el climograma de la ciudad de Lima.
- La naturaleza geológica o edafológica del suelo para la plantación y la incorporación de materia orgánica.
- Que el lugar no tenga como objeto de destino ser espacio público para otros fines.
- La disponibilidad real de agua para riego, proveniente de una de las distintas fuentes existentes en el ecosistema urbano y periurbano de la ciudad.
- La orientación de los lugares o sitios de plantación sea de norte a sur, de este a oeste, o sus variantes.
- La orientación de los vientos dominantes, que arrastran polvo y otros contaminantes. Se debe identificar el principal agente contaminante del ambiente por mitigar en el sitio de plantación o arborización.

El segundo importante criterio para tener en cuenta es el referido a la selección de la especie idónea a ser plantada, por lo que se deben tomar en cuenta los detalles sobre la biología, la morfología y los beneficios ecológicos de las especies, como los que se mencionan a continuación:

- El centro de origen de las especies
- El tamaño recomendado en el momento de la plantación, no menor de 2 metros de altura ni menor de 5 cm de diámetro a la altura del pecho (DAP)
- El tamaño en su estado adulto para prever futuros conflictos
- El tipo de fuste, crecimiento o desarrollo
- El tipo de raíz

- El porte y forma de la copa de la especie
- El follaje de las especies por seleccionar
- El estado de caducidad del follaje
- El estado fenológico de la floración
- El modelo de la arquitectura de la especie
- La velocidad de crecimiento
- El estado sucesional al que pertenece en su ecosistema nativo
- La mayor eficiencia en captura de carbono
- Las especies con mayor potencialidad de beneficios ambientales por sus servicios ecosistémicos

3. ¿Cuáles son los requisitos técnicos para la plantación de árboles en el suelo urbano y periurbano?

- Selección de la especie correcta
- Época o momento de plantación
- Selección del lugar de plantación
- Altura del árbol seleccionado para ser plantado
- Distancia de siembra del árbol a ser plantado
- Formas de plantación del árbol urbano
- Preparación del suelo para la plantación del árbol urbano
- Plantación del árbol urbano
- Tutorado, plateo y cercado protector

4. ¿Cómo se establece el arbolado en las áreas que presentan pendiente?

Para la plantación de árboles en terrenos con pendiente, se procederá, en primer lugar, a seguir la misma curva de nivel a realizar el trazado de marcación de terreno en las laderas con pendiente, como se observa en la figura 1:

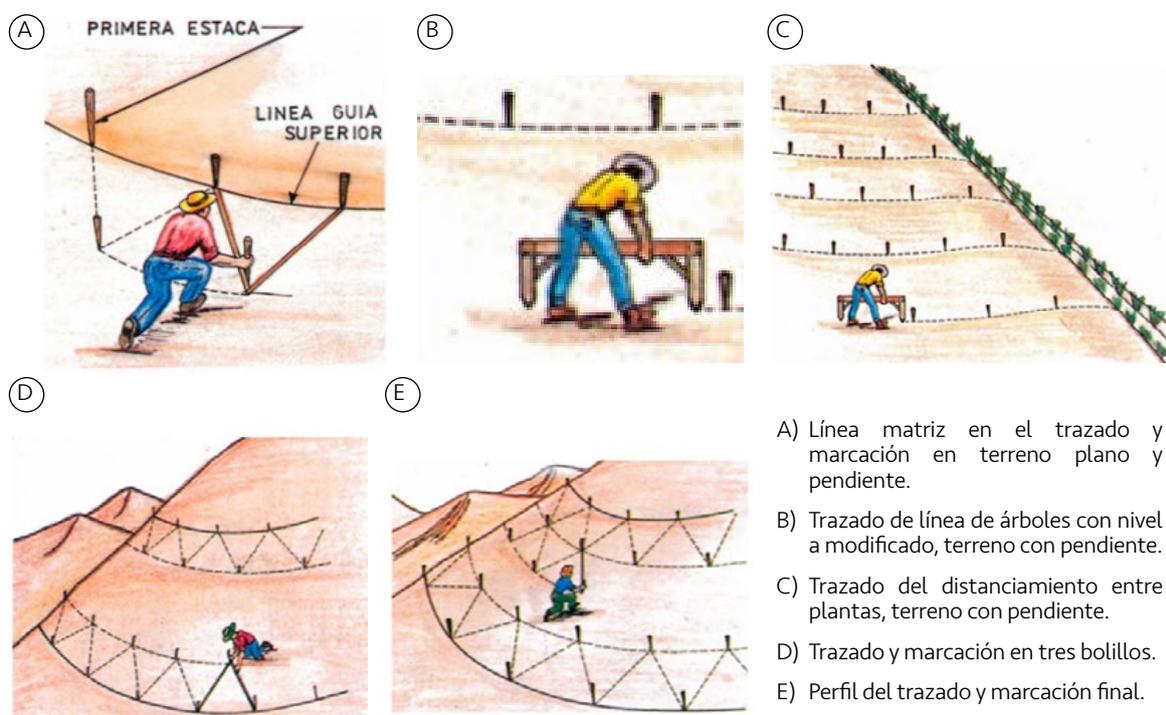


Figura 1. Diseño de plantación de árboles en terreno con pendiente

5. ¿Cuáles son las dimensiones de los hoyos para la plantación o reposición de árboles?

Las dimensiones de estos hoyos se indican en el siguiente cuadro:

Tamaño del individuo arbóreo y/o porte arbóreo	Diámetro de altura de pecho (DAP) (cm)	Dimensiones del hoyo (m)	Profundidad del hoyo (m)
Chicos	hasta 10	0,60 x 0,60	0,5
Medianos	10 hasta 20	0,90 x 0,90	0,8
Grandes	20 a 30	1,20x 1,20	1,10
Muy grandes	Más de 30	1,40 x 1,40	1,20



Figura 2. Excavación de hoyo para plantación

6. ¿Cuáles son los pasos para la plantación del árbol urbano?

Los pasos para la plantación de árboles en el medio urbano son los siguientes:

- Planificación adecuada de la plantación de árboles en el medio urbano.
- Preparación de terreno con la adecuación y limpieza de malezas, residuos o escombros y demás elementos que obstaculizan el área de plantación.
- Identificación y marcación de los lugares donde se plantarán los árboles (ver figura 3).
- Determinación de la especie adecuada por su eficiencia y potencialidad de servicios ecosistémicos.
- Preparación y acondicionamiento en vivero de los árboles seleccionados para la plantación.
- Preparación del hoyo, debe hacerse 15 días antes de la plantación con barreta y pico. Su tamaño irá de acuerdo con la especie seleccionada. Debe ser lo suficientemente profundo y ancho para brindar al individuo tierra removida que favorezca el arraigo inicial y acumule la humedad requerida para que las nuevas raíces se fijen.



Figura 3. Marcación de espacios de plantación. Fotografía tomada antes de la pandemia de COVID-19.

- Riego preliminar de fondo una semana antes de la plantación, profundo e intenso de los hoyos de plantación.
- Preparación de la mezcla de sustrato de suelo orgánico para la planta arbórea seleccionada.
- Traslado de los árboles al sitio de plantación.
- Retiro del contenedor del árbol a plantar, si es de plástico (ver figura 4).
- Poda de raíces superficiales mal conformadas.
- Incorporación de un poco de suelo orgánico en el fondo del hoyo.
- Colocación y centrado del árbol en el hoyo de plantación (ver figura 5).
- Incorporación del suelo orgánico alrededor de la champa o cepellón del árbol que se está plantando, por encima del nivel del cuello del árbol plantado.
- Apisonado y afirmado de la base del árbol.
- Tutorado de los árboles inclinados o débiles (ver figuras 6 y 9).
- Primer riego intenso y profundo (ver figura 7).



Figura 4. Retiro de bolsa previo a la plantación del árbol



Figura 5. Plantación del árbol



Figura 6. Colocación de tutor en el árbol plantado. Fotografía tomada antes de la pandemia de COVID-19.



Figura 7. Riego del árbol recién plantado

7. ¿Cómo debe colocarse el tutor en el árbol plantado para lograr un buen desarrollo del individuo a largo plazo?

Se debe hacer énfasis en su correcta instalación en el campo, ya que de esto depende que desarrolle un fuste recto y así se eviten problemas como fuste inclinado, revirado o madera de tensión, que se traduce en mayores riesgos de caída en árboles adultos. Es necesario tomar en cuenta lo siguiente.

- El tutor seleccionado debe tener por lo menos una relación de 3 a 1 en relación con el diámetro o calibre del árbol plantado.
- La altura del tutor debe sobrepasar al árbol plantado en, al menos, un 10% de la altura (ver figura 8).
- Para árboles en vías públicas, se armar una estructura que permita protegerlo de daños externos. Se logra colocando tres tutores que formen un triángulo en el suelo y uniéndolos con tutores cortados paralelos al suelo, al inicio del segundo tercio del árbol (ver figura 8).
- La longitud del tutor bajo suelo debe ser un 30% de la longitud total del tutor para tener una buena estabilidad. La zona enterrada deberá ser impermeabilizada para evitar la pudrición de la base.



Figura 8. Operarios colocando un tutor que supera la altura del árbol plantado; el alambre recubierto se coloca al finalizar el segundo tercio de la altura (izquierda). El tutor triangular se usa para protección de fustes (derecha). Fotografía tomada antes de la pandemia de COVID-19



Figura 9. Árbol inclinado por carecer de tutor (izquierda) y corrección lograda al colocar tutor (derecha)

- Para lograr que el tutor cumpla su función, se utiliza un alambre cubierto por manguera plástica de 5/32" que unirá el fusto con el tutor. La forma correcta de colocarlo es formando un ocho y se debe evitar colocar el alambre recubierto muy apretado al fuste del árbol. La unión se debe colocar al final del segundo tercio de la altura del árbol.

8. ¿Cómo debe prepararse la mezcla del sustrato suelo orgánico para la plantación definitiva del árbol urbano?

Preparado el hoyo donde se plantará el árbol, se incorporará el sustrato que viene a ser una mezcla de suelo especial que presenta la siguiente formulación:

Tamaño del individuo arbóreo y/o porte arbóreo	Tipo de sustrato			
	Tierra de chacra	Arena de río	Materia orgánica	
			Compost o musgo	Humus
Chicos	3 sacos	3 sacos	2 sacos	1 saco
Medianos	4 sacos	4 sacos	3 sacos	1 saco
Grandes	5 sacos	5 sacos	3 sacos	2 sacos
Muy grandes	6 sacos	6 sacos	4 sacos	2 sacos

También añadir un puñado de NPK por planta, una aplicación dosificada de ácidos húmicos (biol) y un puñado de hidrogel o sales rehidratarles.

9. ¿Cuál debe ser el distanciamiento de plantación recomendado?

El distanciamiento o marco de plantación de árboles urbanos en Lima varía de acuerdo con los siguientes parámetros:

- La distancia de un árbol respecto a las edificaciones debe ser, como mínimo, la mitad de la altura adulta de la especie arbórea.
- Disponibilidad libre del suelo, el subsuelo y los aires de cada lugar donde se plantarán los árboles.
- Altura de la especie seleccionada recomendada, no menor de 2,5 metros de altura y 5 cm de diámetro a la altura del pecho (DAP)
- Tamaño y profundidad del suelo en el lugar de emplazamiento.
- Necesidades de la especie forestal seleccionada por los fines de las funciones ecosistémicas que cumplirá el arbolado en ese lugar.

El distanciamiento recomendado, según el lugar de emplazamiento, es el siguiente:

Parques abiertos: distanciamiento o marco de plantación no menor de 3 x 3 m, en sistema de tres bolillos para especies de crecimiento plagiotrópico o de copa ancha.

Alamedas: en área abierta, distanciamiento de 3 x 3 m; en sistema tres bolillo para especies de crecimiento plagiotrópico o copa ancha, y para arbolado de alineamiento con especies de crecimiento ortotrópico o de copa vertical, un distanciamiento inicial de 1 m entre planta y planta; para establecer pantallas de protección de servicios ecosistémicos, se pueden ralea conforme crecen, hasta obtener un distanciamiento final de 2 o 3 m entre planta y planta.

Bermas y separadoras de vías y calles: para arbolado de alineamiento, un distanciamiento menor de 2 m entre planta y planta cuando la vía o calle tiene orientación este-oeste o variantes, y un distanciamiento mayor de 3 m si tiene orientación norte-sur (ver figura 10).

Jardineras en aceras laterales a las bermas o calzadas: para arbolado, un distanciamiento menor de 2 m entre planta y planta, cuando la vía o calle tiene orientación este-oeste o variantes, para mitigar el polvo en suspensión, y un distanciamiento mayor de 3 m si tiene orientación norte-sur.

Bosques urbanos regados con agua tratadas de lagunas de oxidación: se establecerán plantaciones convencionales en parcelas que tengan un distanciamiento o marco de plantación de 2 x 1,5 m.

Espacios naturales urbanos y periurbanos: el distanciamiento de los árboles se establecerá de acuerdo con los objetivos de la forestería análoga de restauración de estos paisajes naturales, con especies forestales nativas propias o de ambientes análogos que pueden cumplir el papel restaurador de ese ecosistema.



Figura 10. Plano de plantación en zonas urbanas. Fotografía tomada antes de la pandemia del COVID-19.

10. ¿Cómo debe ser el riego de los árboles recién plantados?

El primer riego de los árboles recién plantados debe ser de fondo o pesado, e inmediatamente después de la plantación. A partir del segundo riego hasta unos dos meses, debe ser frecuente, dos a tres veces a la semana. Desde el tercer mes, debe regarse de acuerdo con la programación del riego para el tipo de especie plantada. El agua recomendada para el riego de los árboles recién plantados es el agua de regadío, seguida del agua semitratada en lagunas de oxidación o de pequeñas plantas de tratamiento por tener mayor cantidad de nutrientes, que permitirán el incremento de la microflora del suelo, que hace posible la disponibilidad de nutrientes para el joven árbol.

El agua potable es una opción cada vez más escasa y menos viable por su elevada presencia del cloro.

11. Especies arbóreas resistentes a zonas costeras con pendientes

Las especies que se mencionarán más adelante son de fácil propagación e implantación, además de estar acondicionadas a estas áreas por el clima y los sustratos. También pueden cumplir la característica de guardar armonía con el paisaje.

11.1. Características de las zonas

11.1.1 Aspectos desfavorables que presenta el clima

- **Falta de precipitación.** La actividad vegetativa potencial se ve extremadamente limitada con escasez de lluvias y, por ende, el desarrollo de las plantas se hace lento, así como se reduce la densidad de la cubierta vegetal.
- **Irregularidad climática.** La elevada frecuencia temporal de precipitaciones irregulares y muy escasas provoca una tasa alta de mortalidad en las plantas más jóvenes, mientras que las adultas se debilitan.
- Elevadas evapotranspiraciones. Afectan el balance hídrico de la vegetación. Varía sustancialmente según la insolación (es mayor en pendientes con orientación de sur a suroeste) y la exposición al viento.

11.1.2 Aspectos desfavorables de los sustratos

- **Compactación.** La compactación implica aumentar la densidad del suelo y disminuir su porosidad, lo que afecta directamente el sistema radicular de las plantas y reduce la capacidad del sustrato de retener agua.
- **Tamaño de los elementos.** Los elementos de textura gruesa en la superficie evitan o dificultan el anclaje de nuevas plántulas, que germinan y se adhieren mejor en suelo fino.
- **Salinidad.** Es una desventaja porque no permite la absorción de nutrientes, lo que aumenta la presión osmótica de la solución del suelo y afecta el balance hídrico de la planta.

11.1.3 Características topográficas en terreno con pendiente

- **Pendiente.** Cuanta mayor pendiente tenga la ladera menor será la estabilidad del sustrato y de los propágulos que se instalen. Además, esto disminuye la disponibilidad de agua (mayor pérdida de agua de lluvia por escorrentía) y perjudica el acceso a la zona y las obras de siembra.
- **Longitud de pendiente.** Para la misma pendiente, a mayor longitud, incrementa el nivel de erosión.

11.1.4 Aspectos de la dinámica vegetal

Para simular este proceso de colonización de estos espacios, es necesario imitar las condiciones para su normal desarrollo.

11.2. Técnicas de establecimiento

11.2.1 Consideraciones previas

La restructuración del terreno para la implantación de especies botánicas es obligatoria en las siguientes situaciones: terrenos con pendiente excesiva, alteraciones puntuales que requieran un refuerzo según sus necesidades, y sistemas de drenaje bajantes que favorezcan la infiltración y reduzcan la capacidad erosiva ocasionada por el agua de lluvia en la pendiente, si se da el caso.

Para dar la estabilidad a la pendiente, se debe implantar una cubierta vegetal que otorgue una gran estabilidad al terreno, mejore la estructura de la tierra, disminuya la erosión hídrica y permita la integración de las áreas afectadas en el paisaje, mitigando así el impacto visual ocasionado.

11.2.2 Tratamiento de terrenos en pendientes con revegetación

Las técnicas más recomendadas para la implantación de las especies botánicas seleccionadas para terrenos en pendiente con revegetación son la interacción entre la plantación y la hidrosiembra, de manera que se complementen, o la plantación, siempre y cuando la especie seleccionada y los recursos económicos destinados lo permitan, ya que esta técnica genera beneficios como la reconstrucción del paisaje y la unificación en los alrededores.

Se recomienda colonizar con especies botánicas endémicas para imitar al paisaje natural aledaño. Es importante colocarlas en áreas donde el pisoteo de los operarios no genere daños mayores. Las dimensiones del orificio de plantación se determinarán en función de las dimensiones del cepellón y evitar el enrollamiento de las raíces laterales. La densidad de plantación se realizará con un distanciamiento variable, de acuerdo con el diseño, aunque es opcional para especies que pueden alcanzar un tamaño arbóreo de 3 o 6 metros. Estas cifras deberán ajustarse según el desarrollo deseado de la parte aérea, el tipo de raíz y la densidad de las cubiertas vegetales similares a las de las zonas adyacentes.

El otoño es la temporada ideal para la plantación. Se espera que las especies tengan tiempo suficiente para el desarrollo radicular en el talud y así se preparen para el periodo seco y las temperaturas elevadas.

La plantación será exitosa el primer año siempre y cuando se mantenga bajo condiciones adecuadas; sin embargo, si el otoño y la primavera son inusualmente secos o el verano es muy prolongado y caluroso, las plantas tienen altas probabilidades de morir. Por tal motivo, son necesarios los riegos, más aún cuando la sequía pone en riesgo gran parte de la producción de plantas. La cuota de agua es variable para cada planta y depende de varios factores; se puede mencionar un rango de entre 2 a 6 litros por planta y riego, de 4 a 6 veces en época de invierno y 6 a 8 veces en el verano.

Se sugiere realizar varios riegos (al menos dos por cada mes seco), especialmente si las semillas seleccionadas han pasado por tratamientos que ayuden a la germinación. Es importante resaltar que un retraso en el riego puede provocar la muerte de casi todas las plántulas aparecidas. Finalmente, cabe recordar la importancia de almacenar y luego usar el suelo que sobre en la faena. No se debe olvidar que este sustrato es un fragmento alterado de roca, que brinda condiciones sostenibles para el desarrollo vegetal y, más valioso aún, capitaliza un gran número de semillas de especies del lugar, con la habilidad de germinar cuando las condiciones sean beneficiosas y colaborar a la colonización de la ladera.

11.3. Selección de especies

11.3.1. Criterios de selección

Teniendo en cuenta las consideraciones expuestas, exponemos el siguiente catálogo de especies por exigencias en suelos y humedad, y resistencia a la brisa marina directa e indirecta, que se catalogarán en grupos por su tamaño.

11.3.1.1 Con exigencias en suelos y humedad

En la zona costera existe escasez de agua, además de presentar zonas con suelos pobres, en los cuales la mayor proporción de sus componentes es la arena. Por tanto, conviene utilizar especies que puedan desarrollarse en tales circunstancias.

Tabla 1. Árboles no exigentes en buena calidad y humedad del suelo (para zonas con suelo pobre y con escasez de agua).

Nombre científico	Nombre común
<i>Callistemon viminalis</i>	Escobillón de botella
<i>Casuarina equisetifolia</i>	Casuarina
<i>Chorisia speciosa</i>	Palo borracho
<i>Cydonia oblonga</i>	Membrillero
<i>Delonix regia</i>	Ponciana
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Eucalipto costeño
<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto serrano
<i>Ficus carica</i>	Higuera
<i>Grevillea robusta</i>	Grevillea
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Jacarandá
<i>Ligustrum japonicum</i>	Ligustro
<i>Olea europaea</i>	Olivo
<i>Parkinsonia aculeata</i>	Palo verde
<i>Schinus molle</i>	Molle serrano
<i>Schinus terebinthifolius</i>	Molle costeño
<i>Senna spectabilis</i>	Candelillo, carnavalito
<i>Senna reticulata</i>	Cassia de capullo

Tabla 2. Árboles medianamente exigentes en buena calidad y humedad del suelo

Nombre científico	Nombre común
<i>Acacia longifolia</i>	Mimosa
<i>Cupressus macrocarpa</i>	Ciprés de cerco
<i>Cupressus sempervirens</i>	Ciprés de cementerio
<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	Fresno
<i>Harpullia pendula</i>	Jabonaria
<i>Inga feuillei</i>	Pacae
<i>Magnolia grandiflora</i>	Magnolia
<i>Malus domestica</i>	Manzano
<i>Melia azedarach</i>	Melia
<i>Populus nigra</i>	Álamo, álamo negro
<i>Prunus persica</i>	Melocotonero
<i>Salix humboldtiana</i>	Sauce
<i>Thuja occidentalis</i>	Thuja

11.3.1.2 Con resistencia a la brisa marina indirecta

La costa peruana, a diferencia de otros lugares del mundo, es una zona de muy poca precipitación, lo que facilita que las sales de la brisa marina se acumulen en el follaje de las plantas, lo cual les ocasiona quemaduras y, posteriormente, la muerte. Se debe considerar que es probable que la dirección del viento no pase por el lugar en donde están creciendo, motivo por el cual no les ocasiona estragos.

Las especies mencionadas a continuación son de fácil propagación e implantación, y están acondicionadas a estas áreas, por el clima, los sustratos y porque se desarrollan en armonía con el paisaje.

Tabla 3. Árboles que pueden soportar la brisa marina con protección a la exposición directa por obstáculos, como cerros, bahías, etc.

Nombre científico	Nombre común
<i>Alnus glutinosa</i>	Aliso
<i>Araucaria heterophylla</i>	Araucaria, pino de navidad
<i>Butia capitata</i>	Palmera jalea
<i>Callistemon viminalis</i>	Escobillón de botella
<i>Casuarina cunninghamiana</i>	Casuarina
<i>Ceratonia siliqua</i>	Algarrobo europeo
<i>Cupressus macrocarpa</i>	Ciprés de cerco
<i>Ficus benjamina</i>	Ficus
<i>Ficus elastica</i>	Caucho
<i>Grevillea robusta</i>	Grevillea
<i>Ligustrum japonicum</i>	Ligustro
<i>Magnolia grandiflora</i>	Magnolia
<i>Platanus orientalis</i>	Plátano
<i>Sabal palmetto</i>	Palmera sabal

Tabla 4. Palmeras que pueden soportar la brisa marina con protección a la exposición directa por obstáculos, como cerros, bahías, etc.

Nombre científico	Nombre común
<i>Chamaerops humilis</i>	Palmito, palmera enana
<i>Cocos nucifera</i>	Cocotero
<i>Phoenix canariensis</i>	Palmera fénix, palmera canaria
<i>Phoenix dactylifera</i>	Palmera datilera
<i>Roystonea regia</i>	Palmera real
<i>Syagrus romanzoffiana</i>	Palmera bruja, palmera reina
<i>Washingtonia filifera</i>	Palmera abanico
<i>Washingtonia robusta</i>	Washingtonia

MÓDULO

4

Mantenimiento de arbolado urbano



MÓDULO

4

Mantenimiento de arbolado urbano

1. ¿Cuáles son los fundamentos para el mantenimiento del arbolado urbano?

El árbol en el medio urbano se distingue por su condición de ser vivo, por su volumen y forma que le permite ser organizado del espacio en el paisaje urbano, y por sus importantes beneficios y servicios ambientales, gracias a lo cual puede cumplir un papel protagónico y trascendental para el desarrollo de una sociedad urbana ambientalmente sana y saludable.

Una vez establecido el árbol en el medio urbano, como un ser vivo que es susceptible a inclemencias en su proceso de génesis, desarrollo y caducidad, se le debe atender y mantener, brindándole los cuidados necesarios para su buen desarrollo, de manera que pueda armonizar el paisaje y cumplir con sus funciones ecosistémicas.

Esta atención o cuidados culturales que necesitan los árboles implican asumir costos de mantenimiento, que se pueden minimizar cuando hay una buena planificación de las plantaciones o arborizaciones. Por el contrario, de todas formas se deberá asumir el costo del mantenimiento del arbolado ya existente en nuestro medio, debido a los numerosos servicios ecosistémicos y sociales que proporciona.

2. ¿Cuáles son las actividades culturales para el mantenimiento del arbolado urbano?

- **Inventario, registro georreferenciado y diagnóstico del arbolado urbano.** Esta actividad se realiza sobre el arbolado ya establecido, con el fin de recomendar el tipo de intervención que necesita cada árbol, de tal forma que se pueda programar su atención.
- **Aireamiento del suelo y mejora de su estructura.** Consiste en la roturación de la capa superficial que cubre las raíces, a la cual se le incorpora arena de río con el fin de mejorar su permeabilidad al riego y la respiración de las raíces.

- **Cambio de suelo.** Se realiza en jardineras de arbolado urbano para retirar la capa de suelo superficial totalmente contaminado por el arrojamiento de sustancias. Es cambiado por una mezcla de suelo orgánico con biol y otros nutrientes para el árbol.
- **Lavado del suelo.** Se realiza cuando el suelo presenta una sustancia contaminante granulada o líquida, por ejemplo, sal, petróleo o aceite o sus derivados, que pueden infiltrarse con el riego y comprometer la vida del árbol.
- **Descompactación del suelo.** Cuando el suelo bajo el árbol es arcilloso o hay mucho tránsito, se compacta e impide la filtración del agua y su llegada a las raíces, las cuales no pueden absorber los nutrientes del suelo. Por ello, se procede a roturar todo el suelo bajo el árbol y se rellena con un poco de arena de río, humus y NPK, para permitir la infiltración del agua de riego con los nutrientes.
- **Descontaminación del suelo.** Busca retirar los agentes contaminantes, como grasas, basura, arena de construcción o aguas de residuos domésticos o industriales que pueden comprometer el desarrollo y la vida del árbol. Se realiza para devolverle sus cualidades al suelo arable fértil.
- **Protección superficial del suelo.** Tiene como fin conservar las mejores condiciones del suelo bajo el árbol. Se deben utilizar plantas tapizantes, *mulch*, musgo o compost, de tal forma que las raíces respiren, se filtre con nutrientes el agua de riego y se evite la compactación del suelo.
- **Nivelación por corte de elevación o relleno de depresión o desnivel del suelo.** Cuando hay montículos de desmonte sobre el nivel del cuello de la base del árbol o existe un desnivel que deja al árbol con su champa de raíces montada sobre el nivel del suelo, inmediatamente se debe proceder a retirar los montículos que están expuestos o a replantar el árbol dejando el cuello a la altura del nivel del suelo.
- **Protección de los árboles en zonas de obras.** Cuando hay una obra civil, los que más sufren el impacto son los árboles; por ello, antes de que se inicie la obra, deben tomarse medidas de protección para todos aquellos que se ubiquen en su ámbito. Se establecen cercos de protección antigolpes y para riego, limpieza y fertilización, mientras dure la obra.
- **Aclareo de árboles.** Consiste en apartar especímenes suprimidos por falta de espacio y luz debido a la excesiva densidad de árboles. Se realiza para dar mayor iluminación al área verde, un mayor espacio y mejorar la distribución del arbolado.

- **Protección del tronco del arbolado.** Se lleva a cabo en árboles que están expuestos a daños de origen antrópico, depósitos de sustancias contaminantes, accidentes vehiculares y un mal mantenimiento de poda de césped (esto último se corrige con capacitación a los operarios y respetando el plateo o colocando *mulching*).
- **Protección por corte de las raíces.** En los casos de pudrición, hongos o cuando comprometen el pavimento, se deben curar o eliminar las raíces que presentan el problema. Se pueden sujetar con tirantes o tutorando el árbol, o proteger el área con algún elemento que permita su riego e impida el pisoteo.
- **Protección de raíces libres.** Cuando las obras dañan o exponen las raíces, se les debe proteger recubriéndolas o envolviéndolas con tela de yute y sustrato, para mantener la humedad, y fijándolas con estacas o usando mallas.
- **Reducción del sistema radical.** Ocurre cuando hay raíces que levantan el suelo o están expuestas. Se realiza, previamente, la poda de estabilidad para reducir las ramas de la copa, luego se retira el pavimento comprometido para podar la raíz. Se efectúa una mejora del suelo para restablecer con abono y fortalecer las demás raíces. De ser necesario, se coloca el pie derecho para apuntalar y mantener la estabilidad del árbol. Finalmente, si es necesario, se construye un nuevo pavimento.
- **Colocación de barreras para las raíces.** Se realiza con el fin de que las raíces no invadan las áreas de césped o de macizos de flores. Se instala un cantoneado y se abre una pequeña zanja que separa el área con césped o los macizos de flores del área donde se desarrollan las raíces.
- **Recuperación de árboles inclinados o defectuosos.** Generalmente, la inclinaciones o defectos se deben a un manejo inadecuado en el vivero o en el establecimiento; por ejemplo, el manejo de la raíz cola de chanco que se debe recortar; realizar el hoyo y proporcionar la luz acorde al tamaño y edad; el uso de tutores para evitar la acción del viento, que finalmente influirán en el crecimiento y desarrollo de individuos defectuosos o fuertes (ver figura 1). También se puede recuperar los individuos arbóreos con trasplante en el mismo sitio enderezándolos mediante tutorado, si son juveniles, o poda de formación. Si el árbol es muy joven, es posible reubicar el ejemplar.



Figura 1. Árbol caído por mal mantenimiento durante su crecimiento

- **Identificación de podredumbres de riesgo.** Es posible identificar las podredumbres de riesgo evaluando las oquedades producidas por las heridas abiertas. Si la podredumbre ocupa la tercera parte de la sección del árbol y la oquedad compromete más de la tercera parte de la sección del árbol, estamos ante una situación de riesgo de fractura y caída, respecto de la cual hay que tomar medidas urgentes. Cuando no hay heridas abiertas, pero se evidencia muerte regresiva a partir de las ramillas terminales, deben evaluarse más signos y el estado de la sección basal del árbol, mediante un tomógrafo, para determinar el porcentaje de incidencia del daño en la sección evaluada.
- **Soporte para la estabilidad del árbol.** Se realiza principalmente con los árboles juveniles de más de 3 m y menos de 2,5 cm de diámetro del fuste, que recién han sido plantados y presentan un tallo flexible que se inclina y un débil arraigo en el suelo por lo pequeño del cepellón o champa de raíces con respecto a la copa. En estos casos se procede a colocar 1, 2 o 3 tutores por planta, según la necesidad de lignificación y enderezamiento vertical, y principalmente de la amplitud de la jardinera o taza de riego, para colocar la base de los tutores en el suelo.

Otro caso se produce cuando se trata de dar estabilidad a árboles adultos cuyas raíces puedan haber sido seccionadas o tienen ramas largas inestables. Para ello, se colocan sogas, cables tensores o atirantadores que aseguran el árbol a postes o a otros árboles grandes. Cuando tienen ramas largas que pueden quebrarse, se fijan a postes o a otras ramas más grandes y estables, mediante sogas, fajas, cinchas, abrazaderas o bridas, las cuales deben revisarse periódicamente.

- **Cierre de heridas abiertas de árboles.** Estas heridas se originan por la poda de ramas. En esos casos, se debe impermeabilizar el leño con productos cicatrizantes o impregnantes que repelen insectos y hongos, con el fin de evitar el ataque de agentes xilófagos o la penetración de humedad, pues estas heridas tardan en cerrar y aislarse con los meristemos producidos por la actividad propiamente lenta del cámbium.
- **Modalidades de riego del arbolado urbano.** El riego del arbolado urbano depende de la disponibilidad del recurso hídrico. En nuestro medio, tenemos arbolado que es regado con agua de regadío en las zonas antiguas y más consolidadas, en las áreas periféricas y las marginales de la ciudad. El arbolado de los grandes parques zonales se riega con aguas tratadas procedentes de lagunas de oxidación, mientras que las áreas verdes de la mayoría de los distritos son regadas con camiones cisterna que usan agua de pozo, potable, de regadío o tratada. En algunos parques se ha implementado el riego tecnificado por aspersión y goteo con agua potable, sistema que debe renovarse en parte cada tres años.

Todo riego de arbolado debe humedecer hasta un horizonte no menor de 60 cm de profundidad y tener una frecuencia de acuerdo con las necesidades de las especies forestales por regar. Para realizar el riego, se programa previamente y se establecen hojas de ruta que se cumplen según la necesidad de cada especie.

- **Drenaje del arbolado urbano.** Para que se desarrolle el arbolado urbano, es necesario que las raíces se arraiguen en un suelo franco arenoso con materia orgánica, que tiene microporos, de tal forma que puedan respirar. Si el hoyo de plantación no tiene drenaje por donde filtre el agua de riego, esta se malogrará y las raíces se morirán por asfixia. Por eso, cuando el hoyo es cerrado e impermeable a la filtración del agua, se acondicionará un dren, zanja o ducto para que el agua no se estanque y drene lentamente, con el fin de que pueda desarrollarse el árbol plantado.
- **Deshierbe del suelo del arbolado urbano.** Consiste en el retiro con azada de toda la maleza que crece en la jardinera de riego, a fin de eliminar la competencia de otras plantas por nutrientes del suelo. Una vez retirada la maleza, se rotura, voltea y nivela el suelo, para su riego (ver figura 2).
- **Limpieza de la zona de plateo o jardinera de riego.** Se caracteriza por el retiro de basura, papeles, hojas secas y cualquier otro agente extraño que se encuentre en la jardinera de riego del árbol.
- **Fertilización.** Con el fin de que el árbol pueda desarrollarse, debemos fertilizar una vez al inicio de cada estación con un puñado de NPK y con un puñado de nitrato de amonio en primavera y verano, que se aplicará en pequeños hoyitos realizados con la barreta, bajo la proyección de la copa del árbol.



Figura 2. Cantoneo de árbol joven. Fotografía tomada antes de la pandemia de COVID-19.

- **Abonamiento orgánico.** Se rompe el suelo en el área de proyección de la copa y se incorpora un saco de musgo por cada 4 m² de proyección de la copa y 1 saco de humus por cada 8 metros de proyección de la copa. Inmediatamente, se procede a regar.
- **Abonamiento foliar.** Este tipo de abonamiento utiliza Nitrofoska foliar a mediados de primavera e inicios del verano, y se aplica mediante una hidrolavadora sobre todo en el follaje.
- **Hidrolavado.** En una ciudad como Lima, semiárida, donde rara vez llueve y la contaminación atmosférica por polvo alcanza niveles alarmantes al cubrir el haz de las hojas y limitar la fotosíntesis, se ha vuelto imprescindible el desarrollo de una nueva labor cultural en el manejo del arbolado. Este consiste en la programación periódica de hidrolavados del follaje de la copa con agua limpia o, si está muy sucias, con agua y detergente agrícola. Si después del hidrolavado las hojas presentan clorosis, se usará abono foliar rico en nitrógeno.
- **Tratamiento de plagas y enfermedades.** Se realiza para controlar fitosanitariamente al arbolado urbano. Ya que se trata de un tema amplio y relevante, se trata con detalle en el módulo “Deterioro del arbolado urbano”.
- **Poda de ramas.** Es una actividad de las más importantes y amplias, por lo que se detalla en el módulo respectivo. Por ejemplo, un tipo de poda es el de formación para árboles jóvenes (ver figura 3).
- **Poda de raíces.** Se desarrolla en el módulo de poda.



Figura 3. Poda de ramas bajas en árboles jóvenes

3. ¿De qué manera se maneja el árbol joven y recién plantado?

El manejo de árbol joven recién plantado requiere mayor cuidado y vigilancia durante el primer año, con el objetivo de consolidar su arraigo en el suelo. Este cuidado aborda las siguientes acciones o labores culturales especiales, que se caracterizan por su mayor exigencia.

- Programación de un riego frecuente los seis primeros meses hasta observar el buen establecimiento del árbol plantado (ver figura 4).
- Abonamiento orgánico con humus cada inicio de mes, si es temporada cálida.
- Aporque con compost a partir de guano de caballo o musgo a la base de cada planta, al inicio de cada estación.
- Aplicación de 100 g de NPK en cada inicio de estación (ver figura 5).
- Colocar tutores, hacer revisión y mantenimiento para guiar adecuadamente el crecimiento del individuo y evitar que los amarres se incrusten en el fuste del árbol.
- Programación del riego normal a partir del séptimo mes.
- Riego con ácidos húmicos y biol al inicio del periodo cálido (ver figura 6).
- Hidrolavado de la copa cuando ha rebrotado todo el follaje y, luego, aplicación de abono foliar (ver figura 7).



Figura 4. Riego de árboles urbanos



Figura 5. Aplicación de abono mineral en árboles jóvenes



Figura 6. Aplicación de fertilizante foliar



Figura 7. Lavado de árboles con hidrolavadora

4. ¿Cómo se realiza el manejo de árboles adultos?

El manejo de los árboles adultos en el espectro urbano se realiza mediante las acciones o labores culturales programadas, de acuerdo con las necesidades de la especie a la que pertenece y las características del sitio donde está emplazado.

Cabe mencionar que cada árbol necesita un tratamiento diferente, de acuerdo si es nativo o introducido, pionero o clímax, de crecimiento rápido o lento, siempre verde o caducifolio, con mayor o menor necesidad de riego, o si proporciona mayores o menores servicios ecosistémicos.

El tratamiento de árboles maduros es más complicado y de alto costo, ya que sus impactos visuales y ambientales son más visibles y propensos a un alto riesgo. Las intervenciones o labores culturales señaladas sobre este tipo de árboles dentro de una ciudad, son diversas y se relacionan con la poda de raíces, troncos, ramas, control de plagas, enfermedades, mejoramiento del suelo, hidrolavados, tutorios, etc. Estas procuran obtener individuos sanos al eliminar o minimizar los conflictos que se puedan generar con la infraestructura urbana.

Cualquier intervención que se realice sobre un árbol debe responder a criterios muy definidos, ser dirigida y realizada por personal calificado que aplique los métodos recomendados y utilice las herramientas apropiadas. De todas ellas, la poda tiene un especial significado por sus repercusiones estéticas y fisiológicas en el árbol.

En Lima se cultivan árboles con diferentes estrategias de desarrollo y renovación de hojas, caducifolios y siempre verdes, que cambian sus hojas anualmente como la tara, el molle costeño y el huarango, que requieren poca agua y tienen un crecimiento más lento, que puede ser más rápido si hay mayor disponibilidad de agua y materia orgánica. También se cultivan siempre verdes de crecimiento rápido, que renuevan sus hojas constantemente como el sauce, típico del monte ribereño, que requiere mayor frecuencia de riego y, por tanto, mayor cantidad de agua de regadío. Las de crecimiento lento producen menos biomasa y se caracterizan por proporcionar menores servicios ecosistémicos; por el contrario, las especies de crecimiento rápido, como el sauce, se caracterizan por brindar mayores servicios ecosistémicos. En tal sentido, se ilustran las pautas del buen manejo del sauce en el espacio urbano, pues esta especie no es exigente en agua potable o de pozo, dado que no le proporciona los detritus orgánicos que sí contiene el agua de río o el agua tratada o cruda, que sí les permite producir ácido salicílico y repeler las plagas.

La experiencia adquirida en el manejo del sauce en el Centro Histórico de Lima ha permitido desarrollar el siguiente protocolo de su mantenimiento:

1. Habilitación de jardineras espaciosas para los árboles de sauce (1 m de diámetro)
2. Limpieza de jardineras de la base
3. Retiro de aguas estancadas en la jardinera
4. Deshierbe y aireado del suelo al inicio de cada estación
5. Poda de rebrotes y de formación (poda drástica) al inicio de la primavera.
6. Incorporación de musgo y humus después de la poda
7. Riego con agua de regadío o residual tratada, que contiene nutrientes para el desarrollo óptimo de los árboles, con una frecuencia cada 2 a 3 días en verano y dos veces por semana en invierno
8. Hidrolavado del follaje de los árboles de sauce cada dos meses
9. Tratamiento fitosanitario para el gusano del sauce, la mosca minadora, etc. Si es químico, se debe realizar obligatoriamente durante la noche, preferentemente a partir de las 00 horas hasta las 4:00; si es biológico, de preferencia, en horas muy tempranas cuando haya menos tránsito de peatones.

Nota importante

Cuando se realiza el riego con agua potable que no contiene nutrientes, los árboles de sauce son atacados frecuentemente por las plagas mencionadas y, en consecuencia, se vuelven dependientes de un tratamiento fitosanitario frecuente. Por ello, es recomendable regar las jardineras de árboles de sauce en la ciudad con agua de regadío o residual tratada, que le permite producir más ácido salicílico y otros compuestos químicos que hacen que la hoja de sauce sea no palatable para las plagas, como sucede en su hábitat natural del monte ribereño.

Esta especie es una de las más exigentes en demanda de agua; sin embargo, es una de las que tienen mayor frecuencia de recambio foliar en el año, al presentar una constante y permanente defoliación de hojas sucias con polvo y constante rebrote de hojas nuevas, limpias, eficientes para la realización de la fotosíntesis. La fórmula “poda de hojas-abonamiento-riego de doble frecuencia” puede ser realizada varias veces al año, lo que le permite rebrotar con todo vigor cuantas veces se puede, abone y riegue en el mismo año.

El árbol de sauce, en su hábitat, se ubica como una especie secundaria y colonizadora de bosques secundarios del monte ribereño de los ríos de la costa donde no llueve; por tanto, su utilización en el ambiente urbano, de clima similar a su hábitat de origen, debe darse solo cuando se requiere recuperar ambientes degradados y deteriorados ambientalmente, y no hay plantas grandes de otras especies en los viveros con los que se pueda plantar, recuperar el paisaje y el ambiente urbano rápidamente, en menos de un año.

El uso del sauce permite plantar directamente estacones de 5 a 6 metros, con abundante materia orgánica y arena de río, los cuales rebrotan todo su follaje a partir del segundo o tercer mes, con lo que cambian en un lapso de 6 meses todo el paisaje del entorno de su plantación. Su cultivo en la urbe puede ser temporal y obedecer a una estrategia de remplazo futuro con otras especies grandes, cuando los viveros produzcan y tengan árboles de 3 a 4 m de altura y un mínimo de 8 a 10 cm de diámetro de tallo o fuste. Plantar árboles pequeños y de menor diámetro de tallo es exponerlos a un ambiente que los terminará matando, porque difícilmente sobrevivirán en la urbe. Esto significaría una gran pérdida económica para las municipalidades y un gran negocio para los estafadores, porque estos intentos, en un 95% de las veces, fracasan en nuestra ciudad.

En ese sentido, las plantaciones de árboles de sauce, por su plasticidad y precocidad para brindar mayor biomasa y servicios ecosistémicos, deben ocupar un papel transicional que preceda a una plantación estable y definitiva. Solo deberán ser desplazados por árboles primarios clímax de tamaño grande, que proporcionen eficientes y competitivos servicios ecosistémicos, y que, a la vez, hayan sido cultivados en parcelas o cuarteles de crecimiento de un vivero.

MÓDULO

5

Arquitectura de árboles



MÓDULO

5

Arquitectura de árboles

1. ¿Qué forma tienen los árboles?

Los árboles, según la morfología de su ramificación, presentan diferentes formas en sus copas, las cuales se asemejan a formas geométricas y son utilizadas por los arquitectos del paisaje para el diseño de sus jardines. Entre las formas más comunes se distinguen las siguientes:

FORMAS DE LAS COPAS	
 <p>Columnar o piramidal - <i>Eucalyptus</i> sp. - <i>Salix humboldtiana</i>, var. <i>Chilensis</i></p>	 <p>Cónica o triangular - <i>Cupressus macrocarpa</i> - <i>Thuja plicata</i> o <i>Thuja occidentalis</i></p>
 <p>Ovoidal - <i>Cedrela odorata</i></p>	 <p>Esférica o globosa - <i>Ficus nitida</i> - <i>Sapindus saponaria</i></p>
 <p>Extendida - <i>Jacaranda mimosifolia</i></p>	 <p>Pendular - <i>Salix babylonica</i> - <i>Schinus molle</i>, var. <i>Llorona</i></p>
 <p>Aparasolada - <i>Acacia macracantha</i> - <i>Delonix regia</i></p>	 <p>Abanico - <i>Fraxinus americana</i></p>

2. ¿Qué es la arquitectura de árboles?

Es la disciplina de la botánica sistemática y evolutiva que se encarga de estudiar el desarrollo morfológico del crecimiento del tallo y la ramificación de los árboles. Fue establecida en los años 70 y se determinaron 22 modelos básicos a los que se ajusta cualquier espécimen.

La arquitectura de árboles permite conocer al especialista en silvicultura y arboricultura urbana los patrones de desarrollo y la organización morfológica de la copa, así como la selección de propágulos (semillas, yemas y estacas) para la propagación sexual y vegetativa. Asimismo, sirve para realizar podas correctas sin distorsionar la forma del árbol y conocer las relaciones filogenéticas en el desarrollo evolutivo de los árboles, así como su programa de crecimiento.

Para el técnico forestal, el conocimiento de la arquitectura de árboles es útil para realizar una correcta poda, que permita conservar la forma natural típica de cada árbol. Esto es necesario porque permite describir el programa de crecimiento de la disposición de ramas con respecto al tronco (flotaxia) y la orientación del desarrollo de las reiteraciones de las ramas. De esta manera, se conoce la ubicación de las ramas más viejas de tal forma que se sabe cuáles podar para no alterar ni dañar la forma natural típica de cada árbol.

Tenemos como ejemplo dos especies de copa aparasolada: la ponciana, caracterizada por sus ramificaciones laterales reiterativas y ascendentes que corresponden al modelo arquitectural de Leeuwenberg, y el huarango, con sus ramificaciones reiterativas y descendentes que corresponden al modelo arquitectural de Troll. Por eso, en el momento de la poda, se corta raleando por la parte superior de la copa las ramas reiterativas secundarias de la ponciana y por la parte inferior las reiteraciones descendentes más longevas del huarango.

Los botánicos Francis Hallé y Roelof Oldeman extendieron la clasificación del patrón estructural de inflorescencia a las estructuras de los árboles, con lo que crearon una nueva disciplina denominada botánica arquitectónica. Mediante esta, se describe la estructura de la planta de acuerdo con los tipos de desarrollo específico de la rama o vástago principal que presenta las siguientes características:

- El modo de formación y desarrollo de la rama principal: continuo o rítmico
- La posición de la floración: lateral o terminal
- El patrón de ocurrencia de las ramificaciones: inmediata o tardía
- El patrón de ramificación en brotes

- La dirección del desarrollo de la rama principal: vertical u ortotrópico (con ramas que se desarrollan en espiral) u horizontal o plagiotrópico (con ramas que se desarrollan en un plano horizontal)

En los árboles jóvenes se puede apreciar un tipo de estructura de ramas que muestra diferentes etapas morfológicas en momentos de retoñamiento: brotes vigorosos en el tronco, hasta un eje corto que, generalmente, tiene brote floral.

Se puede calificar por la edad fisiológica:

- 1 para la rama principal o tronco
- 2 para las ramas secundarias, vigorosas y vegetativas
- 3 para ramas terciarias
- 4 para ramas cortas
- 5 y así, sucesivamente

Estos diferentes patrones de desarrollo se establecen siguiendo uno de los 22 modelos arquitecturales determinados por la comunidad botánica.

Cada árbol expresa su peculiar modelo arquitectural y representa un esquema estable de desarrollo genético vegetal. Cuando se completa la estructura de la unidad arquitectónica, la planta duplica total o parcialmente el mismo modelo. Su estructura es el resultado de esta dinámica permanente.

El estudio de la arquitectura de los árboles se originó en Francia y Holanda. Hace más de 40 años se desarrolló en Europa, Estados Unidos y, actualmente, incluso en China.

La apariencia tridimensional de un árbol, sin importar cuán compleja sea, tiene sus propias razones. Cada árbol posee su programa de crecimiento, el cual es dirigido por los genes. Si bien es cierto que la forma final puede variar por factores ecológicos o antrópicos, como la poda, siempre se manifestarán las reglas genéticas del desarrollo (Hallé, 2010).

Según Hallé (2010), existen 3 claves de evaluación que permiten analizar los patrones de desarrollo del tronco y de las ramificaciones nuevas de los árboles, las cuales se detallan a continuación.

Primera clave (ejes verticales u horizontales)

La dirección de crecimiento de los vástagos o ramas recientes es vertical, como en un pino o una casuarina, u horizontal, como en el huarango o el guanábano (ver figura 1). En casi todos los árboles, una rama nueva vertical presenta una filotaxia o distribución de hojas espiralada, a diferencia de una rama que crece horizontalmente y tiene una filotaxia o distribución de las hojas dística (ver figura 2).

En varias especies se observan ramas nuevas verticales y horizontales en el mismo árbol, por ejemplo, en el árbol de café (ver figura 3).

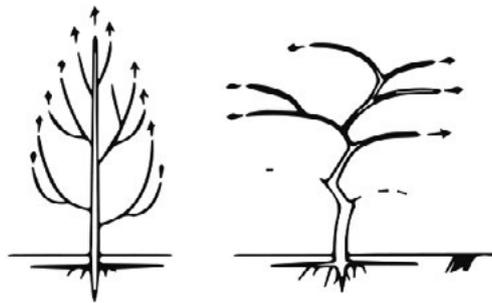


Figura 1. Orientación de crecimiento de los vástagos: A) vertical u ortotrópico; B) horizontal o plagiotrópico

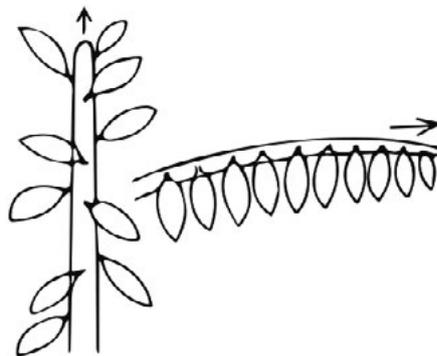


Figura 2. Distribución de las hojas en las ramas: A) Espiralada en vástagos o ramas verticales u ortotrópicas; B) Dística en vástagos o ramas horizontales o plagiotrópicas

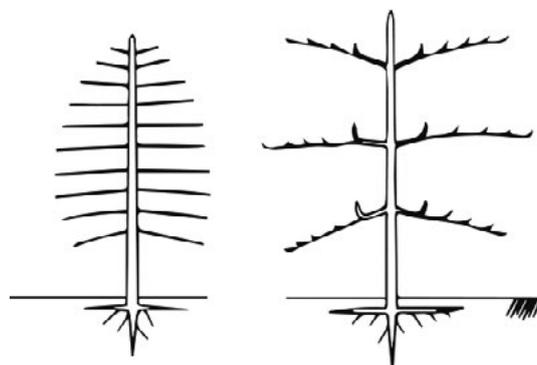


Figura 3. Combinación de vástagos o ramas verticales (tronco) y horizontales (ramas) en el mismo individuo (árbol de café)

Segunda clave (ramificación continua o rítmica)

La disposición de las ramas puede ser continua o rítmica. El primer caso, como el de las ramas del cafeto, es habitual en los trópicos. El segundo caso es más frecuente en las regiones templadas y se da, por ejemplo, en el cerezo, el laurel y el pino (ver figura 4).

Tercera clave (floración terminal o lateral)

Para comprender la forma de un árbol, es indispensable conocer dónde se ubican las estructuras reproductivas (flores). Hay dos opciones: la floración puede ser lateral, como en el caso de la higuera, o terminal, como en el laurel rosa (ver figura 5). En la floración terminal, el vástago no puede crecer más, por lo tanto, se ramifica.

Modelo arquitectural

La combinación de estas tres claves de desarrollo permite definir muchos modelos arquitecturales. A continuación, se presentarán 4 prototipos, con ejemplos que se pueden hallar frecuentemente en Lima.

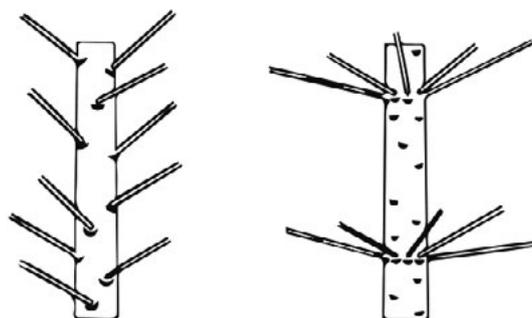


Figura 4. Tipo de ramificación: A) continua; B) rítmica

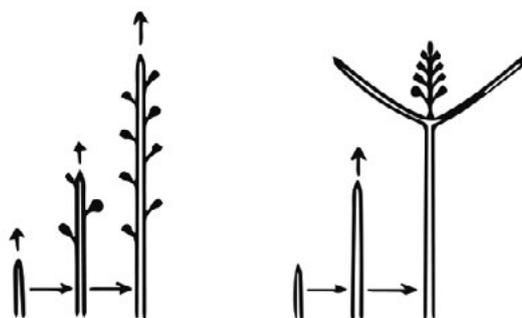


Figura 5. Ubicación de las estructuras de reproducción: A) laterales; B) terminales

- **Modelo de Leeuwenberg**

El nombre se debe a un botánico holandés que utilizó la arquitectura para explicar la evolución de las apocináceas. Todas las ramas nuevas son verticales con floración terminal (ver figura 6). En los diversos casos se observa que no hay parentesco entre ellos, ya que un modelo solo indica un nivel de evolución. Ejemplo: el suche (*Plumeria rubra*).

- **Modelo de Rauh**

El nombre hace referencia a un ilustre botánico alemán. Este modelo presenta el tronco y las ramas verticales, con un crecimiento ortotrópico, de ramificación rítmica y floración lateral.

Varios árboles tienen esta forma de desarrollo en los trópicos y las áreas templadas. No existe ninguna cercanía botánica entre un pino y un roble: la arquitectura del árbol se observa perpendicular a la evolución filogenética. Ejemplos: árbol del caucho (*Hevea brasiliensis*), álamo (*Populus* sp.), fresno (*Fraxinus* sp.) (ver figura 7).



Figura 6. Modelo de Leeuwenberg



Figura 7. Árbol de fresno (modelo de Rauh)

- **Modelo de Massart**

Denominado así por el botánico belga que estudió el género *Araucaria*. Posee el tronco vertical, ramificación rítmica y flores laterales. Se observa un verticilo de ramas, al ser visto desde arriba. Este tipo aparece en varios árboles de áreas tropicales y templadas, que pertenecen tanto a las gimnospermas como a las angiospermas. Ejemplos: la araucaria, el aliso (ver figura 8).

- **Modelo de Troll**

Lleva el mismo nombre del botánico alemán. Este modelo se presenta cuando el árbol joven crece horizontalmente, cada rama nueva tiene un crecimiento plagiotrópico y, luego de la caída de las hojas, el soporte de las ramas nuevas se convierte en vertical y crece ortotrópicamente. Es así como el árbol se desarrolla como un total de dichas ramas. La floración puede ser terminal, como en *Annona*, o lateral, como en el cerezo, la acacia y el huarango (ver figura 9). Es un modelo sumamente común y constituye el pico de la evolución arquitectónica de los árboles.

- **Otros modelos.** Francis Hallé señala 22 modelos más que los presentados en este capítulo (ver figura 10). El reto es hallar un árbol que no pertenezca a ninguno de ellos.

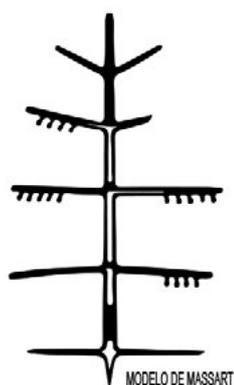


Figura 8. Árbol de araucaria (modelo de Massart)



Figura 9. Árbol de huarango (modelo de Troll)

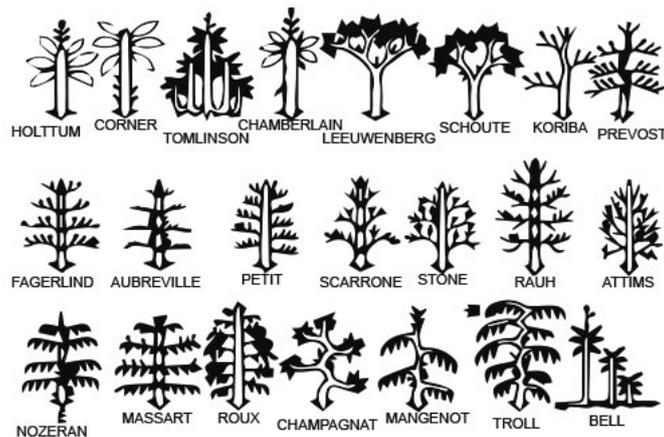


Figura 10. 22 modelos de arquitectura de árboles, según Francis Hallé

Reiteración o repetición del modelo

Luego de la definición de prototipo arquitectural, pasamos a analizar la idea de reiteración o repetición del modelo. El proceso de la reiteración fue planteado por el botánico holandés Roelof Oldeman en 1974. Para comprenderlo, se debe observar cómo se produce el crecimiento en la etapa inicial del árbol, que puede ser ortotrópico y luego plagiotrópico, y cómo se repite sucesivamente a partir de la misma cantidad y secuencia de meristemas o yemas.

Se puede observar que, en las raíces y ramas juveniles, el espacio entre la yema terminal y las yemas laterales es reducido o proximal (ver figura 11), de solo centímetros. Los meristemas o yemas se relacionan entre sí, manteniendo una jerarquía y, por esa razón, funcionan de una forma coordinada; dicho de otro modo, el crecimiento ortotrópico o vertical de AA' se superpone al crecimiento más horizontal de BB' y CC', y domina también la inhibición total de las yemas laterales de los ejes (ver figura 12) (Hallé, 2010).

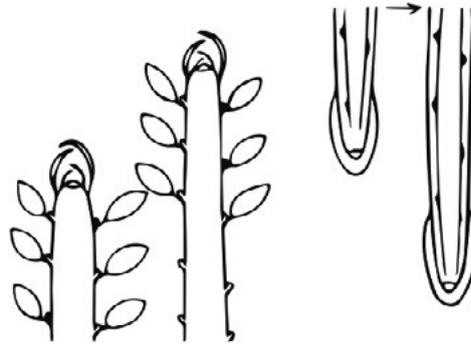


Figura 11. Distancia entre los meristemas apicales y axilares: A) en vástagos; B) en raíces

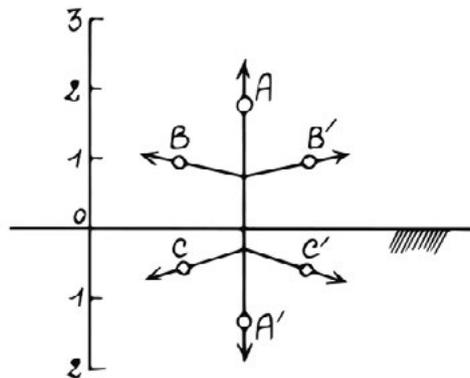


Figura 12. Crecimiento sincronizado de los meristemas a cortas distancias (árboles unitarios)

En grupos antiguos de árboles, helechos, cycas, araucarias, palmeras, en el palo borracho y la nuez moscada, el grado entre las yemas permanecerá igual. Estos árboles quedan arquitecturalmente unitarios. Por ejemplo, el palo borracho (*Ceiba speciosa*), de la subfamilia Bombacoideae y la familia Malvaceae presenta una ramificación similar al árbol de la nuez moscada (*Myristica fragans*), de la familia Myristicaceae.

Generalmente, los árboles unitarios no son muy comunes debido a que, cuando la distancia entre las yemas aumenta, se rompe la jerarquía, lo cual originando que una de estas quede libre, razón por la que se les llama árboles coloniales (ver figura 13). Cada una de las yemas actúa como el meristema de una semilla durante el proceso de germinación y da origen a un nuevo árbol.

Por el proceso de la reiteración, un árbol unitario podría convertirse en un árbol colonial. Es decir, tenemos dos clases de árboles: unitarios y coloniales.

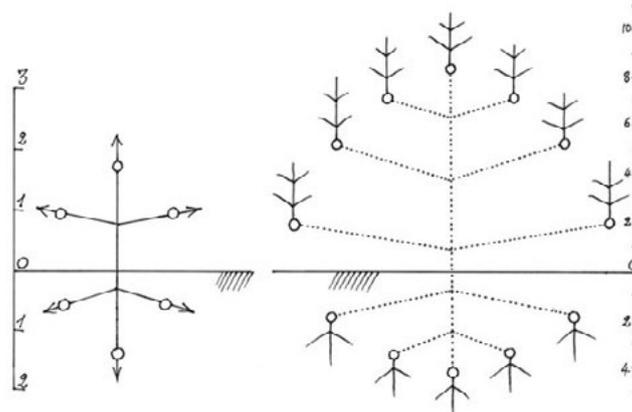


Figura 13. Distintas jerarquías en las yemas producen las reiteraciones (árboles coloniales)

Árboles unitarios

Llamados sin reiteración o sin repetición de la forma de la copa, son árboles fósiles, por ejemplo, *Psaronicus*, *Sigillaria* o *Lepidodendron*. En escalas geológicas, la reiteración no se manifestaba aún.

El prototipo arquitectónico de un árbol unitario presenta la misma expresión durante toda su vida, es decir, no importa su edad, siempre presentará una simetría radial (ver figura 14). Este tipo de árboles son muy empleados con fines ornamentales.

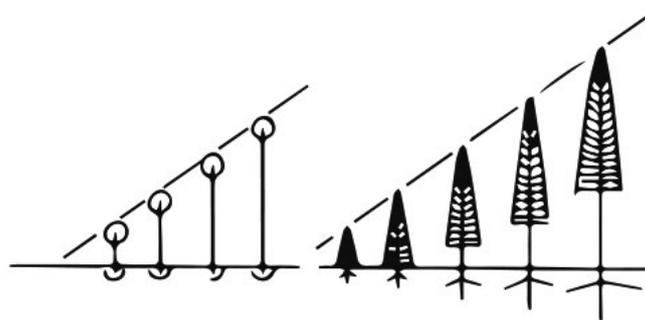


Figura 14. Prototipo arquitectónico de árboles unitarios que mantienen la misma silueta a lo largo del tiempo

Árboles coloniales

Los árboles coloniales cambian su silueta a lo largo de su vida. Cuando son jóvenes presentan una silueta aguda y cuando son adultos, una silueta esférica. En el árbol viejo de muchas especies, la copa se hace plana y se reducen las capas de hojas. Con el paso de los años, esta clase de árbol incrementa su capacidad para captar la radiación solar: “reiterar” es un progreso que implica el incremento de la fotosíntesis, así como de la perennidad del árbol (ver figura 15). En la figura 16 se puede observar el proceso de reiteración de un árbol de manera más específica, desde joven hasta viejo.

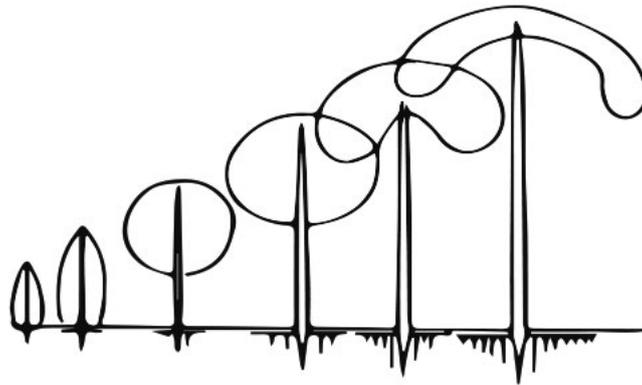


Figura 15. Desarrollo de la copa del árbol por el mecanismo de reiteración

A continuación, mostraremos un cuadro resumen con algunas especies forestales indicando los tipos de reiteración, floración y modelo arquitectural.

Tabla 1. Especies forestales

N.º	Nombre común	Nombre científico	Tipo de reiteración	Floración	Modelo arquitectural
1	Molle serrano	<i>Schinus molle</i>	Colonial	Axilar y terminal	Scarrone
2	Molle costeño	<i>Schinus terebinthifolius</i>	Colonial	Axilar y terminal	Scarrone
3	Araucaria	<i>Araucaria heterophylla</i>	Unitario	Lateral axilar	Massart
4	Palmera fénix	<i>Phoenix canariensis</i>	Unitario	Lateral axilar	Corner
5	Palmera real	<i>Roystonea regia</i>	Unitario	Lateral axilar	Corner
6	Palmera abanico	<i>Washingtonia robusta</i>	Unitario	Lateral axilar	Corner
7	Tulipán africano	<i>Spathodea campanulata</i>	Colonial	Terminal	Leeuwenberg
8	Huaranhuay	<i>Tecoma stans</i>	Colonial	Terminal o sub-terminal	Leeuwenberg
9	Jacarandá	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Colonial	Terminal	Leeuwenberg
10	Casuarina	<i>Casuarina equisetifolia</i>	Colonial	Terminal (♂) o Lateral (♀)	Stone
11	Ponciana	<i>Delonix regia</i>	Colonial	Axilar y terminal	Champagnat
12	Tara	<i>Caesalpinia spinosa</i>	Colonial	Terminal	Troll
13	Cresta de gallo	<i>Erythrina crista-galli</i>	Colonial	Terminal	Troll
14	Tipa	<i>Tipuana tipu</i>	Colonial	Axilar y terminal	Troll
15	Meijo	<i>Hibiscus tiliaceus</i>	Colonial	Axilar	Attims
16	Melia	<i>Melia azedarach</i>	Colonial	Axilar	Attims
17	Ficus	<i>Ficus sp.</i>	Colonial	Axilar	Rauh
18	Eucalipto	<i>Eucalyptus sp.</i>	Colonial	Axilar	Attims
19	Grevillea	<i>Grevillea robusta</i>	Colonial	Axilar	Scarrone
20	Sauce	<i>Salix humboldtiana</i>	Colonial	Axilar	Stone
21	Papelillo	<i>Koeleuteria paniculata</i>	Colonial	Axilar	Schoute
22	Ceibo	<i>Ceiba pentandra</i>	Colonial	Axilar	Massart
23	Palo borracho	<i>Chorisia speciosa</i>	Colonial	Axilar	Massart

Fuente: Elaboración propia.

En el caso de las hojas de la reiteración, las jóvenes se pierden cuando el árbol se convierte en adulto, y reaparecen en la copa. Esta situación se da en especies como la acacia, el eucalipto o el árbol del pan. El follaje perdido retorna en la copa del árbol adulto, en la parte basal de cada reiteración (ver figura 17). Por lo tanto, la reiteración hace referencia a un árbol entero y completo.

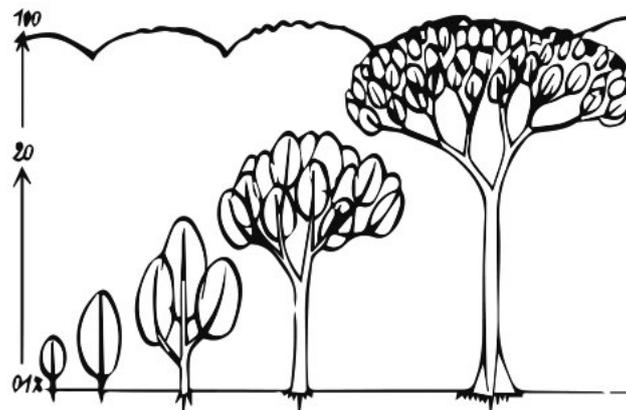


Figura 16. Imagen más elaborada del mecanismo de la reiteración, desde el árbol juvenil hasta el viejo

Para comprender la arquitectura de un árbol colonial, es necesario comprender que una reiteración es un pequeño árbol entero y completo, con todas sus partes (tronco, ramas, hojas y flores). Desde un meristema, el árbol crece a partir del tronco o encima de una rama (Hallé, 2010).

Como señala Hallé (2010), la biología de la reiteración puede ser singular en ocasiones. Uno de los fenómenos producidos es la timidez entre árboles próximos que corresponden a la misma especie, por ejemplo, fagáceas, mirtáceas, pináceas y dipterocarpáceas-vochysiáceas. Otro ejemplo típico son los eucaliptos y las guayabas. Estos árboles nunca se tocan y presentan una fisura entre ellos (ver figura 18). En una copa de gran tamaño, sobresale una ligera abertura entre las reiteraciones, tal como el ejemplo mencionado respecto de los árboles que pertenecen a la misma especie.

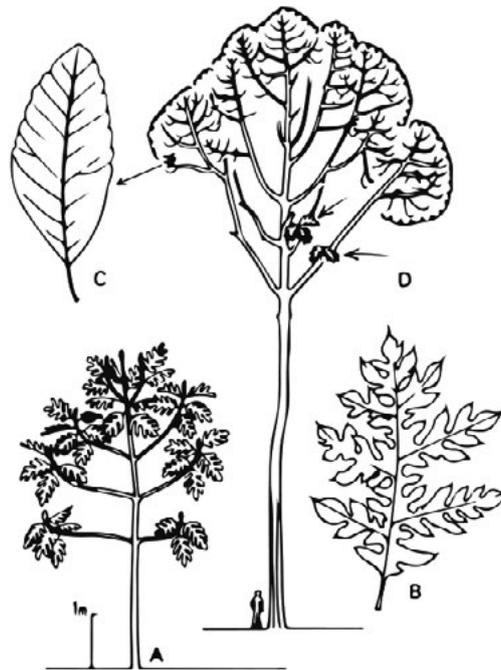


Figura 17. Repeticiones en especies con diferentes tipos de hojas (juveniles y adultas): A) árbol joven; B) hojas juveniles; C) hojas adultas en el árbol reiterado; D) hojas juveniles en las repeticiones

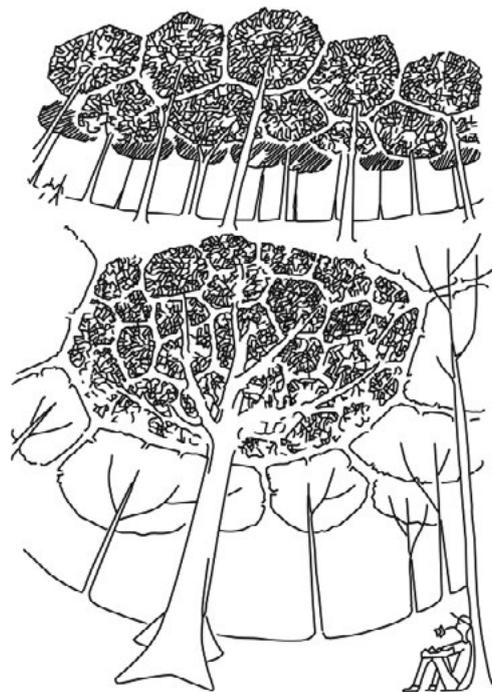


Figura 18. Fenómeno de timidez entre árboles de la misma especie

MÓDULO

6

Poda y tala de árboles urbanos



MÓDULO

6

Poda y tala de árboles urbanos

1. ¿Qué es la poda?

Al tratarse de podas, lo primero que debe determinar el técnico forestal es el modelo de desarrollo arquitectural del árbol, así mismo cuando se habla de poda, ya sea de una rama o un tallo, se debe pensar que involucra una herida para la planta. Por ese motivo, solo un personal capacitado en las técnicas debe realizarlo, el cual sepa usar las herramientas indicadas y los cuidados consecutivos que el árbol requiere. Las podas correctas garantizan una buena forma, salud, longevidad y estética arbórea.

La poda es una práctica económicamente alta y delicada. Es una mezcla arte, técnica y ciencia basado en la biología, la autoecología del árbol y su prototipo arquitectónico. El cultivo correcto de un árbol en las áreas verdes urbanas fortalece el vínculo ético y cultural entre el hombre y la naturaleza, pues somos los responsables de colocar el árbol en un sitio completamente artificial, alejado de su entorno natural.

Los árboles responden al proceso de poda según sea su edad, programa de desarrollo arquitectural, fisiología, fortaleza, estacionalidad. Por ende, existe una temporada ideal para podar cada especie, dependiendo de su lugar de plantación y propósitos de su desarrollo, dentro de un escenario paisajístico (Gobierno del Distrito Federal & Banco Interamericano de Desarrollo, 2000).

La poda es más frecuente en árboles juveniles, dado que mejoran su vigor y presentan mejor cicatrización de sus heridas; por otro lado, en árboles mayores con ramas robustas, estos procesos llegan a ser fuertes, pues ocasionan una mutilación o deformación.

Antes de iniciar la poda, se debe evaluar el estado de desarrollo del modelo arquitectural del árbol para aplicar los cortes precisos, y observar si hay deformaciones, descompensación de la copa o inestabilidad. Cabe recordar que las ramas conservan la altura a la cual se formaron, es decir, no suben a medida que el árbol aumenta su altura; esto nos permite tener claro qué deseamos con el árbol y qué clase de poda se le puede hacer. Solamente se deben quitar las ramas que sea estrictamente necesario, como las secas, enfermas, reventadas o suprimidas por falta de luz. Generalmente, el corte de las ramas seleccionadas se inicia de abajo hacia arriba, porque las más bajas, por edad o por falta de luz, son generalmente las más deterioradas.

Las podas tardías son las más habituales y su objetivo principal es corregir o disminuir los problemas causados por árboles inadecuadamente plantados, debido al desconocimiento del modelo y los protocolos de desarrollo arquitectural relacionados con la buena administración del elemento arbóreo, por lo que constituyen más podas de deformación o mutilación. La presencia de elementos fijos de la infraestructura urbana, a distancias o alturas determinadas, en las áreas verdes ubicadas en separadoras centrales y bermas laterales de vías de transporte debe ser evaluada para su posible reubicación. Hay que evitar el conflicto con postes, tubos o cables, de tal manera que no disminuyan sino aumenten los árboles y las áreas verdes en la ciudad.

Los árboles tienen que producir su propio alimento, a partir del agua y los nutrientes tomados del suelo, y de la fotosíntesis en las hojas. Anular o disminuir notablemente la copa perjudica su fisiología y tienen consecuencias para su salud y supervivencia. La supresión de ramas no siempre se puede considerar una poda; para que lo sea, no se debe cortar la parte gruesa de la rama sin dejar otra lateral o "tira savia" que ayude a irrigar la parte afectada.

La otra condición es no seccionar más de la tercera parte del total del árbol en una sola maniobra. En las zonas urbanas, la poda debe ser una práctica para ofrecer la vitalidad del árbol, la seguridad de los ciudadanos y los bienes en general. La programación de estas labores debe responder a interrogantes como por qué, cómo y cuándo se debe podar.

Las podas primordiales que se hacen en los árboles adultos de la urbe son las de mantenimiento, formación y seguridad, dependiendo siempre de cuál sea la necesidad y el nivel de control.

Las podas de formación tienen que ser mínimas en el estadio adulto del árbol. Las intervenciones relacionadas con la forma se deben llevar a cabo en la fase de vivero y en estado juvenil, por todas las ventajas ya mencionadas. Dar formas especiales con reducciones drásticas de la copa en árboles adultos es casi imposible, y en estos casos se convierten en podas de deformación.

Las podas de mantenimiento, por otro lado, poseen gran pertinencia e involucran el retiro de ramas secas, suprimidas o muertas, que ocasionan riesgo, y de tocones de podas previas inconclusas. Por sus mayores dimensiones, se utilizan técnicas y equipos especializados, y se debe prestar mayor atención a la secuencia y el ángulo de corte (ver figuras 1 y 2).



Figura 1. Poda de limpieza de eucalipto con tarima. Fotografía tomada antes de la pandemia de COVID-19

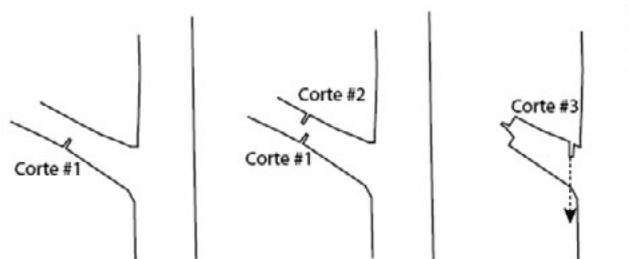


Figura 2. Procedimiento de poda de una rama

Las podas de seguridad difieren de las de mantenimiento en que se eliminan las ramas robustas y activas. Su intención es reducir el volumen de la copa y evitar interferencias con el sistema de energía, cables telefónicos, construcciones, etc. Se emplean también para equilibrar la copa cuando, por algún motivo, el peso se concentra en un lado. Adicionalmente, pueden incluirse las podas de limpieza, aclareo, realce o restauración.

Los arbustos de coníferas no necesitan tantas podas como las latifoliadas; sin embargo, cuando son sembradas fuera de su ambiente natural, sus hábitos de crecimiento se alteran y desarrollan rápidamente, por lo que deben ser podados para generar la estructura básica de las ramas que formarán su copa definitiva. Casi todas las latifoliadas requieren podas recurrentes en el vivero, especialmente si se desea elevar su copa. Anualmente, se poda aproximadamente un tercio de la copa, si se excediera este valor se puede afectar el desarrollo anual, ya que se eliminaría gran cantidad del área fotosintética y, con ello, se limitaría la asimilación de nutrientes. En una conífera se ejecuta la poda de formación, pero en arbustos latifoliados de copa aparasolada solo se podan aquellas ramas que no se encuentran en buen estado, como aquellas que están quebradas, muertas, entrelazadas, sobrepuestas, brotes, muy bajas o codominantes, y solo se dejan las predominantes y robustas que marcan la arquitectura y forma típica de la copa del árbol (Gobierno del Distrito Federal y Banco Interamericano de Desarrollo, 2000).

La poda en un árbol joven favorece el desarrollo del tronco y la estructura arquitectural de su copa. Durante la poda, se sugiere no exceder un tercio de la copa; sin embargo, algunas especies de árboles jóvenes son menos resistentes a las podas intensivas. Asimismo, se debe preservar las temporales y, en el caso de árboles de sombra, asegurar la definición de ramas permanentes después de los 2 m de altura. Entre los beneficios proporcionados por las ramas temporales a lo largo del tallo se destacan la protección de la insolación y el favorecimiento de la fotosíntesis. Por otro lado, se recomienda favorecer el desarrollo de un solo tallo con su yema terminal original; sin embargo, en algunas ocasiones para asegurar el equilibrio de la copa es necesario podarlo. Se deberían podar los brotes eventuales desde el vivero, así como todas las ramas con un ángulo angosto, siempre conservando la estructura de la copa. A medida que el árbol juvenil sobrepasa los 3 a 4 metros de altura, necesita menos poda y, al llegar a adulto, se deberá aplicar podas correctivas, según sea el sitio de plantación.

2. ¿Cuáles son los objetivos principales por los cuales un árbol se debe de podar?

Las principales finalidades de la poda son las siguientes:

- Mantener el balance de la copa
- Mantener la expresividad del modelo arquitectural del árbol

- Mejorar la condición estructural y sanitaria de los árboles
- Cuidar la integridad de las personas, sus propiedades y el entorno

3. ¿Cuáles son las razones para podar un árbol?

La poda es una labor especializada que forma parte del mantenimiento que se brinda a los árboles urbanos para mantener la expresividad del modelo arquitectural botánico, el buen balance de las ramas de la copa y del centro de gravedad del árbol, mediante la poda de aclareo y de descargue del sobrepeso. Debemos destacar, sin embargo, que los árboles ubicados en el espacio público de áreas verdes del medio urbano son seres vivos en situación de exposición, por lo que son objeto de numerosas intervenciones que les hacen daño, lo que hace necesario brindarles una atención con poda especializada para recuperarlas. Las causas que determinan por qué un árbol se debe podar son las siguientes:

a. Causales de riesgo

- Árboles con copas desequilibradas
- Árboles que se interpongan con el cableado eléctrico
- Árboles con ramas muy bajas que compliquen la vía vehicular o peatonal
- Árboles que impiden la adecuada iluminación del lugar o la visibilidad de señales de tránsito y cámaras de seguridad pública
- Árboles que tengan ramas con sobrepeso y riesgo de romperse sobre las personas, vehículos o espacios públicos
- Árboles muy altos que presentan riesgo de caerse
- Árboles establecidos en sitios inadecuados al costado de bancas o que interfieran con accesos o la construcción de un inmueble
- Árboles con tronco inclinado

b. Causal del estado fitosanitario

- Árboles que presentan ramas muertas
- Árboles que presentan ramas enfermas o con plagas
- Árboles invadidos por plantas trepadoras

c. Causales para la restauración de la copa

- Árboles recortados o que se han podado de forma incorrecta con respecto a su configuración original
- Árboles con copa desbalanceada

- Árboles con desarrollo exagerado del follaje, que necesiten una reducción para recuperar su aspecto natural
- Árboles que presentan ramas desgarradas o colgadas

d. Causal de impacto severo por infraestructura, equipamiento y servicios urbanos

- Árboles que, a través de un informe técnico profesional, se compruebe que causan daños a la infraestructura subterránea.
- Árboles que, a través de un informe técnico profesional, se compruebe que causan daño a infraestructura aérea establecida con anterioridad. al árbol.
- Árboles que, a través de un informe técnico profesional, se compruebe que causan daño al equipamiento urbano establecido con anterioridad al árbol.

e. Causales comprendidas dentro de un plan calendarizado de mantenimiento preventivo

- Poda técnica de eliminación de ramas muertas, desgajadas y bultos
- Poda técnica de eliminación de ramas bajas que interfieren con el acceso peatonal o vehicular
- Poda de eliminación de ramas que cruzan su follaje con el de otros árboles
- Poda de eliminación de ramas que obstaculizan el desarrollo de otros árboles o de ambos
- Poda de limpieza con retiro de materiales ajenos al árbol

4. ¿Cuáles son los criterios para la poda de un árbol urbano?

Los criterios para podar un árbol en la ciudad o en su periferia son los siguientes:

- Conocimiento de los momentos fenológicos en el árbol, para determinar el momento oportuno de poda.
- Conocimiento del modelo arquitectural del árbol a podar.
- Conocimiento de la estación de dormancia vegetativa del árbol.
- Conocimiento sobre el tiempo y los días de luna en que la savia asciende a la copa y de los días en que la savia desciende a las raíces, para programar el momento oportuno de poda de ramas cuando la savia está en las raíces, y poda de raíces o de trasplante cuando la savia está en la parte aérea.
- Contar con personal calificado de operarios podadores entrenados y capacitados en técnicas de poda y en seguridad de trabajos en altura.

- Identificación de ramas muy largas susceptibles a fractura.
- Conocimiento del arbolado con mayor frecuencia a caídas de todo el árbol o a fracturas de ramas.
- Evaluación previa del árbol a intervenir.
- Tener definido el objetivo de la poda que puede ser por los siguientes motivos:
 - Fortalecer la seguridad y estabilidad mecánica de los árboles podando ramas de riesgo susceptibles de fractura por sobrepeso, vientos o lluvias.
 - Favorecer las señales de tránsito y seguridad peatonal, mediante la poda de aclareo, limpieza y levantado hasta 2,5 m del dosel inferior de la copa.
 - Liberación de cableados de energía eléctrica y de otros, previa coordinación para su apagado o la gestión para su retiro.
 - Permitir la entrada de aire y luz natural a la copa del árbol, mediante la poda de aclareo de ramas.
- El tipo de intervenciones de poda y técnicas que se realizará.
- Tener disponibilidad del equipamiento necesario para realizar la poda

5. ¿Cuáles son los requisitos técnicos para la poda?

Los requisitos técnicos para realizar una buena poda pueden ser los siguientes:

Requisitos de seguridad

Se deben seguir las siguientes pautas:

- Considerar la especie forestal y las condiciones ambientales del emplazamiento donde se encuentra.
- Considerar obligatoriamente las medidas de seguridad sobre los bienes muebles e inmuebles, transeúntes, vehículos, cableados y equipamiento entre otras obstrucciones que perjudiquen el pleno desarrollo de los trabajos de poda.
- Resguardar con cinta de seguridad el área de los trabajos de poda y apeo de maleza.
- El personal de poda tiene la responsabilidad de revisar las perfectas condiciones de los equipos de protección antes de ser usado.

Requisitos de operación para la poda

Comprende los elementos de protección personal y herramientas necesarias en buenas condiciones para su uso (ver figuras 3 y 4):

Equipos de protección personal (EPP)	Herramientas para la poda
• Chaleco de seguridad	• Tijera telescópica
• Conos	• Motosierra
• Cintas	• Motosierra de altura
• Sogas	• Serrucho
• Arnés de trepa	• Conectores
• Casco	• Poleas
• Lentes protectores	
• Protectores del sonido	
• Uniformes	
• Guantes	
• Botines de seguridad	
• Constancia certificada de capacitación en trabajos de altura	
• Seguro Complementario de Trabajo de Riesgo	



Figura 3. Operario con los EPP necesarios para la poda.
 Fotografía tomada antes de la pandemia de COVID-19



Figura 4. Operarios de poda con EPP y preparados para trepar.
Fotografía tomada antes de la pandemia de COVID-19

Requisitos para trepar al árbol

- Inspección del área de trabajo
- Evaluación de señales de afecciones en raíces, troncos y ramas
- Chequeo de la ruta y el método más adecuado de ascenso (GDF, 2006)
- Uso de espuelas para trepar solo en casos de emergencia, accidentes o situación de riesgo para la integridad física de las personas.

Requisitos para realizar los cortes

- Desinfectar la espada, la cadena de corte, los machetes y las podadoras de mano y telescópicas, con una mezcla del 6% de cloro, para no llevar enfermedades de un árbol a otro (GDF, 2006).
- Realizar todo corte de rama dejando una superficie limpia y lisa sin bordes desgarrados.
- La poda no podrá ser mayor al 25% de la copa del árbol.
- Realizar la poda necesaria o la reubicación del árbol solo si existe una situación que pone en riesgo a las personas por presentar ramas pesadas y largas horizontalmente, o por estar muy cerca de cableados de alta tensión.

- Las ramas podadas de un árbol deberán ser descendidas con caída controlada, utilizando cuerdas dentro del área controlada para evitar daños al público; en áreas verdes restringidas al público, se las podrá dejar caer libremente (ver figura 5).
- No se podrá realizar la poda del despuntado o desmoche del árbol, pues daña seriamente al árbol.
- Cuando se realice la poda para liberar interferencias, no se deberán dejar copas desbalanceadas. Se debe respetar el modelo arquitectural del árbol y la proporción de la copa, y hacer únicamente los cortes indispensables.
- La poda de árboles que tienen interferencia con cableados de energía eléctrica se realizará con equipos especiales (canastillas y pluma hidráulica) y personal de podado capacitado. Previamente, se debe coordinar con la empresa prestadora del servicio de electricidad para realizar la poda en las horas y días acordados.
- Si la superficie de la rama podada presenta daños por ataque de hongos, se aplicará selladores en la sección cortada, además de un fungicida. De estar sano el árbol podado, no se sellarán las heridas, con el objeto de que se compartimente y no se dañe el árbol.
- Los residuos de la poda de árboles deberán ser cortados en tamaños pequeños y rápidamente retirados y trasladados a los lugares autorizados para su disposición final.



Figura 5. Poda de palmeras en la vía pública

6. ¿Cuáles son los métodos de poda?

Son todas aquellas formas de podar las ramas de la copa, las cuales obedecen a objetivos definidos.

Reducción de copa

Su objetivo principal es disminuir el tamaño del árbol. Es, tal vez, la que representa el mayor porcentaje de las intervenciones que se realizan en los árboles urbanos y el reflejo de la cantidad de problemas presentes por la falta de previsión al momento de plantar o de colocar las redes de energía eléctrica. La solución, en muchos casos, pasa por reubicar las redes de tendido eléctrico, pues estas se ubican en el retiro de áreas verdes, sin pagar por los aires o el subsuelo donde se desarrolla el arbolado de alineamiento. La colocación de cables sólidos o aislados en las líneas de electricidad para retirar las típicas crucetas, que tienen cerca de dos metros de ancho y requieren un retiro adicional por el campo electromagnético que se genera a su alrededor, obliga a realizar podas muy drásticas, justo en el área de dominio del arbolado, lo que daña o retira por tala ejemplares muy grandes que brindaban numerosos servicios ecosistémicos.

La reducción de la copa crea una especie de “túnel” dentro del follaje y permite que esta se recupere en la parte superior. Esta medida benéfica para los árboles es costosa y debería ser pagada por las empresas eléctricas que usufructúan suelos y aires de retiros de áreas verdes con fines de conducción de energía eléctrica, ya que, actualmente, la poda de árboles es de difícil implementación para toda la ciudad.

Para compensar la copa, hay limitantes físicos como la luz, variables relacionadas con la altura de los edificios, la posición del árbol en dirección al sol, etc., que pueden generar descompensación tanto de forma natural como por intervención antrópica. En los individuos de mayor tamaño y cuando la descompensación es muy marcada, se justifica realizar una poda para equilibrar, no solo el aspecto estético, sino también el estructural y de seguridad, o sea, para dar estabilidad al árbol (ver figura 6).



Figura 6. Poda de altura para un árbol de eucalipto. Fotografía tomada antes de la pandemia de COVID-19

Poda de limpieza

Llamada también poda de saneamiento, busca realzar la copa al quitar la carga que tiene, para lo cual deben eliminarse los denominados chupones, que son rebrotes saludables vegetativos, originados a partir de ramas o de la parte basal del tronco que densifican la copa, al igual que los alambres, clavos, letreros, basureros, etc., que hayan sido adheridos al árbol y lo afecten estética y fisiológicamente. Esta poda beneficia el árbol en muchos aspectos y, por su pertinencia, debe ser programada en el manejo general.

Poda de elevación de copa

Se trata de la remoción de las ramas bajas que pueden tener interferencia con el tráfico vehicular o peatonal (ver figura 7). Cuando un árbol está ubicado cerca de una zona vehicular, las ramas iniciales de la base de la copa deben estar, al menos, a cuatro o cinco metros de altura, y si es peatonal a 2,5 m. Se eliminan también las ramas bajas que compliquen la visibilidad en pistas y veredas, de señales de tránsito y semáforos, por seguridad, o para que no generen oscuridad hacia el suelo y puedan el crecer vegetación de cobertura, que de otra manera quedarían suprimidas. La intensidad de esta poda tiene sus límites, se recomienda mantener por lo menos la mitad del follaje que se desarrolla en los dos tercios iniciales de la altura del árbol. En algunos usos específicos, como por ejemplo barreras para dar privacidad y controlar el ruido, el realce de la copa puede ser contraproducente y debe hacerse con mucho sentido común.



Figura 7. Poda de elevación de copa en parque

Poda de aclareo

Consiste en reducir el follaje al eliminar selectivamente algunas ramas, para que el aire pueda circular adecuadamente dentro del propio follaje, lo que beneficia el proceso de floración, la fructificación y el control de plagas o enfermedades. Cuando se trata de follajes muy espesos, permite la circulación del aire hacia sitios aledaños o descubrir las luminarias. En esta clase de poda se seccionan las ramas desde su base en el tronco o en otra rama, y luego se realizan algunos despuntes para terminar de compensar.

Este tipo de poda no puede exceder el 25 % del follaje. El despunte consiste en reducir el tamaño de una rama adyacente y que el diámetro esté entre un tercio y la mitad del diámetro del tronco o rama que se inserte. La incisión no se realiza en la parte engrosada y siempre se debe dejar otra yema que funcione como “tira savia”, para que favorezca su circulación en dirección del corte y esta cicatrice rápidamente. Esta precaución, normalmente, no se tiene en cuenta, situación que repercute negativamente en la longevidad del árbol y propicia una formación excesiva de follaje, conocida como “escoba de bruja”.

Cuando se sobredimensiona el aclareo, el despoblamiento de las ramas afecta la estética y produce lo que se conoce como “cola de león”, ya que expone la rama a quemaduras por el sol y a roturas por descompensación en la distribución del peso.

Poda bajo cableado eléctrico aéreo

La poda cercana al cableado eléctrico aéreo se ejecuta para despejar las líneas de distribución de energía eléctrica de media y baja tensión (127; 6000 y 23 000 volts), cableado del sistema general eléctrico y su infraestructura, para mantener la distancia entre los árboles y las líneas colocadas con anterioridad al establecimiento de los especímenes (ver figura 8). De ser afectado severamente el arbolado o las palmeras ya establecidas, deberá contemplarse, antes de su poda o tala, el trasplante o la reubicación, o se puede gestionar la reubicación del cableado aéreo.

Antes de comenzar esta poda de alto riesgo, es obligatorio solicitar el corte de energía a la entidad responsable, a fin de simplificar la faena de poda, no exponer la seguridad de los podadores ni generar un corto circuito.

En este caso, es efectiva la poda lateral o direccional, que elimina una o varias ramas hasta llegar el tronco principal, o el despunte de una rama primaria lateral que crezca alejada del cable conductor. Es preferible amarrar las ramas, para que no caigan sobre el cableado.

El resultado en las copas de los árboles es una forma de "V", "L", "L" invertida o de túnel, según como se ubiquen las líneas de distribución con relación al árbol. Estos trabajos se deben llevar a cabo mediante el método de poda que mantenga la copa del árbol equilibrada para disminuir riesgos potenciales y con personal adiestrado en trabajos en alturas y especializado en poda, que tenga los equipos de protección personal necesarios.



Figura 8. Poda de una palmera cerca del cableado eléctrico aéreo

Poda de seguridad

Las podas de seguridad se utilizan para ramas muy bajas que obstaculizan la visión; las que cubren la visibilidad de un inmueble o las señales de tránsito (ver Figura 9); las que están colgadas o inclinadas sobre techos, cableado eléctrico, bancas, entre otros; y para las superiores de la copa que suelen obstruir las conexiones de energía eléctrica. Este tipo de podas son las más habituales en el arbolado de la ciudad, pero pueden reducirse significativamente si las plantaciones arbóreas se efectúan de manera adecuada. Las podas de seguridad requieren de un personal experto, debido a que implican actividades peligrosas. En ese sentido, una poda continua representa una estrategia para la minimización de riesgos —la caída total del árbol—. En estos casos, debe tomarse la mejor decisión para brindar una muerte digna al árbol, independientemente de su edad (Gobierno del Distrito Federal y Banco Interamericano de Desarrollo, 2000).

Poda de restauración de la copa

Es la poda que se realiza para enriquecer la infraestructura de los árboles que han rebrotado firmemente. Consiste en seleccionar y entresacar algunos retoños, y dejar otros que van a permitir desarrollar nuevamente una copa bien conformada.

Poda de formación

Es la que se da durante la etapa juvenil de crecimiento de la especie botánica. Es la poda más significativa, pues busca que esta desarrolle una estructura adecuada de acuerdo con su modelo arquitectural, y que la mantenga durante toda su vida. También se realiza para apresurar su desarrollo. Esta poda se debe realizar lo más temprano posible y se puede extender hasta los primeros años de su crecimiento. Los cortes son medidos y la mayoría de veces se ejecutan dentro de la época vegetativa (ver figura 10).

Poda de mantenimiento

Se presenta en la etapa madura de las especies vegetales. Con este tipo de poda se busca tener el control y orientar el crecimiento de la conformación elemental, retrasar la senescencia de la planta y favorecer la floración (aclareo de copa, elevación de copa, reducción de copa y restauración de copa), en términos de calidad y cantidad, en las especies cultivadas con este fin.

La poda de renovación es una poda de árboles y arbustos envejecidos que presentan un crecimiento vegetativo y una floración reducida o irregular. Su propósito es extraer las partes más viejas y menos productivas para promover el origen de las partes nuevas. No implica recortes sustanciales porque tiene en cuenta la rápida recuperación en esta etapa.



Figura 9. Poda de seguridad en la vía pública



Figura 10. Poda de formación. Fotografía tomada antes de la pandemia de COVID-19

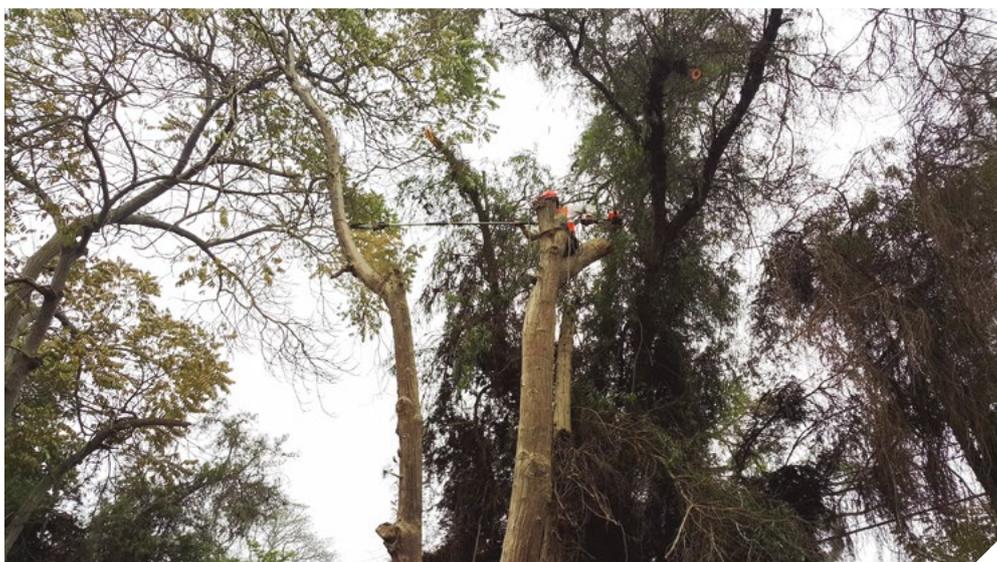


Figura 11. Poda severa de árbol con muerte regresiva

Poda severa

Significa cortar la totalidad de las ramas secundarias o el follaje del árbol, o parte de las ramas primarias o del fuste (tronco), lo que afecta la estructura natural de la copa (ver figura 11). La poda severa por terciado consiste en el corte de la copa manteniendo intacto o casi inalterado el tronco y sus ramificaciones primarias y secundarias. Se puede realizar ya que, de sobrevivir la especie arbórea, permitiría el desarrollo reiterativo de los nuevos brotes y la recuperación del modelo arquitectural.

Hay que tomar en cuenta que el descopado no se debería considerar en la poda, toda vez que tiene un efecto contrario e implica un mayor riesgo posterior. Al quedar sin follaje, el árbol activa sus mecanismos de supervivencia, las yemas latentes crecen rápidamente en una profusión de rebrotes cerca al área de corte para recuperar la copa y recurren a las reservas acumuladas; este gasto de energía lo debilita. Además, los rebrotes se desarrollan a partir de las capas más externas de la corteza, lo cual los hace más susceptibles de reventarse con el viento, con un resultado contrario al que se buscaba. Al cortar las ramas principales, se abren simultáneamente muchas heridas de gran tamaño, por lo que el árbol presenta mayor dificultad para iniciar la compartimentación de cada una de ellas, se debilita y, por tanto, es más vulnerable al ataque de plagas y enfermedades.

Poda de palmeras

Las palmeras son monocotiledóneas que pueden tener uno o más tallos o troncos, con las hojas en el extremo de ellos. Crecen hacia arriba a partir de su meristemo apical, que da origen a nuevas hojas, por lo que las inferiores, cuando se marchitan, pueden quedar colgadas (como en las palmeras fénix, hawaianas, de abanico o coquito) o defoliarse solas (como en la palmera real, la botella enana y la areca).

Las palmeras que necesitan ser podadas son las que se quedan con las hojas colgadas, específicamente aquellas que no se defolian solas. En casos como la palmera real, que sí lo hacen, debe realizarse un seguimiento y ayudar a su defoliación natural con una caña de bambú, pues sus hojas pesan y cuando caen pueden causar accidentes.

Para podar las hojas de las palmeras, se puede utilizar una canastilla hidráulica o seguir el siguiente procedimiento:

- Si las palmeras tienen una altura promedio de 6 m, tirar la hondilla por encima de la copa para subir la soga y así ascender con seguridad. El podador subirá por el tallo o tronco sujeto con una faja, conectores y arneses.
- Si las palmeras tienen una altura promedio de 12 m a más, se colocará una escalera de unos 5 metros y se asegurará con arneses, luego se tirará la hondilla por encima de la copa para subir la soga y que el podador pueda ascender con seguridad.
- Por ningún motivo se cortará el tejido joven apical que da lugar a las nuevas hojas, pues esto provocaría la muerte de la palmera.



Figura 12. Poda de palmera

Poda de árboles

Las ramas mayores de cinco centímetros de diámetro se deben podar realizando tres cortes en secuencia, para evitar el desgarramiento de la corteza y lesiones difíciles de cicatrizar (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2010).

El primer corte debe realizarse en el lado inferior de la rama, a una altura aproximada de 30 a 40 cm del tronco; el segundo, en la parte superior, unos cinco centímetros arriba del primero y se profundiza hasta que la rama caiga. Finalmente, se realiza el último corte, mediante el cual se elimina el muñón excedente. Con esta secuencia se garantiza el control sobre la parte eliminada y se evitan daños a otros tejidos.

Para que la cicatrización de la herida por el “callo o labio” sea completa, es muy importante que el ángulo de corte en la parte terminal de la rama se inicie en la parte externa de la arruga y se dirija hacia la parte superior del cuello de la rama. Esta inclinación genera un área de corte menor, que no admite la acumulación de agua ni daña el margen del callo cicatrizante.

La arruga de la rama es fácil de observar en la mayoría de las especies. Se origina cuando el cámbium del tronco y el de las ramas producen una masa de células de madera hacia adentro; en el punto de unión se forma una fuerte presión que altera los tejidos internos y produce la conformación de un área de madera muy rígida en el cuello de la rama.

El cuello de la rama se ubica en el lado inferior y está formado por tejidos del tronco, es de ángulo más abierto y no es tan notoria la deformación de sus tejidos. Identificar estos puntos es básico para que el corte final se realice correctamente.

Cuando se realiza un procedimiento inapropiado o no se utiliza el equipo adecuado, se presentan desgarres en las ramas en el punto de conexión con el tronco, el callo cicatrizante no queda completo y la herida cierra parcialmente.

Si se efectúa un corte en la base del tronco, en las ramas que tienen un ángulo ascendente, el área exhibida y la dificultad para cicatrizar son mucho mayores. Por otro lado, si el corte se acerca más al tronco en la parte superior o la inferior, la cicatrización queda incompleta y adquiere forma de U o de U invertida, respectivamente.

En algunos árboles cuyas ramas se insertan al tronco en un ángulo casi recto, como la araucaria (*Araucaria heterophylla*), el corte debe seguir la secuencia de tres pasos descrita, aunque puede ser paralelo al tronco y casi al ras, considerando unos milímetros de separación para no afectar el margen del callo cicatrizante.

En los árboles con ramificación verticilada es necesario tomar varias precauciones: si el tronco es de diámetro pequeño y se poda completamente un verticilo, las heridas de los cortes pueden unirse y formar un aro que mate el árbol; si se trata de un individuo de mayor tamaño, la remoción de todo el verticilo deja en un mismo nudo varias heridas expuestas que generan más riesgo y dificultad para cicatrizar, además de una pérdida mayor de masa foliar.

Temporada oportuna de poda

La copa de los árboles puede podarse en cualquier época del año, pero es preferible cuando la savia se encuentra en las raíces o cuando el árbol está en su periodo vegetativo en otoño o invierno. Para las otras intervenciones, más de tipo preventivo, un momento apropiado podría ser cuando el árbol presenta un metabolismo más activo, a fin de facilitar la cicatrización. Se debe tener en cuenta, además, el período de esporulación de los hongos patógenos y de lluvias, ya que contribuyen a su dispersión.

Un árbol urbano debería ser podado solo cuando sea necesario por razones de seguridad, debido a la caída o la fractura de sus ramas. Si necesita podas más recurrentes, indica que no es el apropiado para el lugar ni la finalidad deseada.

Las raíces de un árbol

Las raíces son una parte fundamental del árbol, puesto que constituyen un ecosistema natural que alberga y protege la microflora del suelo. A continuación, se detallan sus partes y las funciones que cumplen:

- **Raíces superficiales.** Son raicillas menudas que ocupan el primer horizonte del suelo y las que realizan la asimilación de los nutrientes del suelo.
- **Raíces gruesas.** Son aquellas donde se guardan las mayores reservas de almidón, otros carbohidratos y carbono capturado por la raíz.
- **Raíces más gruesas.** Se encuentran en el horizonte superficial y profundo, sirven de sostén a todo el árbol.

Poda de raíces

Cuando las raíces próximas a la superficie del suelo, originan el levantamiento del suelo, lo que afecta pistas, veredas o cualquier otra edificación; asimismo, pueden verse afectadas por alguna obra civil. En estos casos, se lleva a cabo una evaluación previa antes de efectuar la poda.

Esta operación consiste en el corte y la extracción de raíces superficiales que han levantado el suelo y roto el pavimento, la vereda, el sardinel u otras instalaciones (ver figura 13). Se deben considerar los siguientes pasos:



Figura 13. Poda de raíces que levantan pavimento

- Comunicar la realización de la poda a los interesados o afectados.
- Evaluar el árbol, su copa y sus raíces problema.
- Emitir un diagnóstico y recomendaciones del procedimiento a seguir.
- Planificar los trabajos.
- Realizar la poda de balance o de descargue de peso de la copa, hacia el lado de inclinación del árbol, o de ramas largas que se proyectan sobre la raíz por intervenir, cuando la savia esté en las raíces.
- Apuntalar por seguridad el árbol, si es necesario.
- Retirar la losa de concreto, el pavimento, el sardinel o cualquier muro que la raíz haya levantado.
- Limpiar del suelo del entorno de las raíces a retirar.
- Podar con corte limpio utilizando una motosierra o serrucho curvo, según el diámetro de la raíz, en un día que la savia esté en la parte aérea.
- Limpiar el área de todas las raíces podadas.
- Nivelar con suelo orgánico preparado con bioles de sustancias húmicas, para luego apisonar y regar.
- Abonar el resto de la proyección de la copa y regar.
- Volver a colocar el concreto de la vereda, sardinel o pista sobre geotextil aislante.

- Retirar el tutor de apuntalamiento, si es necesario.
- Programar una mayor frecuencia del abonamiento y riego del árbol por un año, para fortalecer las raíces de sostén y promover la asimilación de nutrientes.

Derribo, tumbado o tala de árboles

1. ¿Qué se entiende por derribo, tumbado o tala de árboles?

Se entiende por derribo, tumbado o tala de árboles la acción por la cual se persigue el retiro de un árbol muerto en pie o la eliminación autorizada, por causa justificada, de un árbol vivo, que se realiza por diversos medios.

2. ¿Cuáles son los criterios para la tala de un árbol urbano?

Los criterios que justifican la tala de un árbol urbano son los siguientes:

- **Muerte del árbol.** Cuando el árbol está muerto en pie, para lo cual se tiene que reportar su seguimiento fenológico durante las últimas cuatro estaciones climáticas del año.
- **Riesgo de caída.** Cuando, por problemas fitosanitarios graves, se ve afectada su estabilidad, por ejemplo, si la base del tronco está carcomida en más del 50% del diámetro del tallo. Si la afectación es menor, se debe realizar una poda de descargue o de reducción de peso, según el modelo arquitectural del árbol.
- **Mala ubicación.** Cuando el árbol se encuentra en lugares de alto tránsito peatonal, muy cerca de edificaciones o en taludes.
- **Acentuada inclinación.** Cuando presenta una inclinación de 45° y una altura a partir de 8 metros, el árbol debe talarse si está mal ubicado y no se puede podar o trasplantar.
- **Ubicación en áreas de proyectos de obra.** Cuando no es posible trasplantarlos por su gran tamaño en altura y diámetro, previa autorización e informe técnico en todos los casos.
- **Excesiva densidad.** Cuando la densidad del árbol es excesiva, se podrá talar previa evaluación e informe técnico.

3. ¿Cuáles son los tipos de tala?

Los tipos de tala que se realizan son los siguientes:

Tala en caída libre

- Realizar un primer corte de 45° en el fuste, de arriba hacia abajo, en la dirección que se quiere que el árbol caiga (ver figura 14).
- Efectuar el segundo corte de abajo hacia arriba, también con un ángulo de 45°, que al unirse con el primero forme un ángulo de 90° (ver figura 15 A). También se puede realizar un corte de horizontal de afuera hacia adentro para formar la muesca con una abertura menor, de solo 45°, y el corte tendrá un tamaño de aproximadamente $\frac{1}{4}$ del diámetro del fuste (ver figura 15 B).
- Retirar la sección de madera.
- Realizar el tercer corte en el lado opuesto del fuste, un poco más arriba de la intercepción de los dos cortes anteriores.
- Una vez talado, se corta el árbol en trozos de grandes si va al aserradero o de menor tamaño para su disposición final.



Figura 14. Diagrama de seguridad para tala en caída libre

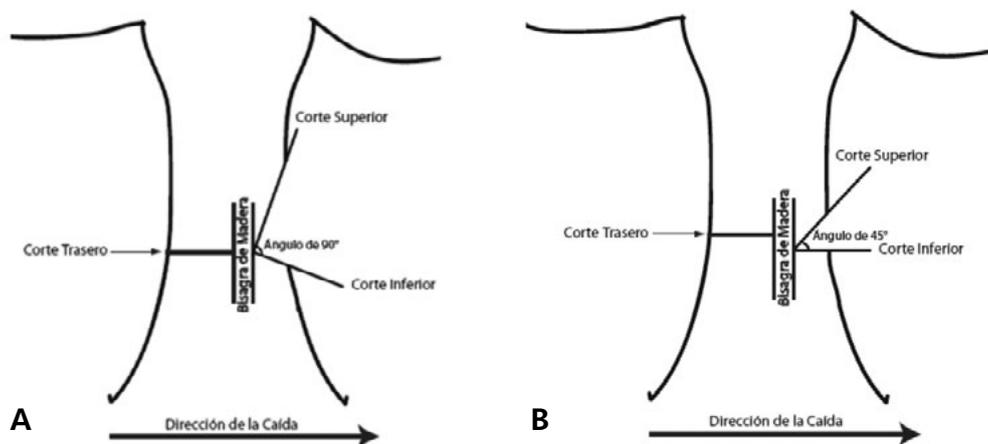


Figura 15. Tipos de muesca para tala en caída libre

Tala en caída controlada o derribo

- Asegurar con cuerdas la rama o el primer tronco a cortar, para evitar que caiga sin control alguno.
- Realizar el corte y descender de manera controlada y suave hasta que se apoye en el suelo.
- Realizar la tala y proceder a cortar el árbol en secciones grandes o pequeñas, según su utilidad final.

Tumbado de árbol

- Fijar con cuerdas y sogas el árbol.
- Podar algunas ramas con caída controlada.
- Excavar la base del tronco, limpiando el entorno de raíces al lado opuesto de la caída del árbol.
- Cortar las raíces posteriores al sentido de caída.
- Jalar con las cuerdas para direccionar la caída.

4. ¿Cuáles son las formas de retiro de árboles muertos o vivos?

Las formas de retiro de árboles muertos o vivos, autorizados para tal fin, son las siguientes:

- La tala consiste en cortar todo el fuste (tronco) de un árbol al ras del suelo, y dejar la parte basal y subterránea del árbol (tocón y raíces).
- El derribo es la acción por la cual el árbol se corta en secciones desde la parte superior hasta la base, y se deja la parte basal y subterránea, que después es extraída mediante excavación, corte de raíces y jalado con sogas por un vehículo pesado.
- El tumbado es la acción por la cual, previa poda de las ramas largas, se apuntala el tronco colocando sogas de seguridad y direccionamiento para la caída de todo el tronco. Se sigue con la excavación de la base, se deja al descubierto la parte próxima de las raíces y se cortan las raíces posteriores a la dirección de inclinación del árbol (ver figura 16).



Figura 16. Retiro de árbol caído por falla mecánica

MÓDULO

7

Deterioro del arbolado urbano



MÓDULO

7

Deterioro del arbolado urbano

Deterioro de las especies forestales urbanas

El deterioro en las especies arbóreas se da por factores mecánicos, físicos o biológicos, o la combinación de ellos. También puede ser ocasionado por factores bióticos o abióticos. El estrés es responsable del lento crecimiento de los árboles, así como de la escasez y la pérdida del color verde del follaje, la deficiencia de nutrientes, la coloración marrón en las zonas marginales de las hojas y su prematura caída fuera de la temporada, así como brotes inesperados. Si el estrés se inicia por un corte de raíces o una severa caída de hojas, los brotes y ramas pequeñas morirán; en cambio, si es permanente, los síntomas se mostrarán en el follaje y ocasionarán la muerte regresiva del árbol.

Estrés ambiental

El estrés ambiental contribuye a muchos problemas asociados con la salud de los árboles, como las extremas temperaturas, el suelo pobre en nutrientes, y los daños físicos al follaje, corteza y raíces, lo que predispone a las especies arbóreas a la entrada de ataques de agentes secundarios como insectos, hongos y otras enfermedades.

- **Ruptura de ramas**

Los árboles deben tener troncos gruesos y fuertes, con una buena cantidad de ramas. La fortaleza de la unión entre la rama y el tronco depende de la resistencia longitudinal a la atracción de cada especie, la distancia, el ángulo y el espacio entre las ramas. La ruptura de las ramas genera serios riesgos para la salud de los árboles y aumenta el riesgo para la seguridad de las personas.

- **Falta de agua / suelo pobre en nutrientes**

La escasez de agua contribuye a que los árboles sean más propensos al ataque de insectos y enfermedades. El estrés por la falta de agua puede disminuir la resistencia del tronco y que este sea invadido por organismos como barrenadores de madera y hongos, o que sufra enfermedades vasculares. La falta de agua también limita los nutrientes absorbidos por el árbol, debido al compactamiento del suelo que no permite el buen drenaje. La poca absorción de nutrientes hace que el follaje del árbol sufra de clorosis o falta de coloración de las hojas, poco crecimiento y muerte gradual del árbol, desde el follaje hasta las raíces.

Estrés causado por el ser humano

Las actividades humanas, como malas técnicas usadas en la poda, inadecuado manejo del trasplante, mala siembra, daños ocasionados por las construcciones y uso de herbicidas, pueden causar daños al árbol de manera directa o indirecta. Los especímenes con estos daños pueden morir repentinamente o deteriorarse con el transcurso del tiempo, y frecuentemente se incrementa el riesgo de caída como resultado de heridas o daños. Ejemplos:

- **Malas podas**

Las incorrectas técnicas de poda, muchas veces usadas para reducir el peso del follaje, así como los cortes en la corteza o los hechos muy cerca del tronco central, afectan el mecanismo natural de defensa de los árboles y provocan heridas por donde pueden ingresar los hongos u otros agentes patógenos que matan el cámbium.

- **Poco espacio para la plantación o poco abono**

El reducido espacio de plantado puede ser perjudicial para la salud del árbol, pues causa deficiencia de agua y nutrientes, debido al inadecuado volumen de la tierra. Esto tiene como consecuencia la poca penetración de las raíces en el suelo compactado, las cuales rodean el árbol o se entrecruzan en la superficie, y causan daños en las veredas e infraestructuras.

El adecuado abono del árbol en calidad y cantidad le da materia orgánica y le permite conservar el agua. Un abono mal compostado pierde nitrógeno y aumenta los nitritos que están relacionados con la quema de raíces. La técnica del volcán, es decir, poner abono alrededor de la base del árbol como si fuera un monte o volcán puede ser beneficiosa, porque ayuda a regular la evaporación de la humedad del suelo y, con ello, reduce el consumo del agua. Pero si se usa en exceso puede ser contraproducente, ya que demasiadas capas pueden ocasionar un exceso de humedad y pudrir las raíces.

- **Daños en el tejido leñoso**

Los árboles pueden sanar con facilidad heridas pequeñas. En las áreas urbanas, estos daños son causados por maquinarias, automóviles, máquinas podadoras y daños de origen antrópico. Si esto se repite constantemente en la misma parte del árbol, impedirá que este sane sus heridas y, en consecuencia, pueda ser atacado por agentes patógenos o enfermedades.

- **Sales y sustancias químicas**

El exceso de sales en el suelo, así como la mala aplicación de pesticidas o herbicidas, causan daños a las raíces. Los árboles expuestos a estas situaciones pueden mostrar síntomas en su follaje, como deformación, decoloración, defoliación o muerte de ramas.

Deficiencia de nutrientes

El arbolado urbano está constituido por todos los árboles situados en las ciudades, los cuales requieren nutrientes y minerales para su óptimo desarrollo. Estos nutrientes se clasifican en dos categorías:

Macronutrientes. Son necesarios para las plantas en grandes cantidades:

- Nutrientes primarios: nitrógeno, fósforo y potasio
- Nutrientes secundarios: magnesio, azufre y calcio

Micronutrientes. Las plantas los necesitan, aunque en pequeñas cantidades. Entre ellos tenemos los siguientes: hierro, manganeso, zinc, cobre, molibdeno, cloro y boro.

Los síntomas por la falta de nutrientes son de fácil reconocimiento. A continuación, se presenta las principales deficiencias de nutrientes.

Deficiencia de nitrógeno (N). El nitrógeno es importante porque forma parte de la molécula de clorofila y de los ácidos nucleicos, induce el crecimiento en tallos y hojas (ver figura 1), activa la producción de proteínas en granos y frutos, y ayuda a la planta a usar elementos complementarios, como el fósforo y el potasio.

La carencia de este macronutriente provoca los siguientes problemas:

- Crecimiento raquítico
- Plantas pequeñas, con tallo y ramas delgadas, y hojas pequeñas
- Clorosis en las hojas más viejas
- Floración adelantada y muy escasa, con gran porcentaje de flores abortadas y frutos pequeños



Figura 1. Deficiencia de nitrógeno

La deficiencia de nitrógeno puede estar asociada con una o más de las siguientes causas:

- Descomposición parcial de la materia orgánica
- Contenido reducido de materia orgánica en el suelo
- Suelos arenosos de textura ligera que hayan sido lixiviados por lluvias intensas o riego excesivo
- Exceso de humedad en el suelo que causa problemas en la raíz

Deficiencia de fósforo (P). El fósforo es importante porque es constituyente vital de enzimas, ácidos nucleicos y metabolitos. Asimismo, forma parte del nucleótido fundamental de energía celular, ATP; estimula el desarrollo de las raíces y ayuda a la inmunidad contra enfermedades.

La falta de este nutriente se puede apreciar en los siguientes síntomas:

- Hojas, tallo y peciolo maduros se muestran de color verde oscuro, azulado o, algunas veces, morados (ver figura 2)
- Hojas enrolladas, estrechas o erectas
- Susceptibilidad a infecciones

La deficiencia de fósforo puede ser causada por lo siguiente:

- Contenido escaso de fósforo en el suelo
- Cambios extremos de pH en el suelo
- Condiciones muy secas o húmedas

Ejemplo:

- El pino (*Pinus sp.*) produce acículas fusionadas, torcidas y más cortas, follaje de densidad reducida, poca fructificación, disminución del desarrollo de la raíz y cambio de coloración en el follaje a tono amarillento.



Figura 2. Hoja con señales de deficiencia de fósforo

Deficiencia de potasio (K). El potasio es un catalizador y activador de algunas enzimas, participa en la osmorregulación y el control del potencial de membrana, y en la fotosíntesis, en la translocación de carbohidratos y la síntesis de proteínas.

La carencia de este nutriente se puede apreciar en los siguientes síntomas (ver figura 3):

- Hojas maduras con clorosis marginal e intervenal
- Hojas con enrollamientos, hojas arrugadas y brotes cortos
- Pobre sistema radicular, con poca tolerancia al estrés o las enfermedades
- Presencia de áreas con tejido muerto en el ápice o en los bordes de la hoja
- Moteado de manchas cloróticas, seguido por el desarrollo de zonas necróticas en los bordes de la hoja

La deficiencia de potasio puede ser causada por lo siguiente:

- Baja cantidad de potasio en el suelo, sobre todo en suelos de textura arenosa
- Desbalances de calcio y magnesio que afectan la reserva de potasio

- Periodo de déficit hídrico en zonas sin riego o donde es aplicado incorrectamente.
- Absorción limitada de potasio por daños en las raíces causadas por nematodos o problemas de índole fitosanitario



Figura 3. Hoja con señales de deficiencia de potasio

Deficiencia de magnesio (Mg). Importante componente principal de la clorofila, que junto con el ATP y el ADP actúa como estimulador de enzimas.

La carencia de este elemento se puede observar por los siguientes síntomas (ver figura 4):

- En las hojas maduras, se presenta clorosis en venas internas hasta llegar a la necrosis.
- Las hojas maduras se tornan quebradizas y enrolladas.

Las posibles causas de esta deficiencia son las siguientes:

- Baja cantidad de magnesio en el suelo
- Suelos con alto contenido de calcio
- Suelos con pH ácido, bastante arenosos y lavados
- Periodo de estrés hídrico en zonas sin riego o riego ineficiente

Ejemplos:

- En el eucalipto, en circunstancias de déficit severo, las hojas inferiores manifiestan una clorosis interveinal o una disminución en el crecimiento de la planta.
- En el pino, aparece un color amarillamiento dorado en los extremos de la acícula, en la porción más alta de la copa.



Figura 4. Hoja con señales de deficiencia de magnesio

Deficiencia de hierro (Fe). El hierro se desempeña como cofactor en la síntesis de clorofila y apoya el correcto funcionamiento de otras enzimas secundarias, como catalasa, peroxidasa, ferredoxina y citocromos.

Su falta ocasiona los siguientes síntomas (ver figura 5):

- El primer síntoma está relacionado con la clorosis intervenal y el amarillamiento o blanqueamiento de las láminas foliares de las hojas juveniles.
- En casos de deficiencia agresiva, aparecen manchas angulares café intervenales y, en los bordes de las hojas, color café oscuro con un aspecto de quemadura.
- Estos síntomas pueden aparecer en una rama o en toda la planta.

Las causas por esta deficiencia pueden ser las siguientes:

- Suelos calcáreos, con solubilidad de hierro muy baja
- Suelos con pH altamente alcalino
- Suelos con baja aireación

Ejemplos:

- En el caso de *Eucalyptus globulus*, la deficiencia de hierro aparece en áreas intervenales de hojas en expansión, que se vuelven amarillentas. A medida que la deficiencia progresa, el follaje juvenil se torna totalmente amarillo y el color verde clásico solo se observa en las nervaduras.



Figura 5. Hojas con deficiencia de hierro

Deficiencia de cobre (Cu). Este micronutriente está implicado en la síntesis de la plastocianina, esencial en la fotosíntesis, debido a que funciona en la transferencia de electrones y proteínas con actividad oxidasa, así como en la síntesis de ADN y ARN.

Los síntomas de la falta de cobre se manifiestan de la siguiente manera:

- Hojas nuevas que crecen atrofiadas, pequeñas o retorcidas, débiles o de coloración verde oscuro con puntos necrosados (ver figura 6)
- Acortamiento de entrenudos
- Sistema radical atrofiado
- Disminución dramática de la floración y la fructificación
- Madera débilmente lignificada

Las causas de la falta de cobre podrían ser las siguientes:

- Suelos con pH extremos
- Suelos de tipo calcáreo, con textura arenosa, ácidos y muy lavados
- Suelos con alto contenido de materia orgánica

Ejemplos:

- En *Eucalyptus globulus*, las ramas pueden verse con forma pendular.

- En *Pinus* sp., las ramas y el brote principal se doblan más en forma horizontal que vertical, lo que significa una pérdida de crecimiento en altura.
- En los cítricos, se marchitan los brotes recientes y el fruto presenta un abultamiento de color castaño.



Figura 6. Hoja con deficiencia de cobre

Deficiencia de boro (B). Este micronutriente se relaciona con el desarrollo normal de la pared celular, la división celular y el crecimiento de frutas y semillas.

La falta de boro ocasiona lo siguiente:

- Las hojas juveniles se presentan, primero, delgadas y curvas. Aparece un cambio de pigmentación y se acumulan colores púrpuras alrededor de los bordes, lo que provoca una ligera clorosis (ver figura 7).
- Los tallos y peciolo se vuelven quebradizos, con desarrollo anormal y color blanquecino.
- Los frutos se pudren fácilmente.
- Se reduce la lignificación de la madera.

Las posibles causas de que falte este micronutriente son las siguientes:

- Suelos arenosos con contenido reducido de materia orgánica
- Periodos de fuertes sequías

Ejemplos:

- En *Eucalyptus grandis*, se observa variación del color en hojas juveniles, con acumulación de pigmentos púrpuras en los bordes.
- En *Eucalyptus camadulensis*, la clorosis se presenta en los márgenes de los ápices foliares.
- En *Eucalyptus globulus*, las hojas pueden presentar clorosis junto con un enrollamiento a partir de las orillas.
- En *Pinus sp.*, se presenta una clorosis y necrosis de acículas nuevas, las cuales se pueden secar y caer; retraso en el proceso de fructificación; la planta adquiere una apariencia arbustiva y el fuste evidencia exudación de resina.



Figura 7. Hoja con señales de deficiencia de boro

En la actualidad, existen en el mercado diferentes presentaciones de fertilizantes de suelo con macronutrientes que mejoran la nutrición de las plantas, así como fertilizantes foliares enriquecidos con macro y micronutrientes, totalmente asimilables por las plantas, que contienen enzimas, aminoácidos y otros estimulantes para incrementar la capacidad de asimilación de los nutrientes del suelo y que normalmente no pueden ser tomados por las plantas.

Manejo integrado de plagas en árboles urbanos (MIP)

En la actualidad, el control de plagas implica la integración de diversos métodos para prevenir y mitigar daños ocasionados por organismos no benéficos. El MIP es un enfoque moderno cuyo fin no es eliminar por completo las plagas, ya que lograrlo es complicado y en el intento, por lo general, se impacta negativamente el ambiente. La idea es no incrementar la población de plagas, sino mantenerla en un nivel aceptable, lo cual implica el desarrollo de técnicas de control que no generen efectos negativos para seres humanos, animales y ecosistemas en general (O'Farrill-Nieves y Medina Gau, 2011).

Para que el MIP funcione correctamente, debemos tener en cuenta los siguientes pasos:

- **Identificación correcta de las plagas**

En algunas ocasiones, los síntomas que presentan los árboles por causa de un manejo inadecuado son confundidos con los daños causados por insectos y otras plagas. Por lo tanto, la aplicación de plaguicidas y otras medidas de control no tienen éxito y son una pérdida de tiempo y recursos económicos. Una de las actividades primordiales es el reconocimiento de la plaga, debido a que los plaguicidas son fabricados para el control de la plaga correcta; de lo contrario, su aplicación resultará ineficiente. Es importante recopilar toda la información posible sobre los árboles infectados, como riego, textura del suelo y condiciones ambientales preponderantes durante la siembra y el crecimiento de los árboles (O'Farrill-Nieves y Medina Gau, 2011).

- **Inspecciones periódicas**

Uno de los factores claves para el control efectivo de las plagas que atacan los árboles son las inspecciones visuales periódicas. Estas colonizan los árboles y causan daños significativos, debido al rápido crecimiento y reproducción de sus individuos. Por tanto, realizar inspecciones de manera continua ayudará a detectar anticipadamente síntomas o señales causados por ellas (O'Farrill-Nieves y Medina Gau, 2011).

- **Muestreo**

Es un mecanismo de inspección más desarrollado, a través del cual se estima la población de una determinada plaga (ácaros, insectos, otros) y los daños que ocasiona su presencia. Una manera simple de realizarlo es cuantificar el número de individuos no benéficos por hoja o rama, o contar el número de daños presentes en el follaje, para calcular el promedio de cada uno de ellos. Es importante resaltar que el número de muestras determinará la precisión de la muestra, es decir, a mayor número de muestras, más preciso será el resultado (O'Farrill-Nieves y Medina Gau, 2011).

Un método recomendado es dividir imaginariamente el follaje del árbol en cuatro sectores: norte, sur, este y oeste, con el objetivo de recolectar muestras al azar de todo el follaje del árbol. Según la plaga de la que se trate, se sugiere muestrear las siguientes estructuras:

- Hojas: 16 unidades (4 por cada sector del árbol) para ácaros, moscas blancas, queresas escamosas.
- Ramas: 4 ramas (1 por cada sector del árbol) para queresas escamosas o algonodosas.
- Brotes: 16 unidades (4 por cada sector del árbol) para pulgones y 4 unidades (1 por sector del árbol) para adultos y huevos de queresas algonodosas.

- **Control de plagas a tiempo**

Cuando la proliferación de plagas es mínima y los daños también, generalmente, no son una amenaza para el bienestar de los árboles, ya que son tolerados y permitidos. Por otro lado, si la plaga es muy densa y los daños son graves, las soluciones son escasas o no existen (O’Farrill-Nieves y Medina Gau, 2011).

- **Implementar dos o más técnicas de control**

Investigaciones científicas han comprobado que no es posible controlar las plagas empleando un solo método. Para que un programa de Manejo Integrado de Plagas tenga resultados positivos, es necesario implementar de dos a más métodos que aseguren el control de las plagas presentes. Los métodos más empleados son exclusión, prácticas de cultivo, controles mecánicos, control biológico, árboles resistentes y control químico (O’Farrill-Nieves y Medina Gau, 2011).

Los plaguicidas, como regla general, deben ser la última elección. A fin de establecer las prácticas adecuadas para el control de plagas, es indispensable identificar correctamente las plagas que están afectando al árbol, así como su comportamiento, ciclo biológico y ecología.

a. **Exclusión.** Consiste en impedir que las plagas entren a la zona donde se siembran los árboles. Algunas de estas prácticas son las siguientes:

- Asegurar el uso de sustrato libre de organismos no benéficos para sembrar los arbolitos en bolsas.
- Revisar los árboles antes de colocarlos en el lugar de siembra y eliminar aquellos enfermos o infestados con plagas.

- b. **Prácticas de cultivo.** Comprende procedimientos que benefician a los árboles y dañan a las plagas. Estas prácticas implican asegurar la correcta planificación de las zonas de siembra, ya que eso representa una solución para los problemas ocasionados por plagas. Por otro lado, es necesario elegir las variedades de árboles que mejor se adecúen a las condiciones de iluminación, fertilidad del suelo, drenaje y otros factores notorios en el lugar de siembra (O’Farrill-Nieves y Medina Gau, 2011).

Aplicar prácticas de mantenimiento correctas es otra estrategia para la prevención de plagas, por ejemplo, los árboles urbanos tienen baja probabilidad de presentar problemas de plagas, siempre y cuando se les brinde un cuidado óptimo. En ese sentido, se debe realizar una poda correcta del árbol para reducir su vulnerabilidad al ataque de insectos nocivos, como los barrenadores de la madera (O’Farrill-Nieves y Medina Gau, 2011).

- c. **Control mecánico o físico.** Esta técnica comprende el uso de trampas, herramientas o energía eléctrica para disminuir las poblaciones de plagas. Asimismo, esta técnica implica el desarrollo de actividades como podas de hojas o ramas afectadas cuando se identifica plagas que invaden el follaje o barrenan la madera, o la recolección manual de plagas cuando esta es de gran tamaño y fácil captura. El uso de trampas cromáticas con sustancias pegajosas podría ayudar a reducir poblaciones de plagas y nos sirven para indicar su presencia, pero no elimina la infestación (O’Farrill-Nieves y Medina Gau, 2011).
- d. **Control biológico.** Radica en controlar las plagas utilizando controladores biológicos como bacterias (por ejemplo, *Bacillus thuringensis*), hongos antagonistas (hongos que matan otros hongos), hongos entomopatógenos (hongos que matan a insectos) e insectos benéficos. Estos son criados y producidos en laboratorios, para luego ser liberados o aplicados con una mochila de fumigación, en el caso de bacterias y hongos, sobre el follaje de los árboles según el estadio de la plaga y los factores climáticos para su buen funcionamiento. El control biológico no permite la resurgencia de las plagas ni contamina el ambiente o la salud pública.
- e. **Sembrar árboles nativos.** Esta técnica favorece al ahorro de agua en el riego, debido a que los árboles nativos están adaptados a las características del suelo local y un ambiente silvestre similar al originario, lo cual permite que la plaga sea controlada de manera natural debido al equilibrio del sistema.
- f. **Control químico.** Esta técnica implica el uso de productos químicos como los plaguicidas, los cuales han sido fabricados para el control de ciertas plagas; sin embargo, son ineficientes para otras. Ante el uso de productos químicos, por ejemplo, plaguicidas, se recomienda leer detenidamente la etiqueta y seguir las instrucciones (revisar el manual de áreas verdes) (ver figura 8).



Figura 8. Control químico de plagas

g. **Evaluación y seguimiento**

Se deben realizar continuamente para corregir los errores y buscar opciones viables. Es indispensable tener un registro para inspeccionar los árboles paulatinamente y las plagas específicas que los dañan.

Tabla 1. Síntomas y señales de las plagas y enfermedades más comunes en árboles urbanos

Daños	Posibles plagas que los causan
Hojas	
Amarillez	Pulgones, queresas, trips, moscas blancas
Arrugadas o enroscadas	Pulgones, chinches de ala de encaje, trips
Bordes comidos	Caracoles, orugas, escarabajos perforadores de hojas
Caída prematura	Queresas algodonosas, trips
Capa negra parecida al hollín	Fumagina (hongo que se alimenta del excremento de pulgones, queresas y otros insectos chupadores del follaje)
Caminos blancuzcos	Insectos minadores de hojas
Decoloración	Pulgones, psílidos y trips
Deformación	Trips, ácaros
Enrolladas o pegadas	Gusanos pegadores de hojas, arañas, trips
Estuche o saco pegado a las hojas	Bicho del cesto
Gotitas o manchas negras	Trips, chinches de ala de encaje
Manchas amarillentas	Pulgones, chinches de ala de encaje, queresas, trips
Manchas color marrón	Ácaros, chinches de ala de encaje
Marchitez	Pulgones, queresas, trips
Masa espumosa	Cercópidos
Sustancia harinosa o algodonosa	Queresas algodonosas, moscas blancas
Tela araña densa	Ácaros, arañas
Túneles blancuzcos	Moscas minadoras
Manchas blancas o grisáceas sobre las hojas	Oidiosis (hongo <i>Oidium</i> sp.)
Pústulas de color amarillo a marrón	Roya (hongo <i>Melampsora</i> sp.)
Ramas y tallos	
Escamas o conchuelas	Queresas escamosas
Estuches pegados con ramitas o tallos	Bicho del cesto
Pudrición blanca en el tallo, con basidiocarpo	Pudrición de madera (hongo <i>Ganoderma australe</i>)
Pudrición y exudación de la corteza del tallo	Cancrosis (hongo <i>Chrysosporthe cubensis</i>)

Fuente: Elaboración propia

Plagas y enfermedades de los árboles urbanos de Lima

Se conoce como plaga a cualquier organismo vivo que causa daño económico a las plantas. Pueden ser los siguientes:

- **Invertebrados:** insectos y ácaros
- **Patógenos:** hongos, bacterias y virus
- También pueden ser plagas las aves, los roedores, etc.

Los árboles pueden manifestar síntomas (por patógenos) o daños (por invertebrados como los insectos y ácaros).

En el presente módulo, se abordarán las principales plagas que atacan las especies más comunes del arbolado urbano en Lima Metropolitana.

1.1. Clasificación

A. Plagas de insectos y ácaros en el arbolado urbano

Ácaros

Los ácaros son especímenes muy pequeños, generalmente de menos de 1 mm de largo, que causan muchos daños al follaje de los árboles. No son insectos, sino que pertenecen al grupo de los arácnidos. Se diferencian de los insectos por poseer 8 patas (O’Farrill-Nieves y Medina Gau, 2011).

Insectos

Los insectos son pequeños animales invertebrados que se caracterizan por presentar un par de antenas, tres pares de patas y un cuerpo que se divide en tres regiones (cabeza, tórax y abdomen). Son de amplia distribución en todo mundo y a menudo causan daños importantes en los árboles (O’Farrill-Nieves y Medina Gau, 2011).

De manera general, los insectos y ácaros se clasifican de la siguiente manera:

- **Picadores-chupadores**

Se caracterizan por tener un aparato bucal *chupador*, el cual usan para penetrar los tejidos vegetales y succionar la savia. La gran mayoría excretan sustancias azucaradas que se depositan sobre la superficie de tallos, hojas, frutos, etc., lo que favorece el crecimiento de un hongo comúnmente llamado “fumagina”. Pertenecen a este grupo las moscas blancas, las querasas, los pulgones o áfidos, los psílicos y las cochinillas harinosas. También son picadores-chupadores un grupo de insectos de mayor tamaño, llamados “chinchas”, algunas de cuyas especies son plagas y otras son controladores biológicos.

- **Raspadores-chupadores**

Se caracterizan por tener aparatos bucales que raspan la epidermis de las hojas para obtener la savia de las hojas; por esto, el principal síntoma en las hojas es la coloración dorada a marrón, seguida por un amarillamiento. En este grupo tenemos a los trips y los ácaros como las plagas más comunes en los árboles ornamentales. Los trips son pequeños insectos de forma alargada, de unos 2 mm de largo, de coloración generalmente marrón oscuro a negro. Los ácaros varían en coloración, que va desde los muy claros (casi transparentes) a especies marrones o rojas. De estas últimas proviene el nombre común de “arañita roja”.

- **Insectos masticadores**

Se caracterizan por alimentarse principalmente de las hojas, lo cual afecta la actividad fotosintética y la respiración de las plantas. Generalmente, el daño es causado por sus larvas (estadios juveniles). Pertenecen a este grupo las polillas, los lepidópteros, los escarabajos, las hormigas, etc.

B. Patógenos que causan enfermedades en los árboles

Los hongos son microorganismos, por lo que los síntomas y signos son las características que permiten establecer si un árbol está enfermo. Estos producen estructuras vegetativas como las hifas y otras como las esporas, que son las estructuras de dispersión. Los hongos causan enfermedades en muchas especies de árboles y pueden producir daños en el follaje. Asimismo, desempeñan un papel secundario en procesos de descomposición y putrefacción.

Los principales problemas en el arbolado urbanos causados por patógenos son los siguientes:

- **Pudrición de maderas**

Causados por hongos del tipo basidiomicetos, que ocasionan la pudrición de la madera, canchales y la posterior muerte de los árboles. Son también el principal agente causal de la caída de árboles en la ciudad (ver figura 9).

- **Cancrosis**

Son patógenos del orden de los ascomicetos, causantes de pudriciones de la corteza y madera, lo que provoca daños irreversibles en los árboles.

- **Manchas foliares**

Enfermedades de tipo secundario en árboles de mayor edad, pero de importancia en árboles de menor edad, es decir, en vivero.



Figura 9. Cuerpo fructífero de *G. australe* en árbol urbano

1.2. Ejemplos de plagas de insectos y ácaros en el arbolado urbano

1.2.1. Insectos picadores, raspadores, chupadores y ácaros en el arbolado urbano

Mosca blanca

Es un insecto picador-chupador que succiona la savia de las plantas. Sus larvas tienen forma elíptica, aplanada, y con un tono que comienza siendo traslúcido para luego volverse blanco o amarillento. Los adultos tienen la apariencia de una pequeña mosca, con una longitud aproximada de 1 mm, y de color blanco.

Descripción del daño

- Al comienzo del ataque, se perciben huevos acompañados de una cera blanca, con forma de espiral, que pueden cubrir toda la superficie de las hojas.
- La alimentación debilita la planta, produce defoliación y reduce la capacidad fotosintética por la aparición de fumagina.

Especies arbóreas afectadas

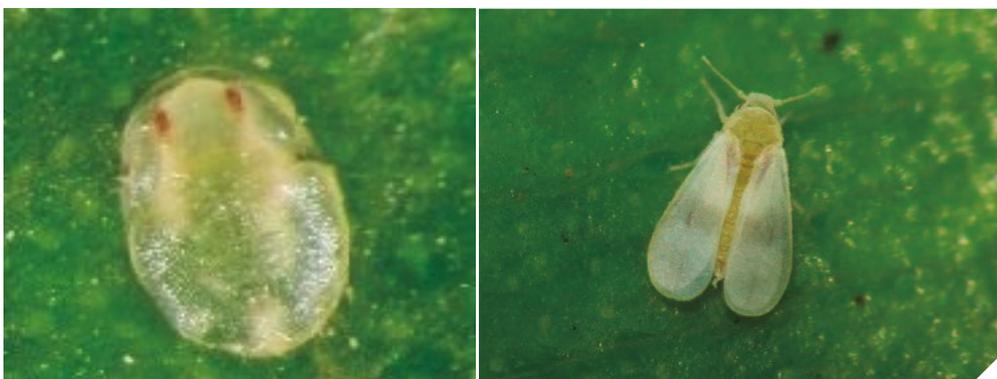
- La mosca blanca gigante (*Aleurodicus juleikae*) ataca a muchas especies de árboles ornamentales y frutales, como ficus, grevillea, huaranhuay, molle costeño, eucalipto, etc (ver figura 10).
- Mosca blanca del ficus (*Singhiella simplex*) ataca al ficus (ver figura 11).



Figura 10. Mosca gigante del ficus, *Aleurodicus juleikae* (nótese la pulverulencia blanca sobre la colonia)



Larvas (círculo rojo) y exuvias de pupas (círculo amarillo) de *Singhiella simplex*



Larva de mosca blanca del ficus
(*Singuella simplex*)

Adulto de mosca blanca del ficus
(*Singuella simplex*)

Figura 11. Ataque de mosca blanca a un ficus (*Singhiella simplex*)

Psílicos

Son insectos con ninfas (larvas) de color blanco o amarillo, de forma aplanada y ovalada hacia el extremo anterior. Los adultos presentan color amarillento o verde, y manchas marrones u oscuras en el dorso, tórax o abdomen, de manera parecida a las cigarras.

Descripción del daño

- Infestan hojas preferentemente tiernas.
- Algunas especies producen agallas, como el psílido del molle serrano.
- Deforman las hojas y brotes, y ocasionan la caída precoz de las hojas.
- Las ninfas de algunas especies como *Glycaspis* forman un escudo cónico blanquecino como protección.
- Provocan la aparición de fumagina.

Especies arbóreas afectadas

- El molle serrano es atacado únicamente por el psílido del molle serrano (*Calophya schini*) (ver figura 12).
- El árbol de la tipa es atacado por el psílido de la tipa (*Platycorypha nigrivirga*) (ver figura 13).
- El eucalipto es atacado por psílicos del eucalipto rojo (*Glycaspis brimblecombei*) (ver figura 14).



Figura 12. Daño causado por *Calophya schini* en hoja de molle serrano



Figura 13. Psilido de la tipa (*Platycorypha nigrivirga*)



Figura 14. Conos de larvas y adulto de *Glycaspis brimblecombei*

Pulgones o áfidos

Son insectos picadores-chupadores. En general, son pequeños, de cuerpo blando, de entre 1 y 2 mm de largo. Existen formas ápteras (sin alas) y formas aladas. Tienen forma redondeada y coloración variada, mayormente verdes o marrones. En la parte trasera, presentan cornículos o sifones.

Descripción del daño

- Provocan el debilitamiento de las plantas, debido a que se alimentan de savia.
- Se fijan en las zonas aéreas de la planta, especialmente en brotes y hojas jóvenes.

- Provocan la deformación de los brotes y las hojas.
- Estos insectos excretan sustancias azucaradas que sirven como alimento para el crecimiento del hongo de la fumagina.

Especies arbóreas afectadas

- El ciprés es atacado por el pulgón del ciprés, del género *Cinara*. El más común es *C. cupressi* (ver figura 15).
- El huaranhuay es atacado por el pulgón *Aphis spiraeicola* (ver figura 16).
- El álamo es atacado por el pulgón *Chaitophorus* sp (ver figura 17).



Figura 15. Colonia de *Cinara* sp. sobre rama de ciprés



Figura 16. Colonia de *Aphis spiraeicola* sobre rama de huaranhuay



Figura 17. Colonia de *Chaitophorus* sp. sobre hoja de álamo

Queresas escamosas

Son insectos picadores-chupadores cuyo cuerpo está cubierto, generalmente, por una escama dura. Presentan formas variables, pero generalmente son redondas u ovaladas. La escama de las hembras es normalmente más grande que la de los machos. Las queresas varían en coloración, con tonos desde color blanco hasta marrón oscuro o negro.

Descripción del daño

- Atacan hojas y tallos, jóvenes o maduros.
- Producen el debilitamiento de la planta por la aspiración de la savia.
- Originan la presencia de fumagina, por los desechos azucarados que producen.
- Provocan defoliación.

Especies arbóreas afectadas

- El molle serrano es atacado por la queresa *Saissetia* sp (ver figura 18).
- La *Plumeria* sp. es atacada por el piojo blanco (*Pseudaulacaspis pentagona*) (ver figuras 19 y 20).



Figura 18. Individuos de *Saissetia* sp. en rama terminal de molle serrano



Figura 19. Piojo blanco (*Pseudaulacaspis pentagona*) en rama de *Plumeria* sp.



Figura 20. Colonia de hembras de piojo blanco (*Pseudaulacaspis pentagona*)

Queresas harinosas

Son insectos picadores-chupadores, generalmente de color blanco, ovalados, con tamaños que van desde 2 a 3 mm de diámetro. Las colonias de algunas especies forman una pulverulencia blanca e hilos que cubren a la colonia para su defensa. Se encuentran preferentemente en las hojas, brotes y ramas, escondiéndose en las zonas con menos luz o en las grietas de los troncos o ramas.

Descripción del daño

- Atacan casi toda la planta, preferentemente las hojas, brotes, tallos, flores y frutos.
- Produce debilitamiento de la planta por la succión de la savia.
- Originan la presencia de fumagina, por los desechos azucarados que producen.
- Provocan defoliación y atrofia de los brotes y las hojas jóvenes.

Especies arbóreas afectadas

- El meijo es comúnmente atacado por la cochinilla harinosa (*Paracoccus marginatus*) (ver figuras 21 y 22).
- El crotón es también atacado por la cochinilla harinosa, *Planococcus citri* (ver figuras 23 y 24).



Figura 21. Ramas terminales de meijo, atacadas por la cochinilla harinosa (*Paracoccus marginatus*)



Figura 22. Forma característica de *Paracoccus marginatus*



Figura 23. Brote de croton atacado por la cochinilla harinosa (*Planococcus citri*)



Figura 24. Hojas de croton fuertemente atacadas por *Planococcus citri*

Trips

Descripción de los trips

- Las larvas son de color claro (blanco o amarillo) en estado larval y de color negro cuando adultos.
- Son insectos raspadores-chupadores.
- Tienen forma alargada y aplanada, entre 1 y 3 mm de largo, y con dos pares de alas estrechas con flecos.

Descripción del daño

- En las hojas se observan puntos decolorados, rojizas o amarillentas.
- Este insecto chupador llega a plegar las hojas, preferentemente las jóvenes.
- Las hojas caen antes de tiempo, lo que causa la defoliación del árbol.

Especies arbóreas afectadas

- El ficus es atacado principalmente por los trips (*Gynaikothrips uzeli*) (ver figuras 25 y 26).



Figura 25. Hoja de ficus con ataque de *Gynaikothrips uzeli*. Se observan adultos (negros), ninfas (amarillos) y larvas (blancos)



Figura 26. Hoja de ficus enrollada por el ataque de *Gynaikothrips uzeli*

Ácaros

Son arácnidos muy pequeños, de menos de 0,5 mm, de coloración rojiza a marrón. Producen hilos de seda muy finos que aparecen en la zona donde se encuentra la colonia. Tiene 4 fases en su ciclo de vida (huevo, larva, ninfa y adulto).

Descripción del daño

- Es una plaga raspadora-chupadora que se alimenta de la savia de las plantas.
- Ocasiona daños, comúnmente, en el envés de las hojas, en donde las raspaduras provocan deterioro de la cutícula, las hojas se amarillan y puede haber defoliación.
- Pueden reducir el crecimiento de las plantas.

Especies arbóreas afectadas

La thuja es dañada por el ácaro *Tetranychus* sp (ver figuras 27 y 28).



Figura 27. Adulto de *Tetranychus* sp.



Figura 28. Rama terminal de thuja afectada por *Tetranychus* sp.

Manejo integrado de insectos picadores, raspadores, chupadores y ácaros

- Inspeccione los árboles o plantones antes de introducirlos en el área verde, y separe las bolsas de arbolitos infestados por plaga.
- Revise los árboles periódicamente para ubicar los insectos chupadores o ácaros. Detecte la sustancia dulce que producen. Inicialmente, cuando esta sustancia es excesiva, las hojas parecen cubiertas por una ligera capa de melaza que paulatinamente se vuelve negra por el desarrollo del hongo llamado fumagina.
- Poda las ramas más dañadas y retírelas de las inmediaciones.
- Remueva las plagas con agua a presión usando una mochila de aplicación o una manguera, y asegúrese de limpiar las dos caras de las hojas.
- Use control biológico o algún insecticida biorracional si la población se encuentra en niveles aceptables, y repita tres o cuatro veces cada 7 días, según sea necesario, hasta que se controle la plaga.
- Si hubiera hormigas, trate de controlarlas porque ellas protegen a las plagas.
- Si la población de la plaga superó los niveles aceptables, usar insecticida o acaricida; si los árboles son de porte bajo, mojar bien el follaje en las áreas donde se localiza la plaga y repetir las aplicaciones según las indicaciones. En árboles de mayor altura se puede usar la técnica del *drench*, que funciona con insecticidas sistémicos directo en la base del árbol, para que sea absorbido por las raíces, en un proceso lento, pero de aplicación localizada.

1.2.2. Insectos masticadores

Los adultos son conocidos como mariposas o polillas, las cuales poseen dos pares de alas membranosas que están protegidas por finas escamas. Presentan cuatro etapas en su ciclo de vida: huevo, larva, pupa y adulto. Los adultos son difíciles de ver, pues se esconden en las malezas, el suelo o las partes internas del árbol. Sus larvas pueden ser detectadas en los árboles cuando realizan comeduras de hojas o barrenan tallos o fustes.

Descripción del daño

- El daño lo producen las larvas (orugas) que se alimentan de hojas tiernas o barrenan brotes o tallos.
- Las larvas dejan sus excrementos en las zonas donde se alimentan, lo cual sirve para detectarlas.
- En casos graves, las larvas pueden perjudicar la copa total del árbol y dejarlo completamente sin hojas (ver figura 30).

Especies arbóreas afectadas

Actualmente, la especie más atacada por este grupo de insectos es el huaranhuay, el cual es defoliado por la polilla *Erosina hyberniata* (ver figuras 29 y 31).



Figura 29. Gusano de polilla *Erosina Hyberniata*

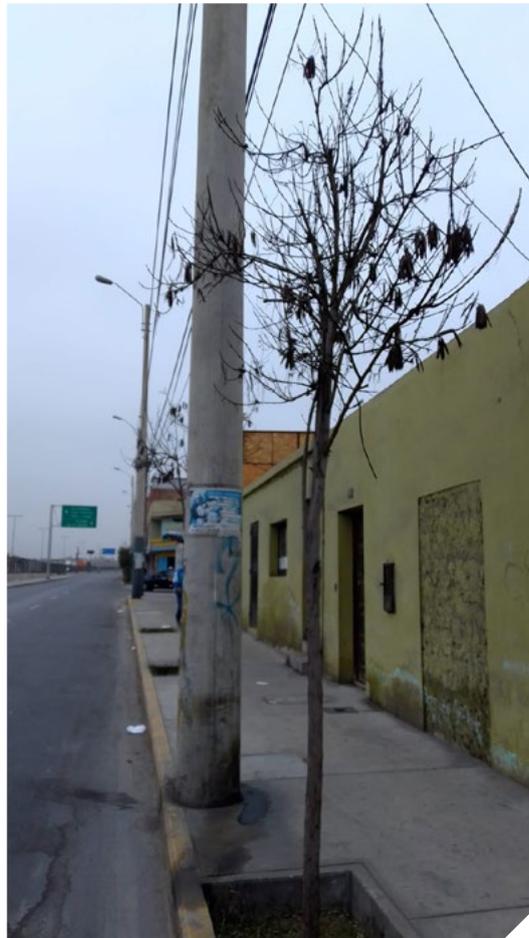


Figura 30. Árbol defoliado por ataque severo de *Erosina hyberniata*.



Figura 31. Adulto de la polilla *Erosina hyberniata*

Manejo integrado de insectos masticadores

- Inspeccione los árboles o plantones antes de introducirlos en el área verde, y separe las bolsas de arbolitos infestados por huevos y orugas de la plaga.
- Mantenga el área libre de malezas que sean fuente de alimento para las orugas.
- Examine los árboles frecuentemente para hallar huevos, larvas u orugas. En caso de no encontrarlos en el follaje, búsquelos en el suelo o en las grietas del tronco.
- Remueva manualmente las orugas, si es posible. Luego, se sugiere colocarlas en un envase con una mezcla concentrada de jabón al 3% o al 5% para matarlas.
- Use control biológico como avispas parasitoides para combatir los huevos y larvas, o chinches succionadores de larvas.
- Asperjar sobre el follaje la bacteria *Bacillus thuringensis* (bt); es recomendable usarla con BB5 para bajar el pH del agua y con una adherente para que las gotas se dispersen uniformemente sobre las hojas, así como repetir de 3 a 4 veces cada 7 días, según sea necesario, hasta que se controle la plaga.
- Si decide usar insecticida, aplíquelo en árboles de porte bajo cuando la población alcance niveles no permitidos. Debe humedecerse todo el follaje y seguir las indicaciones de aplicación.
- Controle las larvas u orugas en sus primeros estadios o etapas, ya que son las más susceptibles.

1.3. Ejemplos de patógenos que causan enfermedades en el arbolado urbano

1.3.1. Pudrición de la madera

La pudrición de la madera en los árboles en Lima es causada principalmente por el hongo *Ganoderma australe*, que presenta una estructura de reproducción llamada “basidiocarpo” o “cuerpo fructífero”, que puede tener más de 40 cm de largo y se forma en la base de los árboles enfermos, sobre la corteza. El basidiocarpo se caracteriza por ser una estructura en forma de repisa, es decir, aplanado en la parte superficial, semicircular, leñoso, de borde ligeramente ondulado de color marrón a café.

En Lima, los principales árboles susceptibles son la ponciana, la acacia, el papelillo, la guaba, etc.

Descripción del daño

- Pudriciones blancas en el fuste principal del árbol, generalmente en la base. Las raíces también son atacadas.
- La pudrición de la madera causa, finalmente, la muerte y caída a los árboles.
- Es la principal enfermedad que ataca a los árboles en Lima, debido a su virulencia y porque no tiene cura.

Especies arbóreas afectadas

- El hongo *Ganoderma australe* ataca al ficus, los árboles del género *Grevillea* y el molle costeño (ver figuras 32 y 33).



Figura 32. Presencia de basidiocarpos en el fuste del árbol de la especie *Schinus terebinthifolius* "Molle costeño"



Figura 33. Basidiocarpos de *G. australe* sobre *Grevillea*

1.3.2. Cancrosis

La principal enfermedad del fuste de los árboles en Lima es causada por el hongo *Chrysosporthe cubensis* y ataca solamente al eucalipto. En los últimos años, se ha extendido por la ciudad de Lima y otras del interior del país.

Descripción del daño

- Los daños empiezan a notarse en árboles mayores a los dos años.
- Provoca la pudrición de la corteza en la base del fuste, agrietamientos, exudación y, finalmente, la muerte del árbol. El síntoma de “cancro”, que sirve para nombrar a la enfermedad, no es precisamente más común en los árboles enfermos.
- No existe cura para esta enfermedad, por lo que la mejor medida de manejo es la eliminación de los árboles enfermos.

Especies arbóreas afectadas

- El hongo *Chrysosporthe cubensis* ataca solamente al eucalipto. Si bien se conoce algunas especies tolerantes en determinados países, no siempre tienen este comportamiento en otros (ver figura 34).



Figuras 34. Síntomas de cancrrosis en árbol del Cercado de Lima

1.3.3. Oidiosis o cenicilla

La oidiosis o cenicilla es causada por el hongo *Oidium* sp. Es un patógeno obligado, es decir, necesita de su hospedante para vivir. Presenta un micelio y estructuras que se desarrollan sobre la superficie de los tejidos de la planta, especialmente en las hojas.

Descripción del daño

- Causa manchas foliares de color blanquecino a grisáceo sobre el haz de las hojas.
- En estados avanzados, se produce encrespamiento, amarillamiento y necrosis del follaje, el cual puede pasar a los tallos y frutos.
- Los más atacados son los brotes, que pueden deformarse y producir una detención del crecimiento del árbol, sobre todo si este es joven.

Especies arbóreas afectadas

La oidiosis (*Oidium* sp.) ataca a varias especies de árboles, como el molle serrano, la tipa, el molle costeño, la tara, el eucalipto y el árbol de Júpiter (ver figura 35).



Figura 35. Oidiosis en foliolos de molle costeño, se presenta sobre todo en el envés de brotes acompañado de un arrugamiento de las hojas.

1.3.4. Roya

Causa manchas foliares en el haz y el envés, y se observan las características “pústulas”, las cuales son erupciones en la epidermis que permiten la salida de las esporas del hongo. Estas esporas son, generalmente, de color anaranjado o amarillas (ver figura 36). Es causada por patógenos pertenecientes al grupo de los basidiomicetos y que son específicos para cada hospedante.

Descripción de daño

- Las manchas foliares causan la reducción del área foliar, por lo que la fotosíntesis y el desarrollo de la planta se ven afectados.
- Provoca defoliación prematura.

Especies arbóreas afectadas

Uno de los géneros más comunes en Lima es *Melampsora* sp., que ataca árboles como el álamo y el sauce llorón.



Figura 36. Pústulas de la roya con esporas de color amarillo

Insectos controladores biológicos

Los insectos plagas presentes en el follaje de los árboles urbanos tienen también insectos controladores naturales que se alimentan de ellos de dos maneras: mediante el parasitismo o la predación. La presencia de estos insectos beneficiosos nos ayuda a reducir las aplicaciones de plaguicidas, por lo que es necesario aprender a reconocerlos, protegerlos y estudiarlos.

Algunas prácticas que ayudan a proteger a los insectos benéficos son:

- Dar uso preferencial a los manejos preventivos y el método de control biológico, y otros métodos no químicos.
- Usar los plaguicidas de baja concentración, solo cuando sea estrictamente necesario y únicamente en la zona afectada por la plaga.
- Sembrar árboles y plantas diferentes. Las áreas verdes urbanas con alta diversidad de plantas y arbustos son un excelente refugio para los controladores naturales. Las especies con flores proporcionan el néctar que necesitan los adultos de muchos insectos depredadores y parasitoides para alimentarse.

Tabla 2. Ventajas del control biológico vs. el control químico

Control biológico	Productos químicos
<ul style="list-style-type: none"> • Los controladores biológicos no producen desequilibrio en el ecosistema. 	<ul style="list-style-type: none"> • Los productos químicos son de fácil disponibilidad, aplicación y no requieren mucha mano de obra.
<ul style="list-style-type: none"> • Buscan a sus hospederos y presas en los lugares donde estos se encuentran. 	<ul style="list-style-type: none"> • Los productos químicos pueden tratar enfermedades o eliminar insectos plagas con seguridad.
<ul style="list-style-type: none"> • Las plagas no desarrollan resistencia ante la presencia de controladores biológicos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Los productos químicos tienen efecto inmediato.
<ul style="list-style-type: none"> • No dejan residuos tóxicos sobre los árboles, por lo que no contaminan el ambiente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Son relativamente más económicos.

Crisopas

Son insectos de color verde, con alas transparentes y ojos de brillo metálico. Se trata de predadores, es decir, se alimentan de otros insectos en su etapa de larva o su estado juvenil, mientras que, cuando son adultos, su alimentación se basa en el néctar de las flores.

Las hembras ponen sus huevos en las hojas, cerca de la plaga, sobre unos filamentos delgados fácilmente reconocibles en el follaje (ver figura 37). Las larvas de crisopa controlan pulgones, arañitas rojas, trips, moscas blancas, queresas y huevos de polilla (ver figura 38).

Parasitoides

Son himenópteros (avispa) o dípteros (algunas especies de moscas) que ponen sus huevos dentro de otros insectos (ver figuras 39 y 40). Cuando las larvas nacen, se alimentan del cuerpo del hospedero. Su eficacia radica en que son específicos para un tipo de plaga y en la rapidez con la que localizan a su hospedero.

Los parasitoides controlan pulgones, queresas escamosas y algodonosas, huevos, larvas y pupas de polillas.



Figuras 37. Estadios de crisopa: huevos (izquierda) y ninfa (derecha)



Figura 38. Individuo adulto de crisopa



Figura 39. Microavispa

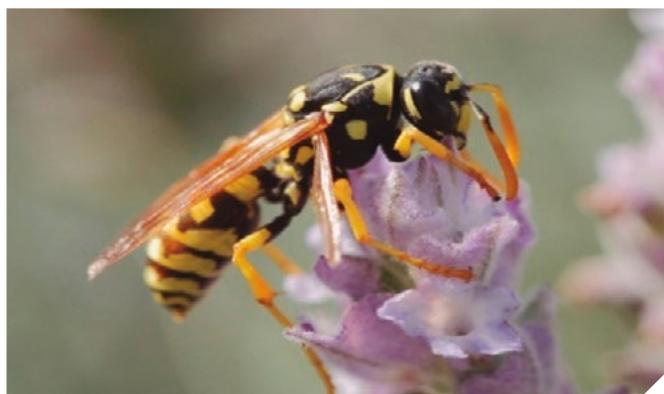


Figura 40. Avispa

Coccinélidos

Conocidos comúnmente como “mariquitas”, tienen el cuerpo circular alargado, en tonalidades rojas, naranjas y marrones, con o sin puntos negros, y con antenas cortas. Los huevos son de color amarillo y son colocados en las hojas en grupo. El estado larval tiene cuerpo alargado de color negro con manchas naranjas y en algunas especies tiene una cobertura cerosa blanca que se asemeja a la plaga (ver figuras 41 y 42).

Son insectos predadores tanto en su estado larval o juvenil como en el estado adulto. Las mariquitas controlan pulgones, moscas blancas, ácaros, queresas algodonosas y huevos de polillas.



Figuras 41. Huevos (izquierda) y larva (derecha) de coccinélido



Figuras 42. Coccinélidos adultos

MÓDULO

8

Trasplante de árboles urbanos



MÓDULO

8

Trasplante de árboles urbanos

Un trasplante es una de las actividades de mayor riesgo que se le puede hacer a un árbol y no debe tomarse a la ligera ni considerarse como el simple cambio de un lugar a otro.

1. ¿Qué se entiende por trasplante de árboles?

Trasplantar un árbol se refiere a moverlo de lugar bajo condiciones meticulosas, que permitan la conservación de todas sus funciones vitales, su forma, su recuperación y la continuación de su desarrollo.

El trasplante de árboles en zonas urbanas tiene como objetivo recuperar individuos que por determinadas características (desarrollo, salud, y calidad) pueden ser colocados en otros lugares que permitan el aprovechamiento de su potencial social, económico y ambiental.

2. ¿Cuáles son los requisitos técnicos para realizar un buen trasplante?

Previamente, se deberán analizar las condiciones en las que se encuentra el árbol, teniendo en cuenta las características de la especie a la que este pertenece. Por otro lado, para evitar inconvenientes (manejo, acordonado y señalización) en la zona de trabajo, se debe tomar en cuenta diversos factores, como las condiciones ambientales, el medio artificial y físico, por ejemplo, edificios y espacios de uso público, infraestructuras aéreas, bienes muebles e inmuebles, tránsito peatonal y flujo de vehículos en las vías continuas, distancia entre la zona de trabajo y pavimento u otras barreras (Gobierno del Distrito Federal, 2008).

3. ¿Cuáles son los condicionantes para realizar el trasplante?

- Se debe asegurar el correcto estado y funcionamiento de los equipos y herramientas de trabajo, tales como los equipos de protección personal, palas, tijeras, serrotes, arpillera, cuerdas y otros.

- Antes del inicio de las labores, se debe revisar la zona de trabajo y el estado del árbol, a fin de evitar riesgos potenciales o la ruptura de raíces, tronco o ramas, además de repasar el orden cronológico de las actividades vinculadas al capado o acondicionamiento de la champa para el trasplante.
- Las herramientas de corte (serrucho, tijeras, motosierra, otros) deben desinfectarse con hipoclorito de sodio al 6 % o cloro comercial en cada momento que se realice el corte de raíces por cada árbol, con el fin de no transmitir enfermedades o infecciones de un árbol a otro.
- Se debe asegurar el corte adecuado de las raíces y verificar que su superficie quede lisa y sin bordes o corteza rasgada.
- Los residuos generados producto de la excavación o las actividades de transporte, no deben obstaculizar el ingreso a estacionamientos o el tránsito de personas y vehículos.

4. ¿Qué limitaciones podrían aparecer en el trasplante?

Debido a los riesgos que representa para el árbol y a los altos costos, un trasplante debe tener una justificación muy precisa. Un árbol de más de 15 cm de diámetro del tronco se considera de riesgo para el trasplante. El árbol puede perder alrededor del 90% de su sistema radicular. Por ejemplo, un individuo con solo 10 cm de diámetro en el tronco puede demorar cerca de 5 años en recuperar sus raíces. Con un diámetro en el tronco más allá de 10 cm, los inconvenientes para lograr un exitoso trasplante incrementan de manera casi logarítmica. No todas las especies se pueden trasplantar, algunas son muy delicadas que cualquier modificación en sus raíces puede provocar su muerte. Las condiciones del terreno también juegan un rol determinante para el progreso o fracaso del trasplante: un terreno muy arenoso, con escombros o piedras, dificulta la conformación del pilón y limita las posibilidades de éxito.

Los árboles manejados en vivero en las parcelas de crecimiento, con podas periódicas o confinamiento de raíces, resultan mejor al trasplante que aquellos con desarrollo a campo abierto, sin restricciones para que sus raíces se expandan. Precisamente, esta es la situación que se presenta cuando es necesario trasplantar un árbol en una construcción.

5. ¿Qué comprende la programación del trasplante?

Las actividades de trasplante deben tener un programa que contemple los procedimientos a seguir y los tiempos requeridos para su realización. Dicho programa puede ser aplicado en casos de reubicación automática, o los que requieran de protocolos del precapado (corte de raíces superficiales y adventicias para conformación del cepellón o de la champa de raíces superficiales del árbol), con un mes o más previo al capado final (corte de raíces más profundas o pivotantes) y el trasplante, que varía de acuerdo con el tiempo o temporada del año. Por otro lado, el programa deberá contemplar actividades de mantenimiento, las cuales se realizarán después del trasplante, con la finalidad de asegurar la subsistencia de los árboles.

6. ¿Qué criterios se consideran para el trasplante?

Para determinar si es recomendable o justificable realizar el trasplante de un árbol, se debe considerar los siguientes criterios:

- Que las condiciones del área permitan hacer la conformación del cepellón o de la champa de raíces del árbol adecuadamente, reduciendo el impacto a los árboles contiguos.
- Su especie y estructura
- El tiempo de estadía en ese lugar
- Su condición fitosanitaria
- Su edad y vigor

7. ¿Cuáles son las recomendaciones técnicas que se deben seguir para realizar el correcto trasplante de un árbol?

- Se debe considerar lo establecido en el Anexo N° 1 de la ordenanza para la gestión, manejo y conservación de áreas verdes y arbolado urbano de la provincia de Lima.
- Se debe seleccionar especies de las cuales se conozcan experiencias exitosas con los trasplantes. De no existir información previa, todas las recomendaciones para que el precapado y capado final sea exitoso deben seguirse rigurosamente. Algunas especies como el cedro (*Cedrela odorata*), la ponciana (*Delonix regia*), entre otras, son bastante sensibles al trasplante.
- Es necesario examinar cada árbol cuidadosamente antes de empezar a prepararlo y solo se deben programar para el trasplante aquellos que estén en buenas condiciones. Un árbol con una expectativa de vida muy corta, o afectado por pudriciones o mutilaciones irreversibles, no justifica trasplantarlo.

- Es importante verificar si la grúa y demás vehículos que se requieren para trasladar el árbol tienen facilidad de acceso al sitio y si el terreno posee las condiciones necesarias para soportar el tránsito de vehículos pesados.
- En el caso de árboles muy voluminosos se debe realizar un recorrido previo desde el sitio inicial hasta el final para detectar posibles obstáculos, especialmente líneas de energía, teléfonos, semáforos y señalización, con el propósito de superarlos oportunamente. Si los limitantes son insalvables se debe pensar en otro lugar final o descartar la posibilidad del trasplante. Para el transporte de árboles grandes es obligatorio coordinar con las autoridades de tránsito para el cierre de vías y las labores de amarre, carga y movilización.
- Una vez definido qué árboles se van a trasplantar se inicia el precapado con suficiente antelación. Este proceso puede tardar de un mes a más de un año en la mayoría de las veces, dependiendo principalmente del clima, la especie y su tamaño. Inicialmente se limpia y marca un círculo alrededor del suelo que rodea al tronco y luego se cava una zanja. Las raíces que se encuentren se limpian en la sección de corte y podan con serrucho bien afilado y limpio, o con motosierra pequeña. Las raíces con diámetro menor de 3 cm se podan con tijera cizalla de brazo mediano o largo, o tijera de poda de mano. El trabajo de zanjeado es manual y no usarse retroexcavadora o cargador frontal para hacer la zanja. No se deben emplear herramientas de impacto como machetes, picos o barretas para cortar las raíces (ver figura 1).



Figura 1. Excavación manual para preparación de cepellón. Fotografía tomada antes de la pandemia de COVID-19

- En Lima, en el periodo estacional de otoño o invierno con alta humedad, se recomienda hacer el precapado, ir conformando el zanjeado por cuartos de circunferencia espaciados, cada mes a tres meses, hasta completar el círculo alrededor del árbol. En el periodo estacional de primavera o verano es usual que esta labor del precapado, durante el zanjeado, se realice de una sola vez, mínimo dos meses antes del trasplante. Esta actividad garantiza la formación de nuevas raíces para la sobrevivencia del ejemplar.
- La distancia a la cual se debe iniciar la excavación en relación con el tronco, y que prácticamente determina el tamaño final de la champa de raíces, varía de acuerdo con las especies, su tamaño y a los recursos disponibles. En general, se sugiere conservar una relación de 1:10 entre el diámetro del tronco y el diámetro de la champa de raíces del árbol. Sin embargo, es en el campo directamente donde se hacen los ajustes necesarios. Por ejemplo, si se encuentra que las raíces son mucho más cortas, puede disminuirse el diámetro del tamaño de la champa de raíces, lo cual facilita algunas labores.
- Una vez podadas las raíces que se encontraron durante la excavación, se tapa de nuevo la zanja con un sustrato preparado de compost o musgo, y tierra removida. Luego, para estimular la recuperación posterior de las raíces que fueron cortadas, es conveniente aplicar en la champa formada y la zanja adyacente, un riego con un producto que contenga fósforo y potasio. En el precapado, el árbol no se mueve del sitio ni se le corta aun la raíz pivotante.
- Cuando se vaya a mover definitivamente el árbol a su nuevo sitio, se inicia el capado final (ver figura 2). En esta fase se retira el sustrato preparado de la zanja perimetral adyacente a la champa precapada, previamente asegurado y apuntalado el árbol a trasplantar con palos rollizos de eucalipto. Se comienza con una pala recta bien afilada a conformar la champa en forma de cono truncado inverso, hasta encontrar la raíz pivotante, procediéndose inmediatamente a asegurar con yute, como se observa en los gráficos posteriores, para luego envolver y cocer el yute con pabito y aguja de herrero de unos 10 a 15 cm. En los costados y alrededor de la base de la champa de raíces, se procede luego a rellenar el espacio entre el yute y la champa con un sustrato preparado con una parte de humus por dos partes de musgo. Terminando de rellenar se procede a culminar el armado con yute cociéndolo en la parte superior de la champa alrededor de la base del árbol a trasplantar. La raíz pivotante o raíces fasciculadas gruesas profundas se podan una vez se tenga amarrada la champa y el árbol este soportado por la grúa. Cortarla antes puede hacer que el árbol se incline y caiga de lado, se desmorone la champa y de esta manera se dificulten las labores posteriores de izada.



Figura 2. Colocación y cosido de tela de yute para protección de cepellón.
Fotografía tomada antes de la pandemia de COVID-19

- Cuando se trata de árboles muy grandes y pesados se recomienda perforar túneles debajo de la champa, atravesar tubos metálicos unidos entre sí y conformar una especie de red o estiva para levantarlos.
- No se recomienda hacer el amarre para levantar el árbol directamente del tronco, porque al tensionarse el cable puede destruir la corteza, anillarlo y matarlo, o si la champa es demasiado pesada puede cizallar.
- Si las condiciones del terreno lo permiten, se pueden cortar las raíces en la base de la champa pasando un cable de acero por debajo y jalarlo con la grúa, pero en la mayoría de los casos por la estrechez de la excavación es difícil hacerlo porque el cable trata de elevarse desmoronando la champa.
- De preferencia evitar la época de verano para no realizar el capado de árboles, y se debe escoger un momento climático apropiado para la movilización: las primeras horas del día o al final de la tarde son más frescas e implican menos estrés para el árbol (ver figura 3).
- Previo a mover el árbol se sugiere señalar en el tallo del árbol un punto cardinal de orientación vigente que tenga y conservarlo en el nuevo sitio (ver figura 4).
- El riego se debe realizar manual e inmediatamente después del trasplante. Se debe controlar el exceso de humedad.



Figuras 3. Izaje de árbol (izquierda) y de palmera (derecha) con grúa pluma



Figura 4. Plantación de árbol trasladado con grúa en la ubicación final

- Se recomienda únicamente podar las ramas reventadas durante el trabajo. Para poder regenerarse, el árbol requiere sus hojas y de él se desprenderán las que no requiera o no pueda sostener. En este aspecto no hay consenso entre los investigadores: algunos proponen podar parte del follaje, principalmente cuando el tamaño de la champa es muy corto.
- Mientras el árbol se restablece, las raíces en proceso de recuperación son muy susceptibles y pueden reventarse con facilidad con cualquier movimiento por el viento, la lluvia, las personas, vehículos, etc. Para contrarrestar este efecto negativo se recomienda la instalación de tutores de apuntalamiento direccional.
- En general, se sugieren tres tutores espaciados alrededor y sujetados al árbol con amarres flexibles para evitar daños en la corteza. Si las condiciones de espacio no permiten este número de soportes, puede utilizarse uno o dos tratando de compensar la dirección de los vientos dominantes. Los tutores de apuntalamiento son ayudas de seguridad temporales que evitan la inclinación o caída del árbol trasplantado y pueden permanecer hasta cerca de un año. Después se retiran.
- Una supervisión durante el precapado, capado, trasplante y postrasplante es fundamental para garantizar un riego adecuado. Además los árboles, después de un trasplante, pueden producir un olor a sustancias fermentadas que atraen insectos perforadores de maderas secas como escolítidos, que de no controlarse oportunamente pueden causar la muerte del árbol.
- Para asegurar el establecimiento y desarrollo adecuado del árbol, se debe realizar actividades de mantenimiento durante el periodo de un año. Dichas actividades deben incluir el riego, abonado, control de plagas y enfermedades, deshierbe, colocación de acolchado (*mulch*), entre otros. Este calendario se debe presentar a la autoridad competente.

Cálculo del peso del árbol a trasplantar para determinar el equipo de carga de tonelaje apropiado

Al tratarse de una operación de alto riesgo para el árbol, es importante calcular el peso total del árbol que se va a mover, juntamente con el de su champa o cepellón. Esto es con la finalidad de conseguir el equipo de carga con tonelaje apropiado mayor al del peso del árbol a trasplantar. De esta manera se evitan improvisaciones de último minuto, que generalmente se traducen en poda drástica y mal realizada. La práctica ha mostrado que una vez se tiene un cálculo del peso total del árbol que se va a trasplantar y de su cepellón o champa, la grúa deberá tener al menos una capacidad de carga equivalente al doble de ese peso.

Se puede obtener una aproximación al peso que se va a mover, así:

- **Primero:** Se calcula el volumen total del árbol, que incluye los volúmenes del tronco, la copa y las raíces, se multiplica por la densidad y se obtiene el peso del árbol.

En general, para los árboles tropicales conocidos también como **latifoliadas**, se puede aplicar la siguiente fórmula:

$$\text{Vol. tronco} = 3,1416 \times d^2 \times h \times 0,52/4$$

$$\text{Vol. copa} = 0,30 \times \text{Vol. Tronco}$$

$$\text{Vol. raíz} = 0,15 \times \text{Vol. Tronco}$$

$$\text{Vol. total biomasa} = \text{Vol. Tronco} + \text{Vol. Copa} + \text{Vol. Raíz}$$

$$\text{Peso} = \text{Vol. Total} \times 1,2$$

Para **coníferas** en general como las araucarias, el ciprés o el pino, la fórmula es la siguiente:

$$\text{Vol. tronco} = (3,1416 \times d^2 \times h \times 0,4)/4$$

$$\text{Vol. copa} = 0,20 \times \text{Vol. Tronco}$$

$$\text{Vol. raíz} = 0,10 \times \text{Vol. Tronco}$$

$$\text{Vol. total biomasa} = \text{Vol. Tronco} + \text{Vol. Copa} + \text{Vol. Raíz}$$

$$\text{Peso árbol} = \text{Vol. Total} \times 1,2$$

Donde:

d = Diámetro del tronco en metros medido a 1,3 m de altura

h = Altura total del árbol en metros

0,52 y 0,40 = Factores mórficos, por conicidad del tronco, para latifoliadas y coníferas correspondientemente

1,2 = Densidad estimada en ton/m³

Vol.= Volumen en m³

- **Segundo:** Se calcula el volumen de la tierra del cepellón o de la champa de raíces, se multiplica por la densidad para este tipo de material y se obtiene el peso del cepellón o champa. Finalmente, se suman ambos resultados para el peso total.

Para calcular el peso de la masa de tierra de la champa o cepellón es conveniente definir si se trata de un cilindro o de un tronco de cono, en caso de haberse rebajado considerablemente en busca de la raíz pivotante.

Si es un cilindro: Vol. Cepellón = $3,1416 \times R^2 \times h$

Si es un tronco de cono: Vol. Cepellón = $h/3 (3,1416 \times R^2 + 3,1416 \times r^2 + 3,1416 Rr)$

Donde:

R= Radio mayor en metros

r = Radio menor en metros

h = Altura del cepellón o champa de raíces en metros

Vol. cepellón o champa = Volumen en m^3

El peso cepellón= Vol. cepellón x 1,8 ton/ m^3

Se asume 1,8 ton/ m^3 como una densidad promedio que incluye piedras, agua u otros materiales presentes además del suelo.

Así, el peso total en toneladas del árbol a mover es: la suma de los pesos del árbol y del peso del cepellón o champa de raíces.

Equipo, herramientas y precauciones necesarias

Existen equipos especializados para trasplantar árboles. Estos, con unas palas hidráulicas, conforman el cepellón o la champa, y los transportan cuidando que no se destruyan, hasta establecerlos en el sitio definitivo (ver figura 5). Se trata de un sistema rápido y seguro, pero con limitaciones en el tamaño máximo.

En nuestro país no existen estos equipos y lo más usual es hacer el trabajo en forma manual. Se inicia la remoción de la tierra con barreta, pico y pala convencional de construcción. Pero cuando aparecen raíces, si son delgadas, se cortan con tijera de podar de mano o de brazo largo, o pala recta muy bien afilada. Si son gruesas se recomienda cortarlas con serrucho curvo de podar y evitar cualquier herramienta de impacto como machetes, barretas o picos. Para esta labor nunca se deben emplear máquinas retroexcavadoras porque revientan y rompen las raíces, y con la vibración le hacen perder cohesión al cepellón o champa.



Figura 5. La extractora de árboles es una máquina montada en camión, ideal para operaciones de jardinería. Dispone de cuatro palas duraderas que penetran en el terreno y que pueden excavar, levantar y plantar árboles de hasta 13 cm o 5" de diámetro. Está diseñada para una mayor potencia y capacidad de maniobra.

8. ¿Cómo se realiza la extracción, traslado y plantación?

Previo al desarrollo de la actividad de trasplante, se debe preparar el hoyo y asegurar la delimitación de la zona de trabajo con señaléticas o elementos visibles. El trasplante se deberá realizar máximo 48 horas posterior a la finalización del proceso de conformación de las raíces. De ser necesario, se sugiere iniciarlo con uno o dos meses previos.

Además, se deberá tomar en cuenta lo siguiente:

- Las actividades de extracción, traslado y plantación deben llevarse a cabo utilizando los métodos y equipos apropiados para minimizar el daño al árbol.
- Para realizar de forma correcta la plantación, es importante considerar las dimensiones del cepellón o envase, con el objetivo de preparar el hoyo apropiado, de acuerdo con la guía para trasplante, poda y tala de árboles.
- El acondicionamiento de los hoyos que están destinados para las plantaciones mediante el retiro de piedras, rocas, cascajo y otros, solo si no forman parte de la infraestructura subterránea. Además, se deberá realizar el mejoramiento del suelo del lugar escogido para la plantación, independientemente de la calidad que esté presente.
- Buscar la verticalidad del árbol en el instante de la plantación, hacer riego intenso interdiario durante dos semanas, abonado de fondo, y aplicar reguladores de crecimiento y la colocación de tensores en caso se requiera.
- Realizar el mantenimiento de acuerdo con lo establecido en el anexo 8 de la ordenanza para la gestión, manejo y conservación de áreas verdes y arbolado urbano de la provincia de Lima.

9. ¿Cómo se determinan los costos de trasplante?

Los costos de trasplante de árboles se determinan de acuerdo con el tamaño de la especie a trasplantar; por ende, variarán de acuerdo con el tamaño. Para determinar los costos de trasplante debemos utilizar los cuadros de metrados para el trasplante de árboles pequeños, medianos y grandes adjuntos, los cuales se ajustarán de acuerdo con los costos unitarios actualizados.

Tabla 1. Análisis de costos unitarios por trasplante de un árbol pequeño (hasta 10 cm de diámetro)

Actividad/insumo/servicio	Unidad	Metrado	Costo unitario (S/)	Costo subtotal/ árbol (S/)
Poda de terciado y balance de la copa	jornal	0,05	200	10
Limpieza de maleza	jornal	0,05	80	4
Preparación de hoyos para trasplante	jornal	0,042	120	5,04
Preparación de zanja del anillado puente	jornal	0,055	120	6,6
Poda de raíces externas de la champa a la raíz (aplicación de cicatrizante Pancil)	jornal	0,05	200	10
Riego de aniego de zanja de anillado	jornal	0,042	80	3,36
Insumo arena de río	saco	1	10	10
Insumo compost o musgo	saco	1	16	16
Insumo humus	saco	0,5	20	10
Enraizador Rapid Root	gr	5	0,3	1,5
Abono orgánico Fosnutren R	ml	8	0,18	1,44
Abono orgánico Humiforte	ml	8	0,18	1,44
Fertilizante NPK 20 - 20 - 20	gr	60	0,07	4,2
Preparación mezcla orgánica de suelo	jornal	0,014	120	1,68
Ensacado y traslado de la mezcla orgánica del suelo	jornal	0,014	120	1,68
Tela yute y accesorios para coser y embalar champa de raíz	m	2	8	16
Cosido y embalado con compost de la champa de raíz con yute	jornal	0,083	120	9,96
Trasplante de árbol chico con pluma hidráulica	jornal	0,083	120	9,96
Trasplante y traslado de árbol chico con pluma hidráulica de 2 TN	Servicio/ árbol	1	44,44	44,44
Riego de restablecimiento y restauración del poseo de riego	jornal	0,0181	120	2,172
Dirección y asistencia técnica	Servicio/ árbol	1	50	50
Depreciación uso de equipos	%	10		
Depreciación de herramientas	%	10		
Subtotal				219,472
Imprevistos (5 %)				8,469
IGV (18 %)				32,014
TOTAL				259,956

Tabla 2. Análisis de costos unitarios por trasplante de un árbol mediano (hasta 20 cm de diámetro)

Actividad/insumo/servicio	Unidad	Metrado	Costo unitario (S/)	Costo subtotal/ árbol (S/)
Poda de terciado y balance de la copa	jornal	0,1	200	20
Limpieza de maleza	jornal	0,1	80	8
Preparación de hoyos para trasplante	jornal	0,06	120	7,2
Preparación de zanja del anillado puente	jornal	0,071	120	8,52
Poda de raíces externas de la champa de la raíz (aplicación de cicatrizante Pancil)	jornal	0,067	200	13,4
Riego de aniego de zanja de anillado	jornal	0,042	80	3,36
Insumo arena de río	saco	2	10	20
Insumo compost o musgo	saco	2	16	32
Insumo humus	saco	1	20	20
Enraizador Rapid Root	gr	8	0,3	2,4
Abono orgánico Fosnutren R	ml	10	0,18	1,8
Abono orgánico Humiforte	ml	10	0,18	1,8
Fertilizante NPK 20 - 20 - 20	gr	80	0,09	7,2
Preparación mezcla orgánica de suelo	jornal	0,028	120	3,36
Ensacado y traslado de la mezcla orgánica del suelo	jornal	0,028	120	3,36
Tela yute y accesorios para coser y embalar champa de raíz	m	2,5	8	20
Cosido y embalado con compost de la champa de raíz con yute	jornal	0,083	120	9,96
Trasplante de árbol mediano con pluma hidráulica	jornal	0,083	120	9,96
Trasplante de árbol mediano con pluma hidráulica de 4 TN	Servicio/ árbol	1	73,3	73,3
Riego de restablecimiento y restauración del poseo de riego	jornal	0,0181	120	2,172
Dirección y asistencia técnica	Servicio/ árbol	1	75	75
Depreciación de equipos	%	10		
Depreciación de herramientas	%	10		
Subtotal				342,792
Imprevistos (5 %)				14,220
IGV (18 %)				50,313
TOTAL				407,325

Tabla 3. Análisis de costos unitarios por trasplante de un árbol grande (de 21 hasta 50 cm de diámetro)

Actividad/ insumo / servicio	Unidad	Metrado	Costo unitario (S/)	Costo subtotal, árbol (S/)
Poda de terciado y balance de la copa	jornal	0,17	200	34
Limpieza de maleza	jornal	0,17	80	13,6
Preparación de hoyos para trasplante	jornal	0,216	120	25,92
Preparación de zanja del anillado puente	jornal	0,25	120	30
Poda de raíces externas de la champa de la raíz (Pencil)	jornal	0,1	200	20
Riego de aniego de zanja de anillado	jornal	0,125	80	10
Insumo arena de río	saco	3	10	30
Insumo compost o musgo	saco	3	16	48
Insumo humus	saco	1	20	20
Enraizador Rapid Root	gr	10	0,3	3
Abono orgánico Fosnutren R	ml	20	0,18	3,6
Abono orgánico Humiforte	ml	20	0,18	3,6
Fertilizante NPK 20 - 20 - 20	gr	120	0,14	16,8
Preparación mezcla orgánica de suelo	jornal	0,0196	120	2,352
Ensacado y traslado de la mezcla orgánica del suelo	jornal	0,0196	120	2,352
Tela yute y accesorios para coser y embalar champa de raíz	m	3,5	8	28
Cosido y embalado con compost de la champa de raíz con yute	jornal	0,125	120	15
Trasplante de árbol grande con pluma hidráulica	jornal	0,167	120	20,04
Trasplante de árbol grande con pluma hidráulica de 8 TN	Servicio/ árbol	1	160	160
Riego de restablecimiento y restauración del poseo de riego	jornal	0,0181	120	2,172
Dirección y asistencia técnica	Servicio/ árbol	1	150	150
Depreciación equipos	%	10		
Depreciación herramientas	%	10		
Subtotal				638,436
Imprevistos				19,192
IGV (18 %)				72,545
TOTAL				730,173

MÓDULO

9

Tratamiento del impacto de obras en subsuelo



MÓDULO

9

Tratamiento del impacto de obras en subsuelo

Suelo de arbolado urbano

Los proyectos u obras en suelo y subsuelo impactan y afectan el desarrollo del arbolado urbano en un área verde de uso público, alterando su naturaleza o su capacidad recreacional y ambiental.

La evaluación de los individuos arbóreos o de porte arbóreo de su jurisdicción, respecto de los cuales se solicite tratamiento de tala y retiro, trasplante o poda severa, deberán acreditar la necesidad de tal acción, a través de un informe técnico visado por un profesional competente.

La autorización de trasplante del individuo arbóreo o de porte arbóreo deberá presentarse con tiempo prudencial, con la finalidad de que el tratamiento sea ejecutado en los meses de junio, julio, agosto y setiembre (épocas frías) donde la vegetación se encuentra en proceso de dormancia.

Para los tratamientos de tala y retiro, poda severa o trasplante del individuo arbóreo o de porte arbóreo, se requiere en forma previa al trámite que se realice ante la Municipalidad de Lima, la opinión técnica de la municipalidad distrital, conforme a lo dispuesto en el reglamento de la ordenanza N.º 525 publicado a través del Decreto de Alcaldía N.º 073 en el 2005.

A continuación, se mencionarán ejemplos de obras, las actividades que comprenden y los impactos que generan:

Obras en suelo de emplazamiento de arbolado urbano. Comprende las siguientes actividades de intervención en el suelo, que es de dominio físico y ambiental del árbol, las cuales deben ser objeto de evaluación previa a su autorización o denegación, si es que se traduce en riesgos que comprometen el normal desarrollo del arbolado.

- Habilitación de veredas o pavimentación del suelo debajo de la proyección de la copa de arbolado
- Cambio de uso del suelo debajo de la proyección de la copa, de área verde a otro uso
- Reducción del área de suelo bajo la proyección de la copa del árbol

- Colocación de geomantas para riego y drenaje bajo la proyección de la copa
- Retiro y renovación de veredas o vías levantadas por raíces de arbolado
- Retiro de planchas de concreto
- Edificaciones para pequeños negocios
- Obras para parqueo vehicular

Obras en subsuelo de arbolado urbano. Está comprendido por las siguientes actividades de intervención en el subsuelo donde se alojan las raíces, que es de dominio físico y ambiental del árbol, las cuales son susceptibles de evaluación previa a su autorización. Esta puede ser denegada si es que compromete el normal desarrollo de las raíces del árbol:

- Muros de cerco perimetral
- Construcción de edificaciones
- Construcción de pozos a tierra
- Colocación de tuberías de desagüe o de agua potable
- Colocación de ductos de gas
- Colocación de redes de energía
- Colocación de postes de telefonía o de energía
- Cambios de ductos que cruzan el subsuelo de arbolado
- Renovación de veredas o vías levantadas por raíces de arbolado
- Cambio de uso del subsuelo de arbolado urbano para estacionamientos
- Cambio de uso del subsuelo de arbolado urbano para sótanos, depósitos o baños
- Colocación de cisternas

Impactos de obra en suelo y subsuelo de arbolado urbano

- Poda de raíces que pone en riesgo la vida del árbol
- Poda de raíces que puede originar desestabilización del árbol
- Poda de raíces que puede poner en riesgo el anclaje del árbol
- Poda severa de desmoche de copa que puede originar la muerte del árbol
- Retiros de lozas de concreto que están sobre las raíces del árbol
- Apertura de zanjas que originan poda de raíces laterales

- Poda de raíces al ras del tronco
- Desnivelación del suelo que origina exposición y poda de raíces, dejando al descubierto la base del tronco con las raíces expuestas como champa amontonada sobre el nivel del suelo de la nueva superficie y en situación de riesgo de caída del árbol
- Eliminación de la capa arable del suelo superficial donde se emplaza el árbol
- Pavimentación del subsuelo, por debajo de las raíces para edificación de techos de sótanos
- Pavimentación del suelo superficial debajo de la proyección de la copa del árbol, para cambio de uso del suelo

Tratamiento del impacto

El tratamiento del impacto de obras en el subsuelo, suelo del arbolado urbano, solo se realiza cuando se presentan aquellas actividades de intervención en el ambiente de dominio del árbol en el espacio público. Actualmente existen diversos sistemas de protección de raíces para árboles urbanos frente a los diversos casos de daños (ver figura 1). Sin embargo, cuando el riesgo es muy alto para la sobrevivencia del árbol, se optará como última medida de emergencia por la tala o derribo del árbol, después de evaluar las siguientes acciones, tal como se observa en el orden de prioridad de tratamientos ya descritos en el presente manual.

- Trasplante con reubicación del árbol en el mismo ámbito de la localidad
- La mencionada poda y tala o derribo del árbol, como último tratamiento a seguir

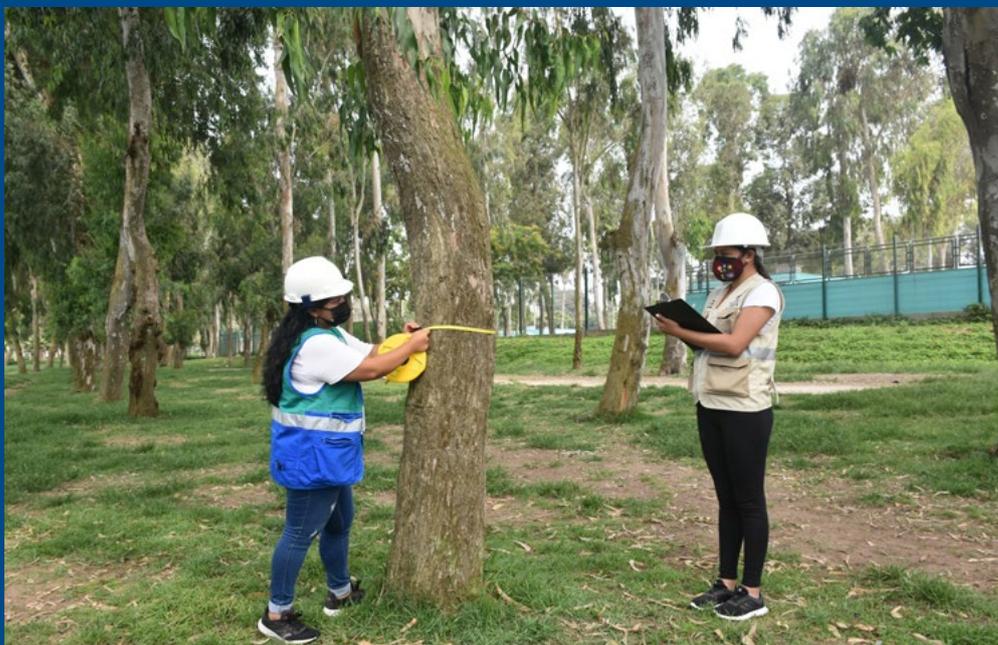


Figura 1. Sistemas modernos de protección de raíces en vías públicas

MÓDULO

10

Inventario de arbolado urbano



MÓDULO 10

Inventario de arbolado urbano

1. ¿Qué es el inventario forestal urbano?

El inventario forestal urbano constituye una actividad de estadística dasonómica cuyo objetivo es el levantamiento de una serie de datos, relacionados a las características físicas y de localización de todos los individuos arbóreos del espacio urbano y periurbano de la ciudad, a través de una sistematización forestal.

El inventario permite determinar de manera cualitativa y cuantitativa el potencial del arbolado. En términos cualitativos, permite conocer la localización geográfica exacta en el espacio urbano, variación de la masa arbórea en diferentes áreas o estratos, características intrínsecas de las especies arbóreas registradas (forma de fuste y de copa, daños físicos o fitosanitarios), entre otras. En términos cuantitativos, determina principalmente el número de especies arbóreas por unidad de área y sus variables dasométricas (DAP, altura total, altura de fuste, radio de copa). Asimismo, el inventario permite estimar la demanda per cápita de arbolado en la ciudad, así como poder valorizar los servicios ambientales que prestan.

2. ¿Cuáles son los lineamientos para el desarrollo del formato de inventario forestal urbano en Lima Metropolitana?

Los lineamientos que se mencionan a continuación se aplican en el desarrollo del inventario forestal urbano, el cual debe ser elaborado por las municipalidades distritales y los órganos de corporación de la Municipalidad de Lima, con injerencia en el tema.

Se recomienda hacer uso del Formato N° 2 (Inventario de arbolado) de la ordenanza para la gestión, manejo y conservación de áreas verdes y arbolado urbano de la provincia de Lima, por cada área verde que presente el distrito en parques, plazas, alamedas, entre otros; a fin de obtener una información específica e independiente del arbolado por cada área verde (ver tabla 1).

Tabla 1. Formato de inventario forestal urbano

INVENTARIO DE ARBOLADO URBANO											
Distrito:		Tipo de Área Verde:					Fecha:				
Gerencia responsable/ Funcionario:		Lugar del Área Verde:					N.º Total de Árboles:				
Técnico Evaluador:		Tipo de Riego:					N.º Total de Palmeras:				
Nº	Nombre Común	Nombre Científico	Coordenadas UTM (WGS 84)		Palmera	Arbol	Mediciones Forestales			OBSERVACIONES	RECOMENDACIONES
			Este (X)	Norte (Y)			Altura Total del Árbol (m)	Altura de Fuste (m)	DAP (cm)		
1											
2											
3											
4											
5											
TOTAL											
TIPO DE ÁREA VERDE			OBSERVACIÓN					RECOMENDACIONES			
Parque/Plaza/ Bosque Urbano			Multicaule: Cuando tiene más de 1 troncos. Se numeran cada tronco con el mismo número y diferente letra y se toman los datos de cada tronco de forma independiente.					Enriquecimiento con abono.			
Alameda/Malecón/ Paseo/Pasaje			Altura de árboles inclinados: Se toma dato de la longitud del fuste y la longitud total del árbol.					Replantado vertical del árbol.			
Separador Central			Daño físico: Causado por mala poda, ruptura de ramas, choque de carro, etc					Curar y/o evaluar el riesgo de caída.			
Berma Lateral			Daño fitosanitario: Causado por plagas o enfermedades.					Tratamiento fitosanitario.			
Intercambio Vial, Óvalo.			Situación de riesgo: Inclinado; Muy inclinado en sentido de la dirección del viento.					Poda, trasplante o retiro del árbol.			
Otros.			Muerto en pie.								

Cada individuo arbóreo del área verde en evaluación, sea árbol o palmera, deberá contar con sus coordenadas de referencia UTM-WGS84.

a. Código de la especie arbórea para el Inventario forestal urbano

Cada individuo arbóreo que forme parte del inventario forestal urbano, estará identificado mediante un código gráfico alfanumérico, por ejemplo "1-E1" (ver figura 1). El gráfico de la copa describe la ubicación gráfica georreferenciada, la denominación "E1" indica de qué especie forestal se trata, el dígito "1" indica qué número de árbol/palmera es esa especie forestal, en ese parque. Esto se describe en la figura 1.

b. Encabezado del formato

- **Distrito.** Se designa el nombre del distrito en el cual se ha elaborado el presente inventario forestal urbano.
- **Gerencia responsable/funcionario.** Se indica la persona a cargo de la gerencia responsable.
- **Técnico evaluador.** Es la persona natural o jurídica que lleva a cabo el inventario forestal urbano del distrito.
- **Tipo de área verde.** Se designa el tipo de área verde en evaluación. Esta puede ser: parque, plaza, bosque urbano, alameda, malecón, paseo, pasaje, separador central, berma lateral, intercambio vial, óvalo u otros.
- **Lugar del área verde.** Se describe la denominación municipal que recibe el área verde en evaluación. Ejemplo: Parque Los Lirios.

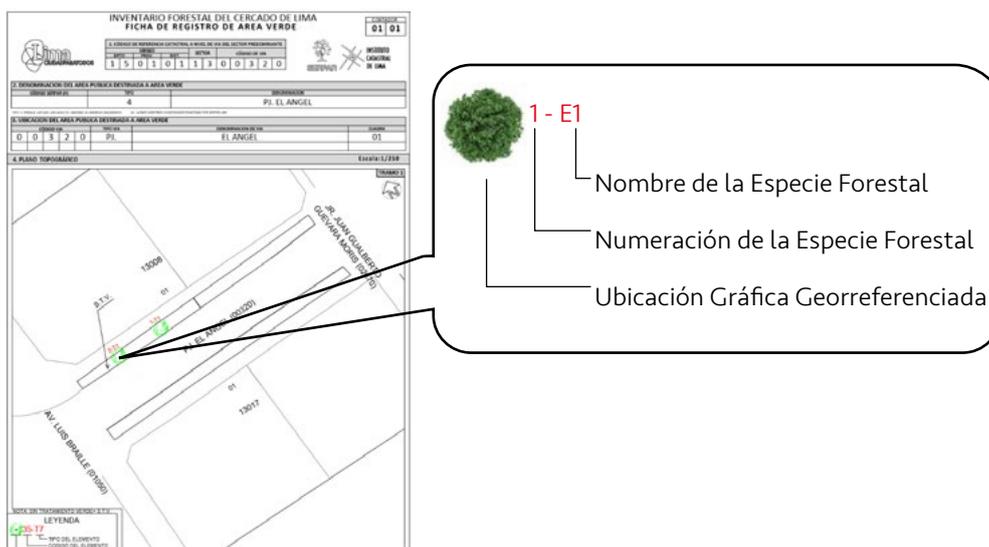


Figura 1. Código de la especie forestal

- **Tipo de riego.** Se describe el sistema de riego que se emplea en el área verde en evaluación. Este puede ser: tecnificado (aspersión o goteo) o convencional (inundación o gravedad, dispersión con camión cisterna o uso de manguera del punto de agua).
- **Número total de árboles.** Es la suma total de individuos de la especie arbórea que presenta el área verde en evaluación. No se deberán considerar especies arbustivas, y los individuos en mención a ser considerados deberán contar con una altura mayor a 2,5 metros o tener un DAP > 5 cm.
- **Número total de palmeras.** Es el número total de individuos procedentes de la familia Arecaceae (Palmae), que presenta el área verde en evaluación. Los individuos en mención a ser considerados deberán contar con una altura mayor a 2,5 metros. La familia Arecaceae comprende todas aquellas plantas que poseen un penacho o rosetón de hojas en la zona superior del estípite*, por lo general solitario y a veces multicaule (varios troncos).

**Estípite* : botánicamente es el nombre que recibe el tronco o falso tronco de las palmeras.
- **Fecha de ejecución.** Es la fecha en la cual fue realizado el inventario forestal urbano.

c. Contenido del formato

- **Nombre común**
Es aquel apelativo por el cual una especie arbórea o palmera es conocida, al margen del nombre científico.
- **Nombre científico**
Se emplea para nominar a los taxones creados por la ciencia de la taxonomía. Se conforma de dos palabras: el género y la especie, basado en el sistema binomial de Linneo, cuyas características son:
 1. Letras cursivas o subrayadas
 2. El primer nombre siempre es el género con la primera letra en mayúscula y las demás en minúsculas
 3. El segundo nombre (especie) va en minúsculas
- **Coordenadas UTM-WGS84**
El individuo en evaluación debe estar debidamente georreferenciado en el Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator (UTM) con Sistema de Referencia Geodésico WGS 84.

Nota:

Las coordenadas se toman por cada individuo; es decir, si tenemos una especie con 20 individuos, debemos contar con 20 coordenadas distintas, dependiendo de la ubicación de cada individuo.

- **Árbol o palmera**

Consignar mediante el número "1" la presencia del individuo en evaluación, sea un árbol o palmera.

Mediciones forestales

Para iniciar las mediciones forestales, es necesario tomar en consideración las características del tallo o tronco principal del árbol o palmera, a la altura de 1,3 m con relación al ras del suelo, a fin de determinar si es monocaule o multicaule, tal como se observa en la figura 2.

Consideraciones:

- **Monocaule (A).** Es aquel árbol (individuo) que tiene un solo tronco (Plumed y Costa, 2013) a una altura de 1,30 m del nivel del suelo. En este caso, el árbol se contabilizará como un solo individuo.
- **Multicaule (B y C).** Es aquel árbol que presenta varios troncos (Moraes, 1989) a una altura menor a 1,30 m del nivel del suelo. Para los árboles B y C (ver figura 2) tendrán datos forestales de los troncos independientemente, tales como: altura total (Ht), altura de fuste (Hf), DAP y radio de copa. Cada tronco se enumerará con un mismo número, pero diferente letra; esto dado que forman parte de un mismo individuo (sea árbol o palmera), tal como se evidencia en la tabla 2.

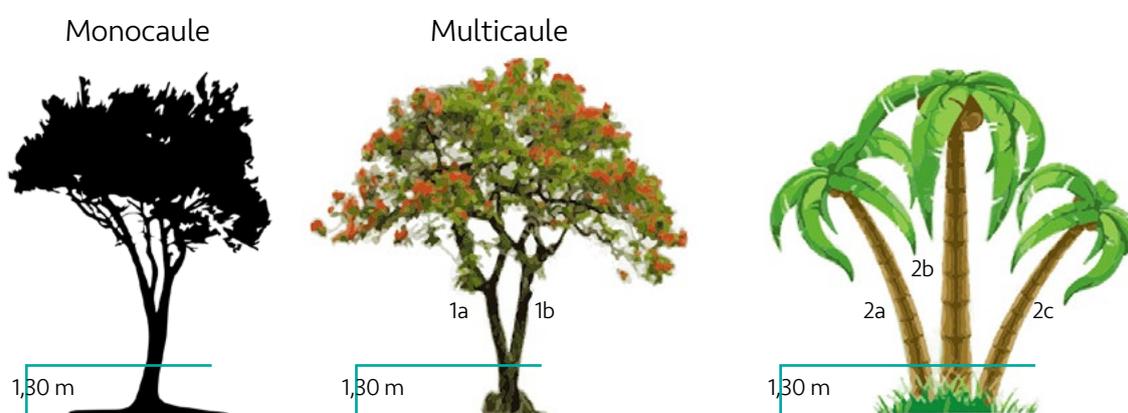


Figura 2. Características del tallo principal del árbol

Tabla 2. Llenado del formato para individuos multicaules

N°	Nombre común	Nombre científico	Coordenadas UTM (WGS 84)		Árbol	Palmera	Mediciones forestales				Observaciones
			Este (X)	Norte (Y)			Altura total del árbol (m)	Altura de fuste (m)	DAP (m)	Radio de copa (m)	
1a	Ponciana	<i>Delonix regia</i>	0278840	8667669	1		6,5	4,5	0,42	5,20	Árbol multicaule 2 troncos
1b	Ponciana	<i>Delonix regia</i>	0278840	8667669			7,0	5	0,45	6,20	
2a	Palmera hawaiana	<i>Dypsis lutescens</i>	0278842	8667659	1		3,5	2,8	0,21	2,2	Palmera multicaule 3 troncos
2b	Palmera hawaiana	<i>Dypsis lutescens</i>	0278842	8667659			3,1	2,5	0,19	1,3	
2c	Palmera hawaiana	<i>Dypsis lutescens</i>	0278842	8667659			4,2	3,0	0,26	2,5	

a. Altura total del árbol – Ht (m)

Es la distancia vertical entre el ras de suelo y la hoja final más alta del árbol¹.

b. Altura de fuste – Hf (m)

Es la distancia vertical entre el ras del suelo hasta el inicio de la mayor proliferación de ramificación o copa. Se utiliza para estimar el volumen de madera, biomasa y carbono del tronco.

En el caso de árboles inclinados, la altura de fuste y la altura total corresponden a la longitud de fuste y la longitud del árbol (ver figura 3). Por otro lado, para las palmeras se considera altura de fuste similar a los árboles con excepción de la especie *Roystonea regia* (ver figura 4).

A fin de obtener una buena precisión con relación a las alturas del árbol, se pueden emplear instrumentos para medición tales como: hipsómetros Blume-Leiss, Haga, Sunnto, entre otros (ver figura 5).

c. Diámetro de la altura de pecho – DAP (m)

Entre todos los diámetros y circunferencias que pueden medirse, el diámetro de referencia y la circunferencia de referencia juegan un papel esencial (Cailliez, 1981). El DAP es una medida muy importante por dos razones principales:

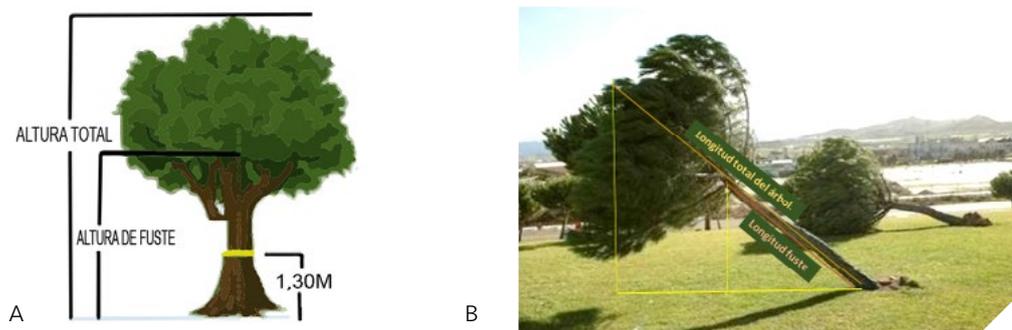


Figura 3. Consideraciones para la determinación de alturas en árboles ($H_t > 2$ m)

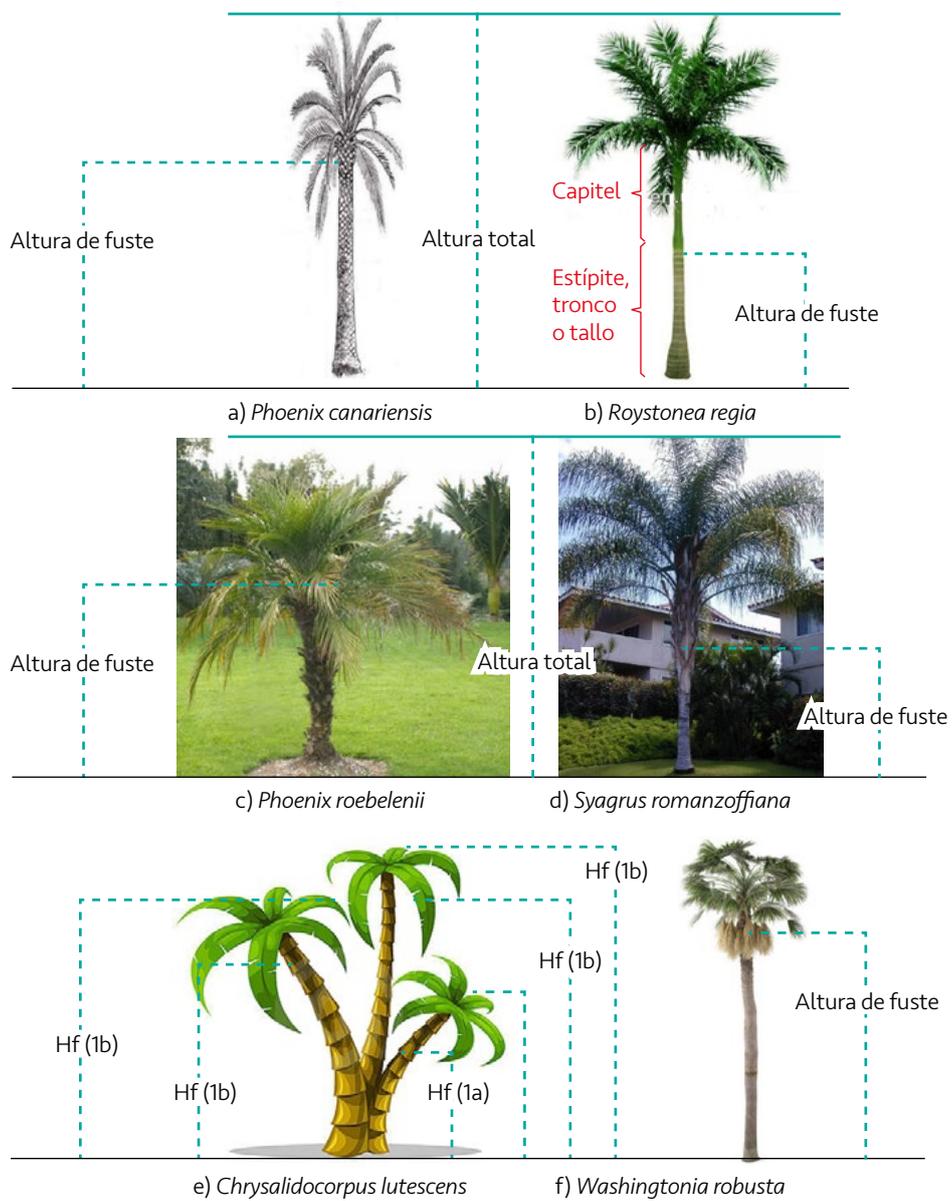


Figura 4. Consideraciones para la determinación de alturas en palmeras ($H_t > 2$ m)



Figura 5. Medición de la altura del árbol con hipsómetro

- Porque es un indicador del grosor del tronco y, por lo tanto, de su volumen.
- Porque otras características cuantitativas del árbol están correlacionadas con él, como la altura.

En árboles en pie, este diámetro se mide a 1,30 m del nivel o ras del suelo.

Entre los instrumentos que se emplean para medir directamente el diámetro a la altura de pecho se encuentran la forcípula (ver figura 6) y la cinta diamétrica. Caso contrario se puede obtener indirectamente, empleando la cinta métrica, a partir del perímetro o longitud de la circunferencia del árbol (L_c), siendo $L_c = 2\pi R$, $2R = \text{DAP}$; por consiguiente, el $\text{DAP} = L_c / \pi$.

Para fustes irregulares, la medición es una sola vez en caso de emplear una cinta diamétrica o métrica; mientras que, en caso de emplear la forcípula (ver figura 7), se toman dos mediciones, una por el diámetro mayor y otra por el diámetro menor, siendo el promedio de ellos el DAP (FAO, 2020).

En la figura 8 se ilustran algunos casos que ocurren en la práctica para la definición del diámetro a la altura de pecho (DAP).

Consideraciones

- **Caso A.** Aquellas palmeras que presentan una gran altura total, el DAP se toma a una distancia de 1,30 m del suelo (ver figura 9).



Figura 6. Medición del DAP con forcípula

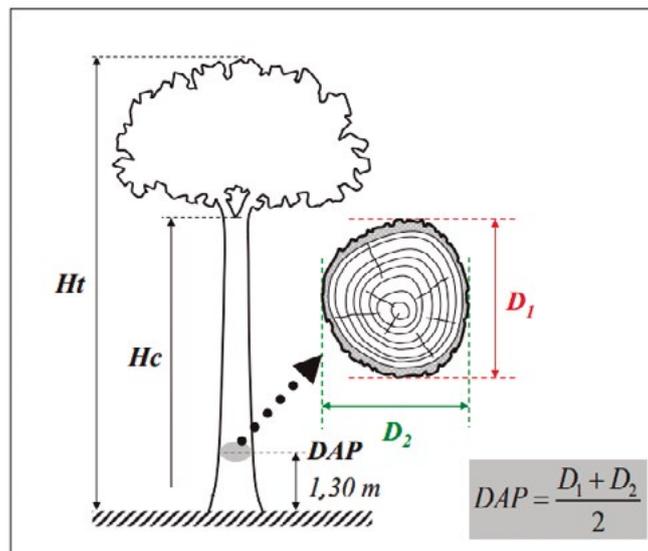


Figura 7. Medición del DAP empleando forcípula

Diámetro de referencia para árboles

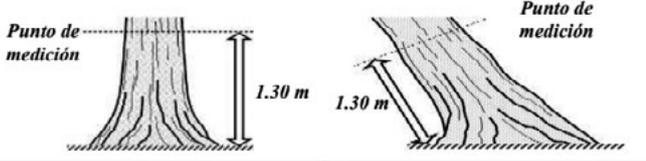
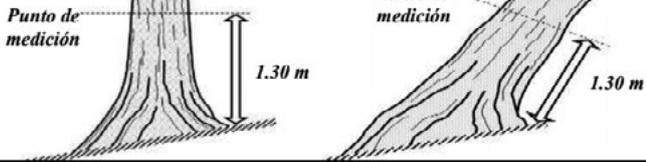
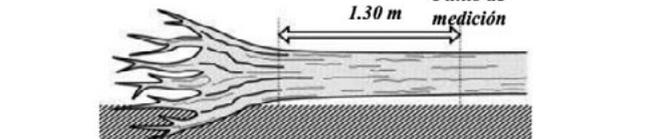
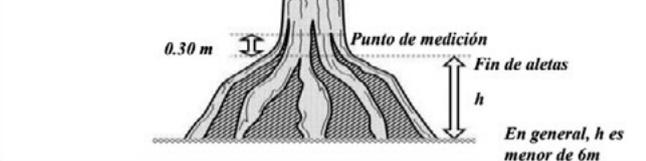
<p>Terreno plano</p>	 <p>CASO 1: Árboles verticales sin aletas o con aletas menores de 1.00 m o sin raíces aéreas menores de 1.00 m.</p> <p>CASO 2: Se toma la medición del diámetro a 1.30 m del lado hacia donde se inclina el árbol.</p>
<p>Terreno inclinado</p>	 <p>CASO 1: Se toma la medición del diámetro a 1.30 m por el lado superior a la pendiente.</p> <p>CASO 2: Se toma la medición del diámetro a 1.30 m por el lado superior a la pendiente.</p>
<p>Árbol caído</p>	 <p>La medición del diámetro se realiza a 1.30 m desde el punto de transición entre el tronco y la raíz.</p>
<p>Presencia de aletas</p>	 <p>En general, h es menor de 6m.</p> <p>Cuando la altura (h) de las aletas supera los 1.30 m sobre el nivel del terreno, tomar la medición del diámetro, a 30 cm sobre el fin de las aletas.</p>
<p>Presencia de bifurcaciones</p>	 <p>CASO 1: Bifurcación por debajo de 1.30 m. Considerar como 02 individuos independientes por lo tanto se toman 02 diámetros.</p> <p>CASO 2: Bifurcación por encima de 1.30 m. Se toma 01 sola medición del diámetro.</p>
<p>Presencia de anomallas</p>	 <p>CASO 1: Deformación antes de 1.30 m sobre el nivel del suelo. Tomar la medición por encima de la deformación.</p> <p>CASO 2: Deformación antes e inmediatamente después de 1.30 m sobre el nivel del suelo. Tomar el promedio de las dos mediciones.</p>

Figura 8. Mediciones del diámetro a la altura de pecho (DAP), según las características del árbol

- **Caso B.** Aquellas palmeras que presentan una clara demarcación entre el estípite y el capitel, se establecerán las siguientes consideraciones:

Si el estípite tiene una altura menor a 1,30 m del nivel del suelo, el DAP se toma en el punto medio del estípite.

Si el estípite tiene una altura mayor 1,30 m del nivel del suelo, el DAP se tomará a la distancia de 1,30 m.

- **Caso C.** Aquellas palmeras que son multicaule y que no presentan una clara demarcación entre el estípite y el capitel, el DAP siempre se toma a una altura de 1,30 m del suelo, de manera independiente por cada tronco, los mismos que forman parte de un mismo individuo.

En aquellas palmeras que no presentan una clara marcación entre el estípite y el capitel, y su estípite no alcanza la altura de 1,30 m del suelo, el DAP se toma en la parte media de su estípite.

d. Radio de copa (m)

La medición del radio de copa de los árboles (R_c) permite calcular el nivel de cobertura de una especie (FAO, 2020). Para las mediciones del radio de copa se deberá emplear convenientemente una wincha o una cinta métrica de mayor

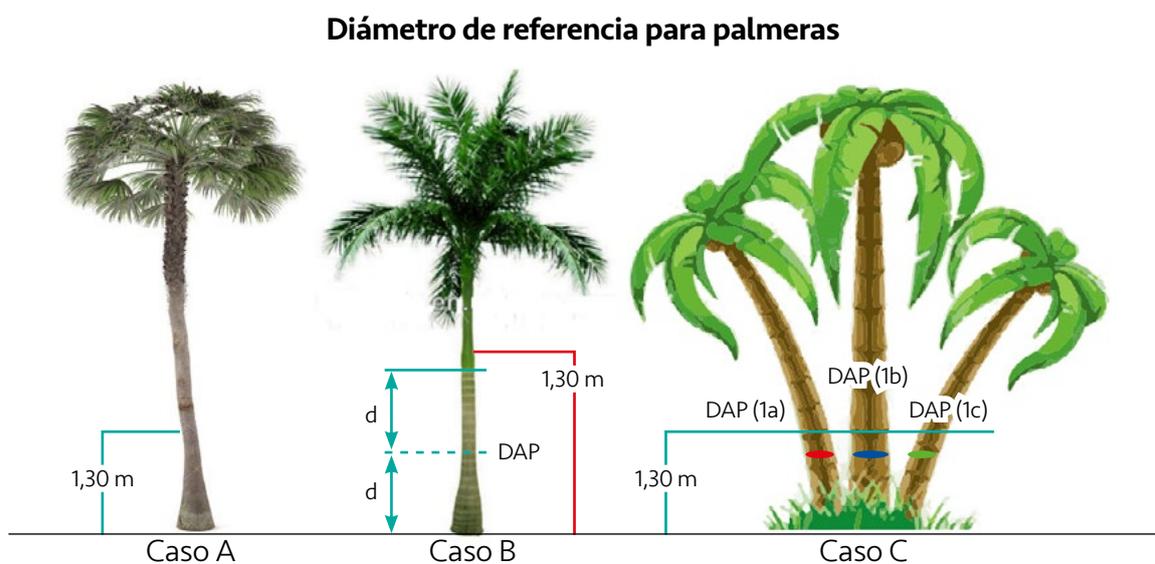


Figura 9. Mediciones del diámetro a la altura de pecho (DAP), según las características de la palmera

longitud (ver figura 10).

Consideraciones

- A (copa regular). Es cuando las copas del árbol presentan un radio uniforme.
- B (copa irregular). Es cuando las copas del árbol o palmera presentan radios diferenciados, por lo que el radio de copa (R_c) se obtendrá del promedio del radio mayor (R_{c1}) y el radio menor (R_{c2}):

$$R_c = (R_{c1} + R_{c2}) / 2$$

e. Observaciones

En la columna de observaciones, se deberá considerar los siguientes puntos:

- Si el árbol o palmera en evaluación es multicaule, es necesario indicar el número de troncos que conforman el individuo, ejemplo: árbol multicaule

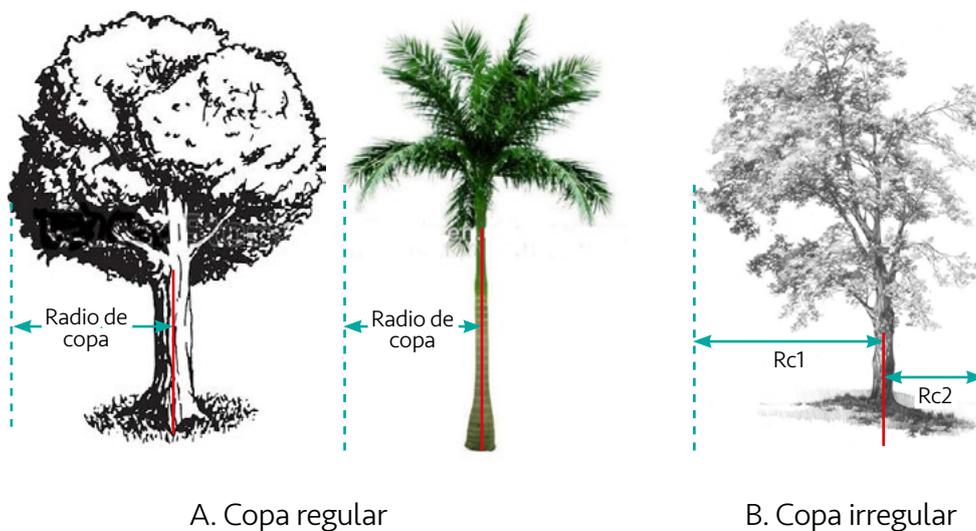


Figura 10. Radio de copa (R_c)

2 troncos.

- Se debe señalar si el árbol o palmera en evaluación presenta algún **daño físico** causado por una mala poda, ruptura de ramas, choque de carro, presencia de clavos, entre otros.
- Es necesario señalar si el árbol o palmera en evaluación presenta algún **daño fitosanitario** causado por plagas o enfermedades.
- Es necesario señalar si el árbol o palmera en evaluación presenta alguna situación de riesgo: inclinado o muy inclinado en sentido de la dirección del viento.
- Se debe señalar si el árbol o palmera en evaluación se encuentra muerto/a en pie.

f. Recomendaciones

En esta columna, se deberá establecer las siguientes recomendaciones, acorde a las observaciones presenciadas durante la evaluación, tales como:

- Enriquecimiento del individuo con abono
- En caso de árboles considerablemente inclinados, la propuesta del replantado vertical del árbol
- En caso de algún daño físico, la recomendación de curar o evaluar el riesgo de caída
- En caso de algún daño fitosanitario, la recomendación de su tratamiento contra este
- En caso de situación de riesgo o muerto en pie, la recomendación de la poda, trasplante o retiro del árbol

Culminado el desarrollo del formato del inventario forestal urbano del distrito en evaluación, se deberá desarrollar el “Cuadro consolidado de taxonomía y cantidad de las especies forestales reportadas”, donde se establecerá el nombre común, nombre científico, familia botánica y cantidad de individuos por especie identificada (ver tabla 3).

Tabla 3. Consolidado de taxonomía y cantidad de las especies forestales reportadas

Item	Nombre común	Nombre científico	Familia botánica	Cantidad de individuos
1	Molle costeño	<i>Schinus molle</i>	Anacardiaceae	5
2	Palmera abanico	<i>Washingtonia robusta</i>	Arecaceae	3
3	Chiflera gigante	<i>Schefflera actinophylla</i>	Araliaceae	3
4	Cresta de gallo	<i>Erythrina crista-galli</i>	Fabaceae	2
5				
6				

Descripción de especies dominantes del arbolado urbano de Lima

En esta sección se encuentra la descripción detallada de las especies identificadas en la provincia de Lima, en especial aquellas que se consideran recomendadas para su siembra en el suelo urbano. El proceso de identificación tomó como base elementos tales como:

- Especies representativas que presentan un mayor número de individuos y no afectan la infraestructura urbana
- Especies arbóreas que prestan servicios ambientales relevantes como: fijación de nitrógeno que mejore la calidad del suelo, facilitadoras del manejo de laderas, mayor capacidad de captación de CO₂
- Árboles que históricamente y socialmente son conocidos por los habitantes de Lima

La información que se presenta a continuación tiene como finalidad:

- Facilitar el reconocimiento de las especies actuales con el fin de identificar acciones
- Brindar información de condiciones generales y uso, que posibilite la toma de decisiones para la siembra de una nueva especie, así como los servicios ecosistémicos que brindan

1. Molle serrano

Descripción botánica

Nombre científico: *Schinus molle* / *Schinus areira* (ex *Schinus molle* var. *areira*)

Familia: Anacardiaceae

Árbol perennifolio, de 4 a 8 m de altura hasta 15 m. Presenta copa globosa, tallo sinuoso y a veces vertical, hojas de color verde claro con aroma resinoso, flores en panículas de tamaño pequeñas y numerosas de color blanco-amarillento, y fruto en racimo de color rosado o rojizo (ver figura 11).

Descripción forestal

- **Origen botánico.** Originario de la región andina de Sudamérica, del sur de Brasil para el caso del *Schinus molle* y el noroeste de Argentina para el *Schinus areira*; ambos se encuentran también en Perú, Ecuador, Chile y Bolivia.
- **Hábitat de origen.** Monte ribereño, quebradas secas, en zonas ecológicas del tipo árido y semiárido, hasta los 2000 m s. n. m.
- **Origen sucesional.** Bosque secundario del monte ribereño de costa y valles interandinos.
- **Hábito de vida.** Siempre verde, heliófita (exigente en luz).



Figura 11. Árboles de molle serrano

- **Tipo de reiteración.** colonial.
- **Floración.** axilar y terminal (ver figura 12).
- **Modelo arquitectural.** Scarrone.
- **Velocidad de crecimiento.** Rápido (*Schinus areira* crece más rápido que el *Schinus molle*).
- **Requerimientos de abono.** Abonamiento orgánico de fondo. con abundante compost, musgo, humus y ácidos húmicos.
- **Requerimiento hídrico.** es importante en las primeras etapas de crecimiento tenga un riego moderado durante el año, resiste a la sequía.
- **Hidrotropismo de raíces.** Localizado en el ámbito de proyección de la copa.
- **Reemplazo foliar.** Semicaducifolio, retoñamiento de nuevas hojas cuando aún no termina el recambio foliar anual.
- **Presencia de látex.** Ausente, presenta resina muy aromática que se aprecia con solo tronchar una hoja o ramilla.
- **Propagación.** Mediante semilla, injerto, brotes y esquejes. Es poco resistente al trasplante (ver figura 13).
- **Uso urbanístico.** Ornamental, por lo general se planta a orillas de caminos y como árbol de sombra en calles, parques y jardines (Joker et al., 2002). Se usa como barrera rompevientos, sus semillas son usadas para hacer chicha (pero presenta riesgo de toxicidad), también es usado como repelente de mosquitos.



Figura 12. Inflorescencia del molle serrano



Figura 13. Frutos maduros del molle serrano

2. Molle costeño

Descripción botánica

Nombre científico: *Schinus terebenthifolius*

Familia: Anacardiaceae

Árbol de 7 a 15 m de altura. Siempre verde, con copa densa de color verde oscuro, tronco corto y curvo, hojas lustrosas, flores de color blanco-amarillento, con frutos drupa globosa de color rojo vivo (ver figura 14).

Descripción forestal

- **Origen botánico.** Nativo de Brasil, y extendido en América Tropical y subtropical. Regiones subtropicales, tropicales y templadas más cálidas.
- **Hábitat de origen.** Se encuentra a lo largo de vías fluviales y carreteras, en matorrales urbanos, bosques abiertos, sitios perturbados, áreas de desechos y humedales costeros.
- **Origen sucesional.** Bosque secundario.
- **Hábitat de vida.** Heliófila.
- **Tipo de reiteración.** Colonial.
- **Floración.** axilar y terminal (ver figura 15).
- **Modelo arquitectural.** Scarrone.
- **Velocidad de crecimiento.** Medio.
- **Requerimientos de abono.** Abonamiento orgánico de fondo. con abundante compost, musgo, humus y ácidos húmicos.
- **Requerimiento hídrico.** Menor frecuencia de riego semanal.
- **Hidrotropismo de raíces.** Localizada bajo la proyección de la copa del árbol.
- **Reemplazo foliar.** Siempre verde, retoñamiento de nuevas hojas cuando aún no termina el recambio foliar anual.
- **Presencia de látex.** Tiene un látex aromático que causa reacciones cutáneas.
- **Propagación.** Por semillas y es muy resistente al trasplante.
- **Usos.** Los frutos son sustituto de la pimienta, pero es de riesgo por su marcada toxicidad. Su madera se utiliza para muebles y ebanistería, principalmente ornamental.



Figura 14. Árbol de molle costeño



Figura 15. Inflorescencia del molle costeño

3. Araucaria

Descripción botánica

Nombre científico: *Araucaria heterophylla*

Sinónimo: *Araucaria excelsa*

Familia: Araucariaceae

Árbol grande que puede llegar a más de 20 m de altura y más de 1 m de diámetro, copa de forma piramidal, tronco cilíndrico y muy recto (ver figura 16), con corteza de color marrón grisáceo con hojas en forma de escamas agudas, y fruto en conos globosos (ver figura 17).

Descripción forestal

- **Origen botánico.** Endémico de la Isla Norfolk, al oeste de Australia, cultivado en casi todo el mundo.
- **Hábitat de origen.** Zonas subtropicales templadas costeras.
- **Origen sucesional.** Crecimiento sucesional temprano del bosque secundario, desde el triásico formaba parte del ecosistema de los dinosaurios.
- **Hábitat de vida.** Adaptable a un amplio rango de temperaturas y tipos de ambientes templados.
- **Tipo de reiteración.** Unitario.
- **Floración.** lateral o axilar.
- **Modelo arquitectural.** Massart.
- **Velocidad de crecimiento.** Crecimiento lento hasta los 2 m y de crecimiento rápido después.
- **Requerimientos de abono.** Abonamiento orgánico de fondo. con abundante compost, musgo, humus o ácidos húmicos.
- **Requerimiento hídrico.** Riego moderado de 2 a 3 veces por semana, en época de verano.
- **Hidrotropismo de raíces.** Raíz principal pivotante y raíces laterales localizadas bajo la proyección de la copa.
- **Reemplazo foliar.** Permanente con retoñamiento de nuevas hojas cuando aún no termina el recambio foliar periódico.
- **Presencia de látex.** Resina trasparente.

- **Propagación.** Semillas y vegetativo (esquejes y estacas con ápice terminal).
- **Usos.** Ornamental principalmente usado como árbol de navidad, la resina de tronco se usa para curar úlceras dermatológicas.



Figura 16. Árbol de araucaria



Figura 17. Conos de la araucaria

4. Palmera fénix

Descripción botánica

Nombre científico: *Phoenix canariensis*

Familia: Arecaceae

Palmera que puede medir hasta 20 m de altura, con follaje pinnado de color verde, tronco ancho y marrón, raíz aérea en la base del tronco (ver figura 18), flores en panículas de color crema amarillento y frutos anaranjados con muchas semillas (ver figura 19).

Descripción forestal

- **Origen botánico.** Islas Canarias, norte de África.
- **Hábitat de origen.** Bosque termófilo (ecosistema potencial y principal de la palmera canaria). Introducida al Perú por los españoles.
- **Origen sucesional.** Bosque secundario.
- **Hábitat de vida.** Heliófila.
- **Tipo de reiteración.** Unitario.
- **Floración.** lateral o axilar.
- **Modelo arquitectural.** Corner.
- **Velocidad de crecimiento.** con aporte hídrico continuo puede crecer 1 m en un año.
- **Requerimientos de abono.** Abonamiento orgánico de fondo. con abundante compost, musgo, humus o ácidos húmicos.
- **Requerimiento hídrico.** Riego abundante.
- **Hidrotropismo de raíces.** Localizada bajo la proyección de la copa, sus abundantes raíces hacen que la especie se encuentre bien anclada al subsuelo.
- **Reemplazo foliar.** Siempre verde, hojas nuevas se alimentan de reservas de las hojas marchitas colgadas.
- **Presencia de látex.** No presenta.
- **Propagación.** Por semillas.
- **Usos.** Ornamental usada en áreas abiertas de plazas, bermas, calles y parques, muy común en la jardinería árabe morisca (ver figura 20).



Figura 18. Palmera fénix



Figura 19. Semillas de palmera fénix



Figura 20. Palmera fénix con frutos

5. Palmera real

Descripción botánica

Nombre científico: *Roystonea regia*

Sinonimia: *Oreodoxa regia*

Familia: Arecaceae

Palmera de hasta 25 m de altura, presenta tronco macizo, tipo columna, de color blanco mármol, hojas grandes y plumosas (ver figura 21) y fruto redondeado de color púrpura (ver figura 22).

Descripción forestal

- **Origen botánico.** Antillas, Cuba.
- **Hábitat de origen.** Bosques lluviosos de las Antillas.
- **Origen sucesional.** Bosque secundario.
- **Hábitat de vida.** Heliófila.
- **Tipo de reiteración.** Unitario.
- **Floración.** Lateral o axilar.
- **Modelo arquitectural.** Corner.
- **Velocidad de crecimiento.** Rápido.
- **Requerimientos de abono.** Abonamiento orgánico de fondo con abundante compost, musgo, humus o ácidos húmicos.
- **Requerimiento hídrico.** Riego moderado.
- **Hidrotropismo de raíces.** Localizado debajo de la copa.
- **Reemplazo foliar.** Siempre verde, las hojas marchitas se caen solas.
- **Presencia de látex.** Ausente.
- **Propagación.** Mediante semillas.
- **Usos.** Ornamental, árbol nacional de Cuba.



Figura 21. Palmera real



Figura 22. Frutos de la palmera real

6. Palmera abanico

Descripción botánica

Nombre científico: *Washingtonia robusta*

Familia: Arecaceae

Palmera de hasta 35 m de altura, tronco grande, unicaule, sin capitel, columnar de hasta 60-80 cm de diámetro, con tallos cespitosos, hojas muy grandes de hasta 2 m de diámetro, con forma de abanico, peciolo largo con espinas y color verde brillante (ver figura 23). Flores hermafroditas de color crema y frutos ovoides pequeños, de menos de 1 cm y de color pardo (ver figura 24).

Descripción forestal

- **Origen botánico.** Norteamérica, noroeste de México, Florida, California y Arizona.
- **Hábitat de origen.** zonas muy áridas y/o pantanosas, crece en arroyos, barrancos o lugares donde hay agua en el subsuelo.
- **Origen sucesional.** Bosque secundario.
- **Hábitat de vida.** Heliófila.
- **Tipo de reiteración.** Unitario.
- **Floración arquitectural.** Lateral o axilar.
- **Modelo.** Corner.
- **Velocidad de crecimiento.** Rápido.
- **Requerimientos de abono.** Abonamiento orgánico de fondo. con abundante compost, musgo, humus o ácidos húmicos.
- **Requerimiento hídrico.** Poco riego.
- **Hidrotropismo de raíces.** Localizada bajo la proyección de la copa, sus abundantes raíces hacen que la especie se encuentre bien anclada al subsuelo.
- **Reemplazo foliar.** Antes de que caigan las hojas marchitas.
- **Presencia de látex.** Ausente.
- **Propagación.** Mediante semillas.
- **Usos.** Ornamental, en Cuba sus hojas se utilizan para hacer techos.



Figura 23. Palmera abanico



Figura 24. Frutos maduros de la palmera abanico

7. Tulipán africano

Descripción botánica

Nombre científico: *Sphatodea campanulata*

Familia: Bignoniaceae

Árbol semicaducifolio de hasta 15 m de altura, tronco recto con corteza color gris-claro, hojas amplias, flor de formar acampada, no uniforme, expandida unilateralmente, de color rojo intenso y con bordes recortados de color anaranjado (ver figura 25). Fruto de cápsulas alargadas, leñosas y erectas con múltiples semillas aladas (ver figura 27).

Descripción forestal

- **Origen botánico.** África Occidental tropical.
- **Hábitat de origen.** Costa occidental.
- **Origen sucesional.** Crece en la zona de límite entre el bosque primario y el bosque secundario.
- **Hábitat de vida.** Heliófita.
- **Tipo de reiteración.** Colonial.
- **Floración.** Terminal (ver figura 26).
- **Modelo arquitectural.** Leeuwenberg.
- **Velocidad de crecimiento.** Rápido.
- **Requerimientos de abono.** Abonamiento orgánico de fondo. con abundante compost, musgo, humus o ácidos húmicos.
- **Requerimiento hídrico.** Riego abundante.
- **Hidrotropismo de raíces.** Superficiales localizadas debajo de la copa del árbol.
- **Reemplazo foliar.** Peremnifolio, semicaducifolio, presenta la corteza muy delgada y sensible al corte.
- **Presencia de látex.** Ausente.
- **Propagación.** Por semilla botánica y vegetativa de estacas.
- **Usos.** Ornamental por sus flores, es adecuado para áreas amplias como cerros, parques y laderas.



Figura 25. Árbol de tulipán africano



Figura 26. Flores rojizas anaranjadas en forma de tulipán

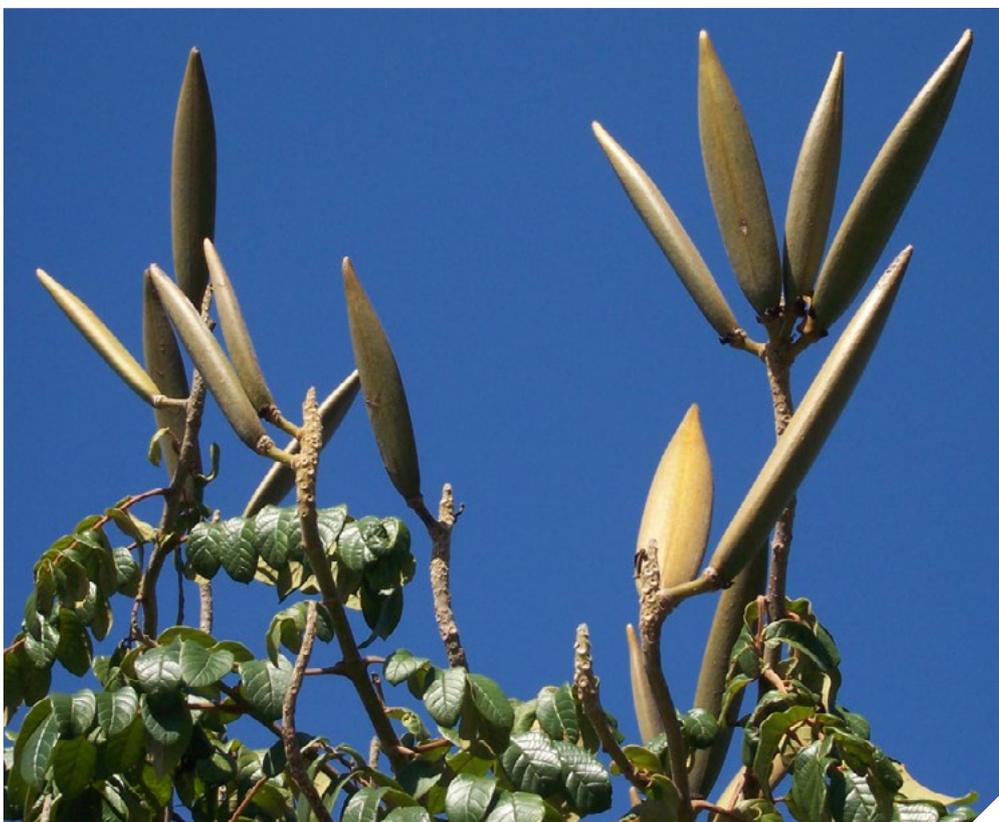


Figura 27. Fruto del tulipán africano, cápsulas

8. Huaranhuay

Descripción botánica

Nombre Científico: *Tecoma stans*

Familia: Bignoniaceae

Árbol pequeño de 3 a 6 m de altura. Tronco irregular ramificado y delgado, con corteza de color castaño oscuro, lisa o rugosa, y fibrosa (ver figura 28). Siempre verde, con copa oval o irregular globosa, hojas con borde aserrado, flores tubulares amarillas, abundantes y vistosas. Fruto en vaina con semillas aladas (ver figura 29).

Descripción forestal

- **Origen botánico.** Oriundo de México y se extiende en la parte más sureña de Florida, Texas y Arizona (Estados Unidos), por todo México y Centroamérica hasta el norte de Venezuela y a través de los Andes hasta el norte de Argentina.
- **Hábitat de origen.** Templada húmeda. Templada subhúmeda. Trópico húmedo. Trópico subhúmedo.
- **Origen sucesional.** Especie que abunda en el ecotono, en la selva baja caducifolia, especialmente en vegetación secundaria.
- **Hábitat de vida.** Heliófila.
- **Tipo de reiteración.** Colonial.
- **Floración.** Terminal o subterminal (ver figura 30).
- **Modelo arquitectural.** Leeuwenberg.
- **Velocidad de crecimiento.** Muy rápido.
- **Requerimientos de abono.** A principios de la primavera requiere abonamiento orgánico de fondo. con abundante compost, musgo, humus o ácido húmico.
- **Requerimiento hídrico.** Son bastante resistentes a la sequía.
- **Hidrotropismo de raíces.** Raíz semiprofunda y localizada debajo de la proyección de la copa.
- **Reemplazo foliar.** Semicaducifolio (Caducifolios en las zonas más secas cuando hay escasez de agua).
- **Presencia de látex.** Ausente.
- **Propagación.** Por semillas y por estacas.

- **Usos.** Ornamental ideal para parques, calles, bermas y separadores viales. Madera para artesanía (muebles), leña, medicina (antiinflamatorio, diurético), cerco vivo, melífero y ornamental.



Figura 28. Árbol de huaranguay



Figura 29. Fruto tipo cápsula del huaranguay



Figura 30. Inflorescencia en racimo y flores amarillas del huaranguay

9. Jacarandá

Descripción botánica

Nombre científico: *Jacaranda mimosifolia*

Familia: Bignoniaceae

Árbol longevo caducifolio de 5 a 12 m de altura (ver figura 31). Tronco recto con corteza parda grisácea, flores tubulares moradas y lilas muy vistosas, y semillas leñosas planas en forma de castañuela. Además, tiene frutos tipo cápsula leñosa color marrón claro (ver figura 32).

Descripción forestal

- **Origen botánico.** Noroeste de Argentina y suroeste de Bolivia.
- **Hábitat de origen.** Selvas calientes y húmedas de las yungas.
- **Origen sucesional.** Bosque secundario.
- **Hábito de vida.** Heliófita (exigente en luz).
- **Tipo de reiteración.**
Colonial.
- **Floración.** Terminal (ver figura 33).
- **Modelo arquitectural.** Leeuwenberg.
- **Velocidad de crecimiento.** Ligeramente lento.
- **Requerimiento de abonos.** Abonamiento orgánico de fondo. con abundante compost, musgo, humus o ácidos húmicos.
- **Requerimiento hídrico.**
Exigente en agua, en el verano, dada su poca tolerancia a la sequedad.
- **Hidrotropismo de raíces.** Raíces profundas, Positivo hacia el agua.
- **Reemplazo foliar.** Semicaducifolio, estacional marcado por la disponibilidad de agua. Puede presentar dos floraciones en el año (mayo y noviembre) cuando hay disponibilidad de agua.
- **Presencia de látex.** Ausente.
- **Propagación.** Por semillas y por estacas.
- **Uso urbanístico.** Ornamental como arbolado de jardines, parques y de alineamiento en alamedas, calles y avenidas por sus bellas flores lilas en toda la copa, también es usado su madera para tacos de zapatos.



Figura 31. Árbol de jacarandá



Figura 32. Frutos del jacarandá, cápsula leñosa



Figura 33. Inflorescencia y flores lilas del jacarandá

10. Casuarina

Descripción botánica

Nombre científico: *Casuarina equisetifolia*

Familia: Casuarinaceae

Árbol de 15 a 20 m de altura. Tronco recto y cilíndrico, con corteza marrón grisácea, áspera y fisurada (ver figura 34). Hojas largas y frutos globosos de 1 cm de diámetro aproximadamente, de lejos tiene aspecto de pino (ver figura 35).

Descripción forestal

- **Origen botánico.** Australia, Malasia, Polinesia.
- **Hábitat de origen.** Bosques ribereños y zonas inundables de Australia y del este de Papúa Nueva Guinea.
- **Origen sucesional.** Forma los bosques secundarios y clímax de ecosistemas de nieblas.
- **Hábitat de vida.** Heliófila.
- **Tipo de reiteración.** Colonial.
- **Floración.** Terminal (masculinos) y lateral (femeninos).
- **Modelo arquitectural.**
Stone.
- **Velocidad de crecimiento.** Rápido.
- **Requerimientos de abono.** Abonamiento orgánico de fondo. con abundante compost, musgo, humus o ácidos húmicos.
- **Requerimiento hídrico.** Se adapta a la disponibilidad de humedad de las nieblas en el ecosistema de lomas.
- **Hidrotropismo de raíces.** Localizado en el suelo superficial para aprovechar la humedad superficial del suelo.
- **Reemplazo foliar.** Semiperennifolio.
- **Presencia de látex.** Ausente.
- **Propagación.** Por semillas, resiste trasplante si se realiza con cuidado.
- **Uso urbanístico.** Por su altura es utilizado como cortaviento, y para mitigar la contaminación por polvo y otros contaminantes de gases atmosféricos.



Figura 34. Árbol de casuarina



Figura 35. Hojas de la casuarina en forma de aguja y fruto en sámaras

11. Ponciana

Descripción botánica

Nombre científico: *Delonix regia*

Familia: Fabaceae

Es un árbol de 8 a 12 m de altura, con follaje marcadamente caducifolio durante 7 a 9 meses, copa aparasolada muy extendida, tronco recto o algo torcido, raíz superficial, por lo que se recomienda sembrar profundo para evitar así la destrucción de las veredas (ver figura 36). Tiene flores rojas muy vistosas, fruto tipo legumbre leñosa de color negro o marrón oscuro (ver figura 37).

Descripción forestal

- **Origen botánico.** Islas de Madagascar.
- **Hábitat de origen.** Bosque seco o selva seca situada en el norte y el margen de la mitad oeste de la isla.
- **Origen sucesional.** Bosque secundario.
- **Hábitat de vida.** Heliófila.
- **Tipo de reiteración.** Colonial.
- **Floración.** Axilar y terminal.
- **Modelo arquitectural.** Champagnat.
- **Velocidad de crecimiento.** Medianamente rápido.
- **Requerimientos de abono.** Abonamiento orgánico de fondo. con abundante compost, musgo, humus o ácidos húmicos.
- **Requerimiento hídrico.** Tolera medianamente la escasez de agua durante el periodo caducifolio.
- **Hidrotropismo de raíces.** Tiene fuerte y gruesas raíces superficiales bajo la proyección de su amplia copa.
- **Reemplazo foliar.** Caducifolio, con reemplazo foliar después del agoste.
- **Presencia de látex.** Ausente.
- **Propagación.** Por semilla.
- **Uso urbanístico.** Ornamental por su sombra, verde brillante y bella floración roja durante los 3 meses del verano. Se utiliza para decoraciones urbanas en parques, jardines estacionamientos, calles.



Figura 36. Árbol de ponciana



Figura 37. Flores rojas de la ponciana

12. Tara

Descripción botánica

Nombre científico: *Caesalpinia spinosa*

Familia: Fabaceae

Árbol de vida media de 3 a 6 m de altura, con follaje caducifolio, copa aparasolada o globosa, tronco ramificado desde la base con corteza agrietada con aguijones, hojas lustrosas, flores amarillo-rojizas (ver figura 38) con frutos tipo legumbre rojiza con semillas color marrón pardo lustrosas cuando son maduros (ver figura 39) y color verde cuando están aún inmaduros (ver figura 40)

Descripción forestal

- **Origen botánico.** Sudamérica en Perú, Chile, Bolivia, Ecuador y Colombia.
- **Hábitat de origen.** Monte espinoso, monte ribereño, valles interandinos, resiste suelos salinos con marcada sequía. También prospera en el ecosistema de lomas costeras.
- **Origen sucesional.** Bosque secundario.
- **Hábitat de vida.** Heliófito.
- **Tipo de reiteración.** Colonial.
- **Floración.** Terminal.
- **Modelo arquitectural.** Troll.
- **Velocidad de crecimiento.** Medio.
- **Requerimientos de abono.** Abonamiento orgánico de fondo. con abundante compost, musgo, humus o ácidos húmicos.
- **Requerimiento hídrico.**
Riegos ligeros, es tolerante a la sequía y a suelos muy alcalinos.
- **Hidrotropismo de raíces.** Presenta raíz pivotante y fasciculada.
- **Reemplazo foliar.** Caducifolio, con reemplazo foliar después del agoste.
- **Presencia de látex.** Ausente.
- **Propagación.** Por semilla.
- **Uso urbanístico.** Su principal uso es industrial, pero también se utiliza en jardines interiores, huertos caseros, cercos vivos. El fruto es medicinal, sus taninos permiten tener insumos para las pinturas y para las sulfas de los productos farmacéuticos.



Figura 38. Árbol de tara



Figura 39. Hojas y frutos maduros (vainas explanadas) de la tara



Figura 40. Frutos inmaduros de la tara

13. Cresta de gallo

Descripción botánica

Nombre científico: *Erythrina crista-galli*

Familia: Leguminosae

Es un árbol de porte mediano, de entre 5-8 m de altura, su tallo es leñoso, tortuoso, irregular y ramificado, tiene una copa amplia con ramas espinosas, su corteza es gruesa y suberosa de color castaño grisáceo, las hojas son compuestas y se dividen en 3 folíolos y el follaje es caduco (ver figura 41), las flores se disponen en racimos, tienen un color rojo intenso, una textura carnosa y una estructura particular, su fruto es una legumbre grande de color castaño oscuro.

Descripción forestal

- **Origen botánico.** Originario de Sudamérica, noroeste de Argentina, sur de Brasil, Paraguay, Uruguay y este de Bolivia.
- **Hábitat de origen.** Bosques ribereños y pantanosos, que ocupan las zonas más bajas y húmedas.
- **Origen sucesional.** Bosque secundario.
- **Hábitat de vida.** Heliófila.
- **Tipo de reiteración.** Colonial.
- **Floración.** Terminal (ver figura 42).
- **Modelo arquitectural.** Troll.
- **Velocidad de crecimiento.** Medianamente rápido.
- **Requerimientos de abono.** Abonamiento orgánico de fondo, con abundante compost, musgo, humus o ácidos húmicos.
- **Requerimiento hídrico.** Abundante en la estación de verano.
- **Hidrotropismo de raíces.** Localizado bajo la proyección de la copa.
- **Reemplazo foliar.** Caducifolio.
- **Presencia de látex.** Ausente.
- **Propagación.** Por semilla.
- **Uso urbanístico.** Árbol ornamental de floración muy bella en parques y jardines.



Figura 41. Árbol de cresta de gallo



Figura 42. Inflorescencia y flores rojas de la cresta de gallo

14. Tipa

Descripción botánica

Nombre científico: *Tipuana tipu*

Familia: Fabaceae

Árbol caducifolio muy grande con mayores servicios ecosistémicos de 8 a 20 m de altura, presenta follaje todo el año cuando hay riego permanente, copa globosa o aparasoladas, tronco y ramas con alta resistencia al resquebrajamiento y con corteza pardo grisáceo, raíces superficiales pueden romper veredas, floración color amarillo oro en el mes de noviembre, pequeños y abundantes (ver figura 43), frutos legumbres con un ala coriácea, color castaño grisáceo a la madurez (ver figura 44).

Descripción forestal

- **Origen botánico.** Sudamérica tropical (Argentina, Bolivia).
- **Hábitat de origen.** Ambientes con climas áridos tropicales y templados.
- **Origen sucesional.** Nivel inferior de selva y transición del Chaco desde Paraguay, en bosques primarios de la vertiente oriental de los Andes.
- **Hábitat de vida.** Heliófita y dominante en el estado adulto.
- **Tipo de reiteración.** Colonial.
- **Floración.** Axilar y terminal (ver figura 45).
- **Modelo Arquitectural.** Troll.
- **Velocidad de crecimiento.** Lento.
- **Requerimientos de abono.** Abonamiento orgánico de fondo. con abundante compost, musgo, humus o ácidos húmicos.
- **Requerimiento hídrico.** con poca exigencia de riego.
- **Hidrotropismo de raíces.**
positivo hacia el agua, raíces superficiales y fasciculadas grandes (puede romper veredas si se planta superficialmente).
- **Reemplazo foliar.** acentuado en el mes de noviembre.
- **Presencia de látex.** Resina roja.
- **Propagación.** Por semilla.
- **Uso urbanístico.** Ornamental por su floración muy llamativa en vías centrales de avenidas, parques y su madera, para leña y uso ambiental por sus numerosos servicios ecosistémicos.



Figura 43. Árbol de tipa



Figura 44. Frutos tipo sámara de la tipa



Figura 45. Flores amarillas de la tipa

15. Meijo

Descripción botánica

Nombre científico: *Hibiscus tiliaceus*

Familia: Malvaceae

Árbol que llega a tener un tamaño de hasta 4 m de altura y 15 cm de diámetro, con follaje perenne, ramas extendidas, tronco con corteza grisácea (ver figura 46), hojas grandes de forma acorazonada u ovalada, lustrosa y de color verde oscuro en el haz y muy pálido en el envés, flor de color amarillo brillante con un centro de color rojo oscuro al abrirse (ver figura 47) y sus frutos, tipo bellotas secas de color marrón claro, se dividen en 5 segmentos y 10 células, y cerca de 7 semillas en forma de riñón por cada célula (ver figura 48).

Descripción forestal

- **Origen botánico.** Costas tropicales y subtropicales de Asia en el océano Índico e islas del océano Pacífico.
- **Hábitat de origen.** Orillas de playa del Pacífico tropical.
- **Origen sucesional.** Bosque secundario, bosques perturbados.
- **Hábitat de vida.** Heliófila.
- **Tipo de reiteración.** Colonial.
- **Floración.** Axilar.
- **Modelo Arquitectural.** Attims.
- **Velocidad de crecimiento.** Rápido.
- **Requerimientos de abono.** Abundante, requiere abonamiento orgánico de fondo. con abundante compost, musgo, humus o ácidos húmicos.
- **Requerimiento hídrico.** Poco riego.
- **Hidrotropismo de raíces.** Localizado superficialmente debajo de la proyección de la copa.
- **Reemplazo foliar.** Siempre verde, perenne.
- **Presencia de látex.** No presenta.
- **Propagación.** Por semilla y por estaca.
- **Uso urbanístico.** Leña, tallas de madera, hojas, flores y frutos pueden tener propiedades medicinales.



Figura 46. Árboles de meijo



Figura 47. Flores amarillas del meijo



Figura 48. Fruto tipo cápsula oblongo-elipsoide del meijo

16. Melia

Descripción botánica

Nombre científico: *Melia azedarach*

Familia: Meliaceae

Es un árbol mediano que alcanza alrededor de 12 metros de altura, con follaje caducifolio, copa de forma globular, tronco y ramas sensibles a la fractura y desgaje, sinuoso o recto, ligeramente agrietado de color gris, raíz muy ramificada, oblicuas, iguales o fasciculadas, puede formar champa compacta en suelos húmedos, hojas compuestas, aserradas de color verde claro, presenta estadios fenológicos bien definidos (ver figura 49), con flores pequeñas y poco vistosas (ver figura 50), su fruto se presenta en drupa y es del tamaño de una aceituna de color verde, que al madurar se transforma en amarillo intenso, y es muy tóxico para el consumo humano (ver figura 51).

Descripción forestal

- **Origen botánico.** Sur y este de Asia, India.
- **Hábitat de origen.** Bosque tropical subcaducifolio y bosque tropical caducifolio.
- **Origen sucesional.** temprano de bosque secundario, crece en los campos viejos, los lotes abandonados, los márgenes de las carreteras y otras zonas perturbadas.
- **Hábitat de vida.** Heliófito.
- **Tipo de reiteración.** Colonial.
- **Floración.** Axilar.
- **Modelo Arquitectural.** ATTIMS.
- **Velocidad de crecimiento.** Muy rápido.
- **Requerimientos de abono.** Abonamiento orgánico de fondo. con abundante compost, musgo, humus o ácidos húmicos.
- **Requerimiento hídrico.** Una vez establecida, tiene baja necesidad de agua.
- **Hidrotropismo de raíces.** Localizado bajo la proyección de la copa.
- **Reemplazo foliar.** Caducifolio, con reemplazo foliar después del agoste.
- **Presencia de látex.** No presenta.
- **Propagación.** Por semillas y esquejes.
- **Uso urbanístico.** Uso limitado en parques y jardines públicos, por tener ramas propensas a caerse. Sus hojas y frutos contienen rotenona, utilizada mundialmente como insecticida orgánico.



Figura 49. Árbol de melia



Figura 50. Inflorescencia y flores rosadas de la melia



Figura 51. Frutos tipo drupa globosa color amarillo de la melia

17. Ficus

Descripción botánica

Nombre científico: *Ficus benjamina*

Familia: Moraceae

Es un árbol de hasta 30 m de alto, de corteza gris claro lisa y en algunos casos produce raíces aéreas colgantes. Presenta látex blanquecino, su copa es globular y densa, y su follaje es permanente. Presenta hojas ovaladas (10 cm) de color verde oscuro brillante en el haz y verde pálido en el envés (ver figura 52). Sus flores son diminutas al de inflorescencias cóncavas, produce frutos de tamaño pequeño (aproximadamente 1 cm de largo), similar a los higos de color amarillo-verdoso (ver figura 53).

Descripción forestal

- **Origen botánico.** India, Indonesia y Australia.
- **Hábitat de origen.** Bosque tropical húmedo.
- **Origen sucesional.** Bosque primario.
- **Hábitat de vida.** Tolerante a la sombra en su estadio juvenil.
- **Tipo de reiteración.** Colonial.
- **Floración.** Axilar.
- **Modelo arquitectural.** Rauh.
- **Velocidad de crecimiento.** Ligeramente rápido.
- **Requerimientos de abono.** Abonamiento orgánico de fondo. con abundante compost, musgo, humus o ácidos húmicos.
- **Requerimiento hídrico.** Exigente en agua permanente.
- **Hidrotropismo.** Fuertemente positivo debajo de la copa del árbol y fuera de la copa del árbol si hay presencia de humedad en el suelo.
- **Reemplazo foliar.** Siempre verde.
- **Presencia de látex.** Presenta látex de color blanco.
- **Propagación.** Por esquejes.
- **Uso urbanístico.** Ornamental en parques, jardines, avenidas, calles y de arte topiario de animales en jardines.



Figura 52. Árbol de ficus



Figura 53. Hojas simples y fruto drupas del ficus

18. Eucalipto costeño

Descripción botánica

Nombre científico: *Eucalyptus camaldulensis*

Sinónimo: *Eucalyptus rostrata*

Familia: Myrtaceae

Árbol longevo, de hasta 40 m de altura y 2 m de diámetro, con follaje semicaducifolio, copa de forma columnar, tronco recto con corteza que se desprende en capas (ritidoma), hojas resinosas y aromáticas con aceites esenciales que evitan el crecimiento de otras plantas (alelopáticas) (ver figura 54), flores blancas y pequeñas, con frutos pequeños de tipo cápsula de 1 cm (ver figura 55).

Descripción forestal

- **Origen botánico.** Cotas húmedas de Australia.
- **Hábitat de origen.** Rodales puros.
- **Origen sucesional.** Conformando los ecosistemas tempranos y clímax de las costas con neblina de Australia.
- **Hábitat de vida.** Bosque primario- clímax y secundario, prospera bien en el hábitat de lomas costeras y en el monte ribereño.
- **Tipo de reiteración.** Colonial.
- **Floración.** Axilar.
- **Modelo arquitectural.** Attims.
- **Velocidad de crecimiento.** Rápido con abundante agua.
- **Requerimientos de abono.** Abonamiento orgánico de fondo. con abundante compost, musgo, humus o ácidos húmicos.
- **Requerimiento hídrico.** Exige en agua en la época de otoño, invierno y primavera.
- **Hidrotropismo.** Fuerte hacia las fuentes de agua o suelo húmedo.
- **Reemplazo foliar.** Semicaducifolio, renovación de hojas cuando hay disponibilidad de agua.
- **Presencia de látex.** No presenta.
- **Propagación.** Por semillas.
- **Uso urbanístico.** Ornamental en parques, alamedas anchas y en bosques urbanos. También es maderable y ecosistémico por sus servicios ambientales.



Figura 54. Árbol de eucalipto costeño



Figura 55. Inflorescencia y flores blancas del eucalipto costeño

19. Grevillea

Descripción botánica

Nombre científico: *Grevillea robusta*

Familia: Proteaceae

Es un árbol de vida media de gran altura (20 m), con follaje caducifolio, copa de forma columnar, tronco recto y grueso, hojas grandes y partidas en forma de helecho (ver figura 56), flores de color rojo naranja en racimo vistosos al extremo de las ramas y frutos de tipo folículo con semillas aplastadas y aladas (ver figura 57).

Descripción forestal

- **Origen botánico.** Costa del este de Australia.
- **Hábitat de origen.** Zona costera boscosa de Queensland. Bosque húmedo tropical.
- **Origen sucesional.** Bosque primario.
- **Hábitat de vida.** Heliófito.
- **Tipo de reiteración.** Colonial.
- **Floración.** Axilar.
- **Modelo arquitectural.** Scarrone.
- **Velocidad de crecimiento.** Rápido.
- **Requerimientos de abono.** Abonamiento orgánico de fondo. con abundante compost, musgo, humus o ácidos húmicos.
- **Requerimiento hídrico.** Regular.
- **Hidrotropismo.** Raíz pivotante profunda y fasciculada laterales.
- **Reemplazo foliar.** Caducifolio.
- **Presencia de látex.** No presenta.
- **Propagación.** Por semilla.
- **Uso urbanístico.** Son recomendados en lugares amplios como parques y bermas anchas, también se usa como madera, cerco vivo, barrera rompeviento.



Figura 56. Árbol de grevillea



Figura 57. Inflorescencia en racimos terminales con flores de color amarillo-anaranjado de grevillea

20. Sauce

Descripción botánica

Nombre científico: *Salix humboldtiana*

Familia: Salicaceae

Árbol de vida media de 6 a 12 m de altura, con follaje siempre verde, copa de forma columnar estrecha, tronco recto, rugoso, hojas color verde esmeralda mate (ver figura 58), flores blancas muy pequeñas (ver figura 59) y fruto tipo capsula ovoide con abundantes semillas pequeñas (ver figura 60).

Descripción forestal

- **Origen botánico.** América, desde México hasta Argentina.
- **Hábitat de origen.** Muy recurrente a lo largo de ríos y arroyos y en zona litoral orilla de lagos. Se desarrolla en regiones subhúmedas y semiáridas, de templadas a subtropicales.
- **Origen sucesional.** Especie temprana secundaria de crecimiento rápido, se comporta como especie pionera.
- **Hábitat de vida.** Monte ribereño y borde de canales.
- **Tipo de reiteración.** Colonial.
- **Floración.** Axilar.
- **Modelo arquitectural.** Stone.
- **Velocidad de crecimiento.** Rápido.
- **Requerimientos de abono.** Abonamiento orgánico de fondo. con abundante compost, musgo, humus y/o ácidos húmicos, exigente en nutrientes de las aguas de regadío.
- **Requerimiento hídrico.** Alto requerimiento de agua de regadío o de río.



Figura 58. Árbol de sauce



Figura 59. Inflorescencia color blanca del sauce



Figura 60. Fruto del sauce

- **Hidrotropismo.** Localizado bajo la copa del árbol hacia la fuente de agua.
- **Reemplazo foliar.** Siempre verde, constantemente está reemplazando y renovando sus hojas, exige poda total de ramillas para su retoñamiento foliar.
- **Presencia de látex.** Ausente.
- **Propagación.** Por semillas y estacas de mediano y gran tamaño.
- **Uso urbanístico.** Ornamental, rompeviento de la contaminación por polvo, la corteza es medicinal, la madera sirve para herramientas, palos de escoba y muebles rústicos.

21. Papelillo

Descripción botánica

Nombre científico: *Koelreuteria paniculata*

Familia: Sapindaceae

Árbol de porte medio, alcanza los 10 m de altura, follaje caducifolio, copa de forma globular o globosa, tronco recto de color grisáceo, raíces adventicias, hojas de color verde claro (ver figura 61), flores pequeñas de color amarillo, tipo de inflorescencia, racimos que van reduciendo su tamaño a medida que se genera el ápice, frutos colocados en panículas de coloración melón y rosado (parecen hojas de papel), cada una posee dos semillas de color negro (ver figura 62).

Descripción forestal

- **Origen botánico.** Sur de China.
- **Hábitat de origen.** áreas de montaña baja, pedregosa y pobre del este de China. Naturalizado en Corea y Japón.
- **Origen sucesional.** Bosque primario y secundario.
- **Hábitat de vida.** Heliófila.
- **Modelo arquitectural.** Colonial.
- **Floración.** Axilar.
- **Modelo.** Schoute.
- **Velocidad de crecimiento.** Moderado.
- **Requerimientos de abono.** Abonamiento orgánico de fondo. con abundante compost, musgo, humus o ácidos húmicos, tolera suelos pobres.
- **Requerimiento hídrico.** Frecuente en primavera y verano.
- **Hidrotropismo.** Raíces adventicias que se desarrollan debajo de la copa del árbol.
- **Reemplazo foliar.** Caducifolio, con reemplazo foliar después del agoste.
- **Presencia de látex.** Ausente.
- **Propagación.** Por semilla.
- **Uso urbanístico.** Ornamental, el gran interés de este árbol radica en que posee una floración llamativa en distintas estaciones. Se usa en parques, jardines, calles y estacionamientos.



Figura 61. Árbol de papelillo



Figura 62. Floración en panículo terminal piramidal y frutos tipo cápsula cónica del papelillo

MÓDULO

11

Valorización económica del arbolado urbano



MÓDULO

11

Valorización económica del arbolado urbano

1. ¿Qué es la valorización económica del arbolado urbano?

Por su naturaleza de patrimonio natural, el arbolado urbano ofrece bienestar a la sociedad, por medio de sus bienes y servicios ecosistémicos, que contribuyen al mejoramiento de la calidad de vida de la población. El arbolado tiene un valor dado por factores como la especie, dasometría, estado físico y sanitario, etc.

La valorización económica estima el valor monetario de los bienes y servicios que brindan bienestar en el ambiente y en la sociedad. En ese contexto, el desarrollo de la valorización del arbolado urbano se realiza para permitir a las municipales distritales establecer la compensación e indemnización respectiva, en caso de registrarse la muerte o daño de algún espécimen arbóreo.

La presente valorización contempla el costo de la especie arbórea y de los servicios ecosistémicos que brindan los individuos arbóreos a la ciudadanía. Asimismo, la valorización le proporciona a las municipalidades la oportunidad de valorizar el bien patrimonial del arbolado urbano en su conjunto y de los servicios ecosistémicos que estos brindan a la sociedad, a fin de incorporarlos en sus cuentas municipales, tal como se estipula en el inciso 9, artículo II, Título Preliminar de la Ley N.º 29763 (Ley Forestal y de Fauna Silvestre) y en el D. S. N.º 012-2009-MINAM (Política Nacional del Ambiente).

2. ¿Cómo se estima la valorización económica del arbolado urbano?

La valorización económica del árbol (VA) comprende el costo de la especie arbórea (CEA), más la "Valorización de los servicios ecosistémicos por el método de bienes sustitutos (VSE)".

La estimación del costo de la especie arbórea (CEA) se realizó tomando en consideración lo descrito en el inciso 85.3, art. 85°, capítulo IV, de la RM N.º 172-2016-Vivienda, que aprueba el Reglamento Nacional de Tasaciones, en el que se indica que: “En el caso de plantaciones permanentes que no se encuentren en producción, su valor se determina en función a los costos de instalación y mantenimiento a la fecha de la tasación”. Mientras que la valorización de los servicios ecosistémicos se realiza empleando la metodología de bienes sustitutos, el cual permite usar el precio de mercado de un bien sustituto que proporciona el mismo servicio, para acercarse al valor de un bien o servicio del que no se dispone de costos.

3. Costo de la especie arbórea (CEA)

Es la tasación de mercado que presenta cada especie forestal, más su 10% de capitalización anual, acumulable con cada año de mantenimiento. Para ello necesitamos tener en cuenta lo siguiente:

- Tabla de precios de mercado de especies forestales urbanas de acuerdo con la altura de la especie (Serpar)

Nota:

La presente tabla simula la estimación del costo de la especie arbórea *Schinus terebinthifolius*, a partir de su valor inicial (precio de mercado o precio de producción y dos años de mantenimiento, en vivero) y su capitalización anual (es decir, costo de mantenimiento por año).

Tabla 1. Estimación del costo de la especie arbórea *Schinus terebinthifolius*

Especie	Año	Valor inicial (S/)	Capitalización anual (10 % del valor inicial) (S/)	Costo anual de la especie (S/)
<i>Schinus terebinthifolius</i>	2018	100	10	110
	2019	---	$(110 * 10 \%) = 11$	$(110 + 11) = 121$
	2020	----	$(121 * 10 \%) = 12.10$	$(121 + 12.10) = 133.10$
	2021

Fuente: Economista Juan Venegas Lizama

En el caso de árboles de mayor edad, se utiliza el precio de mercado empleado por Serpar, el cual está en función de la altura del árbol y es actualizado de manera anual.

4. Valorización económica de los servicios ecosistémicos por el método de bienes sustitutos

La valorización económica de los servicios ecosistémicos se aplica a aquellos individuos arbóreos cuya altura es igual o superior a los 2,5 m. Dicha valorización se obtiene mediante la sumatoria de los siguientes valores: Valor de captura de carbono (Vcc), Valor de cobertura de sombramiento (Vcobsom), Valor de mitigación de polvo (Vmp), y Valor de mitigación de temperatura (Vmt).

$$\text{Valoración económica de los servicios ecosistémicos} = V_{cc} + V_{cobsom} + V_{mp} + V_{mt}$$

a. Valor de captura de carbono

Para valorizar económicamente el servicio de captura de carbono, se debe cuantificar el carbono almacenado en la especie arbórea en evaluación. Para ello se usan las fórmulas determinadas por el Ministerio del Ambiente (Minam), el Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) e investigaciones científicas. Asimismo, es necesario conocer las propiedades dasométricas de los individuos arbóreos, así como la altura total (Ht), diámetro de altura de pecho (DAP), el factor de forma (Fm), factor de expansión (Fe), densidad básica de la madera, entre otros.

El precio de secuestro de carbono para especies forestales en área urbana es aproximadamente 30 dólares americanos/tonelada C.

Cálculo del área basal (AB)

El área basal (AB) es la superficie de una sección transversal del tallo o tronco del árbol, palmeras u otras formas botánicas de porte arborescente, a una altura definida del suelo. Las unidades están en m² de material vegetal por unidad de superficie de terreno.

$$AB = \pi \frac{(DAP)^2}{4}$$

AB: área basal del tallo

DAP: diámetro a la altura de pecho o diámetro a 1,30 m del suelo

Cálculo del volumen maderable (V)

El volumen de la madera en pie se halla a través de la aplicación de la fórmula del volumen del cilindro; es decir, considerando el área basal y la altura total del tronco de un árbol.

$$V = AB \times Ht \times Fm$$

V: volumen del árbol en pie (m^3)

AB: área basal a la altura del pecho (m^2)

Ht: altura total en (m)

Fm: factor de forma

Factor de forma o coeficiente mórfico: Es la relación que existe entre el volumen desconocido de un fuste y el de un cilindro de igual base y altura. Para el presente estudio se considerará como factor de forma el valor de 0,7 (Fuente Minam).

Cálculo de biomasa aérea (BA)

La biomasa arbórea es la cantidad de materia seca producida por las plantas, referida en función del peso (tn).

$$BA = V \times Db \times fe$$

BA: Biomasa del árbol (tn)

V: Volumen (m^3)

Db: Densidad básica de la madera (tn/ m^3)

Fe: Factor de expansión = 1,6

Densidad básica de la madera: tonelada de biomasa secada en el horno por metro cúbico de volumen verde

Factor de expansión: depende de la biomasa total aérea y la biomasa de fuste

Cálculo de carbono almacenado (CT)

$$CT = BA \times Fc$$

CT: carbono total (tn)

BA: biomasa aérea del árbol (tn)

Fc: factor de conversión = 0,5

Factor de conversión: contenido de carbono en relación con la biomasa, su valor es de 0,5 (IPCC, 2003)

b. Valor de cobertura de sombra

Para valorizar económicamente el servicio ambiental de cobertura de sombra, hacemos la comparación con el precio de un bien sustituto común; en este caso una sombrilla. El servicio en mención es cotizado de manera anual, dado que para el presente estudio consideramos que la sombrilla (bien sustituto común) tiene un tiempo de vida útil de un año.

Una sombrilla simple tiene un área total de 7,07 m² y un costo de 100,00 nuevos soles; entonces el m² tendría un valor de S/14,14 nuevos soles.

Para la fórmula diremos que:

$$V_{\text{cobsom}} = (\pi \times R_c^2) \times C_{\text{u cobsom}}$$

Vcobsom: Valor de cobertura de sombra (S/)

Rc: Radio de copa del árbol (m)

Cu cobsom: Costo unitario de cobertura de sombra por m² (S/ /m²)

Costo unitario de cobertura de sombra del bien sustituto (S/ m²/año)

Datos:

- Precio de la sombrilla de 3 m de diámetro = S/ 100.00
- Área de la sombrilla = $\pi R^2 = 3,1416 \times 2.25 \text{ m}^2 = 7,07 \text{ m}^2$
- Costo del metraje unitario (soles/m²) = $100,00/7,07 = 14,14$ nuevos soles por m²

$$C_{\text{ucobsom}} = 14,14 \text{ soles/m}^2$$

c. Valor de mitigación de polvo

Para la estimación del valor de servicio de mitigación de polvo, se toma en consideración el costo unitario anual de limpieza de polvo por metro cuadrado al año (Cump), que será nuestro bien sustituto, y el radio de copa del árbol (Rc).

El presente servicio se cotiza de manera anual.

$$V_{\text{mp}} = (\pi \times R_c^2) \times C_{\text{ump}}$$

Vmp: Valor de mitigación de polvo (S/)

Rc: Radio de copa (m)

Cump: Costo unitario anual de limpieza de polvo por metro cuadrado (S/ / m²)

Por ejemplo: En el Cercado de Lima se paga a un personal de barrido el monto de S/1100,00 nuevos soles por 26 días de trabajo y se barre un área de 1500 m² en pistas pavimentadas.

Datos:

- Salario mensual: S/1100,00
- Días laborados por mes: 26 días
- Rendimiento por día de barrido de longitud por ancho de vía: 2500 m x 0,60 m = 1500 m²

Costo unitario de limpieza de polvo = salario mensual (nuevos soles/día) / (días laborados por mes (día) x rendimiento por día (m²))

- Costo unitario de limpieza de polvo = S/1100 / 26 días x 1500 m²
- Costo unitario de limpieza de polvo = S/0,0282 m² x 365 días
- Costo unitario anual de limpieza de polvo (Cump) = S/10,29 m² / año

d. Valor de mitigación de temperatura

Para hallar el valor de regulación de temperatura (nuevos soles / año) que nos dan los árboles, necesitamos conocer el radio de copa (Rc) del árbol o palmera y el costo unitario anual de mitigación de temperatura (Cumt).

El servicio se cotiza de manera anual.

$$Vmt = (\pi \times Rc^2) \times Cumt$$

Vmt: Valor de mitigación de temperatura (S/)

Rc: Radio de copa (m)

Cumt: Costo unitario anual de mitigación de temperatura por metro cuadrado (S/ / m²)

Para la estimación del valor de servicio de mitigación de temperatura, se toma en consideración el costo por servicio de un equipo de aire acondicionado.

Datos:

- Costo del equipo de aire acondicionado para un ambiente de 15 m² = S/ 999.00

$$\text{Costo de aire acondicionado por m}^2 = \frac{\text{Costo del aire acondicionado (S/)}}{\text{Área (m}^2\text{)}}$$

- Costo aire acondicionado por $m^2 = 999.00/15$
- Costo aire acondicionado por $m^2 = S/66.6/m^2$

NOTA: La municipalidad distrital en cuyo Inventario de arbolado urbano se encuentre especies arbóreas con las observaciones especificadas en el Formato 2A, tales como:

- Daño físico: causado por mala poda, rotura de ramas, choque de carro, etc.
- Daño fitosanitario: causado por plagas o enfermedades
- Situación de riesgo: inclinado o muy inclinado en sentido de la dirección del viento
- Muerto en pie

Deberán considerar la contratación de un consultor forestal que brinde el servicio de diagnóstico y tratamiento especializado a dichas especies forestales.

A continuación, se presentan los precios de mercado de las especies arbóreas manejadas por el Servicio de Parques de Lima - SERPAR, en el periodo 2019 - 2020 (Ver Tabla 2). Asimismo, presenta información de la densidad elemental de la madera de los especímenes arbóreos en mención. Es importante resaltar que dicha información fue obtenida de múltiples fuentes, entre ellas la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), revista SCielo, Inti-Cinema e investigaciones científicas a nivel nacional e internacional.

Tabla 2. Precios de mercado de las especies arbóreas (periodo 2019-2020) y densidad básica de las especies en el arbolado urbano

N.º	Especie forestal		Altura (m)	Precio de mercado (sin incluir IGV) S/	Densidad básica de la madera (g/cm ³)
	Nombre común	Nombre científico			
1	Cassia	<i>Senna spectabilis</i>	1 a 5	200	0,48
2	Albizia	<i>Albizia julibrissin</i>	> 10	600	0,52
3	Algarrobo	<i>Prosopis pallida</i>	1 a 5	200	0,53
			> 5	500	
4	Araucaria	<i>Araucaria heterophylla</i>	1 a 5	200	0,55
			5 a 10	400	
			> 10	600	
5	Aromo	<i>Vachellia aroma</i>	3	200	0,79
6	Bolaina	<i>Guazuma crinita</i>	> 5	500	0,51
7	Caliandra	<i>Calliandra haematocephala</i>	1 a 5	200	0,6
8	Escobillón	<i>Callistemon citrinus</i>	1 a 5	200	0,65
9	Caoba	<i>Swietenia macrophylla</i>	2 a 5	300	0,56
			> 5	500	
10	Casuarina	<i>Casuarina cunninghamiana</i>	0.5 a 1	6	0,83
			1 a 5	200	
			5 a 10	400	
			> 10	600	
11	Caucho	<i>Ficus elastica</i>	2 a 5	200	0,62
			5 a 10	500	
12	Cedro	<i>Cedrela odorata</i>	1 a 5	300	0,46
			5 a 10	500	
			> 10	700	
13	Cedro rosado	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	1 a 5	200	0,42
			5 a 10	500	
			> 10	700	

N.º	Especie forestal		Altura (m)	Precio de mercado (sin incluir IGV) S/	Densidad básica de la madera (g/cm ³)
	Nombre común	Nombre científico			
14	Ceibo	<i>Ceiba pentandra</i>	0.5 a 1	6	0,32
			> 5	500	
15	Chirimoya	<i>Annona cherimola</i>	> 3	300	0,54
16	Ciprés	<i>Cupressus macrocarpa</i>	1 a 5	200	0,37
			> 5	300	
17	Ciruelo europeo	<i>Prunus domestica</i>	1 a 5	400	0,5
18	Cocotero	<i>Cocos nucifera</i>	2 a 5	200	0,82
19	Palmera cyca	<i>Cycas revoluta</i>	1 a 4	200	-
			> 5	500	
20	Durazno	<i>Prunus persica</i>	> 3	400	0,63
21	Cresta de gallo	<i>Erythrina crista-galli</i>	> 5	400	0,27
22	Eucalipto costeño	<i>Eucalyptus Camaldulensis</i>	0.5 a 1	6	0,52
			1 a 5	200	
			5 a 10	500	
			> 10	700	
23	Eucalipto serrano	<i>Eucalyptus globulus</i>	2 a 5	200	0,78
			> 5	500	
24	Farolillos	<i>Malvabiscus arboreus</i>	1 a 5	200	0,43
25	Ficus	<i>Ficus Benjamina</i>	2 a 5	200	0,77
			5 a 10	400	
			> 10	600	
26	Floripondio	<i>Brugmansia arborea</i>	1 a 5	200	-
27	Fresno	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	0,5 a 1	6	0,68
			2 a 5	300	
			5 a 10	500	
			> 10	700	
28	Grevilea	<i>Grevillea robusta</i>	1 a 5	200	0,64
			> 5	500	
29	Higuera	<i>Ficus carica</i>	3	200	0,42
30	Huarango	<i>Acacia macracantha</i>	2 a 5	200	0,88
			> 5	300	
31	Jabonaria	<i>Harpullia pendula</i>	1 a 5	200	0,62
32	Jacarandá	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	1 a 5	200	0,58
			> 5	400	
33	Leucena	<i>Leucaena leucocephala</i>	1 a 5	200	0,45

N.º	Especie forestal		Altura (m)	Precio de mercado (sin incluir IGV) S/	Densidad básica de la madera (g/cm ³)
	Nombre común	Nombre científico			
34	Limón	<i>Citrus limon</i>	1 a 5	200	0,78
35	Lúcumo	<i>Pouteria lucuma</i>	1 a 5	200	0,77
36	Mango	<i>Mangifera indica</i>	> 5	400	0,52
37	Manzano	<i>Malus domestica</i>	> 5	400	0,63
38	Meijo	<i>Hibiscus tiliaceus</i>	0.5 a 1.0	10	0,57
			1 a 5	200	
			> 5	400	
39	Melia	<i>Melia azedarach</i>	0.5 a 1	6	0,48
			1 a 4	200	
			4 a 7	500	
			> 7	700	
40	Melocotón	<i>Prunus persica</i>	2 a 5	500	0,63
41	Membrillo	<i>Cydonea oblonga</i>	> 5	400	0,59
42	Mimosa	<i>Acacia dealbata</i>	1 a 5	200	0,57
			> 5	300	
43	Molle costeño	<i>Schinus terebinthifolius</i>	0.5 a 1.0	6	0,5
			1 a 4	200	
			4 a 8	400	
			> 8	600	
44	Molle serrano	<i>Schinus molle Schinus areira</i>	0.5 a 1	6	0,53
			1 a 4	200	
			4 a 8	400	
			> 8	600	
45	Morera	<i>Morus nigra</i>	0.5 a 1	6	0,55
			1 a 5	200	
			> 5	400	
46	Naranja	<i>Citrus sinensis</i>	1 a 4	200	0,78
47	Níspero	<i>Eriobotrya japonica</i>	1 a 5	200	0,8
48	Olivo	<i>Olea europaea</i>	1 a 5	200	0,66
49	Pacae	<i>Inga feuillei</i>	0.5 a 1	6	0,63
			1 a 5	200	
			>5	300	
50	Palmera abanico	<i>Washingtonia robusta</i>	2 a 5	200	0,84
			5 a 10	500	
			> 10	700	

N.º	Especie forestal		Altura (m)	Precio de mercado (sin incluir IGV) S/	Densidad básica de la madera (g/cm ³)
	Nombre común	Nombre científico			
51	Palmera areca	<i>Areca catechu</i>	1 a 5	300	0,82
			> 5	500	
52	Palmer real	<i>Roystonea regia</i>	1 a 5	400	0,96
			> 5	800	
53	Palmera bruja o Palmera reina	<i>Syagrus romanzoffiana</i>	1 a 5	300	0,82
			>5	500	
54	Palmera fénix	<i>Phoenix canariensis</i>	1 a 5	300	0,65
			> 5	500	
55	Palmera hawaiana	<i>Dypsis lutescens</i>	0.5 a 1	12	0,82
			1 a 5	300	
			> 5	500	
56	Palmera robe- llini	<i>Phoenix roebelenii</i>	1 a 5	300	0,82
			> 5	500	
			> 5	400	
56	Palmera robe- lina	<i>Phoenix roebelenii</i>	1 a 5	300	0,82
			> 5	500	
57	Palo balsa	<i>Ochroma pyramidale</i>	> 1	500	0,3
58	Palo verde	<i>Parkinsonia aculeata</i>	1 a 5	200	0,6
			>5	500	
59	Palto	<i>Persea americana</i>	1 a 5	200	0,53
			> 5	400	
60	Papelillo	<i>Koelreuteria paniculata</i>	1 a 4	200	0,62
			4 a 7	400	
			> 7	600	
61	Ponciana real	<i>Delonix regia</i>	1 a 5	200	0,8
			> 5	400	
62	Sauce	<i>Salix humboldtiana</i>	1 a 4	200	0,48
			4 a 8	400	
			> 8	600	
63	Sauco	<i>Sambucus nigra</i>	1 a 5	200	0,41
			> 5	400	
64	Tamarix	<i>Tamarix aphylla</i>	>5	400	0,61
65	Tara	<i>Caesalpinia spinosa</i>	0.5 a 1	8	1,03
			>5	300	

N.º	Especie forestal		Altura (m)	Precio de mercado (sin incluir IGV) S/	Densidad básica de la madera (g/cm ³)
	Nombre común	Nombre científico			
66	Huaranhuay	<i>Tecoma stans</i>	0.5 a 1	10	0,47
			1 a 4	200	
			4 a 8	400	
			> 8	600	
67	Tipas	<i>Tipuana tipu</i>	2 a 5	300	0,68
			> 5	500	
68	Tulipán africano	<i>Spathodea campanulata</i>	0.5 a 1	6	0,38
			2 a 5	200	
			5 a 10	400	
			> 10	600	

Fuente: Elaboración propia

MÓDULO

12

Seguridad y salud laboral en el manejo del arbolado urbano



MÓDULO

12

Seguridad y salud laboral en el manejo del arbolado urbano

1. Justificación

En el desarrollo de las labores de conservación de manejo del arbolado urbano concurren dos riesgos fundamentales: el trabajo en altura y el uso de maquinaria peligrosa. Es necesario implantar un protocolo de seguridad general para trabajos en el arbolado urbano para reducir la peligrosidad de estos. Esto en el marco de la Ley N.º 29783 “Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo”, y su respectivo reglamento D. S. N.º 005-12-TR.

2. Consideraciones generales

Dado que el abanico de actividades de mantenimiento del arbolado urbano es amplio, es necesario diferenciar actividades y agruparlas por el nivel de riesgo que implican, tanto para los trabajadores como para transeúntes, y propiedad privada y pública.

En los trabajos en el arbolado urbano se pueden colocar en cuatro grupos según el nivel de riesgo (ver figuras 1 a 4).

Nivel 1: Riesgo normal

- En los trabajos de mantenimiento realizados desde el suelo (riego, limpieza, tratamientos fitosanitarios, tutorados y podas menores), con herramientas manuales, hidráulicas o a motor, sin incluir motosierras
- En los trabajos sin motosierra con escalera manual y trabajando a menos de 1,8 metros de altura al punto de trabajo, sin arnés (podas de formación y limpieza de ejemplares jóvenes)

Nivel 2: Riesgo alto

- En los trabajos de poda desde escalera y trabajando a más de 1,8 metros de altura al punto de trabajo con arnés y línea de vida
- Empleo de motosierras en tierra o en cesta hidráulica (apeos y despieces desde tierra, y podas y despieces con motosierras desde cesta hidráulica)

Nivel 3: Riesgo muy alto

- Posibilidad de contacto eléctrico
- Siempre que se realiza trepa

Nivel 4: Riesgo intolerante

- No se puede realizar el trabajo, riesgos inaceptables por razones de seguridad



Figura 1. Trabajos con tijera telescópica en tierra: apeos y despieces de árboles (nivel de riesgo normal). Fotografía tomada antes de la pandemia de COVID-19.



Figura 2. Trabajos de poda o apeos desde escalera (nivel de riesgo alto). Fotografía tomada antes de la pandemia de COVID-19.



Figura 3. Trabajos desde cesta hidráulica y con posible contacto eléctrico (nivel de riesgo alto a muy alto). Fotografía tomada antes de la pandemia de COVID-19.



Figura 4. Trabajos de trepa, con o sin motosierra (nivel de riesgo muy alto).
Fotografía tomada antes de la pandemia de COVID-19.

3. Medidas de seguridad

3.1. Salud ocupacional

Según la Organización Panamericana de la Salud (OPS), significa el conjunto de conocimientos científicos y métodos diseñados para promover, proteger y mantener la salud y el bienestar de los trabajadores, a través de medidas dirigidas al trabajador, condiciones laborales y a la comunidad; mediante identificación, evaluación y control de las condiciones y factores que indiquen en la salud y la promoción de acciones beneficiosas para la salud.

Se establecen tres objetivos principales:

- Prevenir las enfermedades laborales
- Cuidar a los trabajadores de riesgos para su salud en el entorno laboral
- Establecer condiciones ambientales adaptadas a las habilidades físicas y psicológicas de los trabajadores

Capacitaciones. Con relación a los trabajos de poda y trepa, las capacitaciones deben ser continuas y certificadas para garantizar que las técnicas enseñadas tengan un soporte técnico y legal.

Señalización. Presentar la correcta señalización en la vía de acceso, que evidencie la presencia de personal realizando labores.

Charlas de seguridad. Previo al inicio de las laborales, las municipalidades distritales deberán llevar a cabo charlas de seguridad de 15 minutos cada semana, que serán de responsabilidad del supervisor inmediato de los obreros municipales.

Análisis de trabajo seguro (ATS). Es una herramienta utilizada para la determinación del procedimiento de trabajo seguro, a través de la identificación de riesgos de accidentes o enfermedades potenciales relacionadas al desarrollo de las actividades laborales, así como la implementación de mecanismos de control para minimizar o eliminar los riesgos que se presenten (Buenaventura, 2018). El supervisor encargado de los trabajos de arboricultura debe evaluar la zona de trabajo previamente y establecer la secuencia de actividades para determinar punto por punto el riesgo y los controles de cada una.

Identificación de peligros, evaluación de riesgos y controles (IPERC). Es una herramienta de gestión (obligatoria y auditable) que consiste en la identificación de peligros y la evaluación de riesgos relacionados a las actividades realizadas y su control, para evitar daños a la integridad y salud a los trabajadores. En el caso de labores de arboricultura como poda, también para evitar daño a terceros y propiedad pública y privada. El IPERC se hace a nivel de cada unidad en una empresa/municipio y se debe actualizar anualmente.

Seguro complementario de trabajo de riesgo (SCTR). Es de carácter obligatorio para empresas que realicen actividades de alto riesgo. Estas deben asegurar que sus trabajadores cuenten con este tipo de seguro, además de cubrir el pago de la póliza. El SCTR proporciona seguro contra accidentes laborales, enfermedades profesionales para las personas que se desempeñan en actividades de alto riesgo en sus centros de laborales, las cuales pueden poner en peligro su salud o vida. Además, este tipo de seguro cubre lesiones causadas durante el trabajo, enfermedades profesionales (causadas por el trabajo constante), gastos de sepelio y en caso de invalidez se otorga una pensión mensual (Asociación Peruana de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente, 2019).

3.2. Generales

Formación específica. Cada trabajador tendrá bien definidas sus funciones y tareas, dispondrá de las herramientas propias de su trabajo y recibirá formación

específica sobre su manejo. La formación debe ser continua para conocer los avances técnicos y refrescar las medidas de seguridad obligatorias.

Formación de medidas de seguridad en trabajos en inmediaciones de líneas de alta tensión. Todos los trabajadores que se dediquen a los trabajos de poda, apeos y trepa deberán recibir un curso de formación en medidas de seguridad en trabajos cerca de líneas de alta tensión y se les enseñará a reconocer los diferentes tendidos eléctricos, sus características y voltajes, y las medidas de preocupación y seguridad a seguir en sus cercanías.

Los técnicos y encargados también recibirán formación concreta sobre los procedimientos a seguir para solicitar el corte de electricidad de una determinada línea, las confirmaciones necesarias que garanticen que la misma ha quedado sin electricidad, y los procedimientos para informar del final de los trabajos.

Equipo de protección personal - EPP adecuado. Los trabajos de trepa (con o sin motosierra) y los trabajos con motosierra desde cesta hidráulica, precisan de EPP específicos. Se deben abandonar los cinturones clásicos y emplear arneses de seguridad con amarre ventral (ver figura 5).

Formación en primeros auxilios. Todos los podadores deberán seguir un curso teórico práctico de primeros auxilios, con orientación específica a los accidentes que se puedan presentar en los trabajos con motosierra, poda, trepa y electrocuciones. Esta formación debe ser continua.

Botiquín. Los vehículos que intervengan con el equipo de poda deben llevar un botiquín específico y completo con material de primeros auxilios. Un manual de primeros auxilios y los teléfonos de emergencia deben formar parte de su contenido.



Overol anticorte



Botas punta de acero homologadas



Cascos protectores de uso en labores de poda



Orejas para casco como protección para altos niveles de ruido



Lentes de seguridad



Mascarilla contra partículas para evitar el riesgo de inhalación de materias tóxicas

Figura 5. Equipamiento de seguridad del personal para la actividad de poda.
Fotografías tomadas antes de la pandemia de COVID-19

3.3. Modelos de equipo de protección

A continuación, se detallan los equipos de protección personal más usuales en el desarrollo de las actividades de mantenimiento y conservación de arbolado urbano.

3.4. Específicas para el manejo de la motosierra

Los operadores de motosierra deberán haber sido capacitados en el uso y mantenimiento de los equipos, así como el plan de contingencia en caso de un accidente y en primeros auxilios. Deberán contar con todos los EPP necesarios para garantizar un trabajo seguro para su persona y los equipos adicionales, para garantizar que las podas sean seguras para las personas cercanas a la zona de trabajo.

Atención y mantenimiento

- Las posibilidades de accidente se incrementan cuando las motosierras no están bien afiladas o existen desajustes entre el espadín y la cadena. Por otro lado, si falla la puesta a punto y no arrancan o se calan, ello produce irritación y agotamiento que desconcentran del trabajo y predisponen a accidentes.
- Es muy conveniente que el mantenimiento de los equipos esté centralizado, debe haber un responsable que vele por el buen mantenimiento preventivo y para que todas las motosierras estén siempre en perfecto estado de trabajo.
- Debe de existir un cronograma de mantenimiento preventivo de los equipos de poda (manual, motor, eléctrico).
- Los encargados o capataces se responsabilizarán de verificar diariamente que los equipos de poda estén en óptimo estado antes de inicio de la jornada laboral; asimismo deben de retirar del servicio las motosierras defectuosas, o que necesiten de atención mecánica.
- Hay que evitar el realizar trabajos con motosierras no adecuadas. La variedad de trabajos requiere de diferentes tipos de motosierras.
- El podador nunca debe utilizar una motosierra mayor a 50 cc de capacidad de cilindro por encima del hombro.
- El mantenimiento periódico de las motosierras se realizará según especificaciones del fabricante.

- El trabajo con motosierra implica conocer y dominar varios aspectos en cuestión de seguridad de la máquina, forma de trabajo y técnicas de corte. Todo podador que utilice la motosierra debe estar lo suficientemente capacitado para ello, por lo tanto, debe haber leído detenidamente y comprendido el manual de instrucciones. Asimismo, el jefe inmediato debe asegurarse que el podador que tenga experiencia y se encuentre totalmente preparado para operar la motosierra.

Ropa de protección y EPP

Para la prevención de accidentes, hacer uso de lo siguiente (ver figura 6):

- Casco de seguridad, con protección auditiva y facial
- Gafas de seguridad
- Guantes de protección anticorte en el envés de la mano izquierda
- Ropa de protección de las piernas, tronco y brazos con material obstructor de la cadena
- Botas de seguridad con protección en empeine y puntera, con buena suela de agarre
- Ropa ajustada



Figura 6. Operario de poda con EPP

Condiciones de trabajo

- La motosierra se utilizará siempre con los EPP descritos. Sin su uso, ello puede aumentar la dificultad laboral.
- Asimismo, si la temperatura ambiental es igual o mayor a 30 °C se debe cesar la actividad con la motosierra.
- De cualquier forma, siempre se debe tener en cuenta el criterio y la situación personal del trabajador.
- Dependiendo de la zona de trabajo, se debe colocar el(los) cono(s) de seguridad o cinta de peligro en lugares estratégicos, de tal manera que los transeúntes estén advertidos del trabajo que se realiza.
- El podador siempre debe sujetar firmemente la motosierra, asegurándose de colocar correctamente la mano derecha en el mango trasero y la izquierda en el mango delantero. Todas las personas que se desempeñen en el cargo de podadores, independientemente de su lateralidad (zurda o diestra), deben cumplir con las indicaciones antes mencionadas, ya que es la mejor forma de manejar la motosierra y disminuir el efecto de una culateada.

3.5. Especificaciones de los diferentes trabajos

3.5.1. Trabajos donde existan riesgos de contacto eléctrico

- No se realizarán trabajos en los que exista riesgo o peligro de contacto eléctrico, mientras la línea no haya sido cerrada (ver figura 7).
- No olvidar que existe posibilidad de contacto eléctrico cuando en las cercanías del árbol pasa una línea eléctrica de alta tensión. El accidente puede surgir aun sin existir contacto físico entre la línea y el árbol (ver figura 8).
- Hay que impartir formación específica sobre este tema. Además, los encargados deben conocer los procedimientos a seguir para solicitar el corte de la corriente.



Figura 7. El peligro de los cables eléctricos aéreos en la poda de árboles

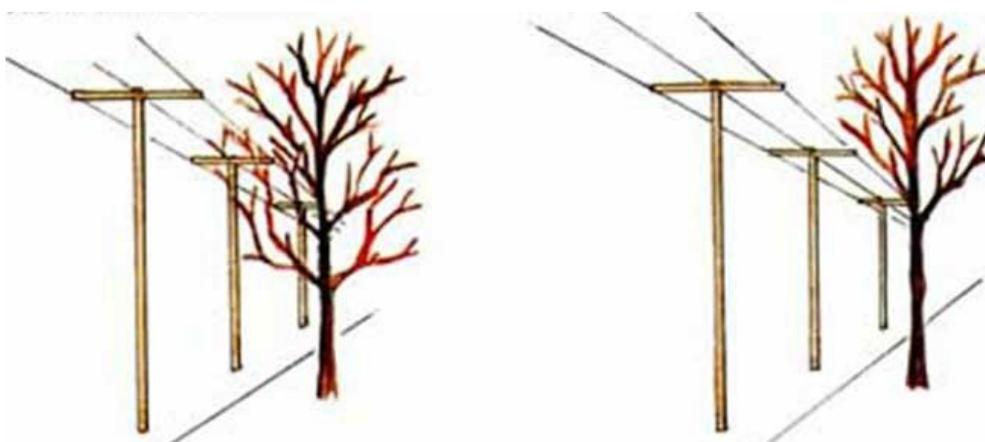


Figura 8. Medidas preventivas en poda en altura cerca de campos eléctricos

3.5.2. Trabajos de poda y apeo desde escaleras

Pueden originar accidentes por caídas, al fallar el apoyo de la escalera teniendo el trabajador sobre ella. Se recomiendan las siguientes normas:

a. Características de las escaleras

- Serán de tramo recto y se apoyarán y sujetarán al árbol en el punto de trabajo.
- Serán homologadas y adecuadas a la altura del trabajo.

b. Condiciones de trabajo en escaleras

- Se deben seguir las sugerencias del fabricante sobre los sistemas de elevación, solapamiento, inclinación y apoyos.
- La base de la escalera debe colocarse a una distancia aproximada de la cuarta parte de la altura de la escalera, desde la vertical del punto de contacto con el árbol (ver figura 9).
- Es obligatorio el uso continuado de un arnés con anclaje vertical.
- Cuando el trabajador se sube al extremo de la escalera, se asegurará independientemente la escalera.
- No se realizarán despieces verticales desde la escalera.



Figura 9. Preparación para trabajo de poda desde escaleras

3.5.3. Trabajos en tierra con motosierra: apeos y despieces de árboles

a. En los trabajos de apeo deberán extremarse las precauciones

- Cuando hay posibilidades de contacto eléctrico.
- Cuando el árbol a apear puede quedar apoyado en otros.
- Cuando ya hay algún árbol que está apoyado o enredado con otros.
- Cuando el árbol tiene la madera en descomposición o hueca.

b. En los trabajos de despiece en tierra deberán extremarse las precauciones

- Cuando hay árboles apoyados unos en otros.
- Cuando el tronco o ramas a despiezar están bajo presión (peso, apoyo, flexión, torsión).
- Cuando el árbol ha caído al río o en una zona de pendiente.
- Se debe mantener una distancia mínima de seguridad entre trabajadores que actúen sobre el mismo ejemplar.
- En el caso de árboles en pendiente, el desramaje se realizará empezando desde la parte superior de la pendiente.

3.5.4. Trabajos con motosierra desde cesta hidráulica

a. Características de la cesta hidráulica

- La cesta debe estar fabricada de material aislante para evitar contactos eléctricos.
- Debe tener accesorio de descenso lento, que impida que la cesta caiga en caso de avería del sistema hidráulico (ver figura 10).
- Debe tener estabilizadores manuales o hidráulicos, diseñados para hacer la cesta estable y evitar que funcione cuando pierda la horizontalidad.
- Debe tener doble control hidráulico, en la cesta y en el suelo, para casos de accidentes del operario en la cesta.
- Debe tener bomba manual que permita bajar la cesta en caso de que el motor falle.
- Respetar las normas de seguridad del fabricante de la cesta: altura, alargamiento, velocidad máxima de viento, carga máxima en punta, etc.



Figura 10. Trabajos de poda con motosierra desde cesta hidráulica

b. Condiciones de trabajo

- Los podadores deben llevar en todo momento arnés de amarre ventral con eslinga unida a la cesta, lentes y casco.
- No se debe conducir el vehículo con el brazo extendido; debe bajarse y plegarse para cualquier desplazamiento rodado.
- La cesta nunca debe recibir el peso de las ramas pesadas que se corten. Se colocarán cuerdas de apeo en el árbol y se descolgarán por ellas las ramas pesadas. El descuelgue será controlado por el personal de tierra.
- El podador realizará la poda tomando las precauciones del caso, para que los residuos de corte mayores no caigan fuera de la zona de trabajo. Debe amarrar las ramas grandes para proceder a su descenso controlado.

- Cuando la poda se realiza en bermas centrales o laterales, es importante que los podadores, jardineros de apoyo y maquinista se mantengan alertas al tránsito vehicular y peatones, sobre todo para dirigir el tránsito cuando la forma de trabajo lo demande (ver figura 11).
- Después de podar un individuo arbóreo y antes de pasar a otro, las herramientas tienen que ser desinfectadas, para evitar el contagio de alguna enfermedad a los siguientes individuos a podar.
- Al concluir la poda en un tramo definido, se debe limpiar la zona, formando montículos de maleza cada cierto tramo, para que sea recogido posteriormente por la unidad vehicular.
- En caso de que la máquina produjera vibraciones fuertes o ruidos anormales, se debe parar la máquina y verificar que no esté dañada. Se comunicará al jefe inmediato para su reparación en base de operaciones.
- Para estacionar la cesta hidráulica, se deberá tener en cuenta no obstaculizar el paso de autos por la vía pública, considerando un espacio razonable y un momento prudente donde una vez estacionado, se deben colocar los conos de seguridad.
- El equipo debe de tener un plan o cronograma de mantenimiento preventivo.



Figura 11. Cierre de vía peatonal para trabajos de poda

c. Condiciones especiales

En zonas rojas de alto riesgo vandálico se debe coordinar con Seguridad Ciudadana para que preste la seguridad de los equipos y de los trabajadores.

3.5.5. Trabajos de trepa con y sin motosierra

Estos trabajos deben ser realizados por personal competente y formado.

- La trepa a cualquier altura se realizará con las técnicas y materiales específicos obligatorios. No se debe hacer trepa libre (sin arnés y cuerdas de seguridad) por encima de 1,8 metros.
- Siempre que al menos un trepador esté en el árbol, habrá personal en tierra pendiente de él.
- El podador, antes de realizar la poda en altura, debe tener correctamente colocado el sistema anticaída, el cual comprende el arnés, mosquetones y línea de vida.
- Para trepar un árbol, el podador debe cerciorarse de que la cuerda se encuentre en condiciones óptimas y tenga como mínimo el doble de longitud que la altura a la que subirá.
- Asimismo, la cuerda debe estar sujeta a una rama gruesa fija, la cual pueda soportar el peso del trabajador al momento de subir.
- Se establecerán sistemas de señales, especialmente visuales, con las que el personal de tierra y el de trepa se puedan comunicar claramente entre sí.
- Todos los podadores deberán conocer cómo hacer un rescate aéreo con las diferentes posibilidades que pueden encontrar en la realidad. Se harán prácticas de rescate aéreo periódicamente.
- En caso de necesidad de rescate aéreo, un miembro debe ocuparse del rescate del herido y al menos dos deben permanecer en tierra, mientras los demás van en busca de ayuda o llaman a los teléfonos de emergencia.
- Una vez ubicado en altura, el podador debe asegurar su posición considerando los siguientes criterios: la línea de vida debe ir sujeta a un punto fijo (punto de anclaje) que puede ser uniones de ramas gruesas lo suficientemente estables para dar seguridad al trabajador durante la poda y, de preferencia, este punto fijo (punto de anclaje) no debe formar parte de la rama donde se ubica el podador.

a. Personal de tierra

- El encargado del equipo decidirá quiénes se quedan abajo, teniendo en cuenta que al menos uno de ellos debe ser capaz de realizar un rescate aéreo.
- El personal de tierra será el encargado de vigilar la seguridad del perímetro de trabajo.
- Deberá mantener limpio y despejado de obstáculos al entorno del área de trabajo.
- Atenderá el mantenimiento de las motosierras.
- Revisará y anudará, en su caso, las cuerdas de trepa que deben tener sus extremos rematados con un nudo.
- El personal de tierra será el encargado de avisar el fin de la jornada con suficiente tiempo para dejar todo recogido.
- Tendrá siempre preparado el botiquín y, a mano, el móvil o la emisora para las emergencias.
- Podrán hacer labores de apoyo, pero sin alejarse de la zona o perder la escucha de los podadores.
- El personal de tierra deberá ayudar a los podadores a que bajen de los árboles y a desengancharse de la cuerda.

b. Podadores de trepa

Materiales

- Contar con todo el sistema de trepa: árbol, rama, salvacámbium, arnés, cuerda semiestática, mosquetones, ascensores y descensores, que a su vez deberá tener un diámetro mínimo de 11 mm o resistir una carga de 2800 kg (ver figura 12).
- Las cuerdas que unan el arnés con la cuerda de trepa tendrán, como mínimo, 9 mm de diámetro.
- Los mosquetones que unen el arnés con la cuerda o aparatos de ascenso y descenso deberán ser de seguridad con al menos tres movimientos diferentes de apertura (subir, girar y abrir, o apretar, girar y abrir).
- No se deben usar mosquetones o aparatos de ascenso y descenso que hayan soportado una fuerte caída o que hayan sufrido un golpe sobre suelo duro desde muy alto.

- En caso de que la cuerda no llegue al suelo, deberá instalarse otra cuerda en otra rama más baja para facilitar el rescate.
- Nunca se deben manejar las cuerdas empujándolas o sosteniéndolas con el serrote de la pértiga u otras herramientas cortantes.



Figura 12. Rescate aéreo en árboles. Fotografía tomada antes de la pandemia de COVID-19

Movimientos

- Todo trabajo en altura realizado por los obreros municipales, a partir de 1,8 metros contados desde un nivel estable inferior hasta los pies del trabajador, debe contar con un sistema de protección anticaídas. Entre los principales trabajos de altura que requieren el sistema de protección en mención se encuentran la poda de especies arbóreas, mantenimiento de locales u otras instalaciones, riego desde la parte superior de la cisterna para áreas verdes, entre otros.

- Si se pone en marcha la motosierra, debe estar anclada a dos puntos independientes (ver figura 13).
- Cuando cambie de punto de anclaje, el trepador debe cambiar el peso al sistema instalado antes de retirar el sistema anterior (Ros, 2006).
- El nudo prúsico se suele usar para desplazamientos o descensos muy cortos, pero no para descender del árbol hasta el suelo. El descenso del árbol se realizará con el ocho, colocándole detrás un nudo prúsico.
- No trepar árboles vivos con las espuelas.



Figura 13. Trabajos de trepa con motosierra. Fotografía tomada antes de la pandemia de COVID-19

Trabajo

- El personal de trepa debe mantener una comunicación continua con el de tierra, deteniendo la motosierra o interrumpiendo los cortes si este realiza señales de emergencia.
- Las herramientas de corte deben subirse al podador por las cuerdas de trabajo, atadas con seguridad, pero sin que dañen estas.
- En altura, la motosierra debe arrancarse con el freno de cadena aplicado y con la motosierra libre de obstáculos. El tamaño de la motosierra debe ser el adecuado al diámetro del corte.
- En previsión de cualquier incidente que comporte riesgo de accidente, después de finalizado cada corte, debe volver a ponerse al freno.
- Para desplazarse por el árbol, se apaga la motosierra.
- La motosierra siempre debe permanecer atada, a través de una eslinga, al arnés o a una rama.
- Cuando una motosierra u otro dispositivo no funcione correctamente, el personal debe descender a tierra para que la herramienta sea arreglada o reemplazada (Ros, 2006).
- Cuando se corten ramas o tocones de un cierto diámetro, se controlará la caída y, se avisará al personal de tierra para que tengan especial cuidado.
- El podador debe observar la caída de cada rama y asegurarse de que llegue al suelo.
- Los cortes con motosierras en altura deben ser precisos y exactos, realizados con ambas manos en las empuñaduras respectivas y evitando usar el extremo del espadín que pudiera ocasionar un retroceso descontrolado (Ros, 2006).

Descenso

- Se debe revisar que la soga llegue hasta el suelo y que haya un nudo al final.
- El nudo prúsico puede ser utilizado para desplazamientos y descensos muy cortos, pero jamás para descender del árbol hasta el suelo: se desciende con el ocho y un nudo prúsico de seguridad.
- Se aprovechará el descenso para verificar que ninguna rama cortada quede colgando.

Recogida

- Cada podador se hará responsable de recoger y guardar su material personal al término de la jornada.
- Las cuerdas que se dejen puestas en el árbol durante los descansos o de un día para otro, deberán mantenerse lejos del alcance del público, amarradas al tronco del árbol o en una rama.
- Las cuerdas de ondilla que queden en el árbol de un día para otro deben estar colocadas en una inserción segura en precaución de que otro podador las utilice para instalar su soga de trepa (Ros, 2006). Las cuerdas deben mantenerse hasta que se concluyan los trabajos.

3.6. Manipulación de productos químicos

Los productos químicos son sustancias que, por contacto, inhalación o ingestión, pueden producir en corto tiempo o a largo plazo, efectos dañinos para la salud del trabajador.

Los contaminantes químicos tienen varias vías de entrada en el cuerpo humano, las cuales se relacionan en el cuadro adjunto.

Vía de entrada	Órgano de entrada
Respiratoria	A través de la nariz y la boca
Dérmica	A través de la piel
Digestiva	A través de la boca, estómago, etc.
Parentela	A través de heridas, llagas, etc.

Para evitarlos hay que tener las siguientes medidas preventivas:

- Evitar el vertido libre y derrames desde recipientes y limitar la manipulación directa a recipientes de pequeña capacidad.
- En la manipulación de productos químicos hay que emplear los equipos de protección personal necesarios (ver figura 14).
- Para productos corrosivos y cáusticos usar guantes y gafas.
- Para productos irritantes, tóxicos y nocivos, utilizar guantes, gafas y mascarilla.
- Mantener el orden y la limpieza donde se empleen sustancias peligrosas, para evitar posibles derrames.



Figura 14. Operario con EPP adecuados para manejo y utilización de productos químicos

- No utilizar ningún producto químico sin conocer sus características y sus riesgos. Consultar la etiqueta del producto, y en caso de duda, la ficha de seguridad del mismo (ver figura 15).
- Exigir el correcto etiquetado de los envases.
- Agrupar las sustancias por categoría de peligro.
- Conservar los productos en envase original.
- Hacer las mezclas al aire libre.
- No se debe fumar ni comer cuando se manejen productos químicos. Hay que mantenerlos alejados de las fuentes de calor.
- Guardar los envases de los productos, completamente cerrados y en un lugar seco, y fuera de las fuentes de calor y ventilado.
- No utilizar otros productos que no sean los indicados por el encargado o técnico.



USO Y MANEJO ADECUADO PLAGUICIDAS AGRÍCOLAS

¿Cómo me protejo?
El equipo de protección personal (EPP) está destinado a evitar la exposición al plaguicidas. Así evitarás daños a tu salud.

- GORRA O SOMBRERO
- LENTES
- RESPIRADOR DE CARTUCHO O DESECHABLE
- CAMISA MANGA LARGA
- GUANTES
- MÁNDIL (en la preparación del plaguicidas)
- PANTALÓN
- BOTAS

Triple lavado
¿Qué hacemos con los envases vacíos de plaguicidas?

NO debemos botarlos No uses, abandones, entierres o quemes los envases usados de plaguicidas agrícolas.

- Llena 1/4 parte del recipiente con agua.
- Luego, agita fuerte el recipiente.
- Echa el agua al tanque de mezcla.
- Destruye el envase.

REPITE **X3** veces los pasos

"Deposita tus envases en centros de acopio AUTORIZADOS"

LA ETIQUETA

Categorías Toxicológicas

- BANDA ROJA: EXTREMADAMENTE PELIGROSO / ALTAMENTE PELIGROSO
- BANDA AMARILLA: MODERADAMENTE PELIGROSO
- BANDA AZUL: LIGERAMENTE PELIGROSO
- BANDA VERDE: SOLO PARA PRODUCTOS BIOLÓGICOS

Al reverso están los PICTOGRAMAS

- Almacenamiento
- Manipulación y Aplicación
- Seguridad Personal
- Advertencia

SE RECOMIENDA USAR LOS PLAGUICIDAS DE MENOR TOXICIDAD.

Figura 15. Uso y manejo adecuado de plaguicidas

- No mezclar nunca productos químicos porque pueden resultar nuevas sustancias peligrosas.
- Se debe guardar los pesticidas bajo llave y lejos del alcance de los niños.
- Para uso de pesticidas se destinará un equipo exclusivo.
- Durante las aplicaciones se evitará la presencia del viento y sol intenso.
- Es obligatorio usar mascarilla y trabajar de espaldas a la brisa.

3.7. Primeros auxilios y respuesta frente a accidentes

En las actividades de arboricultura debido al uso frecuente de herramientas cortantes y equipos que utilizan combustibles, se sugiere capacitar al personal en primeros auxilios y respuesta frente a accidentes. Las municipalidades cuentan con protocolos y áreas de atención de primeros auxilios.

Los principales accidentes en los trabajos de arboricultura se dan por cortes, por lo que los procedimientos de primeros auxilios para la supervivencia del accidentado buscan mantener a la persona lesionada calmada, respirando y con hemorragias controladas, hasta la llegada del personal médico calificado.

Consideraciones básicas:

- **Riesgo potencial:** Ante la persistencia del riesgo, es necesario que la persona que esté brinde los primeros auxilios y el lesionado(a) sean puestos a buen recaudo de otros peligros potenciales.
- **Cambiar posición:** Evalúe las condiciones en las que se encuentra el accidentado. Si se observa que es necesario aplicar técnicas de sobrevivencia será necesario cambiarlo de posición, y en el caso se tenga evidencia o sospecha de lesiones graves, se recomienda no moverlo.
- **Mantener temperatura:** Abrigar al lesionado.
- **Movimiento:** Realizar otros desplazamientos al accidentado en caso sea necesario.

Pasos que se deben seguir en cada emergencia:

- **Nivel de conciencia:** Después de descartar peligros para usted y el lesionado, determine el nivel de conciencia.
- **Vías respiratorias obstruidas:** Verifique que el accidentado no presente dificultad para respirar. Es importante observar que las vías de acceso no se encuentren bloqueadas. En el caso que el accidentado no respire con normalidad, se deberá realizar una reanimación boca a boca.
- **Resucitación:** Revise el pulso del accidentado. Si no existe, inicie resucitación cardiopulmonar si está preparado para ello, continuando hasta que llegue asistencia médica o retorne el pulso.
- **Sangramiento:** Revise partes del cuerpo para detectar heridas o sangramientos. Si existen hemorragias, aplique presión sobre la herida para detener. Aplique presión por medio de una venda.
- **Ayuda:** Busque ayuda tan rápido como sea posible.
- **Designar informante:** Designar una persona apta para comunicarse verbalmente y con habilidad para contactos radiales o telefónicos.
- **Instruir al informante:** Brindar instrucciones precisas a la persona que solicita ayuda vía telefónica:
 - Descripción del accidente
 - Características de las lesiones
 - Ubicación, topografía y vías de acceso al lugar

- Tipos de primeros auxilios que se están aplicando y procedimientos médicos de sobrevivencia
- De ser necesario, solicitar medio de transporte y ayuda médica calificada para efectuar rescate
- Reportar a la brevedad resultados de la comunicación a la persona que está realizando los primeros auxilios al afectado
- **Contacto con central de emergencia:** Establecer contacto telefónico en forma directa (seguro contra accidentes) o a través de una Central de Emergencia (bomberos, serenazgo u otro) y solicitar medio de transporte de emergencia.
- **Llegada de unidad de emergencia:**
 - Colaborar con personal médico para colocar al accidentado en el medio de transporte
 - Informar los antecedentes del accidente
 - Informar de antecedentes de accidentado (alergia a AINES u otros)
 - El supervisor debe acompañar a la movilidad para hacer el seguimiento del accidentado

Posterior a la emergencia, el supervisor a cargo deberá elaborar un reporte de incidencias, explicando a detalle lo ocurrido para determinar las causas del accidente y cómo evitarlas a futuro. Esto servirá para la actualización anual de IPERC.



Referencias bibliográficas

Referencias bibliográficas

- Albert, G. (2015). Operaciones básicas en instalación de jardines, parques y zonas verdes. pp. 73-78
- Alberto, J. (2009). Árboles de Nuestro Campus. Universidad Nacional del Nordeste-UNNE. Facultad de Humanidades.
- Alcaldía La Dorada. (2014). Manual de Silvicultura Urbana. Municipio de La Dorada, Colombia.
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2005). Arbolado Urbano de Bogotá – Identificación, descripción y base para su manejo. Bogotá.
- Alcaldía Mayor de Bogotá, Departamento Técnico Administrativo. (s. f.). *Beneficios de los árboles en el ambiente urbano*. Documento de arborización urbana. Bogotá, Colombia. Recuperado de: <http://www.ambientebogota.gov.co/documents/10157/2066438/Beneficios+de+los+%C3%A1rboles+urbanos.pdf>
- Asociación Peruana de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente. (2019). ¿Qué es el seguro complementario de trabajo de riesgo-SCTR? Recuperado de: <https://appsom.org/que-es-el-seguro-complementario-de-trabajo-de-riesgo-sctr/>
- Archila, M. (2011). Creación de viveros forestales dirigido a estudiantes del ciclo de educación complementario del nivel primario de la Escuela Rural Mixta Las Brisas de Chixoy, de Cobán, Alta Verapaz. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Arze, A. y Weeda, H. (1996). Manual de Arbolado Urbano. Editorial Instituto de Ecología UMSA. La Paz, Bolivia.
- Bancayan, L. A. y Delgado, J. C. (2016). Estudio de prefactibilidad para la producción de palta hass (*Persea americana Mill*) en la región Lambayeque con fines de exportación. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque, Perú. 138 pp.
- Buenaventura. (2018). Procedimiento Análisis Trabajo Seguro (ATS) [Archivo PDF]. [https://www.buenaventura.com/assets/uploads/p_cor_sib/2018/P-COR-SIB-03.03%20Análisis%20de%20Trabajo%20Seguro%20\(ATS\).pdf](https://www.buenaventura.com/assets/uploads/p_cor_sib/2018/P-COR-SIB-03.03%20Análisis%20de%20Trabajo%20Seguro%20(ATS).pdf)
- Cabudivo, K. (2017). Secuestro de CO₂ y producción de oxígeno en árboles urbanos de la Av. Abelardo Quiñones-Distrito San Juan Bautista, Loreto-Perú. (Tesis para obtener el título de Ingeniero en Ecología de bosques tropicales) Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Iquitos, Perú. Recuperado de: http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4694/Kelvin_Tesis_Titulo_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Carreón, M., Domínguez, G. y Gutiérrez, J. (2013). Manual Básico de Producción de Plantas en Vivero. UNORCA Coordinadora Nacional. Recuperado de: https://issuu.com/gdguezm/docs/manual_basico_prod_plantas_en_viver
- Credo, C. (s. f.). Árboles ornamentales de Lima Metropolitana (estudio dendrológico) (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú.
- Cailliez, F. (1981). Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento con referencia especial a los trópicos. In Estudio FAO: Montes. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-ap353s.pdf>
- Céspedes, T. (2007). Evaluación de los servicios ecosistémicos prestados por los árboles al campus de la Pontificia Universidad Javeriana. Trabajo de grado para optar el título en Ecología. Pontifica Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia. 88 pp.
- Food and Agriculture Organization. (1994). El desafío de la ordenación forestal sostenible. Perspectivas de la silvicultura mundial. Italia. 122 pp.
- Food and Agriculture Organization. (2012). Guía para la aplicación de normas fitosanitarias en el sector forestal. Vol. 164 de Estudio FAO Montes. ISSN 1014-2886. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/i2080s/i2080s.pdf>
- Food and Agriculture Organization (2013). Guía para la aplicación de normas fitosanitarias en el sector forestal. pp. 95-96.
- Food and Agriculture Organization (2013). Manual de Compostaje del Agricultor. Santiago, Chile, pp. 33-71.
- Food and Agriculture Organization (2020). Apéndices: Definición de las clases de cubierta del suelo. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/ae578s/AE578S06.htm>
- García, J. (1993). Instalaciones de cubierta vegetal en taludes de obras en zonas áridas. pp 87-89
- Geifus, F. (1994). El árbol al servicio del agricultor. Principios y técnicas. Manual de agroforestería para el desarrollo rural. Turrialba, Costa Rica: ENDA CARIBE/CATIE.
- Gaceta Oficial del Distrito Federal. (2006). Norma ambiental para el Distrito Federal Nadf-001-Rnat-2006, que establece los requisitos y especificaciones técnicas que deberán cumplir las autoridades, empresas privadas y particulares que realicen poda, derribo, trasplante y restitución de árboles en el Distrito Federal. 127-156. Recuperado de: <http://www.paot.org.mx/centro/normas/nadf-001-rnat-2006.pdf>

- Gobierno del Distrito Federal y Banco Interamericano de Desarrollo. (2000). Manual técnico para la poda, derribo y trasplante de árboles y arbustos de la Ciudad de México. México. Recuperado de: http://centro.paot.org.mx/documentos/sma/manual_tecnico_arboles.pdf
- Guarnascheli, A. y Garau, A. (2009). Árboles: una guía esencial para plantar y mantener diversas especies de árboles. Editorial Albatros SACI. Buenos Aires, Argentina.
- Gutiérrez, J. y Reyes, I. (2010). los servicios ambientales de la arboricultura urbana: retos y aportes para la sustentabilidad de la ciudad de Toluca. Universidad Autónoma del Estado de México, México.
- Harris, R. (1992). Arboriculture: Integrated Management of Landscape Trees, Shrubs, and Vines. 2th ed. Prentice Hall, NJ, USA.
- Hallé, F. (2010). Arquitectura de los Árboles, Bol. Soc. Argent. Bot. 45 (3-4): 405-418.
- Vester, H. F. M. (2002). Modelos arquitectónicos en la flora arbórea de la península de Yucatán. Boletín de la Sociedad Botánica de México. pp. 45-57. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/577/57707103.pdf>
- Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. (2009). Valorización económica de bienes y servicios en ecosistemas de bosques inundables y de altura de la Amazonía conceptual y respuesta metodológica. Iquitos, Perú. Recuperado de: http://repositorio.iiap.org.pe/bitstream/IIAP/208/2/Alvarez_documentotecnico_2009_6.pdf
- Instituto Guatemalteco de Educación Radiofónica. (2019). Productividad y desarrollo III. Guatemala. 303 pp.
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (s. f.). Anexo 1. Vivero. Recuperado de: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/21/anexos.html>
- Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC. (2006). Capítulo IV-Tierras forestales. Recuperado de: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/4_Volume4/V4_04_Ch4_Forest_Land.pdf
- IPED. (2010). Field guide, pest evaluation and detection. Department of Agriculture, Forest service. Estados Unidos.
- Conafor. (2002). Schinus molle L. Seed Leaflet, 57(January), 1-6. Recuperado de: http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/1000Schinus_molle.pdf

- Kumar, M. y Kumar, P. (2017). Guía para la identificación y el manejo de la deficiencia de nutrientes en cereales. Instituto Internacional de Nutrición Vegetal. El Batán, México. 1-50. Recuperado de: [http://mca.ipni.net/ipniweb/region/mca.nsf/0/1BCFF09902C918F2852581E900640822/\\$FILE/Libro%20IPNI%20final.PDF](http://mca.ipni.net/ipniweb/region/mca.nsf/0/1BCFF09902C918F2852581E900640822/$FILE/Libro%20IPNI%20final.PDF)
- Leguízamo Barbosa, A. (2004). Guía para la conformación, enriquecimiento, manejo y aprovechamiento sostenible del bosque protector productor. Bogotá, Colombia. CAB, Ciencia y Tecnología N.º 140.
- León, J., Viteri, P. y Mejía, A. (2004). Guía para la determinación de deficiencias nutricionales en babaco. Boletín Técnico N.º 118. Quito, Ecuador. Recuperado de: <https://repositorio.iniap.gob.ec/jspui/bitstream/41000/448/3/iniapscbt118.pdf>
- Lima Conde. (2011). Guía de beneficios que nos proporcionan los árboles dirigido a estudiantes de segundo grado básico, del Colegio Particular Mixto Liceo Nuevo Milenio, municipio y departamento de Jalapa. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Humanidades, Departamento de Pedagogía.
- Martínez, C. (2020). La forestería análoga, ¿una alternativa integradora a los proyectos de reforestación y huerta familiar? TejerSer. Recuperado de: <http://tejerser.org/la-foresteria-analoga-una-alternativa-integradora-a-los-proyectos-de-reforestacion-y-huerta-familiar/>
- Ministerio de Agricultura del Perú. (2017). Dispone la publicación del proyecto de decreto supremo que aprueba los “Lineamientos para la declaratoria de veda a la extracción de especies nativas de flora y fauna silvestre” y la exposición de motivos [R. M. N.º 0382-2017-MINAGRI]. Diario Oficial *El Peruano*. Recuperado de: <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/proyecto-de-decreto-supremo-que-aprueba-los-lineamientos-pa-resolucion-ministerial-n-0382-2017-minagri-1569233-1/>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2016). Resolución Ministerial que aprueba el reglamento Nacional de Tasaciones (RM N°172-2016-VIVIENDA). Recuperado de: <https://busquedas.elperuano.pe/download/url/aprueban-reglamento-nacional-de-tasaciones-resolucion-ministerial-no-172-2016-vivienda-1407416-1>
- Ministerio del Ambiente. (2015). Guía de Inventario de la flora y vegetación. Recuperado de: <http://www.minam.gob.pe/patrimonio-natural/wp-content/uploads/sites/6/2013/10/GU%C3%83-A-DE-FLORA-Y-VEGETACI%C3%83%E2%80%9CN.compressed.pdf>

- Ministerio del Ambiente. (2015). Manual de Valorización Económica del Patrimonio Natural. Perú. Recuperado de: <http://www.minam.gob.pe/patrimonio-natural/wp-content/uploads/sites/6/2013/10/MANUAL-VALORACI%C3%93N-14-10-15-OK.pdf>
- Ministerio de Vivienda. (s. f.). Situación del Perú a nivel mundial en relación al bosque natural. Recuperado de: <http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/difusion/Tallares/6-Criterios-medicion-arbol-en-Pie%20.pdf>
- Moraes, M. (1989). Ecología y formas de vida de las palmas bolivianas. Bolivia. Recuperado de: <http://ecologiaenbolivia.com/documents/Moraes13.pdf>
- Moreno Oñate, M. (2014). Manual básico para viveristas. Valledupar, Colombia. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/mtmontero/vivero-forestal-34588796>
- Móstiga, M. (2014). Prospección y evaluación de los insectos y ácaros perjudiciales en especies forestales del campus de la Universidad Nacional Agraria La Molina (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria la Molina, Perú.
- Muñoz, F. (1979). Cómo puede usted diseñar su propio jardín. Manual Práctico de Diseño. pp. 68-81.
- O'Farril-Nieves, H. y Medina Gau, S. (2011). Manejo integrado de plagas en el jardín: Guía para reducir el impacto de los pesticidas en los cuerpos de agua. San Juan: Departamento de Recursos Naturales y Ambientales.
- ONU Hábitat. (2019). Siete grandes beneficios de los árboles urbanos. Recuperado de: <https://onuhabitat.org.mx/index.php/siete-grandes-beneficios-de-los-arboles-urbanos#:~:text=Las%20investigaciones%20muestran%20que%20vivir,bienestar%20de%20las%20comunidades%20urbanas.>
- Olivera, L. F. y Maldonado, L. E. (2010). Análisis de costos unitarios en la instalación de viveros forestales permanentes y producción de plántones-Valle del Mantaro. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Forestal y Ambiental. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo, Perú.
- Orellana, G. (2014). Prospección y evaluación de síntomas y signos de enfermedades en especies forestales del campus de la Universidad Nacional Agraria La Molina. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (1981). Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento con referencia especial a los trópicos. Vol. 1. Roma. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-ap353s.pdf>

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (1997). Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests: a Primer. Roma. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/w4095e/w4095e00.htm#Contents>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2002). Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2000-Informe Principal. Roma. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/y1997s/y1997s00.htm#Contents>
- Organización de las Naciones Unidas. (2002). Los fertilizantes y su uso. 6-10. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-x4781s.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2004). Inventario forestal nacional manual de campo. Guatemala. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/ae578s/AE578S06.htm>
- Organización de las Naciones Unidas. (2006). Manual de campo: plagas y enfermedades de eucalipto y pino en el Uruguay. Recuperado de: <http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/multimedia/faomanualdecampo.pdf>
- Palms in the Resistencia City. (2010). Glosario botánico. Recuperado de: <http://palmasenresistencia.blogspot.com/2007/02/creador.html>
- Patronato del Parque de las Leyendas Felipe Benavides Barreda. (2005). Formulación de metodología para valorizar la colección botánica.
- Pérez, F. (2017). Fisiología vegetal: Nutrición mineral. 1-175. Recuperado de: <http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/3201/000026082L.pdf?sequence=6&isAllowed=y>
- Plantas y Jardín. (2010). Palmeras, características generales. Recuperado de: <http://plantasyjardin.com/2010/11/%E2%80%9Cpalmas-palmeras%E2%80%9D/>
- Plumed, J. y Costa, M. (2013). Monografías botánicas. Las palmeras. http://www.jardibotanic.org/fotos/pdf/publicacion_2_77_LAS_PALMERAS-ESP.pdf
- Quispe, S. A. (2013). Análisis de la viabilidad para la instalación de un vivero forestal en el municipio de Collana del departamento de La Paz. Trabajo dirigido. Universidad Mayor de San Andrés. Bolivia. Recuperado de: <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/4168/TD-1831.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Reyes Avilés, I. y Gutiérrez Chaparro, J. J. (2010). Los servicios ambientales de la arborización urbana: retos y aportes para la sustentabilidad de la ciudad de Toluca. Quivera. Revista de Estudios Territoriales. 12(1),96-102. ISSN: 1405-8626. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=401/40113202009>

- Relima. (2001). Indicadores para el gerenciamiento del Servicio de Limpieza Pública. Recuperado de: <http://www.bvsde.paho.org/bvsars/e/fulltext/indicadores/indicadores.pdf>
- Rivarola, J. C. (2011). Manual de vivero. Dirección de Educación Agraria, 174. Buenos Aires: Argentina.
- Rivas, T. (2004). Planeación, espacios verdes y sustentabilidad en el Distrito Federal. Universidad Autónoma Metropolitana (Tesis doctoral). Universidad Autónoma Chapingo, México.
- Ros Orta, S. (2006) Planificación y gestión integral de los parques y jardines. Madrid. Ediciones MundiPrensa. Recuperado de: <https://books.google.com.pe/books?id=4qhLrK58SxwC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Ros, S. (2007). Planificación y gestión integral de parques y jardines. Calidad, sostenibilidad y PRL. Ediciones MundiPrensa. Madrid: España.
- Saiz, J. y Prieto, A. (2004). Arboricultura y gestión del arbolado urbano.
- Senanayake, R. (1992). Analog Forestry an Introduction. Monash University. Melbourne, Australia.
- Senanayake, R. y Jack, J. (1998). Analogue Forestry: An Introduction. Dept. of Geog. and Env. Science, Monash Uni. Recuperado de: www.leisa-al.org
- Servicio Nacional de Sanidad Agraria. (2008). Hongos e insectos forestales en el Perú. Subproyecto "Identificación e inventario de insectos, hongos y cromistas de importancia forestal en las regiones de Huánuco, Junín, Lima, Loreto, Madre de Dios, San Martín y Ucayali". Primera edición. 1-41.
- Servicio de Parques de Lima. (2012). Árboles en Lima.
- Servicio de Parques de Lima. (2012). Manual de desarrollo de áreas verdes urbanas.
- Servicio de Parques de Lima. (2019). Precio de mercado de las especies arbóreas.
- Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. (2017). Resolución de Dirección Ejecutiva N°261-2017-SERFOR-DE. Protocolo de Evaluación de recursos forestales maderables. Perú. Recuperado de: <https://www.serfor.gob.pe/wp-content/uploads/2017/10/RDE-N%C2%BA-0261-2017-SERFOR-DE.pdf>
- Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (2015). Ley Forestal y de Fauna Silvestre N° 29763 y sus reglamentos.

- Sierra, C., Tapia, F., Arancibia, V. y Zlatar, J. (2013). Informativo N° 38: Por qué es necesario fertilizar con N, P, K, Mg, B y Zn en olivo. Recuperado de: <http://www.inia.cl/wp-content/uploads/Informativos/INIAIntihuasi/NR39161.pdf>
- Sorenson, M., Barzetti, V., Keipi, K. y Williams, J. (1998). Manejo de las áreas verdes urbanas. Banco Interamericano de Desarrollo. División de Medio Ambiente del Departamento de Desarrollo Sostenible. Washington D.C, Estados Unidos.
- Tosi, J. (1960). Zonas de Vida Natural en el Perú. Número 5 de Boletín técnico. Interamerican Institute of Agricultural Sciences Proyecto 39 del Programa de cooperación técnica de la OEA. Biblioteca IICA. Venezuela. 271 págs. Recuperado de: https://books.google.com.pe/books?id=PJYgAQAIAAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Tovar, G. (2007). Manejo del Arbolado Urbano en Bogotá. Territorios. 16-17, 149-173. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/357/35701709.pdf>.
- Treenet. (2017). The Economic value of trees in urban áreas: Estimating of benefits of Adelaides's Street tres. Recuperado de: <https://treenet.org/resources/the-economic-value-of-trees-in-urban-areas-estimating-the-benefits-of-adelaides-street-trees/>
- Unidad de Gestión Educativa Local Oxapampa. DEVIDA-Comisión Nacional para el Desarrollo y Vida sin Drogas. (2012). Guía de instalación de viveros, plantación y mantenimiento. Soluciones Gráficas SAC (ed). Lima: Perú. 143 pp.
- Universidad de Puerto Rico. (2007). Las plagas comunes de los árboles urbanos en Puerto Rico: Identificación y manejo integrado.
- Unorca (2013). Manual básico de producción de plantas en vivero. Recuperado de: https://issuu.com/gdguezm/docs/manual_basico_prod_plantas_en_viver
- Vacalla, M. (2014). Vivero forestal para la producción de plantones de especies forestales nativas: experiencias e Molinopampa, Amazonas-Perú. Itto, 1, 20. Recuperado de: <http://www.iiap.org.pe/Upload/Publicacion/PUBL1419.pdf>
- Vargas, B. y Molina, L. (2010). Cinco árboles urbanos que causan daños severos en las ciudades. Revista Nodo, 9(5), 115-126.
- Vera, J., Véliz, D., Jácome, G., Cabrera, R., Ramos, R. y Segovia, G. (2016). Guía para el establecimiento y manejo de un vivero de cacao (*Theobroma cacao* L.). Boletín técnico N° 2. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Ecuador.

World Wildlife Fund. (2004). Manual de Inventario forestal integrado para unidades de manejo. Costa Rica. Recuperado de: http://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/wwfca_manualinven.pdf



Glosario de términos

Glosario de términos

- **Arboricultura:** Es la ciencia que estudia el cultivo individual de árboles y arbustos, pero en el sentido amplio incluye todas las plantas leñosas o maderables.
- **Áreas verdes:** Son aquellas áreas o espacios verdes, capaces de sostener o en donde se pueden establecer toda clase de especies vegetales (plantas de cobertura, arbustos, macizos florales, palmeras, árboles, entre otros) sin restricción alguna, los cuales se pueden encontrar habilitados o no; y están conformados por el suelo o superficie y el subsuelo del área verde.
- **Áreas verdes de uso público:** Constituyen áreas verdes de uso público aquellas áreas de dominio y régimen público o espacios de utilización general, ubicados en los parques, plazas, paseos, alamedas, malecones, bosques naturales o creados, jardines centrales o laterales de las vías públicas o de intercambios viales. En general, aquellas áreas de uso público que se encuentren cubiertas por plantas, además de los aportes para recreación establecidos como requisitos para las habilitaciones urbanas.
- **Arbolado urbano:** Elementos arbóreos de la ciudad, tratados de forma individual o en conjunto. Su existencia involucra al terreno donde estos se asientan y el espacio mínimo vital necesario para su adecuado desarrollo y estabilidad. Comprende los árboles, palmeras y arbustos de porte arbóreo.
- **Cepellón:** Champa de tierra con gran parte del sistema radicular del árbol que se coloca en un envase o contenedor o en un arpillado de costal de yute u otros materiales degradable o poroso a fin de proteger las raíces durante el tiempo y la forma de traslado.
- **Compensación:** Retribución que es efectuada económica o físicamente mediante la siembra de árboles u otras especies vegetales, así como mediante la reposición de áreas verdes según sea el caso por la tala y/o poda severa, traslado o reubicación inadecuado o no autorizado, daño o afectación de áreas verdes o arbolado urbano.
- **Copa:** Parte aérea del árbol y uno de los tres componentes principales del árbol, junto con el tallo y la raíz.
- **Desmochado:** Corte indiscriminado de la copa o ramas primarias dejando muñones sin ramas secundarias, que acaba destruyendo el sistema defensivo del árbol.

- **Especie vegetal:** Se considera especie vegetal a los árboles forestales y frutales, arbustos, plantas herbáceas, palmeras bambúes, cactáceas y a los demás elementos vegetales que conforman las áreas verdes. Su existencia involucra al terreno donde estas se asientan y el espacio mínimo vital necesario para su adecuado desarrollo y estabilidad.
- **Especie arbórea:** Toda especie de planta perenne de tallo leñoso que se ramifica a cierta altura del suelo y que produce ramas secundarias nuevas cada año, que parten de un único fuste o tronco, con claro dominio apical, dando lugar a una nueva copa separada del suelo. Se incluye también en esta definición a todas las especies de palmeras y vegetales de porte arbóreo-arbustivo.
- **Follaje:** Compuesto de ramillas y hojas en la copa de un árbol o arbusto.
- **Hidrotropismo:** Es el crecimiento direccional de las raíces de las plantas con relación a la disponibilidad de agua. Es la respuesta a estímulos cuyo origen es el agua.
- **Parques metropolitanos:** Son las áreas verdes, generalmente de gran superficie, destinadas a generar valores paisajísticos y ambientales en la ciudad, así como al desarrollo de usos recreacionales, activos o pasivos y la provisión de servicios ambientales. Su área de influencia abarca todo el territorio metropolitano ya sea por su ubicación, extensión o especialización.
- **Parques zonales:** Son las áreas verdes de jurisdicción del gobierno local provincial, metropolitano, financiadas con recursos propios, de una extensión significativa cuyo radio de servicio es superior al de un distrito. Están destinados a satisfacer necesidades de recreación activa y pasiva de una zona metropolitana, así como proveer servicios ambientales, y pueden contar con instalaciones e infraestructura como juegos infantiles, locales de espectáculos, centros de deporte, centros culturales, zonas de campamento, entre otras.
- **Parques distritales:** Son las áreas verdes de jurisdicción de los gobiernos locales distritales, financiados con arbitrios, destinados a ofrecer servicios de recreación activa o pasiva de la población de un distrito. Su dimensión o número está en función al tamaño poblacional del distrito.
- **Parques locales:** Son áreas verdes destinadas a la recreación, reunión e integración de la comunidad, y a ofrecer servicios de recreación activa y pasiva a poblaciones menores o barriales.
- **Parques lineales:** Son áreas verdes que siguen a los bordes urbanos y los principales componentes de la red fluvial y vial como parte del manejo.

- **Poda:** Eliminación de partes vivas o muertas del árbol, para mejorar su forma y vigor.
- **Poda de raíz:** Comúnmente se practica en vivero, al momento del trasplante o cuando las raíces están muy superficialmente levantando el suelo. Nunca se debe podar más de un tercio del volumen radicular en un solo evento.
- **Poda severa:** Acción de cortar cerca del 100 % de hojas o ramas, o parte del fuste de una especie arbórea. Puede ser desmochado o terciado.
- **Pudrición:** Degradación de la madera causada por organismos biológicos.
- **Raíz:** Sistema de anclaje del árbol al suelo y, tal vez, una de las tres partes más importantes del árbol urbano, junto con la copa y el tallo.
- **Rama:** Brote secundario derivado del tallo central o tallos múltiples en una planta leñosa.
- **Restauración de copa:** Procedimiento para recuperar la forma normal de la copa de un árbol descopado o desmochado, por mala poda u otro factor ambiental.
- **Retiro:** Acción por la cual se persigue la muerte o eliminación de un árbol por diversos medios físicos o mecánicos (talas, podas severas, cortes, anillado de la corteza u otros) o por medios químicos (aplicación de sustancias químicas o tóxicas a su tronco, fuste o alrededores).
- **Servicios ambientales:** Son aquellos servicios que los procesos naturales de un ecosistema nos brindan y que satisfacen indirecta o directamente necesidades de la población humana. Las áreas verdes proporcionan importantes servicios ambientales en las ciudades, como: la filtración del aire, regulación del microclima, producción de sombra, filtración de rayos ultravioleta, reducción del ruido, captación de agua, recreación y cultura, producción de alimentos y control de la erosión de los suelos, entre otros.
- **Tala:** La tala es la acción por la cual se corta el fuste (tronco) de un árbol al nivel suelo, dejando la parte basal y subterránea (tocón y raíces).
- **Tallo o fuste:** Parte central del árbol, que soporta la copa y que puede dividirse o ser único. En los árboles altos se le llama fuste.
- **Terciado:** Corte de copa que deja intacto o casi intacto del tronco y sus ramificaciones principales.
- **Tocón:** La parte más baja del tronco del árbol que queda después de que el árbol ha sido derivado .

- **Traslado o reubicación:** Es la extracción o retiro total (copa, fuste, raíces con porción de tierra) de una especie arbórea de su locación original hacia otra locación con la finalidad de conservarlo.
- **Tratamiento:** Acción recomendada a realizarse al (los) árbol(es) producto de la evaluación del especialista.
- **Tinglado:** Estructura que sombrea las plantas. Es un techo que cumple la función de producir sombra a las semillas o plantas. Regulan el ingreso de la luz solar y distribuye el agua de la lluvia evitando el chorreo.
- **Vigor:** Estado de energía o salud que refleja el árbol plantado, como respuesta al sitio de plantación y a su genética.



Créditos de imágenes

Módulo	Página	Figura	Créditos
Módulo 1	5	Portada	Municipalidad de Lima
Módulo 1	10	Figura 1	Servicio de Parques de Lima - SERPAR
Módulo 1	11	Figura 2	Municipalidad de Lima
Módulo 1	12	Figura 3	Municipalidad de Lima
Módulo 1	15	Figura 4	Municipalidad de Lima
Módulo 1	16	Figura 5	Municipalidad de Lima
Módulo 1	18	Figura 6	"Municipalidad de Lima Municipalidad Distrital de Lurin "
Módulo 2	19	Portada	Municipalidad de Lima
Módulo 2	22	Figura 1	Municipalidad de Lima
Módulo 2	24	Figura 2	Municipalidad de Lima
Módulo 2	24	Figura 3	Municipalidad de Lima
Módulo 2	25	Figura 4	Municipalidad de Lima
Módulo 2	26	Figura 5	Municipalidad de Lima
Módulo 2	26	Figura 6	Municipalidad de Lima
Módulo 2	29	Figura 7	Galloway G. y Borgo Gumersindo.(1993). Manual de viveros forestales en la sierra peruana. Lima: FAO
Módulo 2	32	Figura 8	Municipalidad de Lima
Módulo 2	38	Figura 9	Municipalidad de Lima
Módulo 2	39	Figura 10	Municipalidad de Lima
Módulo 3	40	Portada	Municipalidad de Lima
Módulo 3	45	Figura 1	Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA)
Módulo 3	46	Figura 2	Municipalidad de Lima
Módulo 3	47	Figura 3	Municipalidad de Lima
Módulo 3	48	Figura 4	Municipalidad de Lima
Módulo 3	48	Figura 5	Municipalidad de Lima
Módulo 3	49	Figura 6	Municipalidad de Lima
Módulo 3	49	Figura 7	Municipalidad de Lima
Módulo 3	50	Figura 8	Municipalidad de Lima
Módulo 3	51	Figura 9	Municipalidad de Lima
Módulo 3	53	Figura 10	Municipalidad de Lima
Módulo 4	60	Portada	Municipalidad de Lima
Módulo 4	64	Figura 1	Municipalidad de Lima
Módulo 4	66	Figura 2	Municipalidad de Lima
Módulo 4	67	Figura 3	Municipalidad de Lima
Módulo 4	68	Figura 4	Municipalidad de Lima
Módulo 4	68	Figura 5	Municipalidad de Lima

Módulo 4	69	Figura 6	Municipalidad de Lima
Módulo 4	69	Figura 7	Municipalidad de Lima
Módulo 5	73	Portada	Municipalidad de Lima
Módulo 5	77	Figura 1	Francis Hallé
Módulo 5	77	Figura 2	Francis Hallé
Módulo 5	77	Figura 3	Francis Hallé
Módulo 5	78	Figura 4	Francis Hallé
Módulo 5	78	Figura 5	Francis Hallé
Módulo 5	79	Figura 6	Francis Hallé
Módulo 5	79	Figura 7	"Francis Hallé Municipalidad de Lima"
Módulo 5	80	Figura 8	"Francis Hallé Municipalidad de Lima"
Módulo 5	81	Figura 9	"Francis Hallé Municipalidad de Lima"
Módulo 5	81	Figura 10	Francis Hallé
Módulo 5	82	Figura 11	Francis Hallé
Módulo 5	82	Figura 12	Francis Hallé
Módulo 5	83	Figura 13	Francis Hallé
Módulo 5	83	Figura 14	Francis Hallé
Módulo 5	84	Figura 15	Francis Hallé
Módulo 5	86	Figura 16	Francis Hallé
Módulo 5	87	Figura 17	Francis Hallé
Módulo 5	87	Figura 18	Francis Hallé
Módulo 6	88	Portada	Municipalidad de Lima
Módulo 6	91	Figura 1	Municipalidad de Lima
Módulo 6	91	Figura 2	Universidad Nacional de Río Cuarto
Módulo 6	96	Figura 3	Municipalidad de Lima
Módulo 6	97	Figura 4	Municipalidad de Lima
Módulo 6	98	Figura 5	Municipalidad de Lima
Módulo 6	100	Figura 6	Municipalidad de Lima
Módulo 6	101	Figura 7	Municipalidad de Lima
Módulo 6	102	Figura 8	Municipalidad de Lima
Módulo 6	104	Figura 9	Municipalidad de Lima
Módulo 6	104	Figura 10	Municipalidad de Lima
Módulo 6	105	Figura 11	Municipalidad de Lima
Módulo 6	106	Figura 12	Municipalidad de Lima
Módulo 6	109	Figura 13	Municipalidad de Lima

Módulo 6	111	Figura 14	Universidad Nacional de Río Cuarto
Módulo 6	112	Figura 15	Universidad Nacional de Río Cuarto
Módulo 6	113	Figura 16	Municipalidad de Lima
Módulo 7	114	Portada	Municipalidad de Lima
Módulo 7	118	Figura 1	Holland hydroponics & horticulture
Módulo 7	119	Figura 2	Karen
Módulo 7	120	Figura 3	Alan Manson
Módulo 7	121	Figura 4	Haute life hub
Módulo 7	122	Figura 5	Goldfinch4ever
Módulo 7	123	Figura 6	InfoAGRO
Módulo 7	124	Figura 7	Agronline
Módulo 7	128	Figura 8	Municipalidad de Lima
Módulo 7	132	Figura 9	Tania García Gutiérrez
Módulo 7	133	Figura 10	E. A. Buss
Módulo 7	133	Figura 11	"kgabel H. Glehh Chris Mallory "
Módulo 7	134	Figura 12	Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú - SENASA
Módulo 7	135	Figura 13	Alice Abela
Módulo 7	135	Figura 14	Fernando Laguna
Módulo 7	136	Figura 15	influentialpoints
Módulo 7	136	Figura 16	László Érsek
Módulo 7	137	Figura 17	Francisco Rodríguez (Faluke)
Módulo 7	138	Figura 18	Phil Blende
Módulo 7	138	Figura 19	Eric R. Day
Módulo 7	138	Figura 20	John .A. Davidson
Módulo 7	139	Figura 21	Pranav B
Módulo 7	140	Figura 22	Harman Patil
Módulo 7	140	Figura 23	Charles Olsen
Módulo 7	140	Figura 24	Scot Nelson
Módulo 7	141	Figura 25	Juan Ramón Vázquez
Módulo 7	142	Figura 26	Steven Arthurs
Módulo 7	142	Figura 27	Ecosostenibile
Módulo 7	143	Figura 28	mila1977
Módulo 7	144	Figura 29	Municipalidad de Lima
Módulo 7	145	Figura 30	Municipalidad de Lima
Módulo 7	145	Figura 31	Daniel H. Janzen
Módulo 7	147	Figura 32	María Elizabeth Reátegui

Módulo 7	147	Figura 33	Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú - SENASA
Módulo 7	148	Figura 34	Municipalidad de Lima
Módulo 7	149	Figura 35	Saul Gonzalez Cachay
Módulo 7	150	Figura 36	J. Almacellas.
Módulo 7	152	Figura 37	"Huevos: Serbal Ninfa: A. Bravo"
Módulo 7	152	Figura 38	entomart
Módulo 7	152	Figura 39	Tom Murray
Módulo 7	153	Figura 40	Benjamin Garcia Garcia
Módulo 7	153	Figura 41	"Huevos: Ric Bessin Larva: Sanjay Acharya"
Módulo 7	153	Figura 42	"Rojo: Vladimir Carvajal Blanco: melvyn yeo"
Módulo 8	154	Portada	Municipalidad de Lima
Módulo 8	158	Figura 1	Municipalidad de Lima
Módulo 8	160	Figura 2	Municipalidad de Lima
Módulo 8	161	Figura 3	Municipalidad de Lima
Módulo 8	161	Figura 4	Municipalidad de Lima
Módulo 8	165	Figura 5	Shopstore
Módulo 9	170	Portada	Municipalidad de Lima
Módulo 9	173	Figura 1	GEFAFABRITZ
Módulo 10	174	Portada	Municipalidad de Lima
Módulo 10	177	Figura 1	Municipalidad de Lima
Módulo 10	179	Figura 2	Municipalidad de Lima
Módulo 10	181	Figura 3	Municipalidad de Lima
Módulo 10	181	Figura 4	Municipalidad de Lima
Módulo 10	182	Figura 5	Municipalidad de Lima
Módulo 10	183	Figura 6	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación - FAO
Módulo 10	183	Figura 7	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación - FAO
Módulo 10	184	Figura 8	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación - FAO
Módulo 10	185	Figura 9	Municipalidad de Lima
Módulo 10	186	Figura 10	Municipalidad de Lima
Módulo 10	189	Figura 11	Municipalidad de Lima
Módulo 10	191	Figura 12	Squeezeweasel
Módulo 10	191	Figura 13	Perú Desconocido
Módulo 10	193	Figura 14	Municipalidad de Lima

Módulo 10	193	Figura 15	Municipalidad de Lima
Módulo 10	195	Figura 16	Municipalidad de Lima
Módulo 10	195	Figura 17	Municipalidad de Lima
Módulo 10	197	Figura 18	Municipalidad de Lima
Módulo 10	198	Figura 19	Municipalidad de Lima
Módulo 10	198	Figura 20	Municipalidad de Lima
Módulo 10	200	Figura 21	Municipalidad de Lima
Módulo 10	200	Figura 22	Municipalidad de Lima
Módulo 10	202	Figura 23	Municipalidad de Lima
Módulo 10	202	Figura 24	Super Food Evolution
Módulo 10	204	Figura 25	Municipalidad de Lima
Módulo 10	205	Figura 26	Municipalidad de Lima
Módulo 10	205	Figura 27	B.navez
Módulo 10	207	Figura 28	Southsidenaturals
Módulo 10	208	Figura 29	Flora of Qatar
Módulo 10	208	Figura 30	Municipalidad de Lima
Módulo 10	210	Figura 31	Municipalidad de Lima
Módulo 10	211	Figura 32	Philmarin
Módulo 10	211	Figura 33	Municipalidad de Lima
Módulo 10	213	Figura 34	Municipalidad de Lima
Módulo 10	213	Figura 35	tree-species
Módulo 10	215	Figura 36	Municipalidad de Lima
Módulo 10	215	Figura 37	Ornamentalis
Módulo 10	217	Figura 38	Municipalidad de Lima
Módulo 10	218	Figura 39	Municipalidad de Lima
Módulo 10	218	Figura 40	Municipalidad de Lima
Módulo 10	220	Figura 41	Municipalidad de Lima
Módulo 10	220	Figura 42	Municipalidad de Lima
Módulo 10	222	Figura 43	Municipalidad de Lima
Módulo 10	223	Figura 44	Arboretum
Módulo 10	223	Figura 45	Bob Saunders
Módulo 10	225	Figura 46	Municipalidad de Lima
Módulo 10	225	Figura 47	Municipalidad de Lima
Módulo 10	226	Figura 48	Vladimir Carvajal L.
Módulo 10	228	Figura 49	"IES La Vall de Seg
Módulo 10	229	Figura 50	herbarium
Módulo 10	229	Figura 51	Flowers in Israel

Módulo 10	231	Figura 52	Municipalidad de Lima
Módulo 10	231	Figura 53	Vivero Arguello
Módulo 10	233	Figura 54	Municipalidad de Lima
Módulo 10	233	Figura 55	Mandy Berg
Módulo 10	235	Figura 56	Herbario Virtual de Banyeres De Mariola y Alicante
Módulo 10	235	Figura 57	Herbario Virtual de Banyeres De Mariola y Alicante
Módulo 10	236	Figura 58	Municipalidad de Lima
Módulo 10	237	Figura 59	Andrés Gonzáles
Módulo 10	237	Figura 60	Raul Canovas
Módulo 10	239	Figura 61	Municipalidad de Lima
Módulo 10	239	Figura 62	gardencenterejea
Módulo 11	240	Portada	Municipalidad de Lima
Módulo 12	253	Portada	Municipalidad de Lima
Módulo 12	255	Figura 1	Municipalidad de Lima
Módulo 12	256	Figura 2	Municipalidad de Lima
Módulo 12	256	Figura 3	Municipalidad de Lima
Módulo 12	257	Figura 4	Municipalidad de Lima
Módulo 12	260	Figura 5	Municipalidad de Lima
Módulo 12	262	Figura 6	Municipalidad de Lima
Módulo 12	264	Figura 7	Municipalidad de Lima
Módulo 12	264	Figura 8	Poda en Altura
Módulo 12	265	Figura 9	Municipalidad de Lima
Módulo 12	267	Figura 10	Municipalidad de Lima
Módulo 13	268	Figura 11	Municipalidad de Lima
Módulo 12	271	Figura 12	Municipalidad de Lima
Módulo 12	272	Figura 13	Municipalidad de Lima
Módulo 12	275	Figura 14	Municipalidad de Lima
Módulo 12	276	Figura 15	Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú - SENASA



MUNICIPALIDAD DE
LIMA



Central telefónica: (01) 632-1300



Jr. Conde de Superunda 141 - Cercado de Lima



@MuniLima



@MuniLima



@munlima



Municipalidad de Lima



@tiktokmunlima

Gerencia de Servicios a la Ciudad y Gestión Ambiental
Jr. Conde de Superunda 169, Lima

Visítanos en:
 **Lima Ambiental**