



Guía de Buenas Prácticas para el Manejo de Arbolado en los Campus

**Gestión del arbolado y mediciones
básicas**

Dirección de Sostenibilidad del ITESM

Septiembre 2022

Guía de Buenas Prácticas para el Manejo de Arbolado

Elaborado por el equipo técnico conformado por:

Mariana Monterde Gamba

René A. Gómez Rodríguez

Ing. Martin A. Pedraza Pohlenz

Dr. Mario G. Manzano Camarillo (Coordinador)

Monterrey, Nuevo León

Tabla de Contenido

Justificación	5
Glosario	6
1. Importancia de los árboles en el entorno urbano	10
1.1. Servicios ecosistémicos de los bosques urbanos	10
1.2. Otros beneficios para las comunidades urbanas	11
1.3. Valor económico del arbolado urbano	11
2. Botánica de los árboles	13
2.1 Anatomía y fisiología del árbol	13
2.1.1 Raíz	13
2.1.2 Tallo	14
2.1.3 Hojas	14
2.1.4 Flor	16
2.1.5 Fruto	17
2.1.6 Semilla	18
2.2. Taxonomía	20
3. Identificación de las especies arbóreas	23
3.1. Aplicación: PlantNet	23
3.2. Enciclovida	26
4. Mediciones físicas del arbolado	26
4.1. Medición del diámetro	27
4.1.1. Instrumentos	27
4.1.2. Casos de medición particulares	28
4.2. Medición de la altura total	29
4.2.1. Instrumentos	29
4.2.2. Medición con clinómetro óptico	30
4.2.3. Medición con clinómetro digital	31
5. Datos para el inventario	32
5.1. Código del árbol	32
5.1.1 Código de región y campus	33
5.1.2. División local y número	34

6. Adecuada selección de especies arbóreas	35
7. Requerimientos de los árboles	36
Caso de estudio. Planeación correcta de un proyecto	38
7.1 Requerimientos de sitio	39
7.2 Requerimientos de espacio	40
7.3 Requerimientos de suelo	40
7.3.1 Suelos urbanos	40
7.3.2 Estructura del suelo	41
7.3.3 Mejoramiento del suelo	41
7.3.3.1 Textura y estructura del suelo	41
7.3.3.2 Materia orgánica del suelo	42
7.3.3.3 pH del suelo	43
7.4 Requerimientos de riego	44
7.5 Requerimientos de clima	44
Caso de estudio. Rescate del sabino	45
8. Establecimiento o plantación	46
8.1 Preparación de los árboles	46
8.1.1 Traslado	46
8.1.2 Remoción de embalaje y poda de ramas	46
Caso de estudio. Trasplante correcto	47
8.1.3 Raíces	49
8.2 Preparación del sitio	49
8.2.1 Hoyadura	49
8.3 Procedimientos para plantar un árbol	51
8.4 Tutorado	52
8.5 Errores comunes al plantar un árbol	53
9. Cuidados durante las etapas de establecimiento y desarrollo	54
9.1 Cuidados generales	54
9.1.1 Remoción de pasto y otras cubiertas vegetales bajo los árboles	54
9.1.2 Exposición del cuello del árbol	55
9.2 Riegos	55

9.3. Podas	57
9.3.1 Cómo realizar cortes	58
9.3.2. Durante la etapa juvenil	66
9.3.3. Durante la etapa adulta	68
Caso de estudio. Preparación para el trasplante	69
9.4. Control de plagas y enfermedades	70
9.5. Identificación de riesgos	72
Caso de estudio. Planeación para el declive de los árboles	74
9.6. Trasplantes, remoción/sustitución	75
9.7. Fertilización	76
10. Monitoreo del incremento de biomasa y carbono	77
11. Estrategias para desarrollar fortalezas y resiliencia como alternativas de adaptación climática basada en el manejo sostenible de ecosistemas	78
12. Recomendaciones finales	83
12.1 Crear equipo de técnicos por campus	83
12.2 Desarrollar programas de educación ambiental	83
Caso de estudio. Consulta de un equipo técnico	84
12.3 Dar prioridad a especies nativas	85
12.4 Regionalizar la <i>Guía de buenas prácticas</i>	85
12.5 Desarrollar una red de intercambio de conocimiento	86
12.6 Ir más allá del carbono	86
Bibliografía	87

Justificación

El eje de adaptación del Plan de Sostenibilidad y Cambio Climático al 2025 del ITESM, tiene como objetivo reducir la vulnerabilidad a los impactos presentes y futuros relacionados al cambio climático. Al igual busca aumentar nuestra capacidad de resiliencia y de adaptación a las condiciones generadas por la crisis ambiental. Dentro de las acciones a implementar a nivel institución se encuentran la realización de un inventario de árboles en todos los campus, instalaciones e inmuebles patrimoniales para su gestión en términos de mitigación y adaptación, e implementación de acciones de regeneración y resiliencia de ecosistemas terrestres para favorecer una operación basada en ecosistemas.

Por ello, se ha elaborado un inventario actualizado del arbolado existente en las instalaciones y polígonos de cada campus y sus inmediaciones. Esta información permite estimar, entre otros aspectos de los servicios ecosistémicos, la capacidad de almacenamiento y captura de CO₂ a nivel institucional. Posteriormente, con apoyo de los campus se generará un plan de acciones para el adecuado manejo del arbolado y ampliar el almacenamiento y capacidad de captura de CO₂ progresivamente. A la fecha, se han realizado ya inventarios del arbolado en 39 campus, preparatorias e instalaciones, con un total de 26,407 árboles inventariados. Este manual tiene 2 propósitos principales:

1. Guiar a los campus restantes a realizar el inventario de sus árboles de una manera estandarizada, con instrucciones claras de los procedimientos a seguir. Asimismo, que los campus que ya realizaron alguna medición de sus árboles, fortalezcan sus capacidades técnicas para futuros inventarios o actualizaciones de estos.
2. Apoyar en la gestión del arbolado actual y futuro. La guía incluye información sobre la anatomía de los árboles, el cómo seleccionar las especies adecuadas, realizar la plantación, las podas, y otros cuidados que se les deben dar para su óptimo desarrollo.

Glosario

A lo largo de la guía se presentarán varios tecnicismos, y en este glosario se muestran sus definiciones. La primera vez que aparecen en el texto estos tecnicismos están marcados con azul claro y en negritas.

Almacén de carbono: También llamado sumidero de carbono, este se refiere a un depósito, natural o artificial, que absorbe el dióxido de carbono de la atmósfera.

Anemocoria: Fenómeno que se presenta cuando las semillas de un árbol son transportadas por el viento. Generalmente presentan una estructura que facilita esto, como “alas” (sámaras).

Angiosperma: Grupo taxonómico que incluye a todas las plantas con flor. El nombre significa “semilla vestida”, porque la semilla o semillas se guardan en un fruto.

Arruga de la corteza: Cuando una rama se une al tronco, generalmente se forma una línea de corteza levantada en la parte superior. Esta es la arruga de la corteza, formada por el solape de la corteza de la rama y la del tronco.

Bosque periurbano: Un bosque o área verde que se encuentra a la periferia (aledaña a, pero no rodeada por) de una ciudad o área urbana.

Bosque urbano: Conjunto de árboles que se encuentra en una ciudad o en un área urbana¹.

Categoría taxonómica: Categoría jerárquica en la que se encuentra cierto taxón. Por ejemplo, el taxón *Quercus* se encuentra en la categoría taxonómica de género, y el taxón Orchidaceae se encuentra en la categoría taxonómica de familia.

Cepellón: Volumen del sistema radicular envuelto o dentro de un envase. Esto se observa al momento de comprar un árbol en un vivero².

Collar de la rama: Ensanchamiento de la rama al acercarse al tronco. Este se forma por un solape de madera del tronco y madera de las ramas, y genera una unión fuerte, resistente a roturas.

Corte a ras: Un corte tan cercano al tronco que se corta parte del collar de la rama o arruga de la corteza.

Corte de reducción: Los cortes de reducción reducen la longitud de un tallo que tiene varias ramas, a través de la poda de una rama grande en el punto en que se une con una rama más pequeña.

¹ IPCO, 2021, p. 143

² Gobierno del Distrito Federal, 2000, p. vii

Corte de remoción: En un corte de remoción, se poda una rama hasta el punto en donde se une con el tronco principal o con una rama más ancha.

Corteza incluida: Esto se refiere a corteza que se encuentra en el medio de dos tallos, que tienen una unión muy cerrada (en forma de “V” muchas veces, en vez de una unión en forma de “U”).

Cuello del árbol: Zona donde el tronco se conecta con las raíces, ensanchándose.

Dehiscencia: Fenómeno presente cuando un fruto seco se abre al madurar, como las legumbres.

Ecosistema: Complejo dinámico de comunidades de plantas, animales y microorganismos que interactúan entre sí y con el medio ambiente abiótico (viento, suelo, agua) como una unidad funcional.

Edáfico: Pertenece o relativo al suelo, especialmente en lo que respecta a las plantas³.

Embrión: En el contexto de las plantas, se refiere a la parte de una semilla que contiene las primeras etapas de desarrollo de la planta, como las primeras hojas.

Endospermo: Tejido nutricional dentro de la semilla.

Esclerénquima: Tejido de soporte formado por células muertas. Este se presenta en la raíz principal, para formar así un órgano rígido y sostener al árbol.

Especie: Categoría taxonómica. Se refiere a un grupo de individuos que se cruzan entre sí y comparten una morfología (estructura externa e interna de las plantas), fisiología y proceso reproductivo similar.

Especie exótica: Aquella especie que no es nativa de un país o una región (en este caso México) a la que llegó de manera intencional o accidental, generalmente como resultado de actividades humanas⁴.

Familia: Categoría taxonómica. Una familia es un grupo de árboles directamente relacionados entre sí por tener uno o más ancestros en común. Se tienen características en común, especialmente en las estructuras reproductivas (flor, fruto, semilla).

³ Real Academia Española, s.f.-b

⁴ CONABIO, 2022

Fecundación de óvulo: Se refiere al proceso en que las partes reproductoras masculinas (como el polen) se unen a las femeninas (óvulo), para posteriormente permitir el desarrollo de una nueva planta.

Floema: Tejido presente en las articulaciones de un árbol. Se encarga del transporte de azúcares desde las hojas a las raíces y viceversa, y en otras direcciones.

Flujo de masas: Fenómeno mediante el cual iones y/o partículas disueltas en un líquido se mueven de una zona de mayor presión a una de menor presión.

Fotosíntesis: Proceso mediante el cual las plantas usan luz solar para convertir dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O) para formar compuestos orgánicos (que proporcionan energía al árbol) y oxígeno (O_2).

Género: Categoría taxonómica. Los árboles que se agrupan en cierto género tienen características fundamentales en común, como en flores, frutos, y, a veces, raíces, tallo, yemas y hojas.

Germinación: Proceso mediante el cual el embrión contenido en una semilla se desarrolla (rompe la cubierta de la semilla para salir) hasta ser una plántula.

Gimnosperma: Grupo taxonómico que incluye a todas las plantas sin flor; literalmente el nombre significa “semilla desnuda”. Incluye pinos, cedros, píceas, y abetos, entre otros.

Indehiscencia: Fenómeno presente cuando un fruto seco se mantiene cerrado en todo su desarrollo, como las nueces.

Inflorescencia: Conjunto de flores en una planta. Estas inflorescencias pueden tener estructuras muy variables (espigas, racimos, umbelas, y más).

Hoyadura: Hueco para sembrar o plantar algo⁵.

Línea de goteo: Círculo formado por las ramas más alejadas del tronco, con puntos equidistantes al tronco.

Ósmosis: Paso de disolvente, pero no de soluto, entre dos disoluciones de distinta concentración separadas por una membrana semipermeable⁶.

Óvulo: Cada uno de los cuerpos esferoidales en el ovario de la flor, que posteriormente serán fecundados⁷.

Plántula: Planta joven, al poco tiempo de brotar de la semilla⁸.

⁵ ASALE, s.f.

⁶ Real Academia Española, s.f.-c

⁷ Real Academia Española, s.f.-d, definición 2

⁸ Real Academia Española, s.f.-e

Savia: Producto del azúcar producido por las hojas en la fotosíntesis y el agua que viene del xilema.

Servicio ecosistémico: Beneficios que la naturaleza o los procesos ecológicos proveen a los seres vivos y al planeta.

Sistema radicular: Conjunto de raíces de una planta.

Taxón (plural = taxones): Grupos en los cuales se ordenan los árboles con base en características similares.

Taxonomía: Disciplina que se encarga de definir los taxones.

Testa: Capa protectora que rodea algunas semillas.

Unisexual: Se refiere al componente (por ejemplo, una flor) que presenta órganos reproductivos de un solo sexo (masculino o femenino).

Xilema: Tejido presente en las articulaciones de un árbol. Se encarga de transportar agua, minerales y hormonas desde las raíces, a través del tronco, hasta las ramas, hojas, flores y frutos (de abajo hacia arriba).

Zoocoria: Fenómeno que se presenta cuando las semillas de un árbol son transportadas por animales.

Zona de protección: Una barrera con varios químicos que previenen la entrada de organismos y pudrición a través de las heridas hacia el interior del tronco. Esta zona se encuentra cerca de donde las ramas se unen al tronco.

1. Importancia de los árboles en el entorno urbano

1.1. Servicios ecosistémicos de los bosques urbanos

Un ecosistema se refiere a los complejos dinámicos de comunidades de plantas, animales y microorganismos que interactúan entre sí al igual que con el medio ambiente abiótico (*viento, suelo, agua, etc.*) como una unidad funcional⁹. Un cuerpo humano, o cualquier organismo vivo, puede usarse como una analogía de un ecosistema. Existe una incontable cantidad de procesos físicos, químicos y biológicos dentro de un ser vivo, y no en vano existen tantas especialidades de medicina o biología, con varios años de estudio. El ser vivo puede ser influenciado por incontables factores, y así también sucede con los ecosistemas. Una manera de simplificar la relación de la humanidad, con y dentro de los ecosistemas, es a través del concepto de servicios ecosistémicos.

Los servicios ecosistémicos (SE) se refieren a los beneficios “*que la naturaleza o los procesos ecológicos proveen a los seres vivos y al planeta*”¹⁰. En la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio¹¹ fueron clasificaron en: (i) Servicios de abastecimiento o de provisión (*comida, agua, leña, fibra, etc.*) (ii) Servicios de regulación, que afectan el clima, inundaciones, enfermedades, desechos, y la calidad del agua (iii) Servicios culturales, que incluyen los beneficios recreativos, estéticos y espirituales; (iv) Servicios de apoyo como la formación de suelos, fotosíntesis y el ciclo de nutrientes.

Ahora bien, los bosques urbanos, o en general cada árbol individual, no proveen de los mismos SE que en condiciones fuera de la ciudad. Sin embargo, poseen una gran importancia, tanto para la flora y fauna local como para los habitantes de la ciudad. Algunos de los beneficios que proveen son los siguientes:

- Mejora de calidad del aire, a través de la absorción, retención y/o precipitación de las partículas en el aire.
 - Un estudio realizado por el Servicio Forestal de los Estados Unidos¹² determinó que los bosques urbanos de ese país eliminan hasta 711,000 toneladas métricas de contaminantes (O₃, PM10, NO₂, SO₂, CO) al año.
- Control de riesgos de inundaciones.
- Aumenta la filtración de aguas pluviales.

⁹ World Resources Institute, 2005, p. V

¹⁰ Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2021

¹¹ World Resources Institute, 2005, p. V

¹² Nowak et al., 2006

- Regulación de altas temperaturas (generan microclimas que reducen la temperatura a su alrededor).
 - En las ciudades se generan islas de calor (en el verano de 2022 se observó el impacto que tiene mundialmente el calor en las ciudades, cobrando incluso vidas).
- Control de ruido ambiental.
- Preservar e incrementar la biodiversidad (espacios de refugio para la fauna y flora).
- Mejora de estética.
- Ahorro de energía.
- Secuestro de carbono y consiguiente mitigación del cambio climático
- Mejora de la condición del suelo y prevención de la erosión.
- Provisión de espacios de esparcimiento y educación ambiental.

1.2. Otros beneficios para las comunidades urbanas

Existen algunos beneficios más personales que brindan el arbolado en términos de salud, bienestar y plusvalía. Por ejemplo, para las zonas con mayor arbolado se ha observado un aumento del bienestar psicológico, reducción de violencia y agresividad¹³, pues estos dos factores aumentan con la fatiga mental, dicha que se ha demostrado que la vegetación reduce. Un beneficio que es pasado por alto es el aumento de plusvalía de terrenos con áreas verdes. Los árboles pueden aumentar el precio de un terreno por el simple hecho de estar ahí, y en buen estado. Esto permite introducir a continuación la sección del valor económico del arbolado.

1.3. Valor económico del arbolado urbano

Un uso muy específico del concepto de los SE es el poder asignar costos económicos a cada uno de estos, para así evaluar el valor que tienen los ecosistemas y, por consiguiente, la pérdida económica asociada a la disminución de la naturaleza. Un ejemplo de la valorización económica de los SE¹⁴ se encuentra reportada en Tardieu et al. (2015). En la investigación, estimaron el valor monetario promedio de un bosque debido a la leña obtenida en 11.95 €/ha (*aprox. 250 MXN por hectárea*) (p. 150). También estimaron un valor para el SE de la purificación del aire, tomando en cuenta la cantidad de contaminantes removida por bosques periurbanos, y posteriormente el costo económico por el impacto de contaminantes a la salud, cultivos y materiales. Con esto

¹³ Kuo y Sullivan, 2001

¹⁴ Ecosystems Knowledge Network, s.f.; Tardieu et al., 2015

calcularon valores de 1.1 €/kg (~23 MXN/kg) para el NO₂, 55 €/kg (~1155 MXN/kg) para el PM₁₀ y 1.9 €/kg (~40 MXN/kg) para el SO₂¹⁵.

En México de igual forma se han realizado estudios de este tipo. El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)¹⁶ presenta cada año las Cuentas Económicas y Ecológicas de México, que “permiten medir el impacto que tienen en la economía tanto el agotamiento de los recursos naturales como la degradación del medio ambiente ocasionados por la producción, distribución y consumo de bienes y servicios”. Se calcula anualmente los Costos Totales por Agotamiento y Degradación Ambiental (CTADA), y en 2020 reportaron un valor de 1,066,853 millones de pesos corrientes, lo que equivale a 4.6% del PIB nacional a precios de mercado¹⁷. Las emisiones al aire representaron el mayor costo ambiental, seguidas por los costos por degradación del suelo y los costos por residuos sólidos urbanos.

Ahora bien, como se mencionó anteriormente, los bosques urbanos proveen de varios SE, como la absorción de contaminantes y dióxido de carbono, relacionados con la calidad del aire y el cambio climático, respectivamente. Una mala calidad del aire provoca problemas de salud, y por ende costos económicos. Así mismo, el cambio climático ha requerido de grandes inversiones para mitigarlo. Puede pensarse también en el ahorro económico generado por estos árboles por su control de inundaciones, o por el ahorro energético que generan.

En el 2019, el Instituto de Planeación para el Municipio de Colima (IPCO)¹⁸, realizó un estudio del arbolado urbano (*Plan de Manejo del Arbolado Urbano de la Ciudad de Colima*). Se determinó que se tienen almacenadas 14,836 toneladas de carbono en los espacios verdes públicos, que corresponde a un costo beneficio de \$12,678,000 MXN¹⁹. Aunado al carbono almacenado, cada año los árboles siguen secuestrando carbono. Al igual, se estimó que anualmente se secuestran poco más de 781 toneladas de carbono, lo que corresponde a un costo-beneficio de \$665,840 MXN²⁰.

También se estimó el beneficio obtenido por la captura de contaminantes. En las áreas verdes estudiadas, se estima que los árboles eliminaron 6.76 toneladas toneladas

¹⁵ Tardieu et al., 2015, p. 150

¹⁶ INEGI, 2021

¹⁷ Ibid.

¹⁸ IPCO, 2021

¹⁹ IPCO, 2021, p. 68

²⁰ IPCO, 2021, p. 69

de ozono (O₃), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO₂), PM2.5 y dióxido de sulfuro (SO₂)²¹. Todo esto tuvo un valor asociado de \$2,984,863 MXN. Como se mencionó anteriormente, estos árboles también mitigan el escurrimiento del agua, como el que se observa en varias ciudades en época de lluvias. Los árboles y matorrales interceptan los flujos de agua y permiten que se infiltre al suelo. En Colima, los árboles registrados en las áreas verdes analizadas ayudaron a reducir el escurrimiento por casi 12,760 m³ anuales, con un valor asociado de \$2,942,456 MXN²².

2. Botánica de los árboles

El Diccionario de la lengua española (DLE) define al árbol como una “planta de tallo leñoso y elevado, que se ramifica a cierta altura del suelo”²³. Generalmente se puede identificar un solo tallo desde la base, que soporta a todo el árbol, y suele estandarizarse cierta altura y diámetro a partir de los cuales ya se considera cierta planta un árbol (e.g., después de los 3 metros de altura en una planta madura). Existen plantas que incluso bajo ciertas condiciones crecerán como arbustos, y en otros casos como árboles. Con el propósito de poder reconocer cada parte del árbol y su función, en esta sección se presentará la anatomía y fisiología del árbol para distinguirlas al momento de su cuidado. Posteriormente, se dará una breve explicación de la taxonomía de los árboles y de la forma de diferenciar entre sí. Esto último es fundamental, pues cada especie puede tener distintos requerimientos.

2.1 Anatomía y fisiología del árbol

Todo árbol comienza con la **germinación** de una semilla, para después poco a poco formar distintos tejidos y órganos como las raíces, partes del tronco, corteza, hojas, flores, y más. Cada una de estas partes cumple un rol específico e importante dentro de los árboles.

2.1.1 Raíz

La raíz es la parte subterránea del árbol. Principalmente sirve para proveer de soporte estructural, además de absorber nutrientes y agua, para posteriormente conducirlos hacia el tronco. Esta absorción de sustancias se realiza en las raíces secundarias, que se encuentran al final de las raíces primarias en forma de vellosidades (como si fuera pelo cubriendo las raíces).

²¹ IPCO, 2021, p. 71

²² IPCO, 2021, p. 72

²³ Real Academia Española, s.f.-a, definición 1

A excepción del carbono (C), hidrógeno (H) y oxígeno (O), que se obtiene del aire y agua, las plantas obtienen macro y micronutrientes directamente de la biomasa del suelo, como el nitrógeno (N), fósforo (P), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), hierro (Fe), manganeso (Mn), cobre (Cu), entre otros. Estos componentes son fundamentales para el desarrollo de las plantas, y son absorbidos principalmente en la parte joven de crecimiento de la raíz hasta el interior de las células, y posteriormente metabolizados o transportados a otras partes de la planta. El agua se absorbe mediante difusión, en mayor parte por **ósmosis**, pero también mediante el **flujo de masas**.

Respecto al soporte realizado por las raíces, este se basa en el desarrollo de la **esclerénquima** (tejido de soporte formado por células muertas) en la raíz principal, para formar así un órgano rígido. Al mismo tiempo, dependiendo del sistema radicular de la especie, las ramificaciones en las raíces permiten que el árbol se mantenga unido al suelo.

2.1.2 Tallo

El tallo es el principal elemento estructural del árbol, que soporta las ramas, hojas y flores (que posteriormente se transforman en frutos); se protege por la corteza, y dentro del tallo se lleva a cabo el transporte de agua y nutrientes de las raíces a las hojas. Este transporte involucra principalmente al **xilema** y **floema**, elementos estructurales dentro del tallo:

- a. El xilema es un tejido que se encarga de transportar agua, minerales y hormonas desde las raíces, a través del tronco, hasta las ramas, hojas, flores y frutos (de abajo hacia arriba). En varias plantas este se encuentra cerca del centro del tronco.
- b. Por otro lado, el floema, que también es un tejido, se encarga del transporte de azúcares (como la **savia**, producto del azúcar producido por las hojas en la fotosíntesis y el agua que viene del xilema), desde las hojas a las raíces y viceversa, y en otras direcciones. En varias plantas este se encuentra cerca de la corteza en varias plantas.

Estos fenómenos de transporte explican la gran importancia que tiene la salud del tallo y la protección generada por la corteza. Es común que para especies como el maple se hagan cortes intencionales en el tallo, hasta llegar al floema, y así recolectar la savia (que conocemos comúnmente como jarabe de arce o maple). Sin embargo, de no ser intencional, el flujo de savia hacia afuera podría indicar una enfermedad o un corte profundo.

2.1.3 Hojas

Las hojas son un órgano de las plantas que generalmente es de color verde (y comúnmente cambia de color antes de caer del árbol). Su forma es muy variable, y es por ello una de las mejores formas para distinguir una especie de otra. Las hojas son las

que realizan el proceso de la **fotosíntesis**, en el cual usan luz solar para convertir dióxido de carbono (CO₂) y agua (H₂O) para formar compuestos orgánicos (que proporcionan energía al árbol) y oxígeno (O₂). Este es el proceso que convierte a los árboles en **almacenes (o sumideros) de carbono**, y por ende tan importantes para la mitigación del cambio climático (entre muchos otros beneficios que brindan).

La anatomía de las hojas permite que puedan obtener luz solar e intercambiar compuestos gaseosos de la mejor forma, pero también pueden cumplir otras funciones como la de protección (formando espinas), reproducción (partes de la flor), y otras. La **Figura 2.1.3** muestra la gran diversidad que existe en las hojas de las plantas.



Figura 2.1.3. Representación de la diversidad en las hojas de las plantas. Elaboración propia; fotografías por Martin Pedraza.

2.1.4 Flor

La flor es el órgano reproductivo de las **angiospermas** (plantas con flor, literalmente “semilla vestida”, porque la semilla o semillas se guardan en un fruto), del cual derivan el fruto y la semilla. Está conformada por diversas hojas modificadas (pétalos, sépalos y otros), comúnmente de colores vistosos y de distintos tamaños. Frecuentemente también tienen un aroma atractivo para ciertas especies de insectos o mamíferos, y pueden contener varias modificaciones adicionales (como sustancias pegajosas). Contiene los órganos reproductores masculinos y/o femeninos (a veces contienen ambos, y a veces las flores son **unisexuales**).

Las flores pueden originarse en varias partes de las ramas, y al conjunto de flores se le denomina **inflorescencia**. Estas inflorescencias pueden tener estructuras muy variables (espigas, racimos, umbelas, y más). La **Figura 2.1.4-1** muestra la gran variedad que existe en las flores, y la **Figura 2.1.4-2** muestra las distintas partes que una flor puede tener.



Figura 2.1.4-1. Representación de la diversidad en las flores de las plantas. Elaboración propia; fotografías por Martin Pedraza.

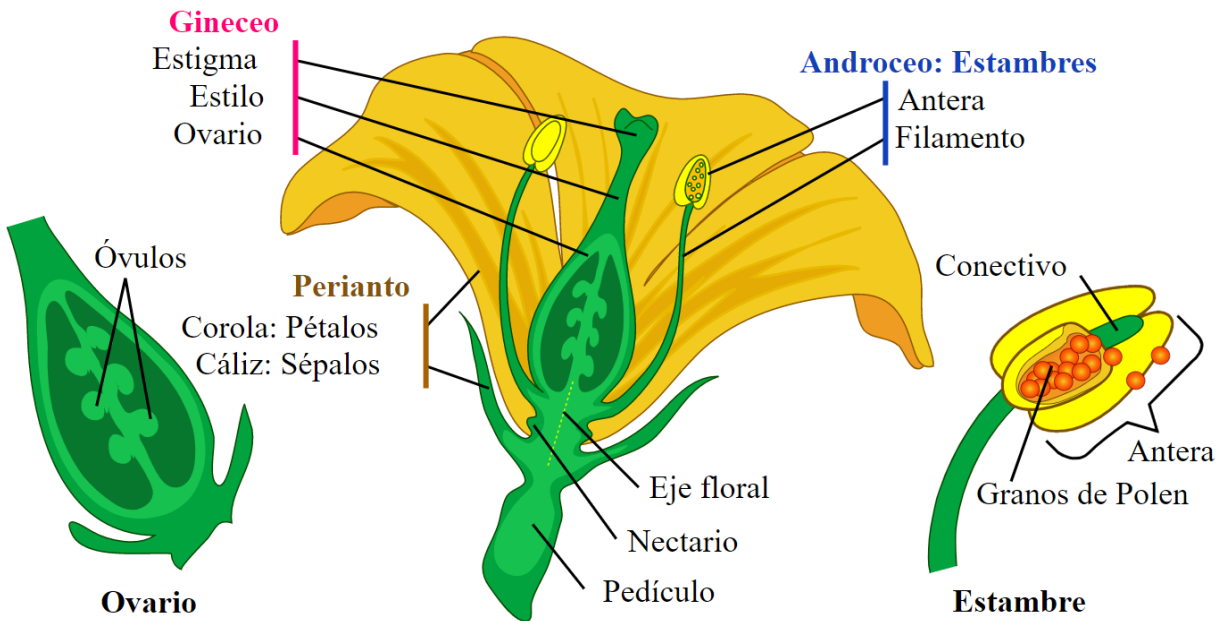


Figura 2.1.4–2. Partes de una flor. De *Anatomía simplificada de una flor madura*, por Mariana Ruiz LadyofHats, traducción por Sergio, 2007,

(https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mature_flower_diagram-es.svg). Dominio público.

2.1.5 Fruto

Cuando el **óvulo** en la flor es **fecundado**, se desarrolla un fruto el cual protege a las semillas facilitando su dispersión. Su anatomía, como el de las flores, varía entre especies. Algunos frutos son atractivos, presentando estructuras carnosas y nutritivas, los cuales son consumidos por animales que transportan las semillas a otras partes (**zoocoria**). Por otro lado, algunos frutos han desarrollado estructuras (como una especie de “alas” o “sombrellas”) que permiten que el viento las transporte (**anemocoria**). A su vez, algunos frutos son secos y otros carnosos (semilla[s] rodeada[s] de una cubierta jugosa, como en los cítricos, manzana, piña, y muchos más). Los secos pueden abrirse al madurar (**dehiscentes**, como las legumbres), o mantenerse cerrados (**indehiscentes**, como las nueces). Y existen muchas otras variaciones. Los frutos son, en muchos casos, el elemento con más valor económico del árbol, y razón principal para el cultivo del mismo.

Es importante recordar que el fruto solo se desarrolla a partir de las flores. En otras palabras, los **gimnospermas** (plantas sin flor, literalmente “semilla desnuda”) como los pinos, cedros, cipreses, y otros, no tienen frutos. En cambio, a las estructuras que protegen las semillas se les llama piñas, gálbulos, o conos. La **Figura 2.1.5** muestra tan solo un poco de la gran variedad que existe en los frutos.

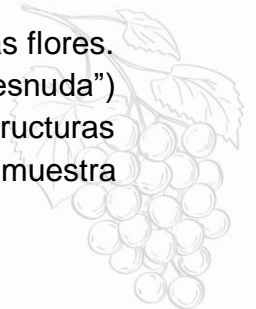




Figura 2.1.5. Representación de distintas frutas comerciales. De *Culinary fruits front view*, por Bill Ebbesen, 2010, (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Culinary_fruits_front_view.jpg).

Atribución 3.0 No portada.

2.1.6 Semilla

La semilla puede encontrarse dentro del fruto (en las plantas con flor), protegida por otras estructuras (como los conos), o incluso puede tener una cubierta carnosa que no es técnicamente un fruto (como la semilla de *Ginkgo biloba*). Dentro de la semilla se almacena un **embrión**, y se encuentra también un tejido nutricional denominado **endospermo**. Ambos se desarrollan después de la fecundación. La semilla está cubierta por una capa protectora llamada **testa**.

El endospermo es usado total o parcialmente durante el desarrollo del embrión después de la germinación de la semilla, ya que contiene los nutrientes necesarios para el desarrollo y establecimiento principal de la **plántula**. La **Figura 2.1.6** muestra la gran variedad que existe en las semillas.



Figura 2.1.6. Representación de semillas de diversas plantas. De *Microimages of seeds of various plants*, por Alexander Klepnev, 2015,

(https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Разнообразие_семян.jpg). Atribución 4.0

Internacional.

2.2. Taxonomía

La variedad dentro de los árboles es inmensa. Un encino es morfológicamente muy distinto a un pino y es difícil confundir un roble con un naranjo. Sin embargo, con base en distintas características similares, los árboles pueden estructurarse en grupos. Es claro que un limonero comparte rasgos similares con un árbol de naranjas o de toronja, simplemente observando el fruto, aunque este cambie de tamaño o sabor. De la misma forma, se sabe que todos los encinos tienen una bellota, pero ciertas características permiten distinguir entre el encino roble, el siempreverde, el quiebra hacha, y muchos otros. Estos grupos en los cuales se ordenan los árboles se llaman **taxones**, y se basan precisamente en ciertas características que comparten todos los árboles de ese taxón. Además, los taxones pueden ser más o menos generales, dependiendo de la **categoría taxonómica** en la que se encuentren. Usando una analogía, el continente, país, estado y municipio son categorías taxonómicas. Asia y América son taxones dentro de la categoría taxonómica de *continente*. Oaxaca y Chiapas son taxones dentro de la categoría taxonómica de *estado*.

Tomando un ejemplo de los árboles, una categoría taxonómica es la **familia** del árbol, y en esa categoría se encuentra la familia Fagaceae, que incluye a todos los encinos, castaños, hayas y parientes. Una categoría taxonómica más específica es el **género**, y en esa categoría se encuentra el género *Quercus*, que incluye solo a los encinos. Una categoría taxonómica incluso más específica es la **especie**, y ahí se encuentra la especie *Quercus rugosa*, el encino quiebra hacha.

Esto se ha desarrollado con el propósito de tener un lenguaje universal, que pueda usarse para cualquier árbol en cualquier país. Es por eso que los taxones se nombran en latín, y siguen reglas muy específicas. Aunque cada árbol tiene varios nombres comunes (e.g., flamboyán, tabachín, árbol de fuego), se le asigna un solo nombre científico (*Delonix regia*) que describe 2 taxones principales en los que se encuentra el árbol (su género y su especie, como se mencionó anteriormente). Como se puede notar, tanto el género como la especie se escriben en *itálicas*. Esto es parte de la nomenclatura que se sigue mundialmente. La disciplina que se encarga de definir estos taxones es la **taxonomía**.

En el siglo XVIII, Carlos Linneo comenzó a clasificar seres vivos en estas categorías basándose en sus características físicas (morfología). En la actualidad este proceso se ha modernizado, y varias técnicas como el análisis del ADN se usan para distinguir entre cada especie. Es importante entender que conforme se obtiene más conocimiento sobre estas especies, se realizan cambios en su clasificación. Dos árboles que en el pasado se consideraban distintas especies pueden ahora considerarse la misma especie, por ejemplo:

Las categorías taxonómicas en las cuales se dividen las plantas se muestran en la [Tabla 2.2-1](#), además de las características que usan para diferenciar los taxones

dentro de cada categoría. También se presenta el ejemplo de *Prunus persica*, el árbol del durazno, y el taxón en el que se encuentra dentro de cada categoría taxonómica.

Tabla 2.2–1. División de categorías taxonómicas.

Categoría taxonómica	Características diferenciadoras	Ejemplo del durazno
Reino	Estructura molecular (unicelular o pluricelular, si puede realizar fotosíntesis, y más).	<u>Plantae</u> Incluye a todas las plantas (otros reinos son Fungi, Animalia y Protista)
División	Si las semillas están encapsuladas (existen flores y frutos), son angiospermas. Si las semillas están desnudas (no existen flores o frutos), son gimnospermas.	<u>Angiospermae</u> (angiospermas)
Clase	Características en común más específicas dentro de la división.	<u>Magnoliopsida</u> Se incluyen a todas las dicotiledóneas (las primeras "hojas" que se muestran en la semilla son 2, al contrario de las monocotiledóneas, que solo tienen 1)
Orden	Mayor subdivisión basado en características en común. Todos los taxones de esta categoría terminan en -ales	<u>Rosales</u> Incluye desde duraznos a olmos a moreras
Familia	Una familia es un grupo de árboles directamente relacionados entre sí por tener uno o más ancestros en común. Se tienen características en común, especialmente en las estructuras reproductivas (flor, fruto, semilla). Todos los taxones de esta categoría terminan en -aceae.	<u>Rosaceae</u> Incluye a las rosas, manzanas, perales, fresas, duraznos, y otros
Género	Agrupaciones basadas en tener características fundamentales en común, como en flores, frutos, y, a veces, raíces, tallo, yemas y hojas.	<u>Prunus</u> Incluye a los duraznos, ciruelos y cerezos
Especie	Un grupo de individuos que se cruzan entre sí y comparten una morfología (estructura externa e interna de las plantas), fisiología y proceso reproductivo similar. Generalmente no pueden cruzarse exitosamente con otras especies, o al menos hay menor fertilidad en los híbridos entre especies.	<u>Prunus persica</u> Incluye al duraznero, cuyo fruto se conoce como durazno.

Nota. Traducido y modificado de Virginia Cooperative Extension (2021, Capítulo 5).

Como ya se mencionó, para identificar a un árbol se usan solo los dos últimos taxones de esta tabla (el género y la especie), formando así un nombre conformado por dos partes. Conforme se conoce más sobre la planta, este nombre a veces cambia.

Dentro de las especies, sigue habiendo más subdivisiones. Estas se presentan en la [Tabla 2.2–2](#).

Tabla 2.2–2. Categorías taxonómicas inferiores a la especie.

Categoría taxonómica	Características diferenciadoras
Subespecie	Una variante de la especie geográficamente aislada.
Variedad	<p>Un grupo dentro de una especie, usualmente no aislado geográficamente, que tiene características particulares aunque a veces no tan notables. Puede ocurrir en la naturaleza, artificialmente, o puede ser un híbrido.</p> <p>Para distinguirla en el nombre, se agrega un “var.” después del mismo, y luego el nombre de la variedad, en latín y en <i>itálicas</i>.</p> <p>Por ejemplo, <i>Gleditsia triacanthos</i> (acacia de tres espinas), como su nombre lo indica, tiene espinas. La variedad <i>Gleditsia triacanthos</i> var. <i>inermis</i> no tiene espinas (<i>inermis</i> significa literalmente “sin armas”).</p>
Cultivar	<p>Un grupo dentro de una especie, que se ha seleccionado por un atributo específico y que incluso después de reproducirse, sigue manteniendo esas características distintivas sin cambios. Generalmente se propagan los cultivares mediante reproducción asexual (como mediante el injerto), para mantener el material genético sin cambios.</p> <p>Para distinguirla en el nombre, se agrega un nombre que describa al cultivar, entre comillas simples, en el idioma original, sin <i>itálicas</i> (como <i>Fraxinus excelsior</i> ‘Pendula’).</p> <p>Por ejemplo, la rosa es una de las plantas con más cultivares; aunque existen como 120 especies, hay más de 20,000 cultivares comerciales seleccionados por su color, fragancia o forma. 2 variedades son <i>Rosa</i> ‘Thérèse Bugnet’ y <i>Rosa</i> ‘Henry Hudson’ (note que en estos casos solo se anotó el género, no la especie).</p>
Híbrido	<p>Un cruce entre dos especies que resulta en una nueva planta. Puede suceder en la naturaleza o artificialmente.</p> <p>Para distinguirla en el nombre, se agrega el símbolo de la multiplicación (x) en medio. Por ejemplo, <i>Citrus</i> x <i>aurantium</i> es el nombre científico del naranjo.</p> <p>Muchos cítricos como el limón y la naranja en realidad son híbridos de otras especies, y desde tiempos antiguos se han ido cultivando. Esto porque las especies del género <i>Citrus</i> son muy compatibles sexualmente entre ellas.</p>

Nota. Traducido y modificado de Virginia Cooperative Extension (2021, Capítulo 5).

3. Identificación de las especies arbóreas

Recomendación de buenas prácticas por campus Monterrey

Identificar especies del mismo género puede ser una tarea muy complicada. Hay especies con un gran parecido entre sí y en ocasiones solo un ojo entrenado puede distinguir las diferencias. La recomendación de buenas prácticas es que para la realización de un inventario se contrate o reclute un **equipo técnico**. Esto asegurará la calidad del inventario. En caso que no pueda ser posible, se adjuntarán herramientas que puedan orientar a una persona no experta.

Para poder identificar correctamente una especie se puede hacer uso de la literatura, y hoy en día, de aplicaciones digitales que facilitan el trabajo para gente inexperta en el área. Para esto se presentarán recursos útiles los cuales brindarán mayor certidumbre y precisión al registro de información.

3.1. Aplicación: PlantNet

La aplicación “PlantNet” utiliza el recurso de la cámara para identificar las especies. La forma de usar la aplicación es la siguiente:

1. Descargar la aplicación.
2. Permitir a la aplicación el uso de localización.
3. Ir a la sección de cámara (*Figura 3.1–1*).



Figura 3.1–1. Selección de sección en la aplicación “PlantNet”

4. Hacer *click* al botón con símbolo de la cámara para tomar la foto como se muestra en la *Figura 3.1-2*.

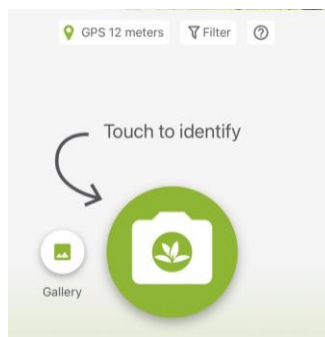


Figura 3.1–2. Selección de la cámara

5. Tomar la fotografía con buena calidad y buena iluminación. La foto puede ser de la hoja, el tronco, la fruta, la flor o el hábitat.
6. Seleccionar el icono que corresponda. Por ejemplo, si se tomó foto de la hoja, seleccione dicho icono (*Figura 3.1–3*).

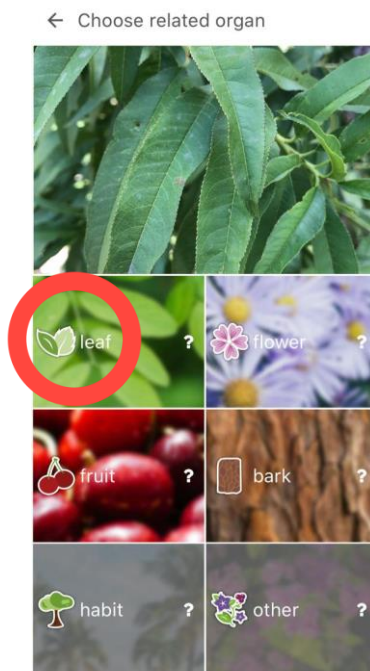


Figura 3.1–3. Selección de la categoría en la aplicación “PlantNet”

7. Se abrirá una sección donde se mostrará la lista de especies que pueden coincidir con la foto, para mejorar el porcentaje de certidumbre se le pica a la flecha de regreso que se encuentra en la parte superior izquierda (*Figura 3.1–4*).

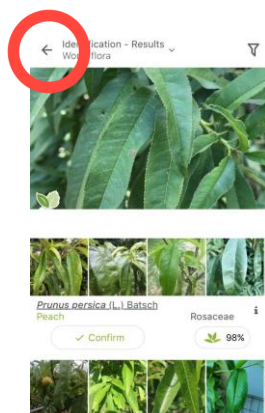


Figura 3.1–4. Selección de la flecha de regreso en la aplicación “PlantNet”

- Se selecciona el botón de “+” y se pueden tomar otras dos fotos adicionales de otro rubro (*Figura 3.1–5*).

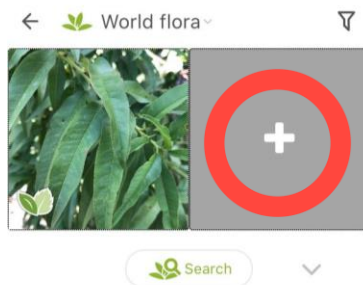


Figura 3.1–5. Selección de la opción de agregar más imágenes en la aplicación “PlantNet”

- Al finalizar de tomar las 3 fotos se puede seleccionar la especie con el porcentaje de certidumbre mayor.
- Para conocer la especie y nombre común, se hace *click* al botón “(i)” (*Figura 3.1–6*).

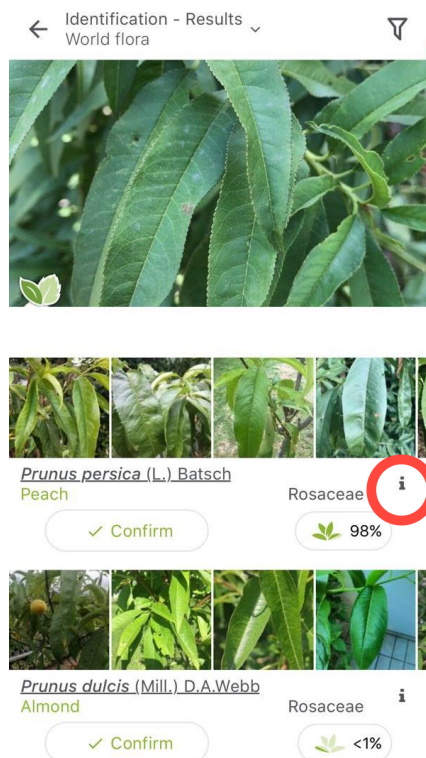


Figura 3.1–6. Selección de la información en la aplicación “PlantNet”

3.2. Enciclovida

Una vez utilizada la aplicación, es importante visualizar varias fotos para poder dar certidumbre. En la aplicación existe una galería de fotos, pero si se requiere mayor información, una fuente confiable es la página de **EncicloVida**. La página es un sitio oficial de la CONABIO (Comisión Nacional Para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). La página es útil, ya que se puede ingresar en el buscador el nombre común o científico y brinda la información completa, en conjunto con fotos de apoyo.

Enlace: <https://enciclovida.mx/>

Otros recursos similares son: <https://www.inaturalist.org/>, <https://www.naturalista.mx/>, “Google lens” (aplicación en iOS y Android: <https://lens.google>), e “Identificación de plantas mexicanas” (grupo en Facebook: <https://www.facebook.com/groups/200259153372279>).

4. Mediciones físicas del arbolado

Como se mencionó al inicio de esta guía, uno de los objetivos fundamentales de este proyecto es el de estimar el almacenamiento y captura de CO₂ a nivel institucional, del arbolado que el Tecnológico de Monterrey tiene. Es por ello que es tan importante realizar el inventario de estos árboles, y de tomar ciertas mediciones fundamentales (diámetro y altura) para estimar su contenido de carbono almacenado.

Para estimar la biomasa de un árbol y la cantidad de carbono que contiene, pueden usarse varias técnicas, como ecuaciones alométricas o factores de expansión de biomasa. Se ha encontrado que la biomasa contenida en un árbol es un excelente predictor del contenido de carbono. Este atributo del árbol depende, en la mayoría de los casos, de su diámetro y altura total, siendo éstas las dos mediciones que se realizan para el inventario del arbolado urbano. En posteriores secciones se explicará su medición a detalle.

Aclaración: La altura (A) del árbol se necesita tomar en metros (m) y el diámetro a la altura del pecho (DAP) en centímetros (cm).

4.1. Medición del diámetro

De forma estandarizada, el diámetro se mide a **1.3 metros desde el nivel del suelo**, es por ello por lo que se le denomina comúnmente DAP (Diámetro a Altura de Pecho). Es importante entonces que antes de realizar la medición se determine esta altura, y es útil que cada persona al realizar las mediciones relacione esta altura con una posición en su cuerpo (como un punto en el pecho) para darle certidumbre a esta medición.

4.1.1. Instrumentos

Los instrumentos que se utilizan para tomar esta medida se muestran en la [Figura 4.1.1.](#)

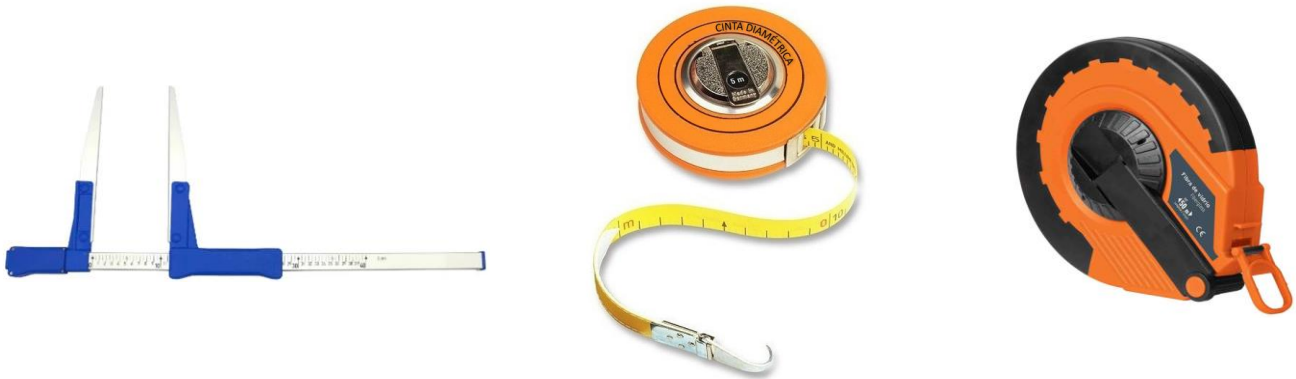


Figura 4.1.1. Instrumentos para medición del diámetro: 1) Forcípula de brazo móvil; 2) Cinta diamétrica, 3) Cinta métrica (30 m).

La **cinta métrica** mide la circunferencia del tronco, y es entonces que para obtener el diámetro debe dividirse esta circunferencia entre el valor de π .

La **cinta diamétrica**, por el otro lado, ya toma en cuenta esta conversión, y puede encontrarse que con un lado de la cinta se mide la circunferencia o perímetro del tronco, y con el otro lado se mide el diámetro directamente. Siempre es importante determinar el lado correcto de la cinta en estos casos, para medir lo que de verdad desea medir.

4.1.2. Casos de medición particulares

Pueden presentarse algunos casos particulares en los que la medición del diámetro debe hacerse de cierta forma. En la [Figura 4.1.2](#) se muestran dichos casos. DIAM POINT hace referencia al punto en el cual debe medirse el diámetro. Cuando se presenta una bifurcación, deformación o embotellamiento a los 1.3 m, debe medirse el diámetro abajo o arriba de los 1.3 m (en el DIAM POINT), dependiendo del caso.

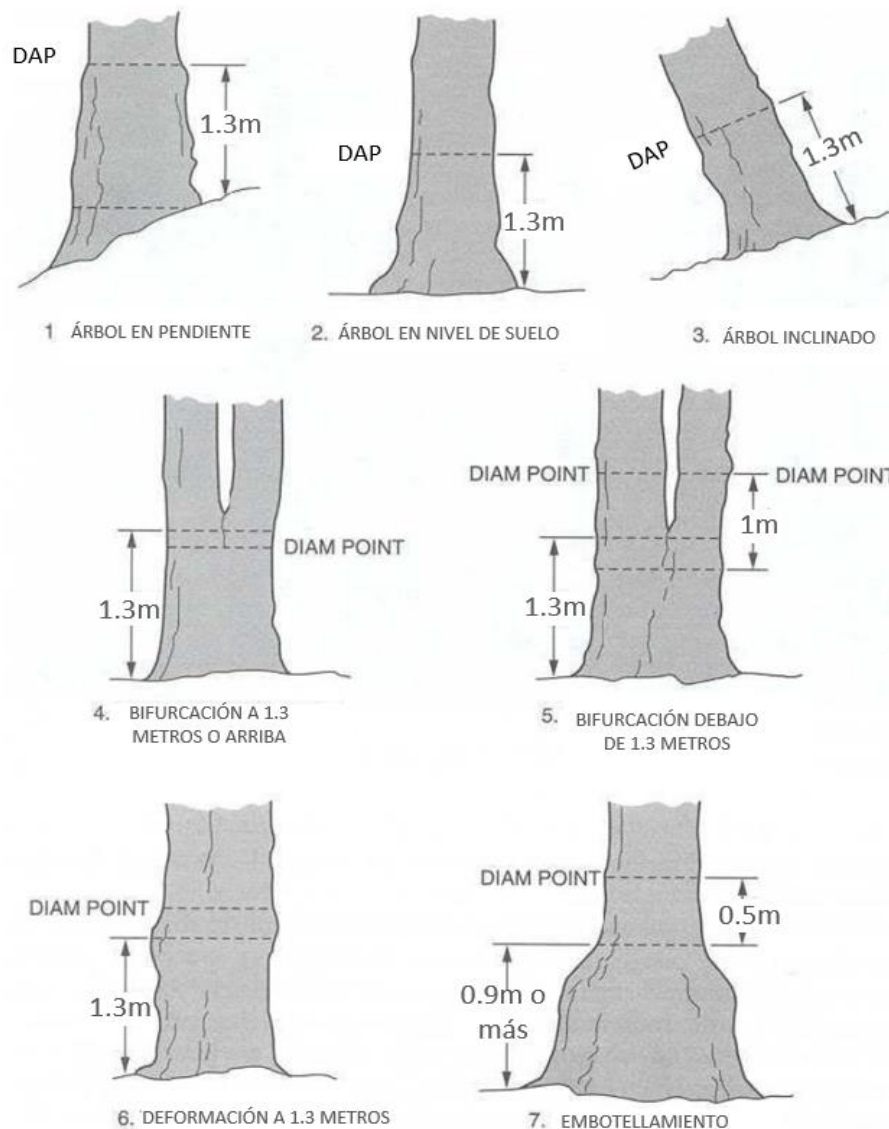


Figura 4.1.2. Casos particulares en la forma del diámetro del árbol. Obtenido de Bogdan Strimbu (2021).

En el caso 5, cuando se presenta una bifurcación debajo de los 1.3 metros, debe considerarse como si fueran dos árboles distintos, y medir entonces el diámetro de cada uno arriba de la bifurcación. En el caso particular que el árbol se aleje mucho de una forma circular, presentando así dos diámetros distintos, dependiendo de dónde se mide, deben realizarse 2 mediciones y tomar su promedio (si es que se está usando la forcípula). Una medición se toma en la zona más angosta, y otra en la zona más ancha.

4.2. Medición de la altura total

La medición de la altura total de un árbol es la medición de la distancia de la base del árbol hasta la última rama. Para esta medición se utilizan los instrumentos de medición mostrados en la [Figura 4.2](#).

4.2.1. Instrumentos

Los instrumentos que se utilizan para tomar esta medida son:



Figura 4.2. Instrumentos para medición de la altura: 1) Clinómetro digital; 2) Clinómetro óptico, 3) Cinta métrica (30 m)

4.2.2. Medición con clinómetro óptico

Lo primero que se hace es medir la distancia desde el árbol hasta el punto de medición con la cinta métrica. Esta distancia puede ser de 15 metros o 20 metros²⁴. La distancia se establece dependiendo de la altura del árbol. Para usar el clinómetro mantenga ambos ojos abiertos. Use el ojo de la vista para mirar a través de la lente en las escalas mientras que con el ojo contrario se visualiza el objetivo deseado. Una vez se mantenga esa imagen en el lugar deseado visualizar el valor en el clinómetro²⁵ y registrar medición. Para obtener un valor más preciso, es necesario tomar la medición dos veces.

La medición depende de la posición de los ojos con respecto al árbol. Ambas metodologías se explican a continuación.

1. Si el nivel de sus ojos está entre la parte inferior y la parte superior del árbol.

Se visualiza con el clinómetro la parte inferior del árbol y se registra la medición, luego se realiza la medición para la parte más alta del árbol. Ya con ambas mediciones se hace la **sumatoria**, teniendo como resultado la altura total del árbol.

Ejemplo

- Medición de la altura de los ojos a la base (C): 1.7 m
- Medición de la altura de los ojos al punto más alto (A): 8m
- Altura total: $1.7 \text{ m} + 8\text{m} = 9.7\text{m}$

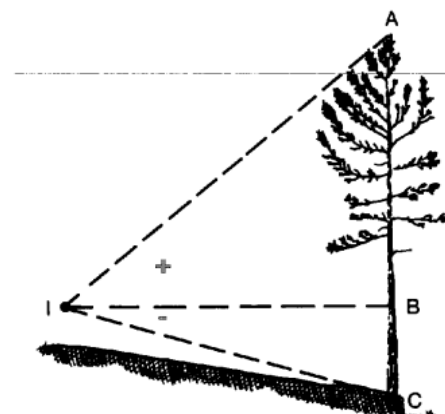


Figura 4.2.2-1. Medición de altura total del árbol con rango positivo. Fuente: Obtenido de Carlos Romahn (2010)

²⁴ Si se requiere tomar más distancia, se puede modificar a 30 metros o 40 metros, con la modificación que el valor obtenido se multiplica por dos para obtener la altura total del árbol.

²⁵ Para identificar en el clinómetro a qué distancia de medición se refiere la escala, se coloca el clinómetro viendo hacia el suelo, donde se mostrarán los valores de "15" y "20" en el lado correspondiente.

2. Si el nivel de sus ojos está por debajo de la base del árbol.

Se visualiza con el clinómetro la parte inferior del árbol y se registra la medición, luego se realiza la medición para la parte más alta del árbol. Ya con ambas mediciones se hace la **resta** entre la medición de la punta y la medición de la base, teniendo como resultado la altura total del árbol.

Ejemplo

- Medición de la altura de los ojos a la base (B): 1.7 m
- Medición de la altura de los ojos al punto más alto (A): 8 m
- Altura total: $8\text{ m} - 1.7\text{ m} = 6.3\text{ m}$

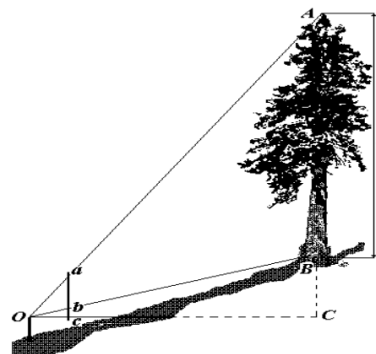


Figura 4.2.2–2. Medición de altura total del árbol con rango negativo. Fuente: Obtenido de Carlos Romahn (2010).

4.2.3. Medición con clinómetro digital

Para la medición con el clinómetro digital, lo primero que se hace es encenderlo. El botón de encendido se visualiza en la [Figura 4.2.3–1](#). Una vez encendido el clinómetro, se ubica la posición horizontal del árbol con respecto a los ojos y se le pica al botón de encendido. Luego se procede a tomar la medición a la base del árbol y se le vuelve a picar al botón de encendido. Por último, se visualiza la parte más alta del árbol y se le hace *click* al botón de encendido. Una vez realizados estos pasos, se visualizan los resultados en la pantalla digital. Los resultados se muestran como en la [Figura 4.2.3–2](#).

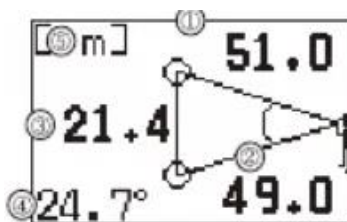


Figura 4.2.3–1. Representación de resultados del muestreo en clinómetro digital.

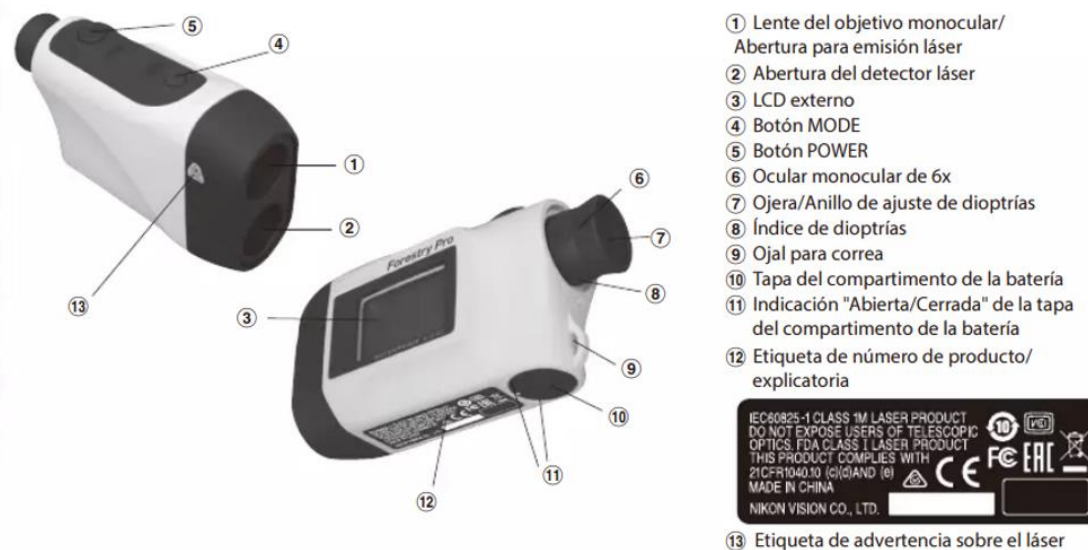


Figura 4.2.3–2. Identificación de partes del clinómetro digital. Fuente: obtenido de Forestry Suppliers. (2021). El clinómetro no da notificaciones de que se tomaron las medidas, por lo que se tienen que terminar todos los pasos para poder ver los resultados juntos.

5. Datos para el inventario

Con el fin de mantener un estándar en todos los campus, y tener todos los datos necesarios, para cada árbol individual se deberán registrar los siguientes datos:

1. Número del árbol, comenzando en 1 hasta el total de árboles contabilizados
2. Código del árbol (posteriormente se explicará su generación)
3. Coordenadas geográficas (longitud y latitud)
4. Nombre científico
5. Nombre común
6. Altura del árbol
7. Diámetro a la altura del pecho (DAP)
8. Cualquier observación general, como deformaciones, enfermedades, poda excesiva o necesidades de poda, planes de remoción o trasplante, entre otros aspectos.

5.1. Código del árbol

Cada árbol debe tener un código único, con el mismo formato para todos los inventarios del Tecnológico de Monterrey. Este formato es el siguiente:

REGIÓN–CAMPUS–DIVISIÓN LOCAL–NÚMERO

5.1.1 Código de región y campus

Los campus, instalaciones e inmuebles patrimoniales del Tecnológico de Monterrey están divididos en cuatro regiones. Cada región tiene un código de tres letras que se indica en la [Tabla 5.1.1](#).

Tabla 5.1.1. Caracterización por región y campus

Región	Código
Región Nuevo León	NL
San Pedro	SP
Laguna	LAG
Monterrey	MTY
PrepaTec Cumbres	PT-CU
PrepaTec EGL	PT-EGL
PrepaTec EGS	PT-EGS
PrepaTec Santa Catarina	PT-SC
PrepaTec Valle Alto	PT-VA
Región Occidente	OC
Aguascalientes	AGS
Chihuahua	CHIH
Ciudad Juárez	CJ
Ciudad Obregón	CO
Guadalajara	GDL
Morelia	MOR
PrepaTec Navojoa	PT-NAV
PrepaTec Santa Anita	PT-SA
Sinaloa	SIN
Sonora Norte	SON
Zacatecas	ZAC
Región Centro Sur	CS
CAETEC	CAETEC
Cuernavaca	CNV
Hidalgo	HGO
Irapuato	IRPT
PrepaTec Celaya	PT-CLY

PrepaTec Metepec Puebla Querétaro San Luis Potosí Tampico Toluca	PT-MTP PUE QRO SLP TMP TOL
Región CDMX	CDMX
Campus Ciudad de México Campus Estado de México Chiapas PrepaTec Esmeralda Campus Santa Fe	CCM CEM CHIS PT-ES CSF

5.1.2. División local y número

Respecto a la sección de división local, es útil que cada campus divida su terreno en distintas zonas para que les sea más práctico y fácil ubicar los árboles presentes posteriormente. Esto se recomienda solo si el campus es lo suficientemente grande para ameritarlo. Por ejemplo, puede dividirse en “Jardín 1”, “Jardín 2”, “Plaza”, “Estacionamiento”, “Parque”, “Aulas 4”, o incluso en polígonos. Esto debe registrarse adecuadamente en un mapa para su posterior identificación. Finalmente, la última sección del código se refiere al número que se le asignó al árbol. Se prefiere que en cada nuevo polígono se vuelvan a numerar los árboles desde 1.

Ejemplo:

Si el árbol #53 se encuentra en el **Polígono 2** de la **PrepaTec Celaya** [PT-CLY] (Región Centro Sur [CS]), su código quedará de la siguiente forma: **CS-PT-CLY-POL2-**

53

6. Adecuada selección de especies arbóreas

Recomendación de buenas prácticas por campus Monterrey

Cuando se lleva a cabo una construcción en un lugar donde hay árboles es importante tomarlos en cuenta previamente. Es muy entendible que se requieran expandir las edificaciones, pero eso no significa que el número de arbolado tiene que disminuir. Para eso es importante buscar que la construcción incluya desde su diseño a los árboles sin necesidad de reubicarlos. Si esto no es posible se busca que los árboles sean reubicados. Los árboles tienen un potencial de secuestro de carbono y un valor intrínseco.

Para seleccionar las especies arbóreas que serán establecidas en un entorno urbano es necesario buscar la idoneidad de las especies. Lo anterior se debe a que la mala selección de las especies por plantar puede llegar a implicar impactos negativos sobre la infraestructura urbana, altos costos de conservación, desvitalización de árboles (plagas o enfermedades), entre otros. La selección de **especies exóticas** aumenta el riesgo de afectar de manera negativa la flora y la fauna autóctona del lugar.

Por el contrario, la selección adecuada de las especies arbóreas puede minimizar las influencias negativas de éstas, disminuir los costos de mantenimiento y asegurar la correcta adaptación de los árboles, entre otros beneficios (Ayuntamiento de Sevilla, s.f.).

Existe una amplia gama de criterios que deben considerarse al momento de seleccionar las especies que serán introducidas. Dichos criterios son:

- Adaptación a las condiciones climáticas y **edáficas** de la ciudad
- Concordancia con el espacio disponible
- Resistencia a plagas y enfermedades
- Moderadas necesidades hídricas
- Resistencia a las condiciones urbanas como contaminación atmosférica
- Especies sin fructificaciones molestas
- Especies no alergénicas.
- Especies sin espinas en las zonas de fácil acceso
- Especies de madera resistente, no quebradiza
- Especies que admitan las labores de poda
- Evitar el uso de especies que presenten a medio plazo problemas estructurales
- Evitar especies con **sistemas radiculares** agresivos e invasores

A partir de que estos criterios puedan cumplirse, la selección final de la especie a introducir estará determinada por:

- Criterios funcionales
- Criterios paisajísticos

- Criterios culturales

En cualquier caso, antes de introducir una especie determinada se debe garantizar que se poseen los certificados fitosanitarios correspondientes con el fin preventivo de no poner en riesgo la masa arbórea (Ayuntamiento de Sevilla, s.f.).

Por otro lado, también resulta de suma importancia considerar qué función queremos que la planta realice en el sitio. Si no elegimos la planta para que coincida con la función deseada, así como con las características del sitio, entonces ponemos a la planta en desventaja e incluso podemos crear una situación problemática.

7. Requerimientos de los árboles

Un objetivo que se busca a menudo cuando de plantar árboles se trata es el de poner la planta correcta en el lugar correcto. Esto significa que las cualidades de la planta deben coincidir con las características del sitio (*altura, temperatura, humedad, etc*) para tener un buen resultado. Incluso, muchas veces es mejor encontrar un árbol que se adapte al sitio que se tiene disponible en primer lugar.

Por otro lado, en un mundo de clima cambiante y grandes desafíos para los bosques urbanos, no pensar en los extremos de calor, viento, contaminación y precipitación puede multiplicar los efectos de una buena o mala decisión.

Las siguientes secciones explican los requerimientos que los árboles tienen, cómo determinarlos y su importancia al momento de tomarlos en cuenta en la selección de las especies a plantar y el sitio donde serán plantadas.



Recomendación de buenas prácticas por campus Monterrey

En la actualidad la sustentabilidad está tomando mucha relevancia y cada vez en más industrias. El caso del paisajismo no es la excepción. Cuando un nuevo proyecto se lleva (ya sea de paisajismo o construcción o en si cualquier área nueva) a cabo se tiene que considerar varios criterios en torno a la vegetación que se planea incluir.

1. Lo primero que se busca y prioriza es el diseño. El diseño integrador es algo muy importante ya que aquí se encuentra el porqué de la construcción y es desde la planeación que se pueden evitar muchas complicaciones. Para que el diseño tenga éxito se busca que en equipo se incluya un paisajista o desarrollador urbano, un diseñador y un arquitecto. Con un equipo multidisciplinario se puede cubrir todos los puntos de vista necesarios.
2. Después de realizar el diseño es importante visualizar las áreas en las que se ubicarán los individuos (árboles o arbustos) y mediante las condiciones generar un catálogo de especies posibles. Los criterios para la selección de especie es primero que nada que la especie primordialmente sea regional. Es importante confiar en una fuente de especies regional, ya que hay especies que no lo son pero llevan muchos años en una región y puede generar confusión. Con este criterio como principal se busca que la especie seleccionada sea la que mejor se adapte con el tipo de suelo, luz por día, humedad y el paisaje.
3. Es clave que la ubicación donde se pongan los árboles no estorbe con el tránsito de personas o en zonas donde se realizan eventos ocasionalmente. Es importante revisar todos esos detalles con todos los posibles involucrados.
4. Después de generar el catálogo es importante regresar al sitio y seleccionar individuo por individuo, de esa forma se puede tener un mejor manejo y se ahorran costos a largo plazo. Aquí se tiene que revisar en los viveros locales que si se encuentra la especie deseada. Se recomienda que los individuos cuenten con un mínimo de 9 pulgadas de diámetro de viverista.

Caso de estudio. Planeación correcta de un proyecto



El Innovation Hub es un nuevo proyecto de construcción que se llevará a cabo en el Campus Monterrey. En este caso, desde el diseño del proyecto se consultó a un equipo técnico forestal, y se seleccionaron los árboles a trasplantar y los árboles a mantener en su espacio. Para tomar esta decisión, se analizó la huella que dejaría el proyecto (la superficie sobre la cual directamente se construirá algo). Para los árboles que se encontraban fuera de esta huella, se decidió dejarlos en su lugar. Por otro lado, si se encontraban dentro de la huella, debían ser trasplantados. Lo ideal, que se hizo en este caso, es incluirlos en el diseño del proyecto, y es entonces que se trasplantarán dentro de la zona del proyecto, pero fuera de la huella.

Es frecuente que al momento de construir se desee iniciar con la zona de construcción completamente plana y baldía. Sin embargo, los árboles pueden aportar mucho a cualquier proyecto, desde el punto de vista estético, a proveer de un espacio propicio para la biodiversidad (como pájaros). Es mejor mantener la mayor cantidad de árboles posibles en su espacio original, sobre todo si son árboles con un gran porte. Es más costoso removerlos al inicio de la construcción y después poner en su lugar árboles jóvenes que no proveerán la misma cantidad de servicios medioambientales. Es importante considerar la inversión económica que se requiere para trasplantar y dar mantenimiento a cada árbol.

Las siguientes imágenes muestran dos árboles dentro de la zona del proyecto, que naturalmente por su gran tamaño conviene aprovechar al máximo, ya sea como parte del proyecto, o si se requiere trasplantar a otra zona.



7.1 Requerimientos de sitio

A continuación se mencionan los tipos de especies arbóreas (clasificadas en este caso por sus dimensiones) recomendadas para su establecimiento dependiendo del tipo de sitio, esto de acuerdo, principalmente, al tipo de espacio disponible.

Arriate de acera: Sección que se encuentra dentro del área de derecho de la vía, adyacente a la acera y que se utiliza para fines ornamentales y de arborización. En este tipo de sitios se recomienda:

- Árboles de 6 m de altura en promedio.
- Se pueden plantar bajo las líneas de servicios.
- Distanciamiento entre árboles de 1 m.

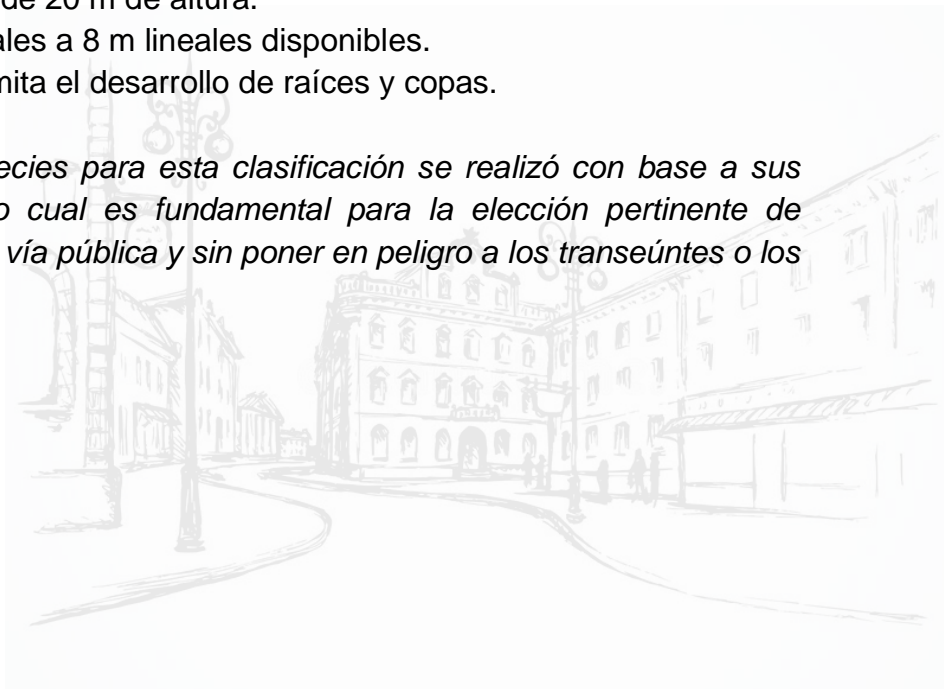
Arriate central: Área establecida para la separación del tránsito vehicular y que se utiliza para fines ornamentales y de arborización. En este tipo de sitios se recomienda:

- Árboles de 15 m de altura en promedio.
- Un ancho del arriate de al menos uno a tres metros (1-3 m), para evitar la interferencia de los árboles con las vías vehiculares.
- Distanciamiento entre árboles 3 m.

Área abierta: Se considera el área de terreno destinado a la recreación al aire libre, para uso público y/o comunitario. Se incluyen: plazas, parques, jardines, canchas y zonas de protección de ríos y quebradas. En este tipo de sitios se recomienda:

- Árboles igual o mayores de 20 m de altura.
- Espacios mayores o iguales a 8 m lineales disponibles.
- Espacio abierto que permita el desarrollo de raíces y copas.

Nota: La selección de las especies para esta clasificación se realizó con base a sus características morfológicas, lo cual es fundamental para la elección pertinente de especies que no perjudiquen la vía pública y sin poner en peligro a los transeúntes o los bienes de sus habitantes.



7.2 Requerimientos de espacio

Con el fin de garantizar que los árboles que serán plantados logren un desarrollo óptimo, es necesario considerar los requerimientos de espacio que el arbolado requiere, ya que esto podrá garantizar que las raíces no afecten y no se vean afectadas por la superficie de pavimento a su alrededor. Por esto, es importante asegurar un área libre entre el árbol plantado y el machuelo de la banqueta. A continuación se enumeran las recomendaciones generales:

1. En el caso de árboles pequeños y arbustos se deberá dejar una distancia mínima de 40 cm.
2. En el caso de árboles medianos se dejará una distancia mínima de 80 cm.
3. En el caso de árboles grandes, la distancia mínima deberá de ser 120 cm.

Por otro lado, también será necesario considerar la posible interferencia que el arbolado pueda tener con el alumbrado, con el fin de evitar constantes podas. A continuación se mencionan las recomendaciones de distancia mínima que deberá haber entre el árbol plantado y el poste de luz:

1. En el caso de árboles pequeños la distancia mínima será de 2 m.
2. En el caso de árboles medianos la distancia mínima deberá ser de 3.5 m.
3. En el caso de árboles grandes, la distancia mínima deberá de ser 5 m.

7.3 Requerimientos de suelo

7.3.1 Suelos urbanos

El suelo es muy importante para el crecimiento de los árboles ya que es el medio por el cual obtiene todo lo que necesita (agua, nutrientes, aire, etc.). Por lo tanto, la textura y estructura del suelo está directamente relacionada con el ambiente saludable que las raíces del árbol necesitan para su desarrollo.

En general, la calidad de los suelos urbanos no es muy buena debido a la influencia antrópica a la que se ven expuestos. Normalmente, dichos suelos suelen ser muy densos y tener poco espacio poroso (es decir mala estructura), lo que ocasiona la disminución de la capacidad de los árboles de conducir y retener el agua, aire y nutrientes. Además, poseen un pH elevado y alta salinidad, añadido a la presencia de contaminantes y bajo contenido de materia orgánica. Por esta razón y para contrarrestar el efecto que la condición degradada de los suelos urbanos tiene sobre el crecimiento y la salud del arbolado, resulta muy importante la evaluación y mejoramiento del suelo urbano con el fin de asegurar el correcto crecimiento y longevidad de los árboles en las ciudades.

7.3.2 Estructura del suelo

Los elementos sólidos del suelo como los minerales y la materia orgánica son muy importantes y suelen tomarse mucho en cuenta cuando de salud del suelo se trata. Por su parte, los espacios abiertos en el suelo (poros) son igual de importantes ya que su tamaño y distribución afectan el movimiento, disponibilidad de aire y humedad a través del perfil del suelo. Por lo tanto, se considera que la composición ideal de un suelo es un 25% de aire, 25% de agua, 45% de minerales y un 5% de materia orgánica. La proporción correcta de estos componentes puede asegurar la correcta relación entre la textura y estructura del suelo.

Los suelos pueden ser clasificados en tres diferentes grupos:

1. Arcillosos
2. Limosos
3. Arenosos

La estructura está definida por la forma en que se agrupan las partículas de suelo (*arena, limo y arcilla*) en agregados. Es importante poder identificar el tipo de suelo con el que se cuenta con el fin de saber si éste debe mejorarse al igual que si es el tipo de suelo indicado para la plantación.

Los suelos arenosos tienen una estructura “abierta” que genera macroporos, los cuales son muy buenos en almacenar aire, pero malos a la hora de retener el agua.

Por otra parte, los suelos arcillosos cuentan con poros pequeños, por lo que tienen un drenaje muy pobre, pero son capaces de retener en el tiempo grandes cantidades de agua.

Por último los suelos limosos se encuentran en el centro del triángulo de texturas, siendo el tamaño de sus poros la media en relación a los otros dos.

7.3.3 Mejoramiento del suelo

Cuando se considera necesario, los suelos pueden ser intervenidos antes de la plantación con el fin de mejorarlos. Si deseamos determinar la calidad del suelo, el contenido de materia orgánica, el pH y la textura del suelo son los principales indicadores de calidad.

7.3.3.1 Textura y estructura del suelo

Para poder determinar la estructura y textura del suelo existe un método muy sencillo que utiliza solamente el tacto y las siguientes consideraciones:

- Un **suelo arcilloso** se adhiere bastante a los dedos, es fácilmente moldeable, las partículas no son visibles y la superficie brilla levemente.

- Un **suelo limoso** se adhiere a los dedos, se moldea con dificultad, las manos quedan con una apariencia grasosa y las partículas son brillantes.
- Un **suelo arenoso** no se pega en los dedos y no se moldea como una masa. El suelo permanece suelto y las partículas se visualizan individualmente, pudiendo sólo ser amontonados en forma de una pirámide.

Al querer mejorar la textura del suelo es importante tomar en cuenta que si, por ejemplo, se tiene un suelo arcilloso con mal drenaje, la lógica dicta es que se debe enmendar con arena, sin embargo, si agregamos una cantidad menor al 50% del total de suelo no habrá efectos sobre la porosidad.

En la siguiente referencia pueden encontrarse métodos más específicos para determinar la textura y estructura del suelo:

https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s06.htm

7.3.3.2 *Materia orgánica del suelo*

El contenido de materia orgánica que hay en el suelo es un factor muy importante ya que afecta tanto las propiedades físicas como químicas de este. Dentro de los principales beneficios de tener un suelo rico en materia orgánica (*suelo vivo*) se encuentran: mejor aireación, mejor capacidad de retención de agua y mayor disponibilidad de nutrientes. Además, la materia orgánica tiene un efecto regulador sobre el pH del suelo, regulándolo a niveles cercanos a la normalidad (pH cercano a 7).

Para poder medir el contenido de materia orgánica en nuestro suelo es posible utilizar el método sencillo de calcinación. A continuación, se enumeran los pasos a seguir para llevar a cabo el proceso:

1. Pesar 5 gramos de suelos y depositarlos en cápsulas de porcelana taradas.
2. Secar por 24 horas la muestra en un horno eléctrico a una temperatura de 105°C (esto con el fin de retirar la humedad remanente en las muestras, y que permanezca solo el agua constitutiva de los elementos de la muestra).
3. Dejar enfriar y obtener peso inicial en una balanza analítica digital.
4. Introducir la muestra al horno a una temperatura de entre 360°C y 440°C por al menos 2 horas.
5. Enfriar la muestra en un desecador de vidrio.
6. Pesar la muestra en una balanza analítica digital.

La materia orgánica contenida en la muestra se encuentra por la diferencia de los pesos iniciales y finales. La siguiente ecuación nos dará el porcentaje de materia orgánica:

$$\% \text{ MOS} = \frac{\text{peso a } 105^{\circ}\text{C} - \text{peso a } 360^{\circ}\text{C}}{\text{peso a } 105^{\circ}\text{C}} * 100$$

En el caso de ser necesario el aumento de materia orgánica en el suelo, la manera más sencilla de hacerlo es mediante el uso de la composta ya que aumenta el contenido de materia orgánica, mejora el drenaje y añade nutrientes esenciales para el suelo. Para agregar composta a nuestro suelo se recomienda realizar una mezcla de 1/3 de compost y 2/3 de la tierra original para cada hoyadura.

Es importante aclarar que a pesar de que cada especie de árbol requiere distintas condiciones óptimas específicas de crecimiento, una buena preparación del terreno antes de la plantación puede mejorar el éxito de esta.

7.3.3.3 pH del suelo

El pH es un factor que nos indica el nivel de acidez o alcalinidad de nuestro suelo, lo que resulta muy importante para el correcto crecimiento de los árboles ya que al conocer el pH del suelo podemos determinar lo que es factible cultivar en él.

Sin un pH adecuado, los microorganismos beneficiosos del suelo no podrán mantenerse, tampoco las plantas absorberán los nutrientes que necesitan para sobrevivir.

La tierra tiende a tener un pH cercano al neutro (7), sin embargo, la composición de determinados tipos de suelo puede hacerlos más ácidos o alcalinos, lo que podría hacerlos inhabitables para algunas especies.

Para poder medir el pH de nuestro suelo y poder decidir si es apto o en todo caso, si debemos mejorarlo, podemos llevar a cabo el siguiente procedimiento:

1. Contar con tiras de pH (ver [Figura 7.3.3.3](#)) y agua destilada.
2. Dividir la zona de terreno cuyo pH se quiere medir en 10 parcelas, y tomar una muestra de cada una de estas zonas, todas ellas del mismo tamaño. Es aconsejable no tomar la muestra de la superficie, sino de una profundidad de entre 10 y 45 cm.
3. Mezclar las muestras con agua destilada, tanto peso en agua como peso tiene la muestra. Revolver bien y dejar reposar las muestras durante un par de horas.
4. Sumergir la tira medidora de pH en el agua del recipiente y esta adoptará el color correspondiente al pH de la tierra.



Figura 7.3.3.3. Ejemplo de tiras medidoras de pH.

Como se mencionó en la sección anterior, en el caso de contar con suelos con pH desbalanceado, lo que en general da mejores resultados es el uso de la composta, cuyas recomendaciones de aplicación se especificaron anteriormente.

7.4 Requerimientos de riego

Cada especie tendrá distintos requerimientos de agua, y esto debe tomarse en cuenta antes de plantarlo. Por ejemplo, árboles como los sabinos o álamos, que crecen al lado de ríos naturalmente, requerirán más agua, y solo se recomienda su uso cuando se tenga un flujo continuo de agua, como otro río o cañada, o un sistema de riego sustentable. Una buena selección de la especie permitirá un uso reducido de agua. En la sección de “Cuidados durante las etapas de establecimiento y desarrollo” se explicará en general cómo debe realizarse el riego de los árboles.

7.5 Requerimientos de clima

Los requerimientos de clima que pueda tener un árbol está determinado por la especie de este. En general, existen varias fuentes de información que describen las condiciones ideales para alguna especie en particular. La CONAFOR, por ejemplo, ha generado fichas descriptivas de varias especies con información sobre la precipitación, temperatura, sombra, y suelo que requiere, entre otros datos. Aquí hay algunos ejemplos:
Varias especies:

http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/J084_Fichas%20de%20Especies.pdf

Delonix regia:

<http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/913Delonix%20regia%20.pdf>

Pinus pseudostrobus:

<http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/981Pinus%20pseudostrobus.pdf>

Vachellia farnesiana:

<http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/874Acacia%20farnesiana.pdf>

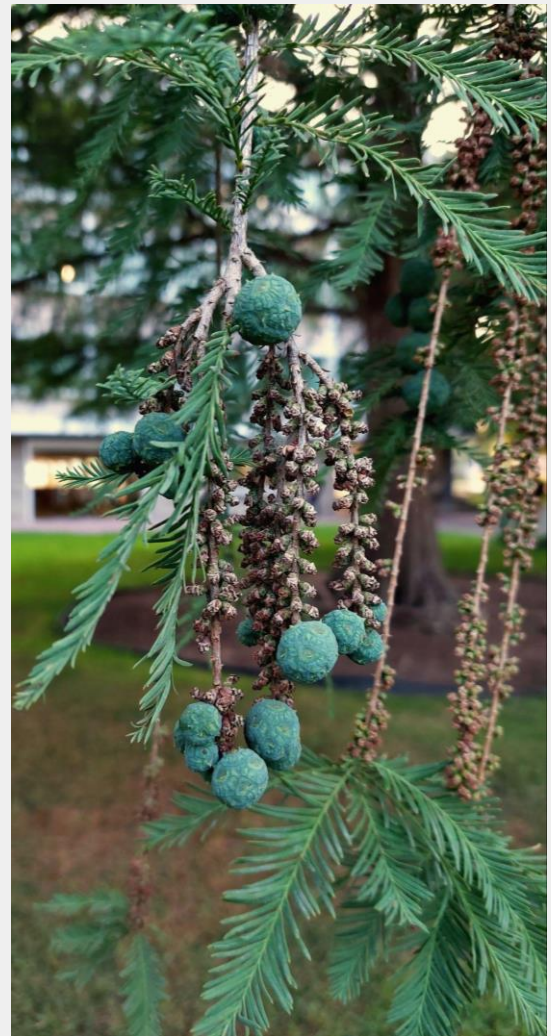
Es importante considerar que los climas en México varían por región, por lo que se recomienda hacer una búsqueda más profunda de la o las especies que se pretende plantar para asegurar su compatibilidad con el clima local. Comúnmente, elegir especies nativas del sitio es un buen comienzo para asegurar que la especie es óptima para el clima del lugar. Para esto es muy útil revisar en listados florísticos de la región las especies nativas, o en libros. Un buen ejemplo es la *Guía de árboles nativos en la zona metropolitana de Monterrey*, por Oswaldo Zurita Zaragoza (1era edición gratis en <https://www.fondoeditorialnl.gob.mx/producto/guia-de-arboles-nativos-en-la-zona-metropolitana-de-monterrey/>). Otros ejemplos se muestran en la sección 12.4 (Volumen 5: Recomendaciones finales)

Caso de estudio. Rescate del sabino



El árbol insignia del Campus Monterrey es el Árbol de la Fraternidad, un sabino (*Taxodium* sp.). Pero hubo un punto en el que su vida estaba en peligro. Al inicio, el suelo en el que se encontraba no era apto para esta especie. Se almacenaba mucha agua, lo cual llevó a una pudrición de las raíces y al árbol a enfermarse. Entonces se comenzó una operación especial.

Se retiró todo el material del suelo, y se reemplazó por gravilla, un material a través del cual el agua drena muy fácilmente. Esta capa se conectó directamente con el drenaje, para drenar toda el agua cuando se sobrepase el punto de saturación. Posteriormente, se cubrió la gravilla con una capa de mayormente arena además de tierra, que también permiten un mayor drenaje que solo tierra. Se le quitó toda la raíz muerta al árbol, y ahora se riega diariamente con un sistema que aporta cierta cantidad de agua automáticamente. Gracias a estas labores, el árbol se encuentra en muy buenas condiciones.



8. Establecimiento o plantación

Recomendación de buenas prácticas por campus Monterrey

Antes de llevar a cabo una plantación es importante asegurarse de que hay debajo del suelo. En pocos casos sucede, pero debido a que en ciertos casos cuando una edificación es derrumbada el suelo de hormigón se mantiene. Este hormigón comúnmente es tapado con tierra siendo invisible a simple vista. Años después cuando se planta un árbol arriba del hormigón es cuando los problemas se generan. Debido a que el agua no se filtra correctamente las raíces se empiezan a llenar de humedad matando al árbol de abajo hacia arriba. Son casos muy puntuales, pero es necesario hacer una revisión de prevención.

Después de haber tomado en cuenta todos los aspectos mencionados anteriormente para la correcta selección tanto de la especie a plantar como del sitio donde será plantada, a continuación se explica el procedimiento a seguir para la correcta plantación de el o los individuos.

8.1 Preparación de los árboles

8.1.1 Traslado

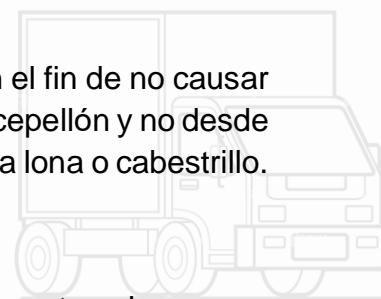
Para trasladar una planta hay que tener ciertos tipos de cuidados con el fin de no causar daños innecesarios. Se debe sostener el árbol desde el contenedor o cepellón y no desde el eje o tronco. Para árboles en cepellón, es bueno trasladarlos con una lona o cabestrillo.

8.1.2 Remoción de embalaje y poda de ramas

Para proteger a las plantas durante el traslado, algunas veces estas vienen con alguna protección o embalaje. Para comenzar a preparar el árbol se debe retirar dicha protección sin eliminar aún la protección del sistema radicular.

Debido a diversos factores, la mayoría de las veces el árbol puede llegar con ramas quebradas o secas, dichas ramas deben ser eliminadas, siempre considerando no afectar al resto de las ramas sanas.

Por otro lado, algunos árboles pueden presentar doble flecha o eje. En estos casos, debe considerarse si, dependiendo del espacio disponible para el árbol, será necesario eliminar los troncos “sobrantes”, procurando dejar el más vigoroso como único eje principal.



Caso de estudio. Trasplante correcto



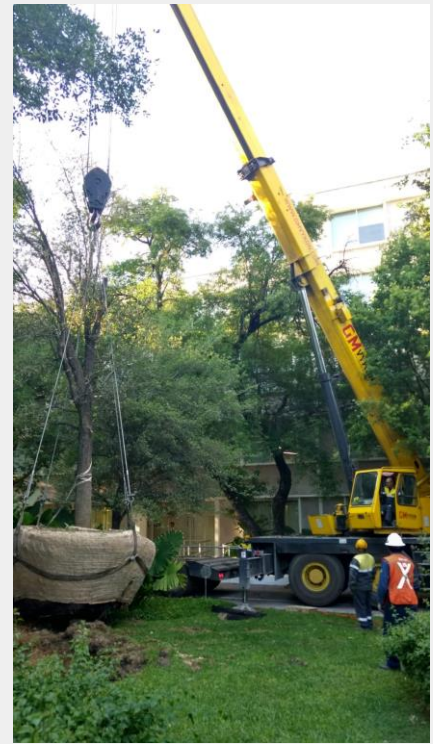
Como ya se ha mencionado, no está mal ampliar el área edificada en un campus, sin embargo, los árboles en la zona deben tener un manejo adecuado. Generalmente o se deja el árbol, si es que no se encuentra directamente en la huella del proyecto, o se trasplanta, si es que se requiere realizar una construcción en donde se encuentra.

En el 2017, se realizó una nueva construcción en el Campus Monterrey, y se tuvo que trasplantar un árbol que se encontraba en medio. En esta ocasión, varios equipos estuvieron participando, y hubo un acompañamiento técnico para asegurarse de que el trasplante se hiciera correctamente. Debido a la ubicación del árbol, con una grúa se levantó este sobre la estructura existente, y además se le dio una poda agresiva para que pudiera pasar a través de otros árboles. Sin embargo, a pesar de esto, se logró recuperar perfectamente, y ahora es un espécimen sano con una buena conformación.

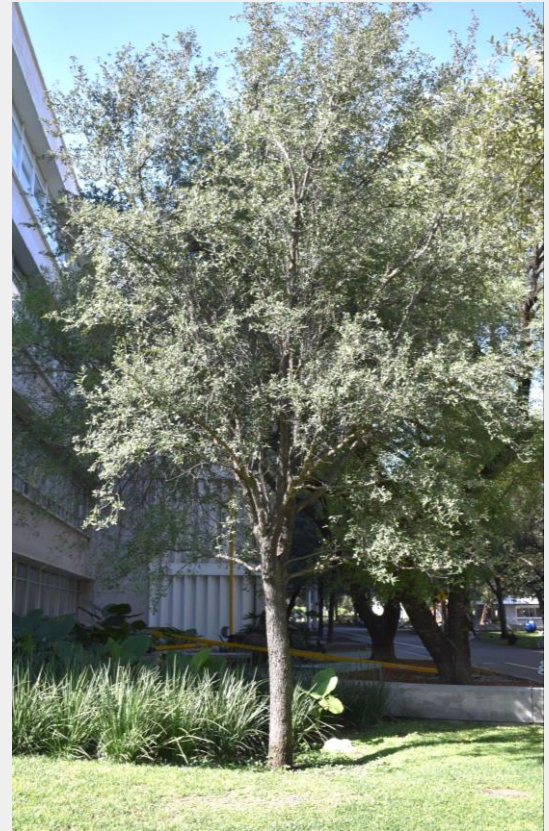
Es importante considerar que las podas son una herramienta para el cuidado del árbol, y realizadas correctamente, pueden incluso mejorar su salud.

En esta y la siguiente página se muestran fotografías del trasplante realizado. En estas primeras dos fotografías se observa cómo se preparó el árbol para su remoción, y el cómo se está trasladando con la grúa.





En esta página se observa cómo se fue trasladando el árbol hasta su punto de trasplante. La última fotografía es del 2022, casi 5 años después del trasplante. Se puede observar cómo el árbol se recuperó de la poda, y ahora se ha adaptado a su nuevo espacio con una buena estructura.



8.1.3 Raíces

La mayoría de las veces las plantas vienen en un contenedor (ya sea una bolsa o una maceta) donde tienen el cuello de la planta cubierto de sustrato. Lo primero que debe de hacerse es eliminar el exceso de sustrato y dejar el cuello descubierto, así como las primeras raíces del sistema radical principal. Para esto, es necesario remover aproximadamente los primeros 5 a 10 cm de sustrato, teniendo cuidado de no dañar la planta en la extracción de sustrato.

Por otro lado, también es recomendable remover las raíces pequeñas sobre el sistema radical principal, cercanas o provenientes del cuello (ver [Figura 8.1.3](#)). También, algunas veces los árboles adquiridos tienen raíces que se extienden fuera del pan de raíces y que se enrollan hacia el interior. Se recomienda podarlas en el punto en que se tornan hacia dentro.

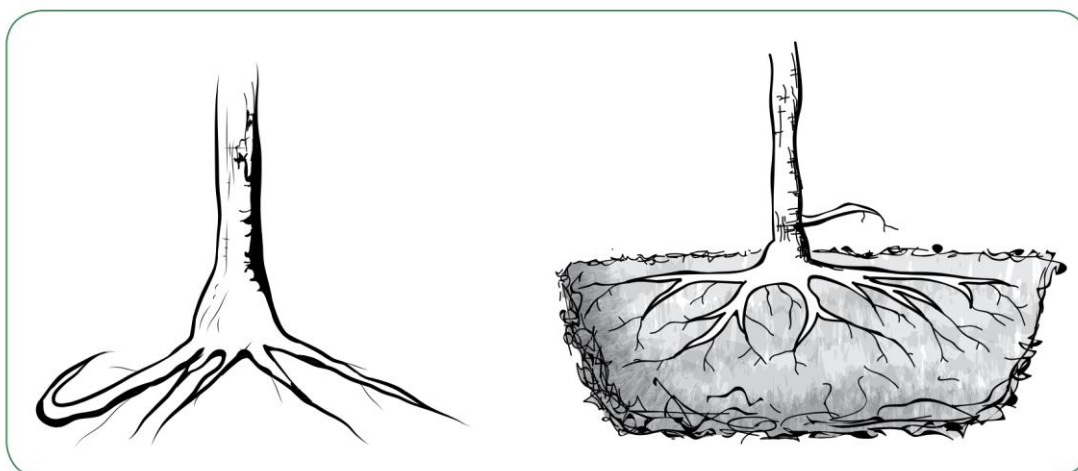


Figura 8.1.3. Plantas con sistema radicular defectuoso.

8.2 Preparación del sitio

8.2.1 Hoyadura

Para determinar de qué tamaño será la **hoyadura** para plantar nuestro árbol es necesario medir la altura del pan de raíces. La profundidad de la hoyadura debe de ser igual a la altura del pan de raíces.

Por otro lado, es altamente recomendable asegurarse de que el fondo del hoyo de plantación esté firme, sobre todo en suelos arenosos, con el fin de asegurar el asentamiento del árbol. Lo anterior no afectará de manera importante el crecimiento de las raíces ya que la mayoría de las nuevas raíces se desarrollarán en sentido horizontal.

El ancho de la hoyadura es determinado a través del diámetro del pan de raíces. Se recomienda que el diámetro del hoyo sea de dos a tres veces el diámetro del pan de raíz. La [Figura 8.2.1–1](#) muestra estas recomendaciones.

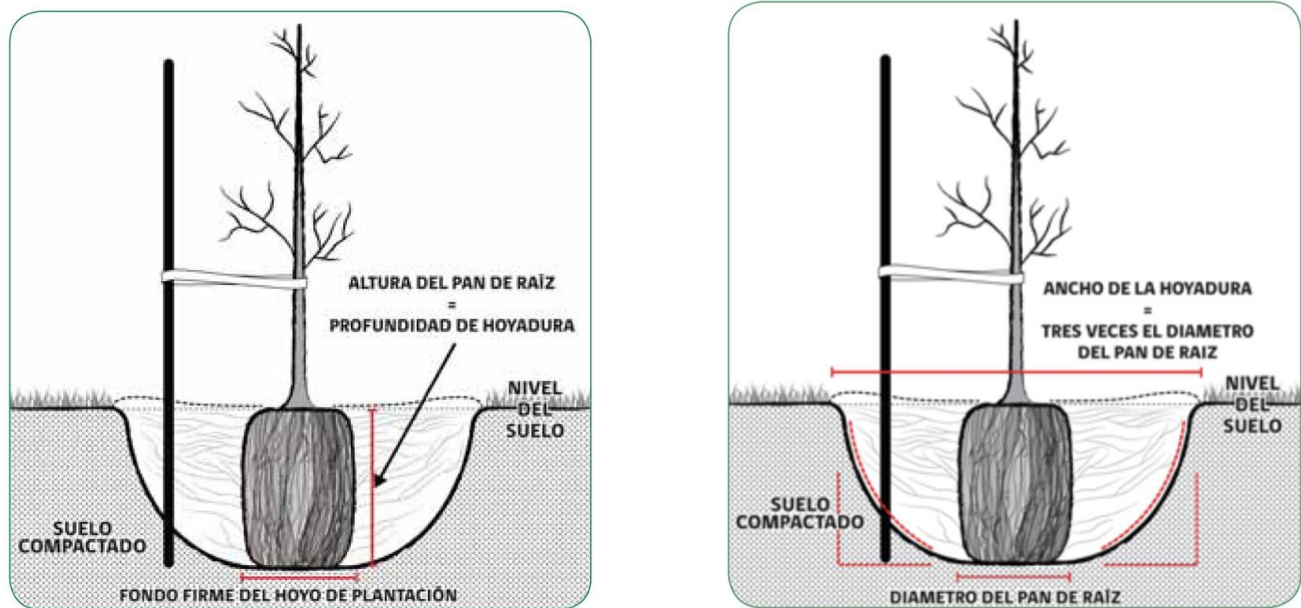


Figura 8.2.1–1. Medidas de la hoyadura.

Antes de hacer el hoyo de plantación hay que eliminar la mayor cantidad de pasto o malezas posible con el fin de evitar competencia por agua, nutrientes o luz.

Es importante evitar realizar la hoyadura cuando el suelo está saturado de agua para impedir su compactación. En suelos urbanos compactados puede ser necesario mejorar el drenaje. Para poder probar el drenaje del suelo es necesario verter unos cuantos litros de agua en la hoyadura (antes de plantar el árbol), y si después de una hora el agua no se ha ido, puede que haya problemas de drenaje. Sin embargo, una forma simple de solucionar este problema de drenaje es elevando el nivel de plantación, en aproximadamente un tercio del tamaño de la maceta, dejando la planta sobre el nivel del suelo (ver [Figura 8.2.1–2](#)).

Recomendación de buenas prácticas por campus Monterrey

Una creencia que se sigue aplicando es aplicar cal (en ocasiones pintura blanca) en el tronco de los árboles. Esto se puede catalogar como una mala práctica. Esta práctica se realiza con la finalidad de prevenir que las hormigas se suban al árbol. Esto es un mito y el cal aunque no es letal para el árbol, la cal tiene la propiedad de deshidratar.

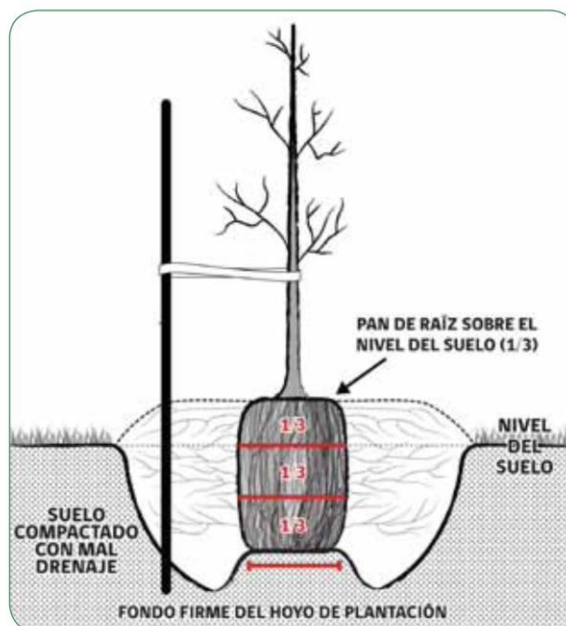


Figura 8.2.1–2. Solución para evitar o minimizar el efecto de un suelo con mal drenaje.

Por último, en áreas con pasto es recomendable que el suelo alrededor del árbol quede descubierto, ya que éste es una gran competidor de recursos tanto hídricos como nutricionales.

8.3 Procedimientos para plantar un árbol

A continuación, se enumera el procedimiento de plantación que la Comisión Nacional Forestal (2018) recomienda:

1. Retira con mucho cuidado la planta de la bolsa o charola.
2. Toma con los dedos la planta por la parte más baja del tallo y ponla en el centro del hueco sin tocar la raíz.
3. Procura que el límite entre la raíz y el tallo quede a ras del suelo.
4. Deposita la tierra más profunda alrededor de las raíces hasta llenar el hueco.
5. Compacta la tierra con las manos o pies, sin que quede muy apretada o suelta.
6. Haz un bordo o cajete alrededor del árbol, de un metro de diámetro para favorecer la captación de agua.
7. Recuerda que el suelo debe estar húmedo, se recomienda reforestar en época de lluvias. Al terminar de plantar debes agregar agua del árbol.

Con respecto a la orientación de la planta en el terreno, se recomienda que el lado del árbol que posee mayor cantidad de ramas no debe quedar expuesto al sol de la tarde.

Por lo tanto, el lado con menor número de ramas quedará con más horas de luz, lo que favorecerá su desarrollo.

8.4 Tutorado

En las primeras etapas de crecimiento del árbol es recomendable tutorarlos con el fin de evitar que los tallos se rompan o se desarrollen torcidos. Existen diferentes formas de tutorado. Los materiales más comunes para esto son las varas de otros árboles.

Se recomienda enterrar las varas entre 60 a 70 cm, conjuntamente, durante la plantación para evitar dañar las raíces (ver [Figura 8.4](#)). Se recomienda atar el tronco del árbol al tutor o a una rama suficientemente fuerte de la planta, lo más alto posible, con una banda de tejido tipo arpillera, rafia, tela o plástico de unos 5 a 10 cm de ancho. También puede utilizarse un tutorado doble o triple, lo que normalmente se recomienda para la sujeción de plantas grandes.

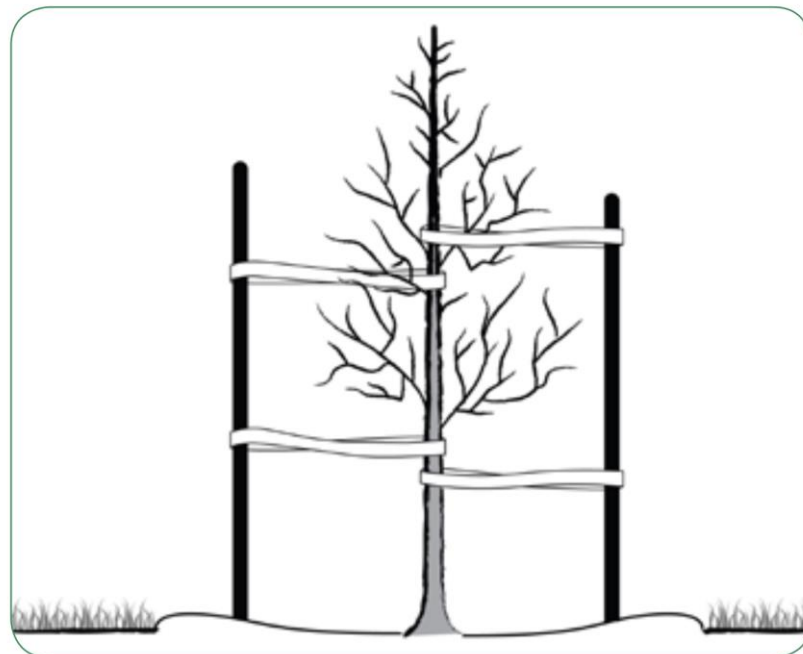


Figura 8.4. Ejemplo de tutorado doble.

8.5 Errores comunes al plantar un árbol

Es común que se cometan ciertos errores durante la plantación, sin embargo, dichos errores pueden llegar a causar la muerte o limitar el éxito en el desarrollo del árbol. En la *Figura 8.5* pueden observarse los errores más comunes que se deben evitar al momento de plantar los árboles.

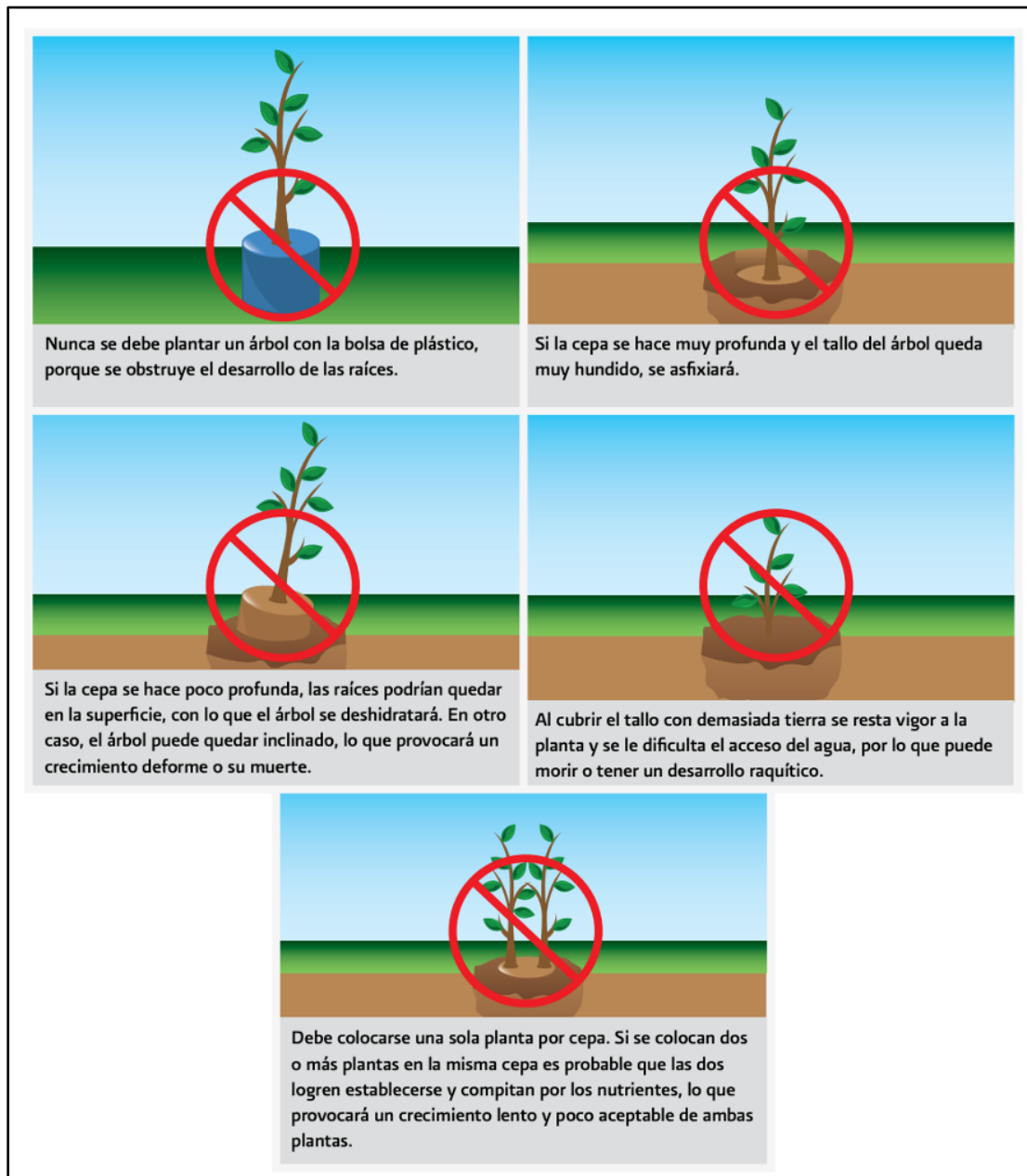


Figura 8.5. Errores técnicos de plantación establecidos por la CONAFOR (2010, p.40).

9. Cuidados durante las etapas de establecimiento y desarrollo

En esta sección se presentan los cuidados generales que se le deben proveer a cada árbol de los campus. Sin embargo, siempre es importante recordar dos puntos:

1. **Cada especie es distinta**, y por ende puede llegar a requerir un mantenimiento distinto (*e.g.*, *puede requerir de más agua de riego o de mayor cuidado con ramas frágiles que pueden caerse, puede tener mayor vulnerabilidad a enfermedades, puede ser más resistente a podas agresivas, etc.*).
2. **Ningún manual sustituye la asesoría de un experto**. Esta guía será útil para resolver varias situaciones, pero existen casos, como ciertas enfermedades, árboles con ciertos riesgos, y más, que deberían resolverse por un arborista u otro experto certificado en el tema.

9.1 Cuidados generales

Aquí se muestran algunas prácticas generales que son útiles para tener un cuidado adecuado de los árboles.

9.1.1 Remoción de pasto y otras cubiertas vegetales bajo los árboles

Aunque se observa comúnmente una cubierta de pasto debajo de los árboles, lo ideal es que solo exista una capa de mantillo alrededor de los árboles. Esta debe estar (idealmente) cubriendo todo dentro del círculo formado por las ramas más alejadas del tronco (denominado **línea de goteo**). Esto elimina la necesidad de podar el pasto alrededor del árbol, así evitando heridas que se le podrían causar al tronco. Además, el suelo ya no se compacta por las máquinas, permitiendo que las raíces de los árboles respiren mejor y absorban mejor el agua. El pasto, como cualquier otra planta, también requiere de nutrientes y agua, y al removerlo las raíces de los árboles ya no deben competir por estos recursos, desarrollándose mejor.

Para un árbol recién plantado, no debe aplicarse el mantillo directamente sobre el cepellón (el volumen de las raíces que generalmente viene envuelto en el vivero). Se debe aplicar el mantillo desde donde termina este cepellón hasta la línea de goteo, con una profundidad de 5 a 8 cm.

Ahora bien, este mantillo es muy importante, pues permite que el suelo esté más húmedo y fresco, además de favorecer el crecimiento de hongos que ayudan a las raíces a absorber nutrientes y agua.

9.1.2 Exposición del cuello del árbol

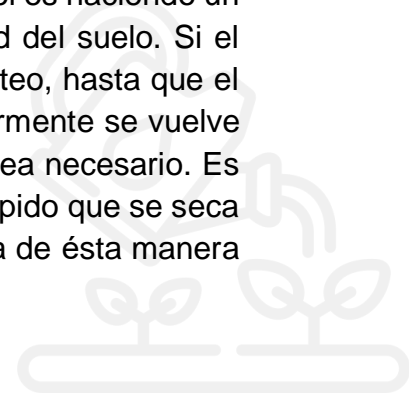
El cuello del árbol (donde el tronco se conecta con las raíces) es una sección fundamental para la salud del mismo. Típicamente el tronco se ensancha en este punto. Lo importante es que esta sección **no** se cubra con tierra. Si un árbol parece no ensancharse en su base, es muy probable que se haya plantado muy profundo, y que el cuello esté cubierto por tierra. La tierra puede presionar al tronco, limitando el crecimiento del árbol y asfixiándolo. Incluso si el tronco no se siente presionado, la tierra acumula humedad, y la mayoría de las cortezas de los árboles no están diseñadas para resistir la humedad constante. Es entonces que puede ser vulnerable a enfermedades de hongos y pudrición. Además, la tierra puede provocar el crecimiento de raíces cerca del cuello del árbol, y llevar a raíces estranguladoras. Estas raíces pueden aparecer solo en un lado del árbol o todo a su alrededor, y lo pueden terminar asfixiando y matando.

Es entonces importante realizar una plantación correcta, y periódicamente monitorear los árboles para ver si su cuello está cubierto por tierra. Es más, no solo debe verse el cuello del árbol, sino también parte de las raíces primarias. De no ser así, es importante realizar una limpieza del cuello del árbol, sobre todo si existe la sospecha de una enfermedad o problema relacionado a esta sección.

9.2. Riegos

Es importante continuamente regar los árboles, antes de que aparezcan síntomas de falta de agua, como hojas marchitas, muertas o caídas. Ahora bien, además de depender de la especie seleccionada, la frecuencia del riego depende del tipo de suelo. Un suelo muy arenoso drena rápidamente, y requerirá de un riego más frecuente. Lo opuesto sucede con un suelo arcilloso, que retiene el agua por más tiempo (ver sección de Requerimientos de suelo para ver el procedimiento para saber qué tipo de suelo se tiene). Es fundamental que no se riegue ni menos ni más de lo necesario, pues regar de más puede ahogar al árbol, y facilitar la pudrición de las raíces. Puede ser igual de peligroso que no regar suficiente.

Aunque es ideal que para cada árbol se investigue cuánta agua requiere esa determinada especie, una buena forma de saber si debe regarse el árbol es haciendo un pequeño hoyo de 15 a 20 cm de profundidad y revisando la humedad del suelo. Si el suelo está seco, debe regarse en todo el área dentro de la línea de goteo, hasta que el agua alcance una profundidad de entre 2 y 3 cm (1 pulgada). Posteriormente se vuelve a revisar la humedad del suelo, y se repite el proceso cuantas veces sea necesario. Es importante revisar esta humedad periódicamente, para determinar lo rápido que se seca el suelo. Los riegos deben ser de preferencia por la tarde o noche para de ésta manera disminuir la evaporación del agua.



Por otro lado, en los casos en los que el suelo en la parte superior muestra poca humedad, es conveniente regar de manera abundante y espaciada en vez de llevar a cabo riegos frecuentes y de escasa cantidad de agua.

Durante los primeros meses después de que el árbol es plantado, éste obtiene la mayor parte de la humedad directamente de las raíces. Sin embargo, el cepellón puede llegar a secarse en muy pocos días, mientras que el suelo circundante se mantiene húmedo. Por lo anterior es muy importante poder humedecer al sistema de raíces y sus alrededores. Esto se logra dejando que la manguera riegue con lentitud la base del árbol durante unos cinco a diez minutos.

Los nuevos árboles podrán necesitar de regado diario por las primeras 2 a 6 semanas, y luego riego semanal por los siguientes 3 a 6 meses hasta que se establezcan. Y en cada riego, de 3.5 a 5.5 litros por cada centímetro de diámetro (de forma general; lo ideal es revisar para cada especie cuánto se requiere). El sistema radical puede tardar hasta dos a tres años en desarrollarse por completo en un nuevo suelo, por lo que, hasta que esto ocurra, se debe asegurar regularmente la humedad de las raíces. Para esto, se recomienda que los primeros años de la plantación se confeccione una taza de riego. La taza de riego permite que el agua no escurra y se concentre en las raíces, donde más se necesita agua los primeros años post plantación. Las tazas de riego consisten simplemente en formar un área con borde firme de tierra generalmente de unos 5 a 10 cm de alto, rodeando todo el perímetro de la planta formando una circunferencia.

9.3. Podas

Recomendación de buenas prácticas por campus Monterrey

Las podas son concebidas por la sociedad como algo malo. Sin embargo las podas hechas correctamente y con el conocimiento necesario de la necesidad de una intervención son beneficiosas. En una zona de tránsito continuo de gente son fundamentales para procurar la seguridad de las personas evitando un posible riesgo. Es complicado que esto sea aceptado por toda la comunidad, pero hacer campañas de concientización es algo que puede servir para sensibilizar a la ciudadanía, educar e incluirlos en las buenas prácticas.

Una poda se refiere al corte de una o varias ramas de forma natural o realizada por el ser humano. Las podas en los árboles urbanos son parte importante de su cuidado, sin embargo, realizarlas de forma incorrecta puede dañar al árbol e incluso matarlo, o al menos empeorar su apariencia. Existen varias razones por las cuales un árbol se poda, y es útil diferenciar entre las podas a realizar en la etapa juvenil del árbol, y las que se realizan en individuos adultos. Esta sección por ende posteriormente se dividirá en dos subsecciones: podas durante la etapa juvenil y podas durante la etapa adulta.

Es importante conocer primero cómo es un árbol con una buena estructura. Esta estructura debe formarse en la etapa juvenil del árbol, pues en la etapa madura ya es más complicado corregir (involucraría heridas más grandes).

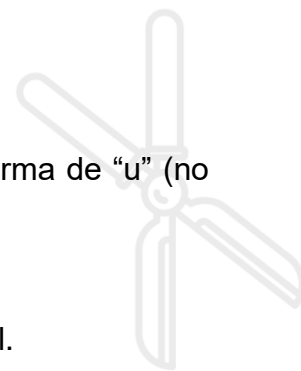
Características de un árbol con buena estructura:

1. 1 solo tronco dominante.
2. Uniones fuertes entre las ramas y el tronco principal, en forma de “u” (no “v”), y sin corteza incluida.
3. Copa balanceada.
4. Ramas principales espaciadas entre sí, sin tocarse.
5. Cobertura de hojas en las partes inferior y superior del árbol.

Cuando un árbol no tiene estas características, por ejemplo, cuando hay troncos codominantes (más de un tronco principal, con diámetros similares), o corteza incluida, es más probable que haya fallas (que uno de los troncos se rompa por completo, dejando una herida grande), sobre todo con fuertes vientos.

A veces se deciden eliminar todas las hojas en las ramas inferiores (en inglés se le dice a esta práctica *lions-tailing* [dejar las ramas como la cola de un león, que solo tiene pelo en la punta]). Esto desbalancea la copa del árbol, pues el mayor peso está en la punta de las ramas, y facilita que se rompan con vientos fuertes.

Siempre debe recordarse que **cada corte es una herida al árbol, por la cual pueden entrar bacterias y hongos y matar al árbol**. Es fundamental hacer estos cortes adecuadamente, para que el árbol mismo cicatrice la herida. Idealmente, un corte debe



dejar una herida circular, y se formará un callo alrededor de esta herida de manera uniforme (a esto se le llama la cicatriz). La [Figura 9.3](#) muestra un ejemplo de cicatrización, aunque debe notarse que no es una cicatrización perfecta.



Figura 9.3. Cicatrización de una herida de poda, de una especie de encino rojo (*Quercus* sp.). Elaboración propia. Es importante notar que en este caso la cicatrización no es del todo uniforme. Se puede observar que el callo es menos grueso en las partes superior e inferior. Esto sucede porque no se realizó un corte adecuado. Se nota como en la parte superior se cortó parte de la arruga de la corteza (después se hablará de esto), y esto nunca debe hacerse.

Además de tomar esto en cuenta, es ideal cortar las ramas lo más pronto posible en la vida del árbol, antes de que se hagan demasiado anchas y la herida que se cause sea más grande. También es importante dar el espacio vertical necesario para que se pueda desarrollar adecuadamente a lo largo de toda su vida.

9.3.1 Cómo realizar cortes

Existen 2 tipos de corte: cortes de reducción y cortes de remoción (Figura 9.3 a 9.7). Los cortes de reducción reducen la longitud de un tallo que tiene varias ramas, a través de la poda de una rama grande en el punto en que se une con una rama más pequeña. Esta rama más pequeña debe ser lo suficientemente grande para asumir dominancia. En un corte de remoción, se poda una rama hasta el punto en donde se une con el tronco principal o con una rama más ancha. En otras palabras, un corte de

reducción implica cortar una rama ancha hasta el punto en que se une con una rama más delgada, y el corte de remoción es lo opuesto: se corta una rama delgada hasta el punto en que se une con una rama más ancha.

Antes de señalar los pasos para realizar un corte, primero es importante distinguir ciertas partes que pueden existir en la unión entre ramas:

1. **Arruga de la corteza:** Cuando una rama se une al tronco, generalmente se forma una línea de corteza levantada en la parte superior. Esto se observa claramente en la [Figura 9.3.1-1](#), en donde se formó una arruga de la corteza sobre ambas ramas de un árbol de encino (*Quercus* sp.). Esto también se observa en las Figuras [9.3.1-4](#) y [9.3.1-6](#). Esto se forma cuando la corteza del tronco crece y choca contra la corteza de la rama, y se levanta. Indica una unión fuerte, y **nunca debe eliminarse**, pues muy cerca de esta arruga, en el interior de la rama, existe una **zona de protección**, que puede describirse como una barrera que protege contra organismos que desean entrar al tronco, y así evita la pudrición.



Figura 9.3.1-1. Arruga de la corteza en la unión entre ramas y tronco, de una especie de encino rojo (*Quercus* sp.). Elaboración propia.

- Hay casos en los que en vez de observarse una arruga de la corteza, se observa **corteza incluida**. Esto se refiere a corteza que se encuentra en el medio de dos tallos, que tienen una unión muy cerrada (en forma de “V” muchas veces, en vez de una unión en forma de “U”, como en la [Figura 9.3.1-1](#)). La corteza incluida se muestra en las Figuras [9.3.1-2](#) y [9.3.1-8](#) (obsérvese la forma de “V” ya mencionada). Esto es un defecto estructural en la unión entre dos ramas o tallos, y provoca que esta unión sea muy débil, dado que la corteza estorba no permitiendo que se unan los dos tallos adecuadamente. En vez de que la madera se solape entre sí, formando una arruga de la corteza, los dos tallos se empujan entre ellos conforme crecen y una ruptura se forma.



Figura 9.3.1-2. Corteza incluida en medio de dos tallos. Elaboración propia. La corteza incluida se observa como una línea oscura debajo de la unión, debido a la corteza de los troncos que se mete hacia adentro. Aunque no se mencionó en el texto, puede claramente notarse que en este árbol hay dos troncos codominantes (diámetro muy similar). La corteza incluida frecuentemente se encuentra en troncos codominantes con una unión en “v”. Como se podrá predecir, conforme crezcan más los tallos sin intervención, una falla podría fácilmente ocurrir en el futuro.

3. **Collar de la rama:** En algunas ramas se puede observar un ensanchamiento de la rama al acercarse al tronco (*Figuras 9.3.1-3 y 9.3.1-5*). Este se forma por un solape de madera del tronco y madera de las ramas, y genera una unión fuerte resistente a roturas. La zona de protección de la que se habló anteriormente se forma justo a la orilla del collar de la rama, y es por eso que **no debe cortarse nunca este collar**. Si se corta parte del collar, se cortará parte de la zona de protección. Normalmente cuando hay corteza incluida no se observa el collar de la corteza. Ahora bien, existen otros casos en los que no se observa ningún collar aparente (*Figuras 9.3-4, 9.3.1-6 y 9.3.1-7*). El cómo cortar estas ramas también se explicará posteriormente.



Figura 9.3.1-3. Collar de la rama. Elaboración propia.



Figura 9.3.1–4. Rama sin collar aparente. Elaboración propia. Como se puede observar, la parte inferior y superior de la rama siguen una línea casi recta hasta llegar al tronco, sin ensanchamiento aparente.

Hay 3 pasos para hacer una poda de una rama (ver Figuras 9.3.1–5 a 9.3.1–8):

1. Primero debe hacerse un corte inferior parcial a unos 30 cm del tronco principal (representado en color rojo en las Figuras 9.3.1–5 a 9.3.1–8).
2. Posteriormente, se realiza un segundo corte completo poco después del primero, o justo arriba del primero (color azul). Esto permitirá eliminar la mayor parte de la rama sin lastimar al árbol.

Si se ignoran los dos primeros pasos, al momento de realizar el corte principal (color negro) el gran peso de la rama podría causar un desgarre en la corteza, y una herida mayor.

- Finalmente, se corta la parte faltante de la rama (color **negro**). Es muy importante no realizar un **corte a ras**. Un corte a ras se refiere a un corte tan cercano al tronco que se corta parte del collar de la rama o arruga de la corteza. Como se mencionó anteriormente, si esto se hace se cortará también la zona de protección, y organismos nocivos podrían entrar al árbol. Es por eso que los cortes deben realizarse justo después de la arruga de la corteza. Ahora bien, el ángulo en que debe realizarse el corte depende de si se observa un collar en la rama o no.

Si se observa el collar de la rama, el corte debe realizarse desde después de la arruga de la corteza, hasta el punto en que el collar de la rama termina, abajo de esta. El corte probablemente tendrá un ángulo con respecto a la dirección del tronco. Este corte se observa en la [Figura 9.3.1–5](#).

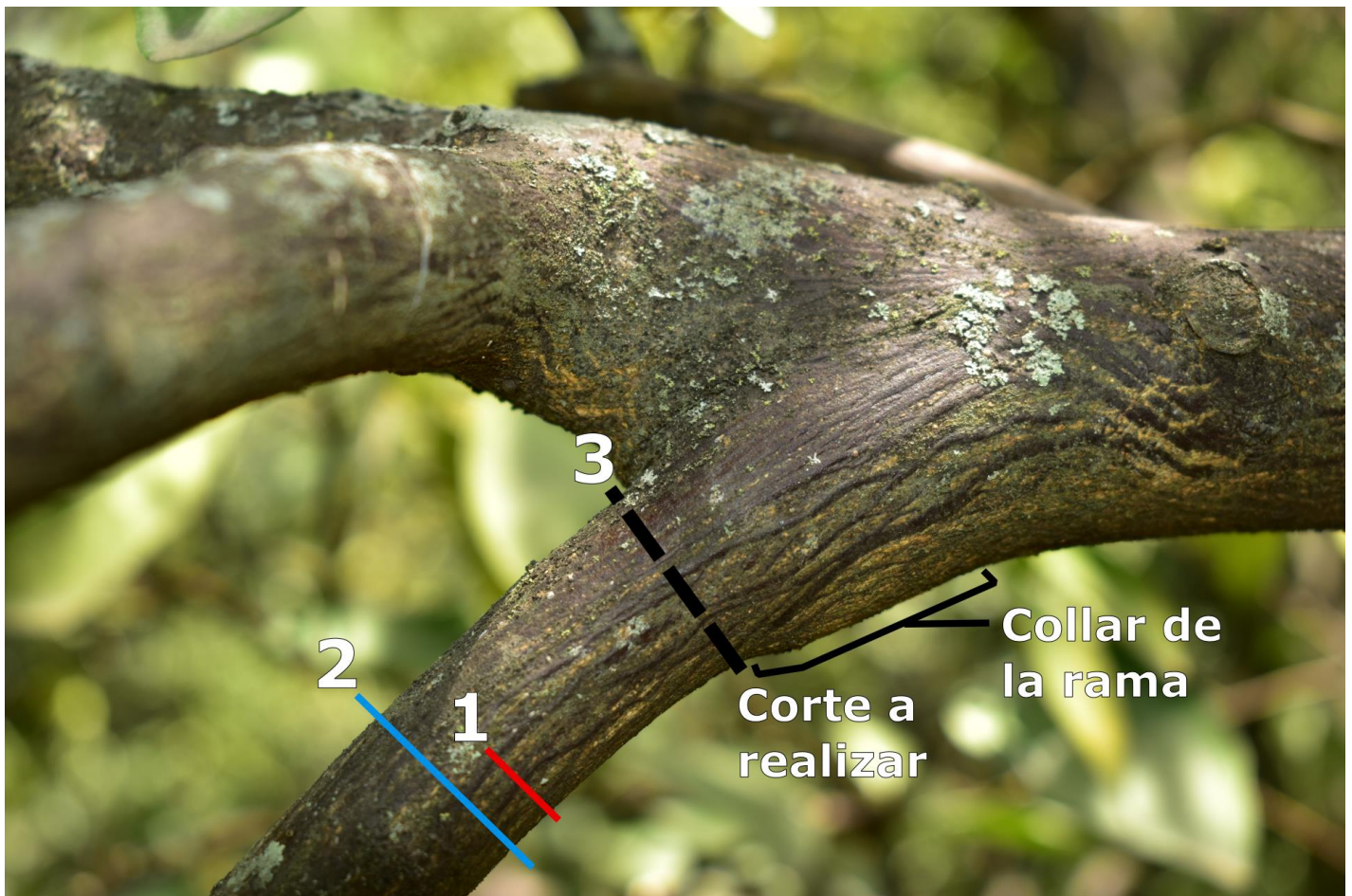


Figura 9.3.1–5. Pasos para hacer un corte de remoción correcto, con collar de la rama. Elaboración propia.

Ahora bien, si no se observa ningún collar de la rama (Figuras 9.3.1–6 y 9.3.1–7), el corte debe realizarse desde después de la arruga de la corteza, pero con un ángulo aproximadamente paralelo a la rama a la cual se une la que se podará (en la [Figura 9.3.1–6](#) esta es el tronco principal, y en la [Figura 9.3.1–7](#) varía dependiendo de si es un corte de remoción o reducción). Esto se realiza porque por la falta del collar de la rama, la zona de protección está más cerca del tronco. En estos casos, si se realizara un corte con un ángulo muy grande respecto al tronco (como en los casos con collar), la parte inferior de la rama no cicatriza adecuadamente.

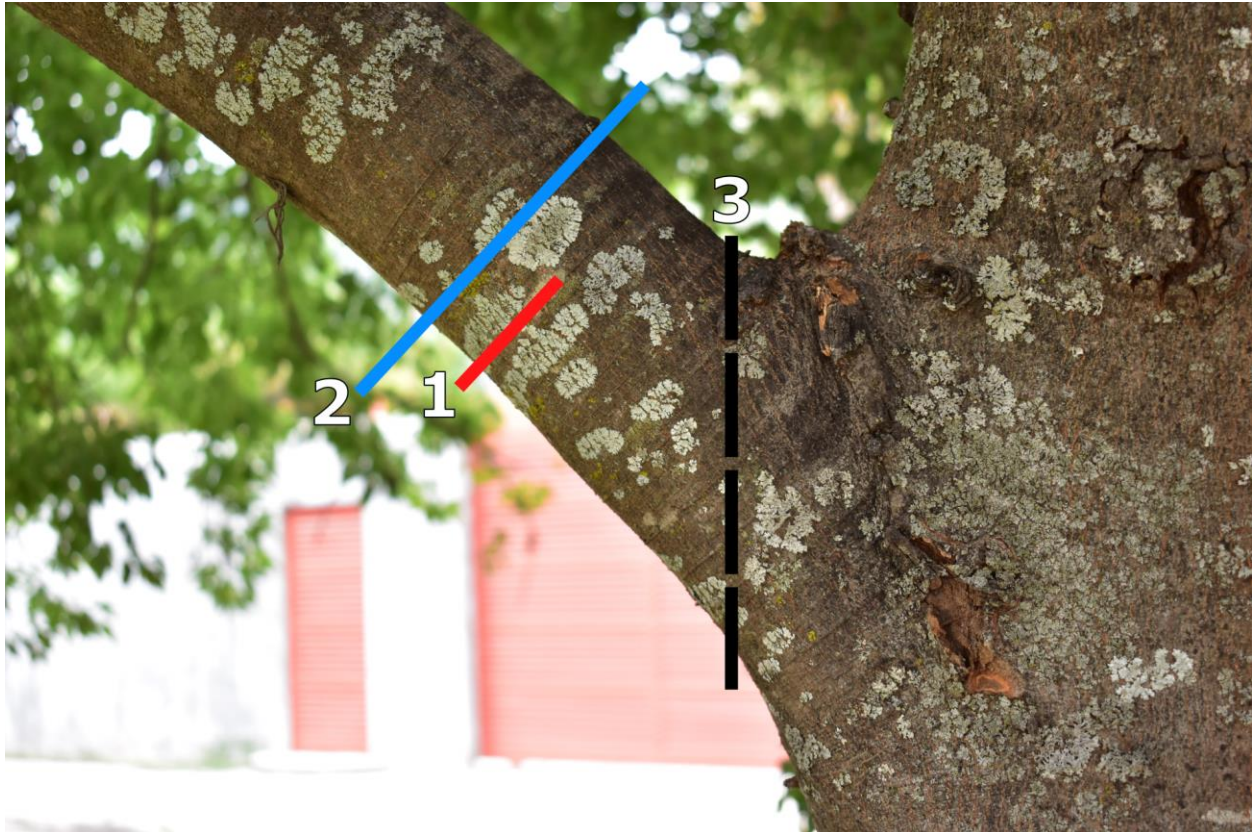


Figura 9.3.1–6. Pasos para hacer un corte de remoción correcto, sin collar de la rama. Elaboración propia.

El corte mostrado anteriormente es un corte de remoción, es decir, se elimina una rama más pequeña unida a una más grande. Al momento de realizar un corte de reducción (eliminar una rama más grande unida a una más pequeña), se siguen los mismos pasos. En un corte de remoción el corte es más o menos paralelo a la rama más grande, y en un corte de reducción el ángulo de corte es más o menos paralelo a la rama más pequeña. En la [Figura 9.3.1–7](#) se observan los dos tipos de corte, sin collar en las ramas.

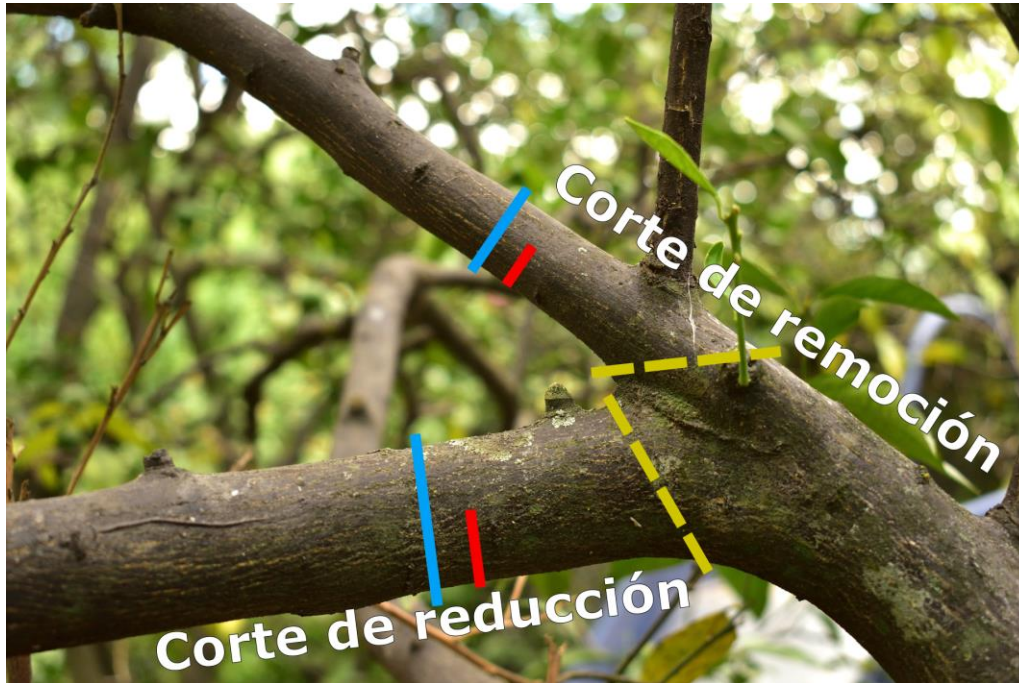


Figura 9.3.1–7. Pasos para hacer cortes de reducción y remoción correctos, sin collar de la rama. Elaboración propia.

En el caso de que se observe corteza incluida en la unión de una rama y no se vea un collar de la rama, se debe buscar cortar esta rama con un ángulo paralelo al tronco principal, igual como en la [Figura 9.3.1–6](#), cuando no hay collar. Esto se hace porque estas ramas podrían en el futuro romperse, y deben eliminarse antes de que esto suceda. Si todavía no se realizará el corte de toda la rama, es importante estar realizando cortes de reducción a lo largo de esta rama (eliminar ramas grandes conectadas a otras más pequeñas en este tallo codominante). De esta forma, el crecimiento se reducirá en este tallo hasta que llegue el momento de remover toda la rama.

Sin embargo, si es un tallo co-dominante (frecuentemente presentando también corteza incluida, como en la [Figura 9.3.1–2](#)), idealmente no debe eliminarse (para no crear una gran herida), sino sólo realizar cortes de reducción a lo largo de esta rama, tal como se hace para ramas con corteza incluida. De esta forma, el crecimiento se reducirá en este tallo, y el tallo podrá terminar siendo una rama más, y dejar de competir con el tronco principal. Sin embargo, si obligatoriamente debe eliminarse todo el tallo co-dominante, debe realizarse el corte desde después de la arruga en la corteza, cerca del tallo que permanecerá como el tronco principal. Este corte se observa en la [Figura 9.3.1–8](#). Idealmente los tallos codominantes deben prevenirse en la etapa juvenil, y no permitir que se conviertan en un problema.

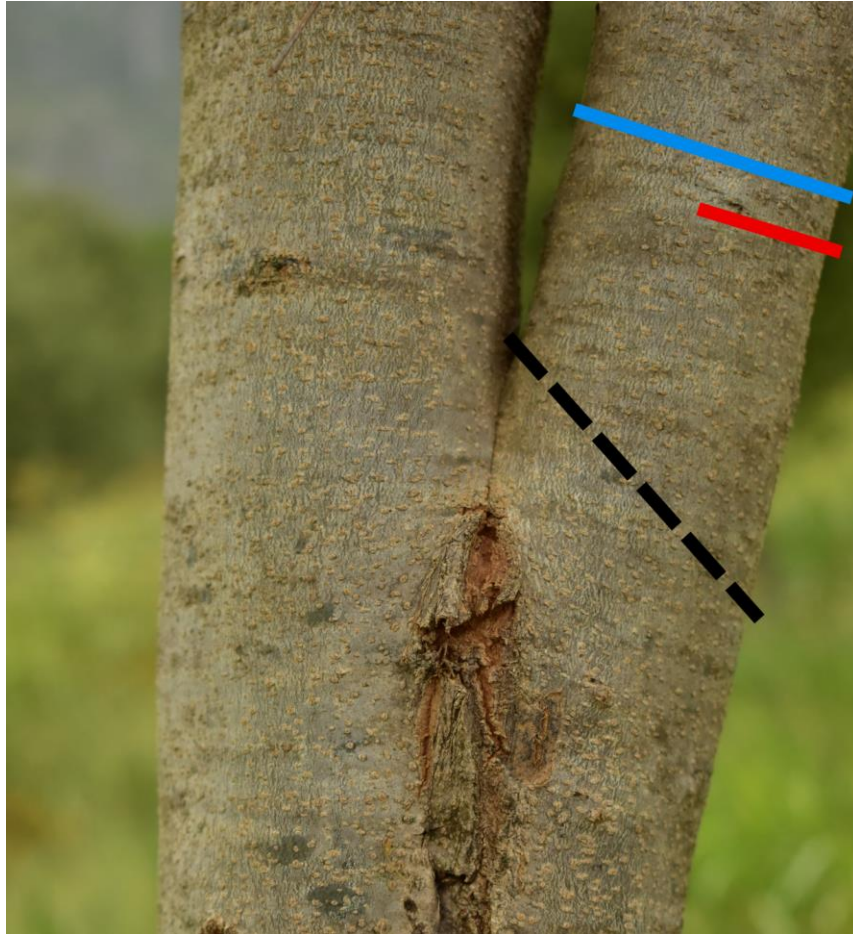


Figura 9.3.1–8. Pasos para hacer un corte de un tallo codominante. Elaboración propia.

9.3.2. Durante la etapa juvenil

En la etapa juvenil (1 a 5 años), las podas de un árbol se justifican por las siguientes razones:

1. Para darle forma
2. Para mejorar sus condiciones y reducir su interferencia con estructuras físicas urbanas (cables, postes, casas)
3. Para mejorar su estabilidad y eliminar el riesgo de volcamiento

Es importante que en la etapa juvenil del árbol se realicen las podas correspondientes, pues en estos momentos este tiene mayor actividad metabólica, y por ende se facilita el proceso de cicatrización, fundamental para que el árbol siga sano. Sobre todo debe asegurarse de que el árbol desarrolle una buena estructura (cuyas características ya se mencionaron anteriormente). Los cortes realizados para este fin reciben el nombre de poda estructural, y se explicará a continuación cómo realizarla. Todo esto evitará realizar podas en el futuro que generan un costo económico y un riesgo de salud para el árbol.

Componentes de la poda estructural

1. Desarrollar y mantener un tallo dominante en el tronco

Típicamente se detectará un tallo más grueso y grande en el tronco. Posteriormente, deben detectarse los tallos que podrían en el futuro competir con ese tallo principal, y decidir dónde acortar esos tallos competidores.

2. Identificar las ramas más bajas en la copa permanente

La copa permanente se refiere a la copa que se busca tener en el futuro. En zonas urbanas, esta copa permanente deberá tener suficiente espacio abajo para que pasen personas y/o vehículos. Identificar las ramas que estarán en la base de esta copa permitirá determinar qué ramas serán temporales (estas serán las que estén debajo de las ramas en la base de la copa, y se removerán para liberar el espacio deseado). Debe recordarse que el punto en el cual se unen las ramas al tronco no aumentará de altura en toda la vida del árbol.

3. Prevenir que las ramas bajo la copa permanente crezcan muy largas

Como ya se acaba de mencionar, si el árbol está en una zona en donde sus ramas inferiores podrían estorbar a gente pasando o vehículos, deberán removerse estas ramas. Para preparar las ramas para esta remoción que se realizará en el futuro, deben acortarse ahora. De esta forma, se alentará su crecimiento y podrán removerse posteriormente sin heridas grandes.

4. Buscar que todas las ramas tengan un diámetro menor al $\frac{1}{2}$ del diámetro del tronco

Las ramas con un diámetro mayor al $\frac{1}{2}$ del diámetro del tronco no tienen una zona de protección (recordemos que esta protege contra organismos que desean entrar al tronco, y así evita la pudrición). Es por ello que es importante solo dejar las ramas que tengan un diámetro menor al $\frac{1}{2}$ del diámetro.

5. Espaciar ramas principales a lo largo de 1 tronco dominante

Idealmente, las ramas principales deberían estar espaciadas alrededor del tronco dominante de tal forma que ninguna de estas ramas está directamente arriba de la otra. Esto permite que el tronco se desarrolle adecuadamente, que la copa tenga una forma más balanceada, y reduce además la resistencia al viento.

6. Suprimir crecimiento en ramas con corteza incluida

Esto ya se explicó anteriormente al mencionar los tallos codominantes. Estas ramas deben tener su crecimiento reducido mediante corte de reducción, hasta que llegue el momento en que se puedan remover por completo.

Un detalle importante a recordar es que las ramas no cambian su posición en el tronco conforme el árbol crece. En otras palabras, una marca hecha a 1 metro del suelo seguirá estando a 1 metro del suelo después de 5 años. El crecimiento en altura sucede en la punta de las ramas y yemas, debido a que en estas puntas se encuentran tejidos denominados meristemo apical y meristemo axilar. Estos son los que impulsan el crecimiento en altura. El tronco principal no se alarga, simplemente se ensancha hacia los lados (aumenta su diámetro). El tejido que realiza esto recibe el nombre de meristemo lateral o secundario. Entender este fenómeno es importante, porque las ramas inferiores en un árbol, que posteriormente aumentarán en longitud y que podrían estorbar al paso de gente y automóviles, seguirán estando a esa altura en toda la vida del árbol, a más que se caigan o poden. Es por eso que si ya se sabe que deberán removerse en el futuro, es ideal removerlas pronto antes de que se engrosen y generen mucho peso lateral, y causen problemas posteriormente.

9.3.3. Durante la etapa adulta

En el momento en que el árbol esté establecido (después de los 5 años), es ideal que las podas sean mínimas, realizadas por seguridad (por ejemplo, ramas que podrían caerse) y saneamiento. Si se requieren realizar muchas podas, es posible que la especie no sea la adecuada para el espacio en el que está, o lo opuesto: que el espacio seleccionado sea el inadecuado. Por ello es muy importante realizar una adecuada selección de la especie y sitio, y así evitar podas, daños y costos innecesarios. Así mismo, si se realizaron las podas adecuadas en la etapa juvenil del árbol, será más sencillo el cuidado en su etapa adulta. Para los árboles adultos, se busca 1) minimizar condiciones peligrosas limpiando y quitando peso donde se requiera, 2) levantar la copa donde se requiera, y 3) mantener las ramas interiores con diámetros pequeños para mantener la salud del árbol. En esta etapa adulta hay ciertos cuidados que deben darse:

1. Remover ramas muertas, enfermas o rotas.
2. Revisar constantemente por posibles fallas.
3. Poda continua para mantener un espacio bajo el árbol libre, permitiendo el paso de personas.
4. Al momento de realizar cortes, idealmente estos deben realizarse en ramas delgadas que se encuentren al final de la copa del árbol, en las orillas. Remover ramas primarias puede dejar heridas muy grandes.

Caso de estudio. Preparación para el trasplante



Un nuevo proyecto de construcción que se llevará a cabo en el Campus Monterrey es el del Green Ship. Como en otras ocasiones, se determinaron los árboles que se encuentran dentro de la huella del proyecto, y se tomó la decisión de cuáles trasplantar. Aunque esta vez el equipo técnico del campus no estuvo involucrado directamente en el proyecto, sí apoyó este con recomendaciones.

Se determinaron 12 árboles en la zona del proyecto, y algunos de estos serán trasplantados a otras zonas del Campus. Para poderlos trasladar adecuadamente en un vehículo, se les realizó una poda de despunte, como se observa en una fotografía. De esta forma, podrán subirse al vehículo sin problemas. Es bueno recordar que es mejor podar en este punto el árbol con cortes limpios, que arriesgarse y que las ramas se quiebren en el traslado, lo cual es más dañino para el árbol. Ahora bien, aprovechando que se debe realizar una poda de despunte, también se eliminaron las ramas muertas, para así despejar un poco la copa.

Algo muy importante que se realizó, y que debería realizarse en todos los proyectos, es que para cada árbol que se trasplantará, se selecciona desde antes el punto al cual se desea trasladar. Esto es fundamental porque puede que el camino hacia el nuevo sitio y el sitio en sí tengan mucho espacio, y que ya no se necesite seguir podando el árbol para reducir su densidad. Para esto debe de medirse el tamaño del cepellón y de la copa para cada árbol a trasplantar, y determinar así el mejor sitio para cada uno. Ahora bien, también es importante analizar la arquitectura de cada árbol. Si tiene un tronco principal bien definido, será fácil amarrarlo a un vehículo. Por otro lado, para los árboles con muchos troncos se dificulta el traslado.



9.4. Control de plagas y enfermedades

Los árboles pueden ser afectados frecuentemente por plagas y enfermedades, con una gran diversidad de síntomas y causas. Algunos de estos pueden resolverse más fácilmente que otros, y en algunos casos, no resolver el problema puede llevar al árbol a su muerte. Explicar todos los tipos de problemas que un árbol puede enfrentar, y cómo resolverlos, va más allá del alcance de esta guía. Sin embargo, a continuación se presentan 11 preguntas clave para guiar al encargado a encontrar una solución para cualquier problema.

1. ¿Cuál es la planta?

Es sumamente importante identificar la planta, mínimo su género, aunque idealmente su especie. Esto porque existen plagas y enfermedades que solo afectan a ciertos árboles, y lo que para unos árboles es señal de un problema grave, para otros puede ser parte normal de la vida del árbol.

2. ¿Qué es normal para esta planta?

Continuando con lo anterior, hay árboles, por ejemplo, que sueltan sus hojas como parte normal de su vida. Otros árboles solo sueltan sus hojas cuando están muriendo. Las hojas de algunos árboles naturalmente se arrugan, y las de otros se arrugan por falta de agua o acción de un herbicida. Es entonces importante considerar si el problema que se ve es parte de la vida normal de la especie.

3. ¿Cuáles son los problemas comunes del árbol?

No solo debe analizarse lo que es parte de la vida normal de la especie. También existen plagas y enfermedades que solo afectan a una especie. Puede que un síntoma dado sea causado por varias plagas distintas, pero conocer cuáles son las plagas que afectan a la especie analizada ayuda a eliminar varias posibilidades. Además, deben analizarse los problemas que más frecuentemente se observan en el árbol. Podría reducir mucho el tiempo de búsqueda.

4. ¿Qué observa que se ve anormal?

En este punto deben explicarse a detalles los síntomas observados. En varios casos los síntomas están conectados entre sí, y pueden tener una sola causa. En otros casos, puede que el árbol esté sufriendo más de un problema. Es importante revisar en qué partes del árbol se observa el problema (en la punta de las hojas, en la corteza, en las raíces, etc.).

5. ¿Cómo es la salud en general del árbol?

Es importante comparar esta especie del árbol con otros árboles de la misma especie, para detectar si el árbol en general está en buena salud. Con esto se refiere a si el tamaño y color de las hojas es el normal, si en general la copa del árbol tiene suficientes hojas, si crece muy lento o adecuadamente, etc.

6. ¿Qué se ve en otras plantas aledañas?

Es posible que otras plantas aledañas también estén mostrando los mismos síntomas. Si es así, es más probable que la causa sea algo ambiental, como inundación o sequía, malas condiciones del suelo, etc.

7. ¿Cuáles son las condiciones del sitio en donde está el árbol?

Aunque este paso puede ser más complicado que otros, puede ser muy útil cuando la identificación del problema se vuelve complicada. Analizar el tipo de suelo en cuestión de qué tan bien drena el agua, cuál es la exposición al sol, lluvia y viento que se tiene, si el suelo está muy compactado por construcciones recientes, etc. Es posible que se plantó la planta incorrecta en el sitio incorrecto.

8. ¿Quién es el que más sabe sobre la planta?

Puede que las personas que vieron el problema son los encargados del árbol y quienes lo cuidan constantemente. Pero también es posible que sean personas distintas, y es entonces que es importante entrevistar a la persona que más tiene contacto con el árbol. Puede que haya detectado otros síntomas, o que pueda brindar más detalles útiles.

9. ¿Cuándo comenzaron los síntomas?

Es posible que los síntomas aparezcan desde mucho antes, aunque apenas se noten fácilmente. Es útil entonces revisar si se tiene información sobre diversos síntomas que el árbol ha mostrado anteriormente (puede que haya “etapas” con síntomas progresando y viéndose diferentes)

10. ¿Cuál es el historial de trabajo en el árbol?

Con esto se refiere a si el árbol se ha podado, trasplantado, fertilizado, y recibido cualquier otro tratamiento, recientemente. Muchas veces la causa de los síntomas son estos tratamientos. Por ejemplo, podar un árbol puede permitir que sea atacado por organismos nocivos más fácilmente, y trasplantarlo de forma incorrecta puede ahogarlo o estresarse.

11. ¿Cuál es el historial del medio ambiente (temperatura, precipitación, etc.)?

Por último, es útil considerar el historial del medio ambiente. Puede que en el último invierno se presentó una helada, o que se esté pasando por una sequía muy fuerte. Naturalmente, esto puede causar varios problemas en un árbol.

Habiendo respondido todas estas preguntas, ya es mucho más sencillo realizar una búsqueda en fuentes confiables sobre la posible plaga o enfermedad afectando al árbol. Sin embargo, si no se llegase a tener certidumbre sobre el problema afectando al árbol, y parece grave, sería ideal contactar a un profesional, como un arborista o ingeniero forestal. Es muy probable que requiera de la información obtenida al responder las anteriores preguntas.

Es importante entender que una aplicación indiscriminada de herbicidas o pesticidas puede dañar al árbol mismo, causando incluso su muerte. Es por ello que antes de aplicar químicos, es importante consultar fuentes confiables y asegurarse del tratamiento más indicado para el problema observado.

9.5. Identificación de riesgos

Aunque los árboles proveen de varios beneficios al medio ambiente y humanos, pueden llegar a presentar problemas también. Ramas que se caen naturalmente o debido a fuertes vientos, incluso el árbol completo que se cae con una fuerte tormenta pueden causar graves daños. Es bastante común que las raíces de los árboles rompan las banquetas. Del otro lado, cuando las raíces de los árboles son limitadas por barreras físicas, o cortadas debido a la realización de construcciones, el árbol tendrá menor sostén, y puede caerse con mayor facilidad. Debido a estos y otros riesgos, los árboles deben ser continuamente monitoreados para prevenir problemas mayores. Es muy importante identificar el peligro que cada árbol supone debido al **sitio** en el que se encuentra. Un árbol en medio de un jardín de la universidad será una mayor amenaza que un árbol en un terreno poco transitado, y naturalmente el primero requiere de mayor urgencia si se presentara un posible riesgo. Algunas de las cosas por las cuales uno debe estar atento de cualquier árbol son:

- Raíces creciendo donde no deberían: Aproximadamente del 90 al 95% de las raíces de los árboles están dentro del primer metro bajo tierra²⁶. Además, para un óptimo desarrollo, estas raíces deben crecer horizontalmente hasta una longitud de 2 a 4 veces el diámetro de la copa del árbol, además de estar en un suelo con suficientes nutrientes y estructura adecuada²⁷. Si las raíces están limitadas en profundidad o longitud, no solo el árbol tendrá mayor probabilidad de caerse con

²⁶ Johnson, 1999.

²⁷ Virginia Cooperative Extension, 2021, Capítulo 11

fuertes vientos, sino que podría incluso morir por no poder acceder al agua y oxígeno necesarios. También las raíces podrían comenzar a crecer hacia arriba, y desarrollarse en raíces estranguladoras (que pueden terminar asfixiando al árbol).

- Grietas en el tronco: Por varias razones, como vientos fuertes, sequías, corteza incluida, y más, se pueden formar grietas en el tronco. Esto es un riesgo que debe evaluarse inmediatamente por un profesional, pues podría ser el comienzo de una caída del árbol o rama.
- Grietas en ramas: Así como en el tronco, se pueden formar grietas en las ramas. Es importante realizar cortes de reducción en estas ramas, para aliviar el peso sobre ellas y prevenir una ruptura de ellas en la grieta.
- Troncos codominantes: Aunque dos troncos parezcan estar unidos, en realidad entre ellos no se ha logrado producir una unión fuerte, y podría generarse una rotura que cause una caída de uno de los dos troncos, y una herida grande. Esto debe prevenirse desde la etapa juvenil.
- Cavidades y áreas grandes podridas. En algunos casos, la pudrición puede extenderse hasta muy dentro del interior del tronco. Esto puede suceder cuando se realizan heridas muy grandes (o cuando se rompe una rama) cerca del tronco. Esto debe evaluarse por un profesional.
- Fallas entre el cuello del tronco y la rama más inferior. Esta es el área más vulnerable a fallas, y cualquier rotura, pudrición, y/o cavidades tiene un impacto grande en la probabilidad de una falla del árbol. Es importante siempre vigilar con más detenimiento esta zona. Además de fallas, también es importante cuidar mucho que esta zona no esté cubierta por mucha tierra, o que sea lastimada (por ejemplo, por la podadora). Un daño grande podría evitar que los nutrientes lleguen a la parte superior del árbol.
- Centro de gravedad del árbol. Si el centro de masa del árbol está directamente centrado sobre la base del tronco, el árbol estará estable. Si la masa del árbol se mueve fuera del centro (debido a muchas ramas solo de un lado, por ejemplo) entonces es más probable que se caiga el árbol con todo y raíz.
- Y muchos otros. Es importante investigar cada vez que se detecta algo extraño, como deformaciones, un árbol que se inclina cada vez más.

Caso de estudio. Planeación para el declive de los árboles



Todo árbol tiene una vida útil, y es importante planear para cuando los árboles presentes mueran. Lo ideal es plantar árboles sustitutos cerca de estos árboles viejos, que al crecer terminarán generando la sombra de los que tarde o temprano morirán. En algunos casos no es posible plantar un árbol sustituto, sin embargo, si es que no se encuentra un espacio adecuado entre los árboles viejos.



En la fotografía se observan dos árboles del Campus Monterrey, uno joven a la izquierda y el más grande a la derecha. El árbol joven es el que terminará sustituyendo al otro en su muerte. A veces un mismo árbol joven podría sustituir a dos grandes, si se posiciona en medio de estos.

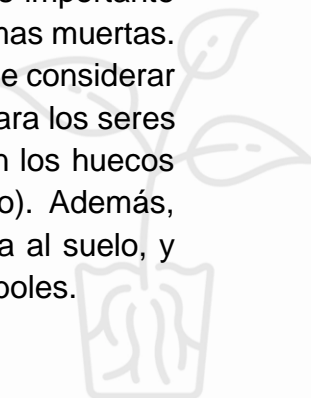
Planear desde mucho antes del declive de los árboles es fundamental para que el campus no pierda su cobertura arbórea en ningún momento. De esa forma siempre se tendrá la sombra adecuada, se proporcionará un espacio constante para la biodiversidad, y estéticamente será más atractivo. Si se espera a que los árboles mueran para posteriormente plantar un sustituto, este tardará en generar la sombra deseada.

9.6. Trasplantes, remoción/sustitución

Al momento de realizar una construcción es frecuente encontrarse con que existen ya árboles en la zona de construcción. Aunque lo ideal siempre es buscar no removerlos, si esto se requiere es importante realizarlo de la manera adecuada. También existen casos en los que se buscan remover los árboles exóticos para dejar solo árboles nativos, o que simplemente los árboles deben removerse por estar a punto de caerse o ya haber muerto. Es recomendado que los árboles a trasplantar sean jóvenes, en buen estado y con una estructura adecuada. La zona en la que se trasplantará el árbol debe ser tratada con fertilizantes y riego, y tanto esta zona como el árbol deben ser tratados para el control de plagas. El proceso para un trasplante exitoso implica los siguientes 4 pasos:

1. **Banqueo:** Consiste en elaborar una zanja rodeando al árbol, para formar un cepellón en el que se encuentren las raíces del árbol. Su tamaño dependerá del tamaño y características del árbol, pero debe tener una profundidad mínima de 70 cm, con un diámetro de 9 veces el diámetro del tronco.
2. **Arpillado:** Consiste en envolver todo el cepellón con un material que mantenga la humedad de las raíces y las proteja. Se recomienda que sea de materiales biodegradables o de tela de costal. Además, debe amarrarse en forma de tambor (un cilindro que se adelgaza en la base), con cuerdas en la parte superior e inferior.
3. **Remoción:** Para árboles pequeños puede usarse una carretilla o “diablito”, sin embargo, para árboles de mayor tamaño se recomienda usar una grúa. En cualquier caso, se deben levantar los árboles desde el cepellón, no desde el tronco. Si se levanta el árbol desde el tronco, el árbol podría lastimarse y no sobrevivir el trasplante.
4. **Transporte:** El árbol no puede estar fuera de la tierra por mucho tiempo, incluso con el cepellón. Es por eso que es importante transportarlo inmediatamente después de removerlo de la tierra.

Los árboles poco a poco se recuperarán después del trasplante. Mientras las raíces se establecen, es necesario que se aplique un sistema de sostén. Además, es importante no realizar ninguna poda en estos momentos, más que para remover las ramas muertas. Ahora bien, al momento de buscar remover un árbol ya muerto, es importante considerar si esto de verdad es necesario. Si el árbol no es un riesgo, especialmente para los seres humanos, todavía puede proveer de hábitat para especies que aprovechan los huecos en los árboles muertos (por ejemplo, como aves que lo usan como nido). Además, permitir que se descomponga en su posición proveerá de materia orgánica al suelo, y dará nutrientes que permitirán la futura germinación de otras semillas de árboles.



9.7. Fertilización

Recomendación de buenas prácticas por campus Monterrey

Una buena práctica es disminuir los agroquímicos utilizados. Antes de usar los productos, es importante ver si son necesarios. Las buenas prácticas se basan en entender la naturaleza. Es importante distinguir entre un individuo enfermo y una plaga. Una plaga es un grupo representativo de individuos afectados. Cuando se llegan a estos casos es importante intervenir. Para esto se requiere que lo realice una persona calificada.

La fertilización de los árboles es algo que puede ser útil para que estos obtengan todos los nutrientes que el suelo no tiene. Sin embargo, fertilizar requiere de una inversión que no todos los campus pueden realizar. Además, un exceso de fertilización, o una fertilización realizada en el tiempo inadecuado, puede llevar a otros problemas. Por ello, antes de fertilizar es muy importante entender qué se necesita exactamente para un árbol. Un análisis del suelo es una herramienta muy útil para determinar los nutrientes en el suelo. Esto se explica en la sección “4.3 Requerimientos de suelo” de esta guía. Si se llega a detectar que cierto árbol requiere de fertilización, es útil revisar las siguientes 2 fuentes (la primera está en español y la segunda en inglés):

1. *Fertilización de árboles y arbustos*, por Laurie Fow y James Owen, del Virginia Cooperative Extension de la Virginia State University (12 de julio de 2021). https://www.pubs.ext.vt.edu/content/dam/pubs_ext_vt_edu/430/430-018S/SPES-338P.pdf
2. Sección “Tree and Shrub Fertilization”, del capítulo 6 del *Tree Steward Manual*, por el Virginia Cooperative Extension asociado con Virginia Tech Publishing (2021). <https://doi.org/https://doi.org/10.21061/treesteward>



10. Monitoreo del incremento de biomasa y carbono

Este inventario del arbolado deberá actualizarse periódicamente, por las variaciones que inevitablemente existirán. Puede que se agreguen o remuevan árboles. Además, conforme los árboles crecen, aumenta su diámetro y altura. Esto es importante medirlo porque indica que el árbol ha capturado más carbono, y el propósito principal del inventario es precisamente estimar el carbono almacenado en el arbolado.

De forma general se recomienda realizar de nuevo las mediciones de diámetro y altura cada 3 a 4 años. En regiones tropicales en las cuales el crecimiento es más rápido, esto podría realizarse antes. Es entonces ideal que acorde a la situación de cada campus se realice el plan de actualización.

Ahora bien, especialmente para los campus que tienen varios árboles, no se espera que se realice de nuevo una medición completa de todos. Ya desde el primer inventario realizado, los árboles se dividirán en categorías diamétricas (es decir, se determinan intervalos de diámetro y cada árbol se agrupa en uno de estos intervalos), y para tomar una muestra representativa de todo el arbolado, bastará con solo tomar un porcentaje de árboles de cada categoría diamétrica. De esta forma no deberán medirse todos los árboles de nuevo, sino solo una muestra.

Una vez que se haya terminado la actualización del inventario, se calculará automáticamente la diferencia entre la biomasa arbórea actual y la biomasa estimada en el inventario inmediatamente anterior, y el promedio de esta diferencia se aplicará a todos los árboles que no se midieron de nuevo, de la misma categoría diamétrica. Con esto se obtendrá finalmente la actualización de la cantidad de carbono almacenado.



11. Estrategias para desarrollar fortalezas y resiliencia como alternativas de adaptación climática basada en el manejo sostenible de ecosistemas

En la actualidad, el tema del cambio climático ha adoptado una gran popularidad debido a la severidad del problema. Desde la industrialización de la civilización, se ha registrado un aumento de emisiones de CO₂ equivalente, lo cual ha afectado en la mayoría de las categorías de relevancia actual. Dicha industrialización generalmente se visualiza como fábricas quemando carbón, pero representa mucho más que eso. Suelos eutrofizados por la agricultura convencional, océanos contaminados de aceite por la industria pesquera y petrolera, bosques deforestados por la industria maderera son uno de los ejemplos de como también la industrialización se puede visualizar. Actualmente, es imposible poner a un solo responsable del cambio climático, ya que es un problema globalizado en el cual todos formamos parte. El Tecnológico de Monterrey, como institución, debe hacer frente a la problemática.

Las áreas verdes del tecnológico presentan una gran oportunidad para poder ayudar a la **adaptación al cambio climático**. La IPCC (2007) define a la adaptación al cambio climático como las “iniciativas y medidas encaminadas a reducir la vulnerabilidad de los sistemas naturales y humanos”.

El Tecnológico de Monterrey (2021), en el Plan de Sostenibilidad y Cambio Climático al 2025, presentado al inicio del 2021, plantea 6 ejes de acción estratégica (p. 10):

1. Cultura
2. Mitigación
3. Adaptación
4. Educación
5. Investigación
6. Vinculación

Aunque todos los ejes son importantes en el contexto del cambio climático, el de **Adaptación** tiene una relación fundamental con el arbolado urbano. El objetivo general del Tec (2021) respecto a este eje es el siguiente:

Reducir la vulnerabilidad a los impactos presentes y futuros relacionados al cambio climático y aumentar nuestra capacidad de resiliencia y de adaptación a las condiciones generadas por la crisis ambiental. (p. 10)

Parte de las acciones en este sentido es la de elaborar planes de adaptación por campus, con 3 enfoques:

1. Reducción del riesgo de desastres
2. Adaptación basada en comunidades
3. **Adaptación basada en ecosistemas**

Este último es el de mayor interés para esta guía, pues se comenta que “100% de las instalaciones del Tec [cuentan] con una estrategia de reforestación en marcha y con planes de regeneración de los ecosistemas terrestres” (p. 19). También se describen las siguientes 3 acciones al 2025 (p. 20):

1. Realización de estudios de impacto del cambio climático, que incluye el realizar “diagnósticos para identificar riesgos en los Campus y sus ecosistemas terrestres para el análisis de impactos económicos del cambio climático presentes y escenarios a futuro. “
2. “Realización de un inventario de árboles en todos los Campus, instalaciones e inmuebles patrimoniales para su gestión en términos de mitigación y adaptación”. Esto ya se cumplió, y esta guía proporciona los lineamientos para la gestión de este arbolado.
3. Implementación de “acciones de regeneración y resiliencia de ecosistemas terrestres basados en los estudios de riesgo.”

Esta sección de la guía se propone dar el apoyo, con un fundamento teórico y mediante recomendaciones y casos de estudio, para desarrollar los planes de adaptación por campus e implementar las acciones de regeneración y resiliencia de ecosistemas terrestres basados en los estudios de riesgo.

La [Figura 11.1](#), presentada en el Plan de Sostenibilidad y Cambio Climático al 2025 ya mencionado, muestra los municipios de México más vulnerables al cambio climático, junto con la ubicación de cada campus. Es necesario tener claro que la vulnerabilidad de la infraestructura y las acciones de adaptación climática realizadas influyen directamente en el **impacto económico** causado por el cambio climático.

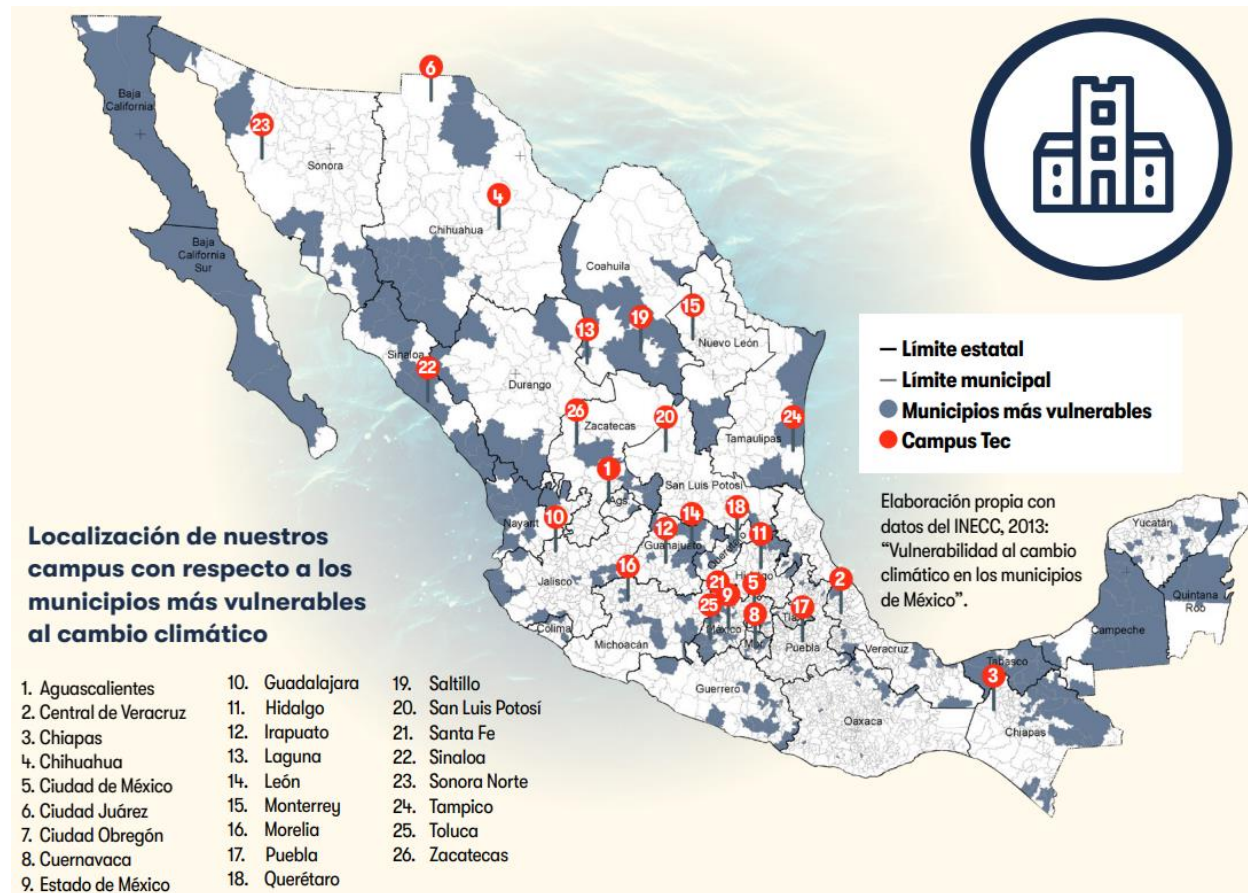


Figura 11.1. Localización de los campus del Tecnológico de Monterrey con respecto a los municipios más vulnerables al cambio climático. Del *Plan de Sostenibilidad y Cambio Climático al 2025*, por el Tecnológico de Monterrey, abril de 2021, pág. 18. (<https://tec.mx/sites/default/files/repositorio/sentido-humano/sostenibilidad/PlanSostenibilidad-2025.pdf>).

Un manejo sostenible de los ecosistemas presenta grandes alternativas a la adaptación climática. Entre los beneficios ambientales que presenta, aquí se enlistan algunos de ellos:

1. Reduce la isla de calor en la ciudad

Las copas de los árboles, aparte de sus demás funciones, interceptan la radiación solar evitando el calentamiento de sus alrededores. Esto se puede simplificar en el sombreado que generan los árboles. Los árboles al estar en zonas urbanas, principalmente reducen las temperaturas en calles, edificaciones y banquetas, como se visualiza en la *Figura 11.2*. Un beneficio secundario que esto genera, es la reducción en la utilización de aire acondicionado en espacios cerrados cerca del área arbolada (Alkabi, 2002)



Figura 11.2. Sombra generada por arbolado urbano en España.

2. Reduce la temperatura por evapotranspiración

La evapotranspiración es el proceso de evaporación completa del agua entre la pérdida de humedad de una superficie y la transpiración de la materia biológica. El ciclo hídrico se ve muy beneficiado de este proceso ya que los árboles, como elemento biológico, tienen como proceso la transpiración, liberando el agua en forma de vapor al ambiente. Se estima que el 80% del agua que se precipita, se devuelve al ambiente por dicho proceso. Pero para que esto suceda, se requiere de energía por lo que dicho proceso ayuda a enfriar el ambiente, siendo así que los árboles funcionan como “refrigeradores evaporativos”.

3. Reducción de la velocidad del viento

Las copas de los árboles reducen la velocidad del viento, generando una minimización en pérdidas de calor de los edificios. Esto ayuda en los climas fríos, generando importantes ahorros en calefacción. En los climas calurosos, el arbolado reduce la infiltración del viento hacia el interior de las edificaciones, evitando su calentamiento.

Juntando los tres anteriores, en Sacramento California se generó un estudio para la reducción de temperaturas por medio del arbolado. Los resultados mostraron que se redujeron 2.3 °C en zonas residenciales con una cobertura del 15% del área con arbolado. Además, con árboles maduros cerca de una casa residencial, ayudan a una **reducción del uso de la energía para el aire acondicionado** entre un 10 a 50%. Esto concluye que combinando el sombreado, la transpiración y la reducción del viento se interviene en la **reducción de la temperatura** en zonas locales (Simpson, 1996).

4. Protección y preservación de la biodiversidad

Las áreas arboladas urbanas presentan un gran beneficio para la fauna silvestre, ya que funciona como un lugar apto para asentarse. Las áreas arboladas brindan protección,

alimento y condiciones adecuadas para que se acentúe la fauna. En zonas urbanas, lo principal que se acentúa son insectos y aves. En un estudio que se realizó, se documentó que las aves se acentúan un 25% más cuando el área verde crece naturalmente comparado con pastos cuidados, por lo que puede ser un dato de interés (Priego, 2002). Generar áreas verdes variadas entre especies arbóreas, arbustivas combinado con el pasto, evitando espacios monótonos de únicamente pasto.

12. Recomendaciones finales

En esta sección se presentan varias recomendaciones para enriquecer el programa de manejo y conservación del arbolado urbano, además de posibles mejoras a *futuro de esta guía*.

12.1 Crear equipo de técnicos por campus

Cada campus deberá seleccionar a uno o varios encargados del arbolado, quienes se asegurarán de su cuidado correcto. Aunque podrán tener a personas a su cargo, el técnico (o equipo de técnicos) son los que decidirán cuándo debe realizarse una poda, trasplante o derribo, y los que supervisarán cualquier plantación o tratamiento realizado. Ellos tendrán la responsabilidad de la salud de los árboles en el campus. Ahora bien, es importante que reciban la capacitación adecuada de expertos (como técnicos forestales). Aunque esta guía presenta ya varios temas de importancia, útiles para el corto plazo, a largo plazo será ideal que todos los técnicos en los campus sean adiestrados a profundidad en el cuidado de los árboles. Y posteriormente, estos técnicos podrán capacitar a los futuros integrantes de ese equipo, y tal vez incluso a otros campus que lo requieran.

12.2 Desarrollar programas de educación ambiental

Es importante que todo el trabajo realizado no sea invisible. Es importante que tanto los estudiantes como la población general conozcan sobre la importancia del arbolado para todo el ecosistema urbano, y del cómo debe cuidarse este. Formas sencillas de realizar esto son:

1. Agregar pequeñas etiquetas o placas metálicas a algunos árboles, con información de su especie, nombre común, características para su identificación e importancia para el ecosistema (provisión de espacios para la biodiversidad, estética, frutos comestibles, y cualquier otro servicio ecosistémico).
2. Parecido al anterior, también pueden ponerse pósters o generarse folletos sobre las plantas nativas más importantes de esa zona. La CONABIO (2012) realizó esto para la CDMX en su guía de campo *Árboles comunes de la Ciudad de México*, y así también ProForestal (2015) para la Ciudad de San Luis Potosí, en *La guía de los árboles de la Ciudad de San Luis Potosí*.
3. Proveer de talleres sobre los árboles más importantes del campus y sus beneficios, sobre los cuidados que se les dan y el cómo dar ese cuidado
4. Invitar a biólogos, ingenieros forestales, ecólogos y otros expertos a dar conferencias sobre estos temas (arbolado urbano y sus beneficios, cambio climático, cuidado del agua, y más)

Caso de estudio. Consulta de un equipo técnico



Como se ha mencionado varias veces, al momento de realizar una construcción, lo ideal es trasplantar los árboles e incluirlos en el diseño o llevarlos a otra zona, pero nunca desecharlos. En este caso, se realizó una nueva construcción (un centro de meditación) y también se remodeló un estacionamiento, en el Campus Monterrey. Esto conllevó a que varios árboles tuvieran que trasplantarse. Sin embargo, la diferencia con el Caso 1 radica en la forma en que se hizo. En este caso no se consultó a un equipo técnico especializado en el cuidado de los árboles, y durante el trasplante los árboles sufrieron de varias heridas, que son irreparables. Cuando esto se detectó por el equipo técnico forestal, se empezó a incluir su participación.

Por esta razón es fundamental que en cada proyecto que se realice, desde el momento de la planeación, se consulte a un equipo técnico forestal. De esta forma este equipo podrá apoyar en la determinación de cómo trasplantar de la mejor manera cada árbol, y en el trasplante mismo.

Algo importante es que los directivos mismos deben tener interés por el cuidado de los árboles. De esta forma, a modo de cadena, todos los proyectos podrán tomar la gestión adecuada de los árboles en consideración. Es muy complicado que se tomen las medidas adecuadas para la salud de los árboles si no se valoran primero, y es por ello que la labor de la educación ambiental, además de la capacitación técnica, es fundamental.



12.3 Dar prioridad a especies nativas

Ya se ha comentado antes sobre la importancia de tener especies nativas. Es ideal que a largo plazo poco a poco las especies exóticas que tienen los campus sean reemplazadas por árboles nativos, que podrán proveer de más servicios ecosistémicos a un menor costo económico.

12.4 Regionalizar la *Guía de buenas prácticas*

Como se ha mencionado anteriormente, cada región tiene sus propias características de clima, tipo de suelo, y especies nativas. Es por ello que el cuidado del arbolado debe regionalizarse. La guía aquí presentada contiene buenas prácticas que aplican para cualquier región, pero idealmente poco a poco deben generarse (si no existen) guías regionales, que contengan un listado de las especies nativas de esa zona, y el cómo cuidarlas. Un buen ejemplo es el *Plan de Manejo del Arbolado Urbano de la Ciudad de Colima*²⁸, que en su sección de “Criterios técnicos para la selección de especies” presenta un listado de las especies recomendadas para la ciudad de Colima, y en su apéndice profundiza más al presentar listados de especies recomendadas a plantar dependiendo del ancho de la banqueta o camellón²⁹. También están los siguientes ejemplos para algunas regiones, con vínculos a su descarga en la Bibliografía:

1. *Guía de árboles nativos en la zona metropolitana de Monterrey*³⁰, que presenta a detalle varias especies de esta zona, con varias fotografías para su identificación. La primera edición de este libro puede descargarse gratuitamente en la página de la editorial: <https://www.fondoeditorialnl.gob.mx/producto/guia-de-arboles-nativos-en-la-zona-metropolitana-de-monterrey/>
2. *Guía del arbolado y otras formas vegetales en situación de banqueta Ciudad de San Luis Potosí*³¹, que de la misma forma presenta un listado, aunque incluso más completo, de las especies de San Luis Potosí.
3. *Catálogo de Especies permitidas para la restitución de la masa vegetal de la cobertura perdida*³², con amplios detalles de cada especie nativa de esta ciudad.

También existen fuentes con listados nacionales, y de ellos se puede apoyar para generar los listados locales. Por ejemplo, la Red de Viveros de Biodiversidad (REVIVE) tiene en su catálogo de *Árboles de la red de viveros de biodiversidad (2021)* 150 especies de árboles de la región del Golfo de México, con información de dónde plantarlos y algunos cuidados que requieren.

²⁸ IPCO, 2021, p. 115

²⁹ p. 137

³⁰ Oswaldo Zurita Zaragoza, 2021

³¹ Carlos Renato Ramos Palacios, 2019

³² Secretaría de Desarrollo Urbano y Sustentabilidad del Gobierno Municipal de Puebla, s.f.

12.5 Desarrollar una red de intercambio de conocimiento

Existen campus que ya tendrán prácticas desarrolladas para el manejo de su arbolado, sin embargo, este conocimiento no sale de ese campus. Sería buena idea que a futuro se desarrolle una red de intercambio de buenas prácticas que se tienen en cada campus, y proyectos que se lleven a cabo, además de cualquier otro tema de interés, como plagas y enfermedades que se han presentado, nuevas formas de gestionar el arbolado, etc. Esto permitirá que todos los campus a una puedan avanzar a tener un manejo ideal de su arbolado, y año tras año mejorar con técnicas que entre todos se comparten.

12.6 Ir más allá del carbono

Como se mencionó al inicio de esta guía, los árboles proveen de muchos servicios ecosistémicos, como prevención de inundaciones, mejora de la calidad del aire, reducción de la temperatura, y más. Estos servicios no han sido contabilizados en esta ocasión, sin embargo, sería de gran utilidad hacerlo en el futuro. Es importante recordar que muchos de estos servicios ecosistémicos tienen un valor económico, y es entonces que invertir en determinar cuáles son estos permitirá conocer a mayor exactitud el valor económico del arbolado urbano. Y como bien se sabe, entre mayor valor se asigna a algo, más se le cuida; es por ello que determinar todos los servicios que proveen los árboles es el primer paso para impulsar a la ciudadanía a cuidarlos.

Bibliografía

Akbari, H., 2002. Shade trees reduce building energy use and CO2 emissions from power plants. *Environmental Pollution*, 116:S119-S126.

Alvarado, A., Guajardo, F. y Devia, S. (2014). *Manual de Plantación de Árboles en Áreas Urbanas*.

https://www.conaf.cl/cms/editorweb/institucional/Manual_de_Plantacion_de_Arboles_en_Areas_Urbanas.pdf

Asociación de Academias de la Lengua Española (s.f.) *Diccionario de Americanismos*. <https://www.asale.org/damer/hoyadura>

Ayuntamiento de Sevilla (s.f.) *Directrices para la selección de especies*. https://www.sevilla.org/servicios/medio-ambiente-parques-jardines/plan-gestion-arbolado-urbano/modificaciones/directrices_seleccionespecies.pdf

Certified Arbor Care of Austin. (s.f.). *Root Collar Exposure*. <https://certifiedarborcare.net/residential-tree-services/root-collar-exposure/>

Comisión Nacional Forestal [CONAFOR]. (2018). *Cómo plantar un árbol*. <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/como-plantar-un-arbol-179529?idiom=es>

CONAFOR. (2010). *Prácticas de reforestación. Manual básico*. https://www.conafor.gob.mx/BIBLIOTECA/MANUAL_PRACTICAS_DE_REFORESTACION.PDF

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO]. (2012). *Guía de campo Árboles comunes de la Ciudad de México*. https://www.biodiversidad.gob.mx/Difusion/cienciaCiudadana/urbanos/pdf/GuiaArboles_v3.pdf

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO]. (2022). *Sistema de Información sobre especies invasoras*. <https://www.biodiversidad.gob.mx/especies/Invasoras>

Consejo de Alcaldes y Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador (2020) *Catálogo para la selección de especies arbóreas y vegetativas*. https://issuu.com/coamss-opamss/docs/cat_logos_de_especies_arbores_y_vegetativas

Dujesiefken, D., y Stobbe, Horst. (2002). The Hamburg Tree Pruning System – A framework for pruning of individual trees. *Urban Forestry & Urban Greening*, 1(2), 75-82. <http://dx.doi.org/10.1078/1618-8667-00008>

Ecosystems Knowledge Network. (s.f.). *Economic valuation of ecosystem services*. <https://ecosystemsknowledge.net/resources/tools-guidelines/valuing/economic>

Gilman, E., y Bisson, A. (2017-a). *Developing a preventive pruning program in your community: Mature trees*. University of Florida IFAS Extension. <https://edis.ifas.ufl.edu/pdf%5CEP%5CEP31600.pdf>

Gilman, E., y Bisson, A. (2017-b). *Developing a preventive pruning program: Young trees*. University of Florida IFAS Extension. <https://edis.ifas.ufl.edu/pdf%5CEP%5CEP31500.pdf>

Gobierno del Distrito Federal. (2000). *Manual Técnico para la Poda, Derribo y Transplante de Árboles y Arbustos de la Ciudad de México*. Ciudades <https://ciudadesverdes.com/download/manual-tecnico-para-la-poda-derribo-y-transplante-de-arboles-y-arbustos-de-la-ciudad-de-mexico/>

Editorial Grijalbo. (1994). *Guía de árboles*.

Instituto de Planeación para el Municipio de Colima (IPCO). (2021). *Plan de Manejo del Arbolado Urbano de la Ciudad de Colima*. <http://ipco.gob.mx/2019/index.php/marco-normativo/proyectos/2-uncategorised/110-plan-de-manejo-del-arbolado-urbano-de-la-ciudad-de-colima>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2021). *Sistema de Cuentas Nacionales de México - Cuentas Económicas y Ecológicas de México 2020*. <https://www.inegi.org.mx/app/saladeprensa/noticia.html?id=6986>

IPCC. (2007). *Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza. http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf

Izquierdo, J., y Arévalo, J. (2021). *Determinación de la materia orgánica del suelo (MOS) por el método químico y por calcinación*. <https://doi.org/10.25054/22161325.2527>

Johnson, G.R. (1999). *Protecting trees from construction damage: a homeowner's guide*. University of Minnesota Digital Conservancy. <https://hdl.handle.net/11299/199785>

Kuo, F., y Sullivan, W. (Julio de 2001). Aggression and Violence in the Inner City: Effects of Environment via Mental Fatigue. *Environment and Behavior*, 33(4), 543-571. <https://doi.org/10.1177/00139160121973124>

Mainlab Bioinformatics - Washington State University. (s.f.). *Rosa all species*. Genome Database For Rosaceae. <https://www.rosaceae.org/species/rosa/all>

Nowak, D., Crane, D., y Stevens, J. (2006). Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. *Urban Forestry & Urban Greening*, 4(3-4), 115-123. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2006.01.007>

Pankau, R. (27 de agosto de 2021). *Tree Root Collar Disorders*. University of Illinois Extension. <https://extension.illinois.edu/blogs/garden-scoop/2021-08-27-tree-root-collar-disorders>

ProForestal. (2015). *La guía de los árboles de la Ciudad de San Luis Potosí*. <https://slp.gob.mx/segam/Paginas/SIACC/Desarrollo-Forestal.aspx>

Priego Gonzalez de Canales, C. (2002). Beneficios del arbolado urbano.

Ramos Palacios, C.R. (2019). *Guía del arbolado y otras formas vegetales en situación de banqueta Ciudad de San Luis Potosí*. Universidad Autónoma de San Luis

Potosí. UASLP-SEGAM. San Luis Potosí, S.LP.

<https://slp.gob.mx/segam/Paginas/SIACC/Desarrollo-Forestal.aspx>

Real Academia Española. (s.f.-a). Árbol. En *Diccionario de la lengua española*, 23.^a ed., [versión 23.5 en línea]. Recuperado en 25 de julio de 2022, de

<https://dle.rae.es/%C3%A1rbol?m=form>

Real Academia Española. (s.f.-b). Edáfico. En *Diccionario de la lengua española*, 23.^a ed., [versión 23.5 en línea]. Recuperado en 29 de julio de 2022, de

<https://dle.rae.es/ed%C3%A1fico>

Real Academia Española. (s.f.-c). Ósmosis. En *Diccionario de la lengua española*, 23.^a ed., [versión 23.5 en línea]. Recuperado en 5 de julio de 2022, de

<https://dle.rae.es/%C3%B3smosis>

Real Academia Española. (s.f.-d). Óvulo. En *Diccionario de la lengua española*, 23.^a ed., [versión 23.5 en línea]. Recuperado en 5 de julio de 2022, de

<https://dle.rae.es/%C3%B3vulo?m=form>

Real Academia Española. (s.f.-e). Plántula. En *Diccionario de la lengua española*, 23.^a ed., [versión 23.5 en línea]. Recuperado en 5 de julio de 2022, de

<https://dle.rae.es/pl%C3%A1ntula?m=form>

Red de Viveros de Biodiversidad. (2021). *Catálogo 2021 Árboles de la red de viveros de biodiversidad*.

https://revivemx.org/Recursos/Catalogos/Catalogo_arboles_redviverosbio.pdf

Secretaría de Desarrollo Urbano y Sustentabilidad del Gobierno Municipal de Puebla. (s.f.). *Catálogo de Especies permitidas para la restitución de la masa vegetal de la cobertura perdida*.

<https://www.pueblacapital.gob.mx/images/transparencia/obl/01marco/mun/linea.ambientales.anexo.pdf>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (11 de marzo de 2021). *Servicios ambientales o ecosistémicos, esenciales para la vida*.

<https://www.gob.mx/semarnat/es/articulos/servicios-ambientales-o-ecosistemicos-esenciales-para-la-vida?idiom=es>

Simpson, J.R. and E.G. McPherson. 1996. Potential of tree shade for reducing residential energy use in California. *J. Arboric.* 22(1): 10-18.

<https://www.fs.usda.gov/research/treesearch/61736>

Tardieu, L., Roussel, S., D. Thompson, J., Labarraque, D., y Salles, J-M. (1 de abril de 2015). Combining direct and indirect impacts to assess ecosystem service loss due to infrastructure construction. *Journal of Environmental Management*, 152, 145-157. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.01.034>

Virginia Cooperative Extension. (2021). *Tree Steward Manual*. Virginia Cooperative Extension asociado con Virginia Tech Publishing.

<https://doi.org/https://doi.org/10.21061/treesteward>

World Resources Institute. (2005). *Evaluación de los Ecosistemas del Milenio - Ecosistemas y Bienestar Humano: Síntesis* [edición de libro electrónico]. Island Press.
<https://www.millenniumassessment.org/es/Synthesis.html>

Zurita Z., O. (2021). *Guía de árboles nativos en la zona metropolitana de Monterrey*. Fondo Editorial de Nuevo León. [Primera edición descargable en <https://www.fondoeditorialnl.gob.mx/producto/guia-de-arboles-nativos-en-la-zona-metropolitana-de-monterrey/>]