***Tabla 14.*** *Resumen de objetivos y aplicación de las podas autorizadas.*

| TIPO DE PODA | OBJETIVO PRINCIPAL | ETAPA DEL ÁRBOL | INDICADORES CLAVE DE NECESIDAD |
|---|---|---|---|
| Formación | Crear una estructura fuerte y segura a largo plazo. | Juvenil | Ramas codominantes, ramas muy bajas, estructura desorganizada. |
| Sanitaria | Eliminar riesgo y focos de patógenos. | Todas | Ramas secas, rotas o visiblemente enfermas. |
| Limpieza | Mejorar la salud y vigor del árbol. | Todas | Chupones, brotes epicórmicos, ramas cruzadas, parásitas |
| Aclareo | Reducir densidad de la copa y resistencia al viento. | Madurez | Copa excesivamente densa, poco paso de luz, alto "efecto vela". |
| Levante/Realce | Proveer espacio libre para circulación y visibilidad. | Todas | Ramas bajas que obstruyen aceras, vías o señales. |
| Reducción | Disminuir el tamaño total de la copa por conflicto. | Madurez | Conflicto severo con infraestructura que no se resuelve con otras podas. |
| Despeje de Redes | Prevenir la carga y fricción, que las ramas ejercen sobre el cableado de las redes de servicios públicos. Esto se hace para evitar o arreglar fallas en el suministro del servicio. | Todas | Proximidad o contacto de ramas con el cableado aéreo que no cumplan con las distancias de seguridad. |

***Fuente.*** *Elaboración propia. Convenio 0017 de 2025.*

## Modelo para la ejecución técnica de la poda

Una vez establecido el marco diagnóstico y la tipología de poda adecuada, esta sección se enfoca en la ejecución física de la intervención, un aspecto crítico para el éxito de la operación, la salud del árbol a largo plazo y la seguridad del personal. La calidad de cada corte y el manejo de cada herramienta son determinantes para el impacto final de la poda (Reynoso & Saunders, 2015) (Ministerio de Minas y Energía, 2024).

Con el propósito de asegurar uniformidad en los procedimientos, se busca estandarizar la metodología técnica para el personal que interviene el arbolado en Santiago de Cali. Se detallan exhaustivamente las técnicas de corte, fundamentadas en la anatomía y fisiología arbórea, así como las herramientas adecuadas para cada tarea y su mantenimiento. Asimismo, se reiteran, con base técnica, las prácticas estrictamente prohibidas por sus efectos perjudiciales.

Las directrices aquí presentadas se basan en los estándares de la Sociedad Internacional de Arboricultura (ISA) y la normativa ANSI A-300. Están en plena concordancia con el Estatuto de silvicultura (Acuerdo 0353 de 2013), conformando así el protocolo técnico de campo de obligatorio cumplimiento para asegurar la salud y longevidad de la estructura verde de la ciudad, mitigar riesgos y potenciar sus invaluables servicios ecosistémicos (Perrette, 2020).

## Anatomía del corte

Un corte de poda no es una amputación simple o una acción arbitraria sobre el tejido vegetal; por el contrario, debe concebirse como una incisión quirúrgica precisa y estratégica que honra y respeta profundamente la fisiología inherente del árbol. Esta intervención, lejos de ser mecánica, debe estar meticulosamente diseñada para interactuar armoniosamente con la estructura de defensa natural del árbol, un mecanismo biológico sofisticado que le permite sellar y compartimentar las heridas. Al realizar un corte de poda de manera adecuada, se facilita activamente el proceso de sellado natural del árbol (Shigo & Marx, 1977). Esto restringe la posibilidad de entrada para una amplia gama de patógenos, incluyendo hongos, bacterias e insectos, que de otro modo podrían invadir y comprometer la salud interna del individuo arbóreo.

Según Harper (2017), la comprensión y aplicación de esta técnica es fundamental, ya que un corte mal ejecutado no solo dificulta la capacidad del árbol para cicatrizar eficazmente, sino que también lo expone a estrés innecesario y lo hace vulnerable a enfermedades que pueden llevar a su debilitamiento estructural y, en última instancia, a su muerte. Por lo tanto, cada intervención de poda es una decisión crítica que impacta directamente la vitalidad a largo plazo del árbol y su capacidad para continuar brindando los múltiples beneficios ecosistémicos que aporta al entorno urbano.

## Identificación de estructuras anatómicas clave

Antes de realizar cualquier corte, el operario debe ser capaz de identificar dos estructuras fundamentales en la unión de una rama con el tronco o con una rama de orden superior:

**La cresta de la corteza de la rama (*branch bark ridge*)**: Es una línea de corteza, usualmente levantada y rugosa, que se forma en la parte superior de la unión de la rama (en la horqueta). Actúa como una barrera natural que separa los tejidos de la rama de los del tronco (Reynoso & Saunders, 2015).

**El cuello de la rama (*branch collar*)**: Es una zona de tejido engrosado en la base de la rama, que se forma por la superposición de los tejidos del tronco y de la propia rama. Esta área contiene una alta concentración de compuestos químicos de defensa y es donde se origina el tejido de callo para el sellado de la herida. Esta estructura no debe ser dañada en ninguna circunstancia durante la poda (International Society of Arboriculture - ISA , 2015).

**Un corte correcto:** Es aquel que remueve la rama sin dañar ni la cresta ni el cuello, permitiendo que el sistema *CODIT*, descrito en la sección 6.2., funcione de manera óptima.

**Técnica de los tres cortes**

La aplicación de la "técnica de los tres cortes" es imperativa para la remoción de cualquier rama cuyo diámetro sea superior a cinco centímetros, diseñada para remover el peso de la rama de forma controlada y evitar el desgarro de la corteza del tronco, considerada una de las heridas más dañinas para un árbol (DAGMA, 2018). El objetivo de esta técnica es dejar una superficie de corte lisa y sin daños, facilitando así la cicatrización y compartimentación del árbol (Shigo & Marx,1977).

**Pasos de la técnica:**

**Paso 1**: *Corte de socavado (o bisagra)*, se realiza un primer corte en la cara inferior de la rama, a una distancia de 20 a 30 cm del punto de unión final con el tronco (EPA Cartagena, 2015). Este corte debe penetrar aproximadamente un cuarto (1/4) del diámetro de la rama (DAGMA, 2018). Su función es actuar como una bisagra y evitar que la corteza se desgarre hacia abajo cuando la rama caiga por su propio peso (Reynoso & Saunders, 2015).

**Paso 2**: *Corte de descarga* (*o de reducción de peso*), se realiza un segundo corte en la cara superior de la rama, algunos centímetros (5 - 10), más afuera (más lejos del tronco) que el primer corte (Convenio de Asociación entre la Asociación de Cultivadores de Mangle; Establecimiento Público Ambiental de Cartagena, 2015). Se corta completamente a través de la rama hasta que ésta se desprenda (Reynoso & Saunders, 2015); de esta forma, el peso principal de la rama es removido de forma segura, dejando sólo un tocón corto y manejable.

**Paso 3**: *Corte final*, se remueve el tocón restante con un corte preciso y limpio (DAGMA, 2018), evitando la inclinación positiva o negativa del mismo; la discusión acerca de la posible acumulación de humedad que auspicie la pudrición, sigue en boga. La línea de corte debe comenzar por fuera de la cresta de la corteza y terminar en ángulo hacia abajo y hacia afuera, por fuera del cuello de la rama (Harper, 2017). Este corte no debe ser ni demasiado raso (dañando el cuello) ni dejar un muñón demasiado largo, impidiendo el sellado (Dujesiefken & Stobbe, 2013). El objetivo es dejar una superficie lisa que facilite el drenaje del agua y permita la formación de un callo de sellado uniforme.

**Importancia de la técnica y sus implicaciones:** La correcta aplicación de esta técnica es vital para la salud del árbol, ya que el collar de la rama es la parte de la unión del tronco y la rama donde se forma el tejido protector, el cual es crucial para cerrar la herida. Si el corte penetra este collar, se provoca un desgarro del tejido que favorece el ataque por hongos o insectos, impidiendo además el cierre completo de la herida (DAGMA, 2018). Las heridas más pequeñas cicatrizan con mayor facilidad, mientras que los cortes muy grandes difícilmente cicatrizan y comúnmente se convierten en focos de pudriciones (Moreno-Hurtado, 2015). Un corte limpio facilita la compartimentación del árbol, un proceso natural de defensa que aísla el tejido sano del podrido o muerto. Los operadores de poda deben estar capacitados sobre estos procesos fisiológicos del árbol para aplicar la poda correctamente.

La poda afecta el sistema radicular y genera exposición del tejido (heridas) en el árbol, la capacidad de recuperación del árbol depende de su edad, estado sanitario y nutricional, la especie y las condiciones ecológicas del sitio (DAGMA, 2018). Es fundamental el análisis previo del estado del árbol para realizar sólo los cortes necesarios, ya que, entre menos heridas, más rápido debería recuperarse el árbol. Podar durante la estación de crecimiento con hojas activas puede limitar el desarrollo de rebrotes epicórmicos y no afecta negativamente la tasa de cierre de heridas (Perrette, 2020). Una poda incorrecta puede llevar a un aspecto deficiente del árbol, enfermedades y debilitamiento de su fuerza física; lo que podría causar roturas y representar peligro para el público.




***Ilustración 12.*** *Técnica de los tres cortes.*

***Fuente:*** *Elaboración propiai.*

### Cortes de reducción y sub-ordinación

Cuando el objetivo es reducir la longitud de una rama (poda de reducción) en lugar de eliminarla por completo, el corte debe hacerse en una unión con una rama lateral (*tirasavia*) que sea capaz de asumir la dominancia y mantener el flujo de savia. La regla técnica fundamental, citada por la arboricultura moderna y los manuales de referencia, establece que la rama lateral remanente debe tener un diámetro de al menos un tercio (1/3) del diámetro de la rama que se está cortando en el punto de unión. Esto asegura que

la rama lateral tenga la capacidad de transportar suficiente savia y energía para mantener vivo el tejido y sellar la herida eficazmente (Perrette, 2020).

Como resultado de la correcta aplicación de la técnica, es crucial señalar que, para la mayoría de las especies arbóreas, un corte limpio y bien ubicado no requiere la aplicación de pastas o selladores cicatrizantes. De hecho, la silvicultura, fundamentada en el proceso de compartimentación, considera esta práctica generalmente innecesaria e incluso contraproducente, ya que puede atrapar humedad y dificultar la respuesta defensiva natural del árbol (Sharon et al., 2019).

No obstante, en el contexto de los ecosistemas tropicales, esta regla puede tener excepciones puntuales. La recomendación de "sellar" una herida puede ser técnicamente justificable cuando ésta queda expuesta a condiciones de humedad ambiental muy elevada y constante, lo que incrementa el riesgo de proliferación de hongos patógenos. Particularmente, los cortes cuyo ángulo final queda orientado hacia arriba pueden acumular agua de lluvia y materia orgánica, creando un microclima ideal para la descomposición. Por el contrario, las heridas cuyo ángulo de corte mira hacia abajo no requieren tratamiento, ya que su posición facilita el drenaje natural, minimizando el contacto prolongado con agentes externos como el agua, el exceso de sol o la llegada de plagas. La decisión de aplicar un producto sellador debe ser, por tanto, el resultado de un análisis técnico y no una práctica rutinaria.

**Herramientas y equipos para la poda: mantenimiento**

La selección y el manejo de las herramientas en la poda arbórea son aspectos de crucial importancia que trascienden la eficiencia. La utilización de una herramienta incorrecta o inadecuada por cuenta de la "cuota" o la "prisa", no solo resulta en una labor ineficiente y sin buenos resultados, lo que es aún más preocupante, puede producir heridas severas y perjudiciales en el árbol. Estas lesiones, lejos de ser superficiales, comprometen su integridad estructural y fisiológica, abriendo puertas a la entrada de patógenos, debilitando su sistema de defensa natural y afectando su capacidad de recuperación y crecimiento saludable a largo plazo.

Criterios de selección y uso de herramientas: La selección de la herramienta de corte depende directamente del diámetro de la rama a intervenir. El uso de una herramienta sub-dimensionada puede generar cortes deficientes, desgarros y riesgo ergonómico para el trabajador.

***Tabla 15.*** *Selección de herramientas de corte según el diámetro de la rama.*

| DIÁMETRO DE LA RAMA (cm.) | HERRAMIENTA MANUAL RECOMENDADA | HERRAMIENTA MOTORIZADA RECOMENDADA |
|---|---|---|
| < 2,5 | Tijera de podar manual (de una o dos manos) | No aplica |
| 2,5 - 10 | Serrucho de poda (de mano o pértiga) | Motosierra de pértiga (para altura) |
| > 10 | Serrucho de poda (para ramas accesibles) | Motosierra (operada por personal certificado) |
| Ramas en altura | Pértiga con serrucho o con cortador de tijera | Motosierra de pértiga o técnicas de trepa con motosierra |

**Fuente:** *Elaboración propia, Convenio 0017 de 2025.*

El mantenimiento, limpieza y desinfección de herramientas son fundamentales en la poda arbórea, no solo por eficiencia, sino para proteger la salud del árbol y evitar la propagación de enfermedades. Cada corte es una herida abierta, una vía potencial para patógenos como hongos, bacterias y virus. Sin desinfección metódica (como mínimo, entre árboles, especialmente si hay enfermedad), antes y después de cada uso las herramientas actúan como vectores directos, esparciendo infecciones que comprometen la vitalidad y longevidad del arbolado. Esta práctica es tan crítica que la Resolución ICA 780006 de 2020 (25 de noviembre de 2020), aunque enfocada en viveros y huertos básicos, establece en su artículo 6.2.6., la "Desinfección y limpieza de herramientas y equipos de trabajo" como un requisito. Además, el numeral 5.4.7. especifica que: "Las herramientas usadas en esta área deberán ser exclusivas para este proceso, de no ser así, se deberán desinfectar", y el numeral 5.2.3., exige: "Tener herramientas y vestuario de uso exclusivo para el personal del huerto básico tales como: tijeras de podar... y llevar a cabo un protocolo de desinfección para estos." (Instituto Colombiano Agropecuario - ICA, 2020).

Por ello, la desinfección es una práctica obligatoria, para prevenir la transmisión de patógenos (como hongos o bacterias causantes de chancros). Se recomienda realizarla antes y después de cada rama por árbol (Moreno-Hurtado, 2015). Entre los desinfectantes más comunes se encuentran la solución de hipoclorito de sodio al 10% (una parte de cloro por nueve de agua), que debe ser seguida por un enjuague para evitar la corrosión; el alcohol isopropílico al 70%, que no requiere enjuague posterior; y la solución de peróxido de hidrógeno (al 3%), que se diluye con agua en una proporción 1:1. Adicionalmente, se pueden usar amonios cuaternarios o compuestos a base de yodo, que se encuentran en desinfectantes comerciales específicos para el sector agrícola. Un método alternativo y altamente efectivo, especialmente para patógenos resistentes, es el calor por flameado con un soplete.

*Afilado*: Todas las herramientas de corte (tijeras, serruchos, cadenas de motosierra) deben mantenerse permanentemente afiladas. Una herramienta sin filo no corta, sino que rasga las fibras de la madera, creando una herida de difícil sellado.

**Prácticas prohibidas en la poda**

Ciertas prácticas por su comprobado efecto destructivo sobre la biología y estructura de los árboles, están prohibidas en todas las operaciones silviculturales de Santiago de Cali.

**El descope o "desmoche"**: Ésta es la práctica más dañina y antitécnica que se le puede realizar a un árbol. Consiste en el corte indiscriminado de las ramas principales y el líder apical, dejando muñones sin ramas laterales adecuadas para asumir la dominancia. Las consecuencias, extensamente documentadas son devastadoras (Reynoso & Saunders, 2015):

1. **Inanición**: La remoción drástica de la copa elimina la mayor parte de la capacidad fotosintética del árbol, privándolo de su fuente de energía y llevando a un agotamiento de sus reservas.

2. **Choque y quemaduras solares**: La corteza del tronco y de las ramas principales, antes protegida por la sombra de la copa, queda expuesta súbitamente a la radiación solar directa, lo que puede causar quemaduras, muerte del *cambium* y fisuras.

3. **Enfermedades y pudrición**: Las grandes heridas planas que deja el desmoche son imposibles de sellar para el árbol. Se convierten en puntos de entrada directos para hongos xilófagos (hábitos de un consumidor primario, cuya dieta consiste principalmente de madera) e insectos, iniciando procesos de pudrición que avanzan por el interior de las ramas y el tronco.

4. **Crecimiento de ramas débiles**: El árbol, en un intento desesperado por sobrevivir, activa yemas latentes que producen una multitud de brotes epicórmicos. Estos rebrotes crecen rápidamente, pero tienen una unión muy débil con el muñón de la rama, siendo extremadamente propensos a romperse con el viento o su propio peso a medida que crecen (Perrette, 2020).

5. **Mutilación estética y destrucción del biotipo**: Un árbol desmochado pierde irreversiblemente su forma y estructura natural, quedando estéticamente mutilado de por vida.

Por si fuera poco, no son pocos los eventos donde el organismo "desmochado" es una palma, una conífera o una araucaria; todos con hábitos de crecimiento que encuentran la muerte temprana durante la ejecución de dicha práctica.

## Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) en operaciones de poda

La silvicultura urbana es reconocida a nivel internacional como una de las actividades técnicas de más alto riesgo, combinando el trabajo en alturas, el uso de herramientas de corte de alta potencia y la interacción con entornos urbanos complejos y a menudo impredecibles. En este contexto, la seguridad no puede ser considerada una componente opcional o secundaria; es pilar fundamental sobre el cual se construye toda operación profesional. Ninguna tarea es tan urgente o importante que no pueda ser realizada de manera segura, especialmente considerando las directrices que buscan minimizar los riesgos eléctricos y proteger la vida en todas sus formas (Ministerio de Minas y Energía, 2024).

Esta sección tiene como objetivo establecer el marco de referencia obligatorio para la gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) en todas las actividades de poda del arbolado en Santiago de Cali. El cumplimiento riguroso de estas directrices no solo es una obligación legal y contractual, sino un compromiso ético con la vida y la integridad física de cada miembro de los equipos operativos y de la ciudadanía (DAGMA, 2023).

## Marco normativo de referencia en seguridad

Las operaciones de poda en Santiago de Cali, deben adherirse al estricto marco normativo que establece los requisitos de seguridad. Para asegurar la idoneidad de los prestadores del servicio, deberán obtener una certificación, que garantice la calidad de la actividad realizada. El desconocimiento de estas normas no exime de su cumplimiento (Concejo de Santiago de Cali, 2013).

**Estándares técnicos internacionales:**

**ANSI Z-133**: Publicada por el *American National Standards Institute*, es la norma de referencia global específica para la seguridad en operaciones arborícolas. Sus directrices sobre técnicas de trepa, operación de motosierras y manejo de riesgos, son la base de las mejores prácticas a nivel mundial.

**Reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE)**: Tiene como objetivo principal garantizar la continuidad del servicio de energía. Para ello, establece las distancias mínimas de seguridad y los protocolos para trabajar cerca de redes eléctricas energizadas. Esto tiene un impacto directo en la planificación y ejecución en la poda de árboles. Es importante destacar que este reglamento aplica específicamente a las líneas de media y alta tensión; siendo este su ámbito de aplicación.

Normatividad nacional:

**Decreto 1072 de 2015**: Decreto único reglamentario del sector trabajo, que establece la obligación de todas las empresas de implementar un Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST).

**Resolución 4272 de 2021**: Actualiza y establece los requisitos de seguridad para el desarrollo de trabajo en alturas. Es de obligatorio cumplimiento para cualquier labor de poda que implique trepa o el uso de equipos de elevación.

***Tabla 16.*** *Matriz de equipamiento de protección personal (EPP) por rol.*

| ROL EN LA CUADRILLA | EPP BÁSICO OBLIGATORIO | EPP ESPECÍFICO OBLIGATORIO |
|---|---|---|
| Jefe de cuadrilla | Casco, gafas, guantes, botas de seguridad, ropa de alta visibilidad | N/A |
| Operador de poda / motosierrista | EPP básico + protección auditiva y facial | Pantalones o zahones anticorte, arnés de seguridad (si es trepador) |
| Operario de piso | EPP básico + protección auditiva (si está cerca de maquinaria) | N/A |

***Fuente:*** *Tabla elaborada y adaptada (RETIE, 2024).*

## Protocolo técnico-operativo para la gestión de poda

El presente protocolo establece la secuencia de acciones obligatorias que todo el personal técnico y operativo debe seguir para la planificación, ejecución y registro de las actividades de poda en el arbolado urbano de Santiago de Cali. Su estricto cumplimiento tiene como fin garantizar:

1. La seguridad de los operarios y la ciudadanía.
2. La calidad técnica de la intervención, respetando la salud del árbol.
3. El cumplimiento normativo.
4. Limitar la mala *praxis* silvicultural como consecuencia de la prisa o la cuota de individuos intervenidos por día u hora.

La trazabilidad completa de cada operación a través del correcto diligenciamiento del formulario y su posterior registro en el GAMAU.

## Formulario de gestión de poda

El formulario de gestión de poda para árboles urbanos, es el documento que sirve como lista de chequeo y registro para cada intervención. Debe ser diligenciado en campo durante la ejecución de la labor asegurando la correcta consignación de la información técnica y administrativa correspondiente. El formulario deberá articularse e integrarse al sistema GAMAU (Gestión, Administración y Monitoreo del Arbolado Urbano), de manera que su digitalización se incorpore automáticamente al sistema de trazabilidad, garantizando la actualización oportuna, la transparencia de los procesos y el seguimiento en tiempo real de las actividades silviculturales. A continuación, se detalla el protocolo operativo, el cual se articula directamente con las secciones de dicho formulario (**ver anexo 1**).

Protocolo operativo estándar (POE) - paso a paso:

### Fase I: preparación y verificación (antes de ir a campo)

Verificación y análisis de la tarea: Revisar la orden de trabajo y el concepto técnico para comprender la ubicación exacta, la especie y el tipo(s) de poda(s) a ser ejecutada(s).

Revisión de seguridad y equipos: Realizar la charla de seguridad pre-operacional.

Diligenciar el análisis de trabajo seguro e inspeccionar que todo el equipo de protección personal (EPP) y las herramientas de corte, trepa y seguridad estén en óptimas condiciones de funcionamiento (Ministerio de Minas y Energía, 2024).

### Fase II: ejecución en campo

Llegada y aseguramiento del sitio:

**Acción 1:** Al llegar al lugar, realizar la inspección visual del entorno para identificar peligros inmediatos (tráfico, peatones, redes, obstáculos).

**Acción 2:** Demarcar y señalizar un perímetro de trabajo seguro y visible, utilizando conos, cinta de advertencia y avisos que informen sobre la actividad (Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambienta - DAGMA, 2023). La zona de caída de ramas debe quedar completamente aislada al paso de personal no autorizado.

Diagnóstico y registro inicial (llenado del formulario - Parte 1):

Diligenciar la sección 1 del formulario: información general. Confirmar y registrar la fecha, coordenadas, nombre del responsable y datos dasométricos del árbol.

Realizar la evaluación visual final del árbol, diligenciando la sección 2 (copa y estructura) y la sección 3 (sistema radicular). Registrar todas las interferencias y daños visibles.

Hay que confirmar que la intervención a realizar corresponde con la necesidad observada y diligenciar la sección 4 (tipo de intervención sugerida) y la sección 5 (riesgos y condiciones).

Ejecución técnica de la poda:

Proceder con la poda autorizada, aplicando la técnica de corte correcta descrita en la sección 8.1 de este capítulo (p.ej., técnica de los tres cortes).

Utilizar los equipos y herramientas apropiados para el diámetro de las ramas, garantizando que cada corte sea limpio y preciso.

Apilar de forma ordenada los residuos vegetales dentro del perímetro de seguridad, sin obstruir el paso de la cuadrilla, todo en estricta concordancia con el plan de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS) (Alcaldia de Santiago de Cali, 2015).

**Fase III: cierre de la operación y registro final**

Manejo de residuos y limpieza:

Una vez finalizados todos los cortes, realizar la limpieza exhaustiva del sitio, incluyendo el barrido de hojas, aserrín y ramas pequeñas.

Recolectar y cargar la totalidad de los residuos vegetales en un vehículo homologado y cubierto, en un plazo no mayor a cuatro horas desde la finalización de la labor (Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambienta - DAGMA, 2023), el transportar y disponer los residuos únicamente en los sitios de aprovechamiento o disposición final autorizados por la autoridad ambiental.

Documentación y cierre de la intervención:

Tomar el registro fotográfico del estado del árbol y del área de trabajo después de la intervención y la limpieza.

Diligenciar las secciones finales del formulario: sección 6 (acciones realizadas), sección 7 (evidencia fotográfica), sección 8 (observaciones adicionales) y sección 9 (firma del responsable).

Retirar toda la señalización y los conos, dejando el espacio público completamente despejado y seguro.

Acción (administrativa): Entregar la documentación completa (formulario y fotos) al supervisor para su carga en el sistema GAMAU (Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambienta - DAGMA, 2023), garantizando así la trazabilidad de la operación.

**Gestión de residuos de poda**

Toda operación de poda genera un volumen considerable de material vegetal, compuesto por hojas, ramas, y en ocasiones, secciones de troncos. Tradicionalmente visto como un “desecho” o “basura” que debe ser eliminado, la arboricultura moderna y la gestión ambiental sostenible lo re-conceptualizan como un residuo vegetal con un alto potencial de valorización (Alcaldia de Santiago de Cali, 2015). Este cambio de paradigma es fundamental para cerrar el ciclo de la materia y avanzar hacia un modelo de economía circular en la gestión de la infraestructura verde de la ciudad (Reynoso & Saunders, 2015).

**Procedimientos operativos en campo**

La gestión eficiente de los residuos derivados de la poda arbórea no es una tarea que se inicie al finalizar la intervención; por el contrario, comienza en el mismo instante en que se realiza el primer corte. Durante toda la operación de poda, es imperativo que el acopio y la organización del material en el sitio de trabajo se realicen de forma sistemática y segura. Todas las ramas, el follaje y demás material vegetal resultante deben ser apilados progresivamente y de manera ordenada, siempre dentro del perímetro de trabajo que ha sido previamente señalizado. Es crucial asegurar que estos montones de residuos no invadan ni obstaculicen aceras, ciclorrutas o calzadas vehiculares, garantizando así la libre circulación y la seguridad de peatones, ciclistas y vehículos. Este manejo metódico no solo contribuye a mantener el orden en el área de trabajo, sino que también es una medida preventiva fundamental para evitar accidentes, facilitar el trabajo de los operarios

y optimizar significativamente la posterior labor de recolección y disposición final de los residuos (Moreno-Hurtado, 2015).

Reducción de volumen *in situ*: La implementación de una máquina astilladora, es una práctica altamente recomendada y eficiente. Consiste en un equipo motorizado que tritura las ramas y el follaje, convirtiéndolos en pequeñas astillas o virutas

**Beneficios:**

1. Reducción drástica de volumen: Facilita enormemente el transporte, ya que un camión puede llevar el equivalente a varios viajes de material sin procesar.

2. Producción de un subproducto valorizable: El material astillado, conocido como acolchado ("*mulch*"), es un recurso de alto valor para la jardinería y la conservación de suelos.

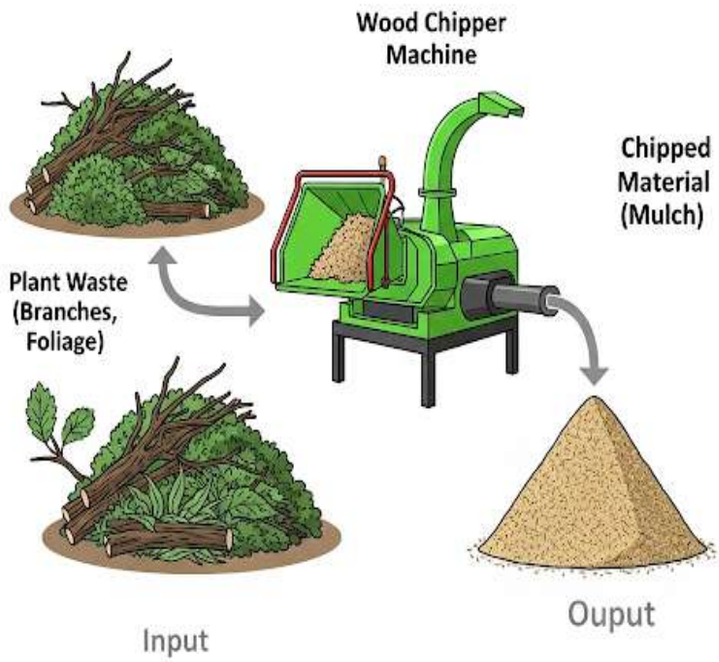



***Ilustración 13.*** *Proceso de reducción de volumen en sitio.*

***Fuente****: Google. (2025). [Diagrama generado por IA]. Gemini.*

1. Recolección y transporte de residuos: La fase de recolección y transporte está sujeta a requisitos estrictos para garantizar la limpieza y seguridad del espacio público.

2. Responsabilidad y plazo de recolección: La responsabilidad de la recolección de los residuos vegetales recae sobre la empresa o entidad que ejecuta la actividad

de poda. Esta labor debe completarse en un tiempo máximo de cuatro horas después de haber finalizado la intervención (Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambienta - DAGMA, 2023).

3. Limpieza del sitio: Las cuadrillas operativas tienen la obligación de dejar los sitios de trabajo y las áreas aledañas completamente limpias y libres de todo material resultante de las labores de mantenimiento.

4. Vehículos de transporte: El transporte del material vegetal se debe realizar en vehículos homologados para tal fin. Es obligatorio que el contenedor del vehículo esté completamente cubierto con lona o que sea un furgón cerrado para evitar la caída de residuos en la vía pública durante el recorrido (Alcaldia de Santiago de Cali, 2015).

Para garantizar el cumplimiento de estas directrices, se establece que todo el material vegetal generado deberá ser pesado, cubicado y registrado en una base de datos por parte del operador. Los operadores de servicios públicos, además, deberán presentar un informe mensual a la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos (UAESPM), Empresa de Servicio Público de Aseo de Cali (EMSIRVA) en Liquidación, al Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) y al DAGMA, que detalle la cantidad (en kg y metros cúbicos) de residuos de poda generados y especifique el porcentaje que fue destinado al aprovechamiento *versus* el que fue a disposición final.

La gestión integral de los residuos vegetales es el eslabón que cierra el ciclo de una intervención de poda sostenible. Al tratar este sub-producto como un recurso, la ciudad no solo evita la saturación de los rellenos sanitarios, sino que genera materiales valiosos para el enriquecimiento de sus propias zonas verdes. El cumplimiento riguroso de los protocolos de recolección, transporte y, sobre todo, valorización, es una responsabilidad ineludible de todos los actores involucrados y un indicador clave del compromiso de la ciudad con una silvicultura urbana circular y ambientalmente responsable (Alcaldia de Santiago de Cali, 2015).

**Registro, trazabilidad, seguimiento y monitoreo**

La transición de una silvicultura urbana reactiva a una proactiva y estratégica, se fundamenta en un principio clave: la gestión basada en datos. Cada árbol es un activo de la infraestructura verde de la ciudad, y como tal, requiere de un historial de manejo que permita tomar decisiones informadas sobre su futuro. La trazabilidad, la capacidad de seguir el rastro de cada intervención realizada sobre un individuo arbóreo, no es solo un requisito, sino la herramienta que posibilita la evaluación de la calidad, la planificación a largo plazo y la mejora continua de todos los procesos.

## Uso del sistema GAMAU

Para estandarizar la gestión de la información del arbolado, Santiago de Cali dispuso el aplicativo de gestión documental en línea, GAMAU (Gestión, Administración y Monitoreo del Arbolado Urbano). Este sistema es la única plataforma oficial y de uso obligatorio para el registro de todas las actividades silviculturales, incluyendo las podas (Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambienta - DAGMA, 2023).

El GAMAU está diseñado para funcionar como una base de datos dinámica, georreferenciada, que contiene la "hoja de vida" de cada árbol localizado en el espacio público. Permite no solo consultar las características de un individuo, sino también registrar y actualizar permanentemente todas las actividades operativas ejecutadas sobre él.

El sistema opera mediante un esquema de perfiles de usuario, cada uno con permisos y funcionalidades específicas para garantizar la integridad y seguridad de la información:

Perfil de ciudadano: Permite al público general consultar información de los árboles y generar solicitudes de intervención al DAGMA.

Perfil de contratista: Habilita al personal de campo para ingresar cada intervención realizada, editar la información correspondiente a su proyecto y adjuntar la evidencia requerida.

Perfil de interventor: Permite a los profesionales de interventoría verificar, aprobar o rechazar la información cargada por los contratistas, asegurando el control de calidad de los datos.

Perfil de funcionario y administrador (DAGMA): Otorga al personal del DAGMA la capacidad de realizar la supervisión final, gestionar usuarios, y generar reportes consolidados para la toma de decisiones estratégicas.

## Seguimiento, evaluación técnica y retro-alimentación

La recolección de datos sólo es útil si se utiliza para mejorar la gestión. El sistema de trazabilidad permite un ciclo de mejora continua.

Seguimiento y control: El DAGMA utilizará la información registrada en el GAMAU para realizar auditorías aleatorias y visitas de seguimiento en campo. Esto permite verificar que las intervenciones reportadas se ejecutaron conforme a lo autorizado y siguiendo los estándares de este manual, asegurando el cumplimiento por parte de los contratistas y operadores.

Evaluación técnica de la calidad: Los registros fotográficos y los datos técnicos permiten a los supervisores del DAGMA evaluar la calidad de las podas de forma remota o posterior. Se puede analizar si los cortes fueron correctos, si la tipología fue la adecuada y cómo ha respondido el árbol en el mediano y largo plazos.

Retroalimentación y mejora continua: El análisis agregado de los datos de todas las intervenciones permite identificar patrones a escala de ciudad. Por ejemplo, se puede determinar qué especies requieren más podas por riesgo, en qué comunas hay mayores conflictos con infraestructura, o si un tipo de poda específico está generando resultados no deseados. Esta información es fundamental para:

1. Ajustar los programas de mantenimiento preventivo.

2. Actualizar las listas de especies recomendadas para siembra.

3. Enfocar los programas de capacitación para los operarios en las debilidades detectadas.

**Articulación estratégica con otros instrumentos de planificación**

El sistema de registro y monitoreo no opera en el vacío; se articula y alimenta otros instrumentos de planificación cruciales para Santiago de Cali.

Articulación con el censo arbóreo: El censo arbóreo proporciona la línea base de la población de árboles. El sistema GAMAU convierte esa línea base en un registro dinámico. Cada vez que se realiza una intervención, el estado del árbol en el censo (p.ej., “requiere poda por riesgo”) se actualiza con la información de la acción ejecutada, manteniendo la base de datos activa y relevante para la gestión diaria.

Articulación con los mapas de riesgo: Los datos sobre la condición fitosanitaria, los defectos estructurales y la ejecución de podas de mitigación son insumos directos para la actualización de los mapas de riesgo del arbolado urbano. Un árbol intervenido por alto riesgo cambia su calificación en el mapa, permitiendo una gestión del riesgo más precisa y dinámica, enfocando los recursos en las zonas que efectivamente lo necesitan.

Articulación con el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS): Como lo indica la necesidad de articulación, el registro obligatorio de la masa y volumen de biomasa retirada en cada intervención es fundamental para el PGIRS, no sólo por el rigor tarifario, pero por la viabilidad de las estrategias de la economía circular que deben promover.

## Criterios técnicos para especies no arbóreas

Si bien la mayor parte de este capítulo se centra en el manejo de árboles, el paisaje urbano de Santiago de Cali está enriquecido por otras formas de crecimiento vegetal de gran importancia ecológica y paisajística como arbustos, palmas, guaduales, cañabravales y bambusales. Estas especies, por sus características biológicas y patrones de crecimiento esencialmente distintos, no pueden ser gestionadas bajo los mismos principios de poda aplicables a los árboles (Elizondo, 2017).

El objetivo de esta sección es proporcionar los criterios técnicos específicos y los protocolos de intervención para estos grupos vegetales. Un manejo inadecuado, basado en el desconocimiento de su fisiología, como tratar una palma como si fuera un árbol, puede resultar en daños permanentes, la muerte del individuo o la proliferación descontrolada de la masa vegetal. Por tanto, es imperativo que el personal técnico y operativo comprenda y aplique estas directrices diferenciadas para garantizar la gestión sostenible de todo el espectro del patrimonio verde de la ciudad (Jardín Botáninco José Celestino Mutis, 2020).

## Poda para arbustos

Los arbustos se describen como plantas leñosas pequeñas, perennes de 1 a 5 metros de altura, caracterizadas por poseer varios tallos que suelen ramificarse desde la base, casi al nivel del cuello radicular; ésta estructura favorece su uso en formas decorativas como topiarios, setos, abanicos, trepadores, bonsái o ejemplares arbóreos con un solo tallo (Convenio de Asociación entre la Asociación de Cultivadores de Mangle; Establecimiento Público Ambiental de Cartagena, 2015).

Dentro de esta clasificación, se pueden distinguir diferentes tipos de arbustos. Los arbustos de coníferas, por ejemplo, son siempreverdes y de crecimiento lento, lo que se traduce en una menor necesidad de podas frecuentes. Por el contrario, los arbustos latifoliados presentan una mayor variabilidad; pueden ser tanto perennes como caducifolios y su ritmo de crecimiento oscila entre rápido y lento. Para optimizar el mantenimiento y reducir la necesidad de intervenciones como la poda, es crucial realizar una selección adecuada de la especie de arbusto según el sitio de plantación. Elegir la especie correcta para el lugar apropiado es fundamental; de no hacerlo, se incurre en un error que derivará en la necesidad de podas continuas o problemáticas para mantener la forma y el vigor deseados (Gobierno del Distrito Federal de México, 2000).

Los principios fundamentales de la poda, aunque con adaptaciones, se aplican tanto a los árboles como a los arbustos. Sin embargo, la intervención en los arbustos es a menudo más práctica debido a su menor altura. En ellos, se llevan a cabo diversas técnicas de poda que buscan mantener su salud, vigor y forma deseada. Entre las podas más comunes se encuentran: formación, realce, reducción y aclareo de copa; además de

estas prácticas, los arbustos son objeto de podas de limpieza y saneamiento, que eliminan ramas muertas, enfermas o dañadas, mientras que los arbustos con múltiples tallos, tienen su particular hábito de ramificar vigorosamente desde la base, ofrecen la posibilidad de ser transformados en pequeños árboles de sombra. Esta técnica de conducción a un solo tallo resulta especialmente beneficiosa para aquellos arbustos que han experimentado una pérdida de follaje inferior, comúnmente causada por la insuficiente exposición a la luz o por la competencia con otras plantas cercanas, un fenómeno que se observa con frecuencia en muchas especies presentes en Santiago de Cali (Gobierno del Distrito Federal de México, 2000).

**Poda de palmas urbanas**

Las palmas son elementos icónicos del paisaje tropical y urbano de Cali. Su manejo incorrecto es una de las causas más comunes de su declive y muerte prematura (Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambienta - DAGMA, 2023). Razón de más para tener en cuenta algunas consideraciones biológicas fundamentales, Monocotiledóneas, no dicotiledóneas: A diferencia de los árboles, las palmas son monocotiledóneas. Esto implica diferencias cruciales:

No tienen cambium: Las palmas carecen de la capa tisular (*cambium*) que permite a los árboles crecer en diámetro. Su tronco, llamado estípite, alcanza su diámetro final en sus primeros años y no engrosa más (Gobierno del Distrito Federal, 2000).

Sin capacidad de sellado: Al no tener cambium, las palmas no pueden compartimentar ni sellar heridas en su estípite. Cada herida (por golpes, machetazos o espuelas de trepa) es una puerta de entrada permanente para patógenos y hongos que causan pudrición interna (Gobierno del Distrito Federal, 2000).

Meristemo apical único: Todo el crecimiento de la palma depende de una única yema de crecimiento terminal, conocida como “cogollo” o meristemo apical. Si este meristemo es removido o dañado, la palma morirá irremediablemente (Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambienta - DAGMA, 2023).

Criterios de la poda de palmas: La poda en palmas se realiza casi exclusivamente por tres razones: seguridad, sanidad y estética (Gobierno del Distrito Federal, 2000).

**¿Qué se debe podar?**

Las frondas (hojas) muertas: Únicamente las frondas completamente secas (color marrón) que cuelgan y representan un riesgo de desprendimiento.

Infrutescencias e inflorescencias: Racimos de frutos o flores ya secos que tengan peso considerable y riesgo de caída; obvio en función de la altura de la palma y de aquella en la que se presenta la estructura.

Frondas fracturadas: Hojas que, aunque verdes, estén rotas y representen un peligro evidente.

**¿Qué NO se debe podar?**

Hojas verdes o amarillentas: Remover frondas vivas es una práctica dañina. La palma reabsorbe nutrientes valiosos de las hojas más viejas antes de que mueran por completo. Su eliminación excesiva "hambrea" a la palma y la debilita, una práctica conocida como "sobrepoda" o "poda en lápiz" que debe evitarse (Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambienta - DAGMA, 2023).

No se trata de una poda severa, sino de una limpieza selectiva. Las reglas clave son:

La regla del reloj (9 y 3): La norma más importante es no eliminar las frondas (hojas) verdes y sanas que se encuentren por encima de la línea horizontal. Imagina la copa de la palma como la cara de un reloj; solo se deberían quitar las frondas que cuelgan por debajo de las posiciones de las 9 y las 3.

Nutrientes esenciales: La razón principal de esta regla es que las palmas transportan nutrientes móviles (como el potasio) de las frondas más viejas a las más nuevas. Si se cortan las frondas verdes, se le roba a la palma nutrientes vitales para su crecimiento, lo que puede debilitarla, reducir el tamaño de su corona e incluso hacer que el tronco se adelgace (Plumed, J., & Moya, B., 2005).

**Técnica de intervención y prohibiciones**

Técnica de corte: El corte de la fronda debe ser limpio, realizado con un serrucho de poda bien afilado y desinfectado. Se debe hacer lo más cerca posible del estípite, evitando cualquier daño a su superficie. Las palmas, al ser monocotiledóneas, no pueden

compartimentar ni sellar heridas, por lo que cualquier lesión representa un riesgo permanente de entrada de patógenos (CVC, 2019). Además, se recomienda realizar estos cortes con criterios técnicos de seguridad y sostenibilidad silvicultural, garantizando la vitalidad de la especie (Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca - CVC, 2015).

Método de acceso (trepa): Está prohibido el uso de espuelas o puyas para trepar a las palmas. Como se mencionó, cada perforación es una herida permanente que no cicatrizará. El acceso debe realizarse utilizando métodos no invasivos, como escaleras, vehículos con canasta elevadora o técnicas de trepa con cuerdas que no estrangulen el estípite (Elizondo, 2017).

**Intervención en guaduales y bambusales urbanos**

La guadua (Guadua angustifolia), el bambú (Bambusa vulgaris) y otras especies con patrón de crecimiento similar son gramíneas gigantes de rápido crecimiento que conforman ecosistemas de gran valor, pero que en entornos urbanos requieren de manejo constante para controlar su expansión (Elizondo, 2017).

**Consideraciones Biológicas:**

Crecimiento por culmos y rizomas: Estas especies crecen a partir de un sistema subterráneo de rizomas, del cual emergen los tallos aéreos o culmos. Cada culmo alcanza su altura y diámetro máximos en una sola temporada de crecimiento (CVC, 2019).

El rodal como unidad: El manejo no se enfoca en el culmo individual como si fuera un árbol, sino en el conjunto del rodal o guadual, controlando su densidad y su perímetro.

**Técnicas de manejo**:

El manejo de guaduales en zonas urbanas es una labor especializada que, según el manual de silvicultura urbana (Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambienta - DAGMA, 2023), debe ser de manejo exclusivo del personal del DAGMA o por quien este designe.

**Control de expansión:** Es el objetivo principal. Se realiza mediante la instalación de barreras subterráneas o la excavación periódica de zanjas en el perímetro del guadual para cortar los rizomas que intentan colonizar nuevas áreas.

**Entresaca o raleo sanitario:** Consiste en la eliminación selectiva de culmos para manejar la densidad del rodal. Se deben cortar desde la base los culmos que estén secos, rotos, enfermos o que hayan cumplido su ciclo de vida (generalmente entre 4 y 7 años). Esto permite la entrada de luz para nuevos brotes y mejora la sanidad general del guadual (CVC, 2019).

**Poda de ramas:** Se pueden podar las ramas inferiores de los culmos para mejorar la visibilidad, facilitar el paso o por razones estéticas, siempre realizando cortes limpios y pegados al culmo (Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambienta - DAGMA, 2023).

**Estrategias de control de expansión y erradicación**

El principal desafío de los guaduales y bambusales en la ciudad, especialmente de las variedades "corredoras", es su tendencia a expandirse agresivamente a través de sus rizomas subterráneos. Esta expansión puede dañar pavimentos, invadir propiedades vecinas y desplazar a la vegetación nativa. El manejo debe incluir estrategias proactivas de contención y, si es necesario, de erradicación (Elizondo, 2017).

**Método 1**: Contención mediante barreras para rizomas es el método preventivo por excelencia. consiste en instalar una barrera física subterránea alrededor del perímetro del área donde se desea mantener.

Material: Se debe utilizar una barrera de polietileno de alta densidad (HDPE) de un grosor considerable (mínimo 60 milímetros), diseñada específicamente para este fin (INFOR, 2010).

Instalación: La barrera debe ser enterrada verticalmente a una profundidad de 60 a 80 cm, dejando que sobresalgan unos 5 cm., por encima del nivel del suelo. Esta porción visible permite detectar si algún rizoma intenta "saltar" la barrera por la superficie. La barrera debe formar un anillo cerrado y sin fisuras.

**Método 2**: Erradicación por agotamiento de reservas este método no requiere excavación, pero exige constancia y paciencia. El principio es agotar las reservas de energía almacenadas en el sistema de rizomas.

**Paso 1** - corte inicial: Se cortan a ras de suelo todos los culmos (tallos) existentes en el área a erradicar.

**Paso 2** - control de rebrotes (paso crítico): En cuanto los nuevos brotes emergen del suelo, deben ser eliminados inmediatamente (cortándolos). Es crucial hacerlo antes de que desarrollen hojas y comiencen a realizar la fotosíntesis, ya que es a través de este proceso que recargan de energía al rizoma (Elizondo, 2017).

**Paso 3** - persistencia: Este proceso debe repetirse de manera constante durante un largo periodo, que puede durar de uno a tres años o más, dependiendo del vigor y la extensión del guadual. El rodal se considerará erradicado solo cuando deje de producir nuevos brotes.

**Método 3**: erradicación por remoción física es el método más rápido y efectivo, pero también el más disruptivo y costoso en términos de mano de obra y maquinaria.

Procedimiento: Consiste en cortar todos los culmos aéreos y, posteriormente, utilizar herramientas manuales (picas, palas) o maquinaria pesada (como una retroexcavadora, si el sitio y la ausencia de redes subterráneas lo permiten) para excavar y remover físicamente toda la red de rizomas del suelo. Es fundamental ser meticuloso, ya que cualquier fragmento de rizoma que quede en el terreno tiene el potencial de generar un nuevo brote (INFOR, 2010).

**Manejo de cañabrava**

La cañabrava (*Gynerium sagittatum*), aunque es una especie nativa y de gran relevancia ecológica en ecosistemas ribereños por su papel en la estabilización de suelos y control de erosión, puede presentar comportamientos agresivos cuando se establece en zonas verdes urbanas o en áreas con alteración de su hábitat natural. En estos contextos, tiende a formar matorrales densos, de rápido crecimiento, que desplazan a otras especies vegetales, dificultan el acceso y reducen la diversidad florística local (Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca - CVC, 2015).

Su gestión requiere acciones de monitoreo, control de expansión vegetativa y, en algunos casos, intervenciones silviculturales de reducción o confinamiento, especialmente en parques lineales, franjas peatonales o zonas de cesión donde se prioriza la funcionalidad paisajística y la seguridad del transeúnte (CVC, 2019).

Problemática urbana:

1. Alta competitividad: Su rápido crecimiento y su denso sistema de rizomas le permiten dominar con rapidez áreas abiertas, especialmente aquellas con alta humedad.

2. Acumulación de residuos: Los cañabravales densos a menudo se convierten en sitios de acumulación de basuras y escombros, generando problemas de salubridad.

3. Obstrucción de cauces: En canales y ríos pequeños, su crecimiento puede reducir la capacidad hidráulica y aumentar el riesgo de inundaciones.

4. Técnicas de control y erradicación: El objetivo del manejo suele ser el control de su expansión o su erradicación para dar paso a proyectos de restauración o paisajismo.

5. Roza o corte a ras: Es el método de control más común. Consiste en cortar todos los tallos lo más cerca posible del suelo con guadaña o machete.

Control de rebrote (fundamental): Un único corte es insuficiente. La cañabrava rebrota con fuerza desde sus rizomas. Para un control efectivo, es necesario realizar cortes repetidos y frecuentes. Cada corte debilita el sistema de rizomas al forzarlo a usar sus reservas de energía para producir nuevos brotes. Con el tiempo y la repetición, las reservas se agotan y el crecimiento disminuye.

Revegetación competitiva: La estrategia más sostenible a largo plazo es combinar el control del rebrote con la siembra inmediata de especies nativas deseables. A medida que estas nuevas plantas crecen, sombrean el suelo e impiden que la cañabrava vuelva a establecerse.

## Consideraciones finales

La adopción de este capítulo de poda no debe ser vista como la culminación de un proceso, sino como el punto de partida para una nueva etapa en la gestión de la estructura verde de Santiago de Cali. Representa una declaración de principios y un compromiso con la excelencia técnica, la seguridad y la sostenibilidad ambiental. Su correcta aplicación exige el compromiso con los siguientes lineamientos clave:

Actuar con base en un diagnóstico previo, seleccionando la tipología de poda que responda a un objetivo técnico claro y justificado.

Priorizar la biología del árbol, ejecutando cortes que respeten su capacidad natural de sellado (*CODIT*) y aplicando rigurosamente la técnica de los tres cortes para evitar desgarros.

Erradicar por completo las prácticas prohibidas como el descope o “desmoche” y el uso del machete, por sus efectos destructivos comprobados sobre la salud y estructura del árbol.

No aplicar cicatrizantes o selladores de manera rutinaria. Su uso se reserva únicamente para situaciones excepcionales de alta humedad o en cortes orientados hacia arriba, siempre bajo un análisis técnico que lo justifique y empleando productos de tipo orgánico o biológico

Garantizar la seguridad (SST) como pilar de toda operación, junto a la gestión integral de los residuos vegetales para su aprovechamiento y el registro obligatorio de cada intervención en el sistema GAMAU para asegurar la trazabilidad.

Aplicar criterios de manejo diferenciados para especies no arbóreas como palmas, arbustos y guaduales, reconociendo sus distintas características biológicas.

El cumplimiento de estas directrices es fundamental para consolidar un arbolado urbano más sano, seguro y resiliente, lo que constituye la base para la estandarización de las podas en la ciudad. Este capítulo, al proponer un método técnico riguroso y verificable, busca abrir el camino hacia la obtención de certificaciones con estándares internacionales, supliendo así la ausencia de normas ISO o estándares propios en Colombia para este tipo de actividad.

## Glosario

**Aclimatación**: Proceso fisiológico por el cual un organismo vegetal se adapta gradualmente a cambios en factores ambientales como la temperatura, altitud, presión, humedad o salinidad en su entorno.

**Alcorque**: Espacio delimitado, profundo, generalmente en forma de cuadrado o círculo, el cual, para orientar el crecimiento radicular, se aloja alrededor de la base del tronco de un árbol en áreas con superficies endurecidas como aceras, plazas y elementos del espacio urbano. Este elemento cumple funciones vitales para el desarrollo y supervivencia de los árboles como la infiltración de agua, aire y nutrientes hacia las raíces.

**Áreas verdes**: Espacios abiertos donde predominan distintas formas vegetales como árboles, arbustos, plantas herbáceas, césped o combinaciones de éstas. Pueden estar ubicadas tanto en áreas urbanas como en periferias o entornos rurales. Estos espacios cumplen funciones ecológicas, sociales, recreativas y estéticas, fundamentales para el bienestar humano y la salud ambiental.

**Arborista**: Profesional especializado en el estudio, cultivo, manejo y cuidado de árboles individuales, arbustos y otras plantas leñosas. Este profesional representa la combinación de conocimiento científico, habilidad técnica y arte, donde su enfoque es la conservación y gestión del patrimonio arbóreo.

**Arbolado urbano**: Comprende todos los árboles naturales o plantados que crecen dentro del entorno urbano o en sus inmediaciones. Esta infraestructura verde urbana incluye árboles en calles, parques, plazas, jardines particulares, cementerios, campus universitarios y otros espacios dentro del tejido urbano.

**Árbol**: Planta perenne leñosa que ha desarrollado la capacidad de crecer verticalmente mediante un tronco principal lignificado, que sostiene una estructura ramificada coronada por follaje, normalmente crece hasta una altura considerable y que generalmente desarrolla ramas a cierta distancia del suelo.

**Árbol energizado**: Árbol que, debido a su altura o proximidad, entra en contacto con redes eléctricas de media y alta tensión, convirtiéndose en un conductor eléctrico. Esta situación representa un grave peligro, ya que la alta tensión puede generar una descarga eléctrica a través del árbol hacia cualquier persona o animal que lo toque o se encuentre cerca, con un riesgo elevado de electrocución. Además, el contacto puede provocar chispas y ser un potencial foco de incendio.

**Árbol latifoliado**: Es aquel que se caracteriza por tener hojas anchas y planas, a diferencia de las coníferas que presentan hojas en forma de aguja o escama, pertenecen al grupo de las angiospermas, lo que significa que producen flores y sus semillas están contenidas dentro de un fruto.

**Árbol ornamental**: Es aquel que se selecciona y gestiona, principalmente por su valor estético, ecológico y funcional dentro de un entorno urbano-paisajístico, más que por su producción de madera o fruto.

**Arbusto**: Planta leñosa perenne que, a diferencia de un árbol, tiene múltiples tallos, altura entre los 0,5 y 5 metros de altura; forma una copa más compacta y ramificada, sin ocupar la envergadura vertical de los árboles.

**Arruga de la corteza**: Deformación o pliegue irregular visible en la superficie del tronco o ramas del árbol.

**Brote**: Es un crecimiento vegetativo que surge de un meristema (tejido de células jóvenes) en un árbol o arbusto.

**Brote basal**: Crece desde la base del tronco o las raíces. Aparece cuando el árbol intenta regenerar su estructura tras heridas o talas severas.

**Brote epicórmico**: Se refiere a un brote o rama que surge de una yema latente o yema adventicia en el tronco o ramas de un árbol. se origina sobre la corteza en lugares no previstos (bajo la corteza vieja), cuando la planta reacciona al estrés (poda severa, heridas, defoliación). Se caracteriza por restablecer de forma rápida la copa.

**Brote foliar**: Ramita tierna que emerge de una yema axilar o terminal tras la brotación. Contiene los primeros nudos, entrenudos, hojas jóvenes y, a menudo, los primordios florales.

**Caducifolio**: Árbol que pierde total o parcialmente su follaje de manera periódica; como estrategia de adaptación a condiciones adversas (frío invernal o estación seca).

**Callo**: Tejido de cúmulo celular que se forma alrededor de una herida, formado por el cambium. Este crece desde los bordes hacia el centro, sellando la zona expuesta y evitando la entrada de patógenos.

**Cambium**: Tejido vegetal de células meristemáticas ubicada entre la madera (xilema) y la corteza interna (floema) de tallos, ramas y raíces de plantas leñosas. Permite el crecimiento en grosor de tallos y raíces.

**C.O.D.I.T. (*Compartmentalization of decay in trees*)**: Secuencia de formación de una barrera de protección que forma el cambium de un árbol herido o atacado por una plaga o sustancia extraña, que aísla o separa el tejido sano y vivo del podrido o muerto y lo previene de una mayor contaminación o deterioro.

**Collar de la rama/cuello de la rama**: Zona engrosada o abultada que se forma en la base de la rama, donde se une al tronco u otra rama de mayor grosor, formado un refuerzo natural. Un corte adecuado del collar de la rama es clave para la salud del árbol a largo plazo.

**Compost**: Material orgánico obtenido de la descomposición controlada de residuos vegetales y otros materiales biodegradables (hojas, restos de poda, cáscaras, estiércol, entre otros). Este es usado para mejorar la fertilidad y estructura del suelo, enriquecer el suelo con nutrientes y estimular la actividad biológica.

**Copa**: Es el conjunto de ramas, ramillas y follaje que componen la estructura aérea del árbol, la cual se extiende desde el punto de inserción de las ramas principales hasta la parte más alta del árbol y puede adoptar diferentes formas o siluetas (aparasolada, acuminada, globosa, alargada) dependiendo de la especie.

**Corte correcto/Corte limpio**: Es aquel que se realiza fuera del collar de la rama sin dañar, arrancar, ni dejar bordes estropeados o corteza rasgada, que afecten el engrosamiento natural. Debe tener una inclinación adecuada, normalmente se hace un pequeño bisel (ángulo de unos 30–45$^{0}$ ) en el extremo del corte para que el agua escurra y no se acumule sobre la herida.

**Corteza**: Es el tejido exterior de los árboles, ubicado fuera del cámbium vascular, que envuelve el tronco, las ramas y las raíces. Está compuesta por una capa interna viva (floema) que transporta nutrientes y una capa externa protectora (peridermis) que defiende al árbol de daños y agentes externos.

**Descope o desmoche**: Es una poda drástica, incorrecta y prohibida, que consiste en cortar las ramas principales o la punta del fuste de un árbol a una altura considerable, sin respetar su estructura natural ni el collar de la rama dejando muñones que debilitan el árbol.

**Desfronde**: Intervención técnica aplicable a las palmas. Consiste en el retiro selectivo de frondas (hojas) secas, deterioradas o en estado de descomposición; así como estructuras reproductivas (inflorescencias, infrutescencias) sueltas, para fines de seguridad o sanidad, sin afectar el estípite ni el meristemo apical.

**Especie**: Es el conjunto de organismos que comparten características genéticas, morfológicas y reproductivas, que pueden cruzarse entre sí y dejar descendencia fértil en condiciones naturales.

**Follaje**: Conjunto de hojas y ramas menores de un árbol, es la parte verde que realiza la fotosíntesis.

**Fotosíntesis**: Proceso bioquímico mediante el cual las plantas, algas y algunas bacterias transforman la luz solar en energía química, utilizando dióxido de carbono ($CO_2$) del aire y agua ($H_2O$) del suelo para producir glucosa (azúcar) y liberar oxígeno ($O_2$) como subproducto.

**G.A.M.A.U. (*Gestión, administración, monitoreo del arbolado urbano*)**: Es un sistema innovador de Cali, Colombia, diseñado para gestionar y proteger el arbolado urbano. Permite registrar y hacer seguimiento de intervenciones como podas, siembras y arreglos en los árboles de la ciudad. Esto facilita un cuidado más preciso y eficiente de los árboles, contribuyendo a un entorno más verde y saludable.

**Horqueta**: Es la unión de dos ramas o de una rama con el tronco, generalmente esta unión forma un ángulo de bifurcación. En árboles, este punto puede ser estructuralmente fuerte o débil, según como se forme la unión.

**Método de los tres cortes (3-*Cut method*)**: Técnica segura para podar ramas grandes sin desgarrar la corteza: corte inferior, corte superior, y corte final.

**Muñón**: Es el resto de rama tronco que queda en el tallo después de un mal corte o ruptura. Este es una parte de la madera expuesta que suele ser plana o redondeada, dependiendo de cómo se haya hecho el corte.

**Plantación**: Secuencia de actividades requeridas para la adecuada ubicación de los árboles en áreas urbanas; pueden involucrar diferentes tipos de plantas, como árboles, arbustos, guaduas.

**Plaga**: Conjunto de organismos externos (insectos, hongos, bacterias, virus) que afectan negativamente los árboles, causando daños que pueden afectar su salud, crecimiento y productividad.

**Pudrición**: Proceso de descomposición de la madera en un árbol, causado por la actividad de hongos xilófagos. Estos hongos degradan los componentes estructurales de la madera (celulosa y lignina), lo que reduce su densidad y resistencia. Como resultado, el árbol pierde su integridad estructural, aumentando el riesgo de fracturas, caída de ramas o el colapso completo.

**Rama**: Prolongación del tronco de un árbol que crece en dirección hacia afuera del eje vertical y hacia arriba, que sostiene ramas menores, hojas, flores y frutos. Forman parte del sistema estructural de la planta, proporcionando soporte y facilitando la distribución de nutrientes y agua desde las raíces hasta las hojas.

**Primaria**: La más grande y fuerte del árbol, crece directamente desde la base y es permanente.

**Secundaria**: Se desarrollan a partir de la rama principal, ramifican el árbol y son permanentes.

**Temporal**: Se desarrollan durante el crecimiento del árbol y no son permanentes.

**Rebrote**: Capacidad de las especies vegetales para generar yemas foliares o radiculares, posterior a la poda, corte o daño. Este crecimiento puede surgir de las yemas en la corteza o de las raíces, y es una forma natural de la planta para recuperarse o reaccionar a un daño.

**Residuos vegetales**: Son todos los restos orgánicos producto de podas o derribos de árboles. Se pueden reconvertir para retornar al sistema luego de hacer compostaje, astillado o viruteado (también conocido como acolchado, es una técnica de jardinería y agricultura que consiste en cubrir el suelo con una capa de material vegetal o mineral. Este material protege el suelo, ayuda a retener la humedad y puede prevenir la aparición de malezas) y reciclaje verde.

**Choque / quemaduras:** Condición de salud vegetal grave en la que los órganos y tejidos no reciben suficiente savia u oxígeno. Es una reacción del árbol ante cambios bruscos o agresivos en su entorno. Esto en la mayoría de las ocasiones es producto del desmoche, lo que genera quemaduras por causas solares, químicas y heladas.

**Suelo**: Es un sistema vivo y complejo que cumple un papel esencial en la sustentabilidad de los ecosistemas terrestres. Está compuesto por una mezcla de minerales, materia orgánica, agua, aire y organismos vivos, con perfiles definidos y propiedades variables donde crecen las plantas.

**Tala**: Es el proceso de cortar árboles, ya sea de forma total o parcial del fuste que conduce a la eliminación del árbol; independiente de la capacidad de regeneración que este pueda tener.

**Tallo o fuste**: Es la estructura principal y vertical que sostiene la copa y conecta las ramas y las hojas.

**Tallos codominantes**: Son dos o más tallos principales que surgen desde un mismo punto en la base del árbol, generalmente desde el mismo nivel o muy cerca de la base del tronco. Crecen paralelos, sin que ninguno supere al otro en grosor o altura.

**Tocón**: Parte del tronco de un árbol que queda unido a las raíces después de haber sido talado.

**Vigor**: Es la capacidad del árbol para crecer, desarrollarse y mantenerse saludable. Es un indicador de su fuerza vital y de su habilidad para resistir factores de estrés, plagas, enfermedades y condiciones adversas.

**Volcamiento**: Es el desprendimiento o inclinación repentina de un árbol hacia un lado, debido a la pérdida de estabilidad de su sistema radicular. Este fenómeno puede ocurrir por diversas razones, como el viento fuerte, suelo inestable, daño en las raíces o el tronco.

**Yema**: Estructura embrionaria presente en tallo y ramas, formada por células meristemáticas, que tiene el potencial de convertirse en una hoja, flor, tallo o rama nueva.

# Capítulo 4



Fitosanitaro

**Diagnóstico**

Cali cuenta con un plan de silvicultura, adoptado mediante Resolución 1530/2019, que busca conservar y recuperar las coberturas vegetales de la ciudad, integrando un manejo eficiente y una mirada regional que mejore la conectividad y funcionalidad ecológica de estos espacios (Pinzón Saavedra & Gómez Porras, 2023). Dentro de las actividades silviculturales, se han llevado a cabo dos censos arbóreos en la ciudad, el primero en el año 2013-2014, donde contabilizaron casi 280.000 árboles, y el segundo, en el año 2023 donde se registraron 335.608 individuos arbóreos en el área urbana (CVC, 2024).

Estos censos han permitido identificar individuos arbóreos con afectaciones en raíces (1.330 ind.), fustes (26.347 ind.) y copas (20.796 ind.), así como ejemplares muertos o secos (Fundesoemco, 2024). Aunque se han determinado tres causas principales que afectan los árboles: mecánica, biológica y antrópica, aún es necesario profundizar en cada una de ellas para lograr la identificación precisa de los agentes etiológicos. Además, se requiere avanzar en el conocimiento taxonómico a nivel de especie de los organismos dañinos, así como de la comprensión del rol ecológico de los distintos organismos presentes en los árboles de las zonas urbanas. La falta de estudios ecológicos y del seguimiento periódico de los árboles, sumado al vacío de información científica e identificación taxonómica de los organismos, ha dificultado la comprensión integral de las causas de deterioro del arbolado, la formulación de estrategias de manejo adecuadas y la implementación de acciones preventivas basadas en evidencia técnica.

A la fecha, son pocos los estudios llevados a cabo en Santiago de Cali, que revelen información de organismos patógenos en la ciudad. Además de los dos censos realizados, se han llevado a cabo contratos y convenios con organizaciones como la Universidad del Valle (Convenio 068 de 2015), Fundesoemco 2021 (Convenios 144 de 2021) y 2022 (Convenio 086 de 2022) (Fundesoemco, 2021, 2022, 2025) y Ecogreen (Contratos 2019, 2020, 2020a), quienes han reportado la presencia de organismos dañinos para algunos árboles de la ciudad. Asimismo, las denuncias y/o avisos de los ciudadanos ante las autoridades ambientales también han logrado reportar la presencia de patógenos e insectos perjudiciales en especies arbóreas de Cali (GAMAU 2025).

La compilación de toda la información fitopatológica a la que se pudo tener acceso revela que 69 especies de árboles, entre los que se encuentran samanes, palmas, guayacanes, acacias, eucaliptos, y ficus, presentaron 507 organismos asociados entre bacterias, nemátodos y hongos (**Ver tabla 17**).

***Tabla 17. Compendio de los resultados de estudios previos que registran organismos patógenos o no, asociados a los árboles urbanos de Santiago de Cali. Se conserva la nominación botánica de los informes originales, igual tratamiento reciben los organismos hallados.***

| NOMBRE COMÚN | NOMBRE CIENTÍFICO | ORGANISMO REPORTADO | TAXÓN | ORDEN | PAPEL ECOLÓGICO | ABUND. | FUENTE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Acacia negra** | *Acacia melanoxylon* | *Rhizopus stolonifer* | Hongo | Mucorales | Saprofito | 1 | Censo 2015 |
| **Palma manila** | *Adonidia merrillii* | *Nigrospora sp.* | Hongo | Trichosphaeriales | Saprofito/ Patógeno/ Oportunista Endófito | 1 | Censo 2015 |
| **Palma manila** | *Adonidia merrillii* | *Rhizopus stolonifer* | Hongo | Mucorales | Saprofito | 1 | Censo 2015 |
| **Gavilán** | *Albizia coriaria* | *Nematodos vida libre* | Nematoda | N/A | Descomponedores | 1 | Conv. 086 de 2022 |
| **Iguá** | *Albizia coriaria* | *Pratylenchus sp.* | Nematoda | Rhabditida | Patógenos | 1 | Conv. 086 de 2022 |
| **Caracolí** | *Anacardium excelsum* | *Aphelenchoides sp.* | Nematoda | Rhabditida | Patógeno / Saprofito | 2 | Conv. 086 de 2022 |
| | | *Tylenchidae* | Nematoda | Tylenchida | Patógeno / Saprofito | | |
| **Guanábano** | *Annona muricata* | *Capnodium sp.* | Hongo | Capnodiales | Saprofito | 2 | Censo 2015 |
| **Araucaria** | *Araucaria excelosa* | *Capnodium sp.* | Hongo | Capnodiales | Saprofito | 5 | Censo 2015 |
| **Bambú verde** | *Arundinaria nitida* | *Rhizopus stolonifer* | Hongo | | Saprofito | 2 | Censo 2015 |
| **Palma de vino** | *Attalea butyreacea* | *Helicotylennchus sp.* | Nematoda | Rhabditida | Patógenos | 1 | Conv. 086 de 2022 |
| | | *Nematodos vida libre* | Nematoda | N/A | Descomponedores | | |
| | | *Pratylenchus sp.* | Nematoda | Rhabditida | Patógenos | | |
| **Guayacán carrapo** | *Bulnesia carrapo* | *Pratylenchus sp.* | Nematoda | Rhabditida | Patógenos | 1 | Conv. 086 de 2022 |
| | | *Criconema sp.* | Nematoda | Rhabditida | Patógenos | | |

| NOMBRE COMÚN | NOMBRE CIENTÍFICO | ORGANISMO REPORTADO | TAXÓN | ORDEN | PAPEL ECOLÓGICO | ABUND. | FUENTE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | *Helicotylenchus sp.* | Nematoda | Rhabditida | Patógeno | 1 | |
| **Acacia robinia** | *Caesalpinia peltophoroides* | *Cylindrocladium sp.* | Hongo | Hypocreales | Patógeno | 1 | Censo 2015, Ecogreen 2020 (a) |
| | | *Fusarium equiseti* | Hongo | Hypocreales | Saprofito/ Patógeno facultativo | 1 | |
| | | *Fusarium solani* | Hongo | Hypocreales | Saprofito/ Patógeno oportunista/ Endófito | 2 | |
| | | *Fusarium sp.* | Hongo | Trichosphaeriales | Patógeno/ Saprofito/ Endófito | 1 | |
| | | *Staphylotrichum coccospogrum* | Hongo | Sordariales | Saprofito | 1 | |
| | | *Capnodium sp.* | Hongo | Capnodiales | Saprofito | 1 | Censo 2015 |
| **Carbonero** | *Calliandra pittieri* | *Rhizopus stolonifer* | Hongo | Mucorales | Saprofito | 1 | Censo 2015 |
| **Palma cola de pescado** | *Caryota mitis* | *Nigrospora sp.* | Hongo | Trichosphaeriales | Saprofito/ Patógeno oportunista / Endófito | 1 | Censo 2015 |
| **Acacia amarilla** | *Cassia siamea* | *Colletotrichum sp.* | Hongo | Botryosphaeriales | Patógeno | 1 | Censo 2015 |
| **Crispeto** | *Catalpa longissima* | *Penicillium sp.* | Hongo | Eurotiales | Saprofito/ Patógeno oportunista | 1 | Censo 2015 |
| | | *Trichoderma sp.* | Hongo | Hypocreales | Saprofito/ Antagonista/ Endófito | | |
| **Cedro** | *Cedrela odorata* | *Helicotylenchus sp.* | Nematoda | Rhabditida | Patógeno | 2 | Conv. 086 de 2022, Conv. 144 de 2021 |
| **Ceiba** | *Ceiba pentandra* | *Pratylenchus sp.* | Nematoda | Rhabditida | Patógeno | 1 | |

| NOMBRE COMÚN | NOMBRE CIENTÍFICO | ORGANISMO REPORTADO | TAXÓN | ORDEN | PAPEL ECOLÓGICO | ABUND. | FUENTE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Agrobacterium tumefaciens | Bacteria | Hyphomicrobiales | Patógeno facultativo | 1 | |
| | | Alternaria solani | Hongo | Pleosporales | Saprofito facultativo/ Patógeno | 2 | |
| | | Alternaria sp. | Hongo | Pleosporales | Saprofito/ Patógeno oportunista/ Endófito | 2 | |
| | | Botryodiplodia | Hongo | Diaporthales | Saprofito/ Patógeno oportunista | 1 | |
| | | Cladosporium sp. | Hongo | Capnodiales | Saprofito/ Patógeno oportunista/ Endófito | 5 | |
| | | Colletotrichum sp. | Hongo | Botryosphaeriales | Patógeno | 11 | |
| | | Criconema sp. | Nematoda | Rhabditida | Patógeno | 4 | |
| | | Criconematidae | Nematoda | Rhabditida | Patógeno | 2 | |
| | | Cylindrocarpon sp. | Hongo | Hypocreales | Saprofito/ Patógeno oportunista | 6 | |
| | | Diplodia sp. | Hongo | Botryosphaeriales | Saprobio facultativo/ Patógeno facultativo | 2 | |
| | | Fumagina | Hongo | N/A | Saprofito | 2 | |
| | | Fusarium moniliforme | Hongo | Hypocreales | Saprobio facultativo/ Patógeno | 2 | |
| | | Fusarium sp. | Hongo | Hypocreales | Patógeno/ Saprofito/ Endófito | 15 | |
| | | Geotrichum sp. | Hongo | Dipodascales | Patógeno | 1 | |
| | | Helicotylenchus sp. | Nematoda | Rhabditida | Patógeno | 20 | |
| | | Botryodiplodia theobromae | Bacteria | Diaporthales | Saprobio/ Patógeno oportunista | 1 | |
| | | Meloidogyne sp. | Nematoda | Rhabditida | Patógeno | 18 | |
| | | Nematodos vida libre | Nematoda | N/A | Descomponedores | 15 | 2022, Ecogreen 2020, Ecogreen 2019 , Ecogreen J ul 2020 |
| | | Nigrospora sp. | Hongo | Trichosphaeriales | Saprofito/Patógeno oportunista/Endófito | 1 | |
| | | Pestalotia sp. | Hongo | Xylariales | Patógeno | 6 | |
| | | Pratylenchus sp. | Nematoda | Rhabditida | Patógeno | 8 | |
| | | Tylenchida | Nematoda | Tylenchida | Patógeno/ Saprofito | 2 | |
| | | Verticillium sp. | Hongo | Glomerellales | Patógeno/ Saprofito | 1 | |
| | | Xiphinema sp. | Nematoda | Dorylaimida | Patógeno | 4 | |
| | | Helicotylenchus sp. | Nematoda | Rhabditida | Patógeno | 1 | |
| **Ceiba amazónica** | Ceiba samauma | Nematodos vida libre | Nematoda | N/A | Descomponedores | 1 | Conv. 086 de 2022 |
| **Pino libro** | Chamaecyparis pisifera | Rhizopus stolonifer | Hongo | Mucorales | Saprofito | 1 | Censo 2015 |
| **Naranjo** | Citrus aurantium | Geotrichum citri-aurantii | Hongo | Dipodascales | Saprofito/ Patógeno oportunista | 1 | Censo 2015 |
| **Palma de coco** | Cocos nucifera | Endophragmia collapsa | Hongo | Indeterminado | Saprofito | 1 | Censo 2015 |
| **Nogal** | Cordia alliodora | Rhizopus stolonifer | Hongo | Mucorales | Saprofito | 1 | Censo 2015 |
| | | Trichoderma sp. | Hongo | Hypocreales | Saprofito/ Antagonista | 1 | |
| **Totumo** | Crescentia cujete | Phyllactinia sp. | Hongo | Helotiales | Patógeno | 1 | Censo 2015 |
| | | Rhizopus stolonifer | Hongo | Mucorales | Saprofito | 1 | |
| | | Erwinia sp. | Bacteria | Patógeno | Patógeno | 1 | |

| NOMBRE COMÚN | NOMBRE CIENTÍFICO | ORGANISMO REPORTADO | TAXÓN | ORDEN | PAPEL ECOLÓGICO | ABUND. | FUENTE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Duranta** | Duranta aurea | Gonatophragmium sp. | Hongo | Acrospermales | Patógeno | 1 | Censo 2015 |
| | | Phoma sp | Hongo | Pleosporales | Saprofito/ Patógeno oportunista | 1 | |
| | | Rhizopus stolonifer | Hongo | Mucorales | Saprofito | 1 | Censo 2015 |
| **Palma areca** | Dypsis lutescens | Cercospora sp. | Hongo | Capnodiales | Patógeno | 11 | Conv.141 de 2023 |
| **Palma africana** | Elaeis guineensis | Curvularia sp. | Hongo | Pleosporales | Saprofito/ Patógeno oportunista | 8 | |
| | | Alternaria sp. | Hongo | Pleosporales | Saprofito/ Patógeno oportunista/ Endófito | 2 | |
| | | Aspergillus sp. | Hongo | Eurotiales | Saprofito/ Patógeno oportunista | 3 | |
| | | Cladosporium sp. | Hongo | Capnodiales | Saprofito / Patógeno oportunista/ Endófito | 15 | |
| | | Colletotrichum sp. | Hongo | Botryosphaeriales | Patógeno | 14 | |
| | | Drechslera sp. | Hongo | Pleosporales | Patógeno/ Saprofito facultativo | 8 | |
| | | Fusarium sp. | Hongo | Hypocreales | Patógeno/ Saprofito/ Endófito | 3 | |
| | | Geotrichum sp. | Hongo | Dipodascales | Patógeno | 3 | |
| | | Glomerella | Hongo | Glomerellales | Patógeno/ Saprofito | 1 | |
| | | Helminthosporium sp. | Hongo | Pleosporales | Patógeno/ Saprofito facultativo | 2 | |
| | | Mucor sp. | Hongo | Mucorales | Saprofito/ Patógeno oportunista | 1 | |
| | | Nigrospora sp. | Hongo | Trichosphaeriales | Saprofito/Patógeno oportunista/ Endófito | 3 | |
| | | Penicillium sp. | Hongo | Eurotiales | Saprofito/ Patógeno oportunista | 1 | |
| | | Pestalotia | Hongo | Xylariales | Patógeno | 1 | |
| | | Stemphylium sp. | Hongo | Pleosporales | Patógeno/ Saprofito facultativo | 1 | |
| | | Thielaviopsis sp. | Hongo | Microascales | Patógeno/ Saprofito facultativo | 11 | |
| **Piñón de oreja** | Enterolobium cyclocarpum | Fusarium sp. | Hongo | Hypocreales | Patógeno/ Saprofito/ Endófito | 8 | Conv. 086 de 2022 |
| | | Meloidogyne sp. | Nematoda | Rhabditida | Patógeno | 2 | |
| | | Nematodos vida libre | Nematoda | N/A | Descomponedores | 3 | |
| | | Tylenchida | Nematoda | Tylenchida | Patógeno/ Saprofito | 15 | |
| **Eucalipto arcoiris** | Eucalyptus deglupta | Pratylenchus sp. | Nematoda | Rhabditida | Patógeno | 14 | Conv. 086 de 2022, Conv. 144 de 2021 |
| **Eucalipto** | Eucalyptus globulus | Nigrospora sp. | Hongo | Trichosphaeriales | Saprofito/ Patógeno oportunista/ Endófito | 8 | Censo 2015 |
| **Pitanga** | Eugenia uniflora | Nigrospora sp. | Hongo | Trichosphaeriales | Saprofito/ Patógeno oportunista/ Endófito | 3 | Censo 2015 |
| **Ficus benjamin** | Ficus benjamina | Capnodium sp | Hongo | Capnodiales | Saprofito | 3 | Conv. 086 de 2022 |
| | | Fusarium solani | Hongo | Hypocreales | Saprofito/ Patógeno oportunista/ Endófito | 1 | |
| | | Rhizoctonia sp | Hongo | Cantharellales | Patógeno/ Saprofito facultativo | 2 | |

| NOMBRE COMÚN | NOMBRE CIENTÍFICO | ORGANISMO REPORTADO | TAXÓN | ORDEN | PAPEL ECOLÓGICO | ABUND. | FUENTE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Nematodos vida libre | Nematoda | N/A | Descomponedores | 1 | |
| **Caucho** | Ficus benghalensis | Pratylenchus sp. | Nematoda | Rhabditida | Patógeno | 1 | Conv. 086 de 2022 |
| | | Helicotylenchus sp. | Nematoda | Rhabditida | Patógeno | 1 | |
| **Caucho de la India** | Ficus elastica | Cercospora sp. | Hongo | Capnodiales | Patógeno | 2 | Conv. 086 de 2022 |
| | | Diplodia sp. | Hongo | Botryosphaeriales | Saprofito facultativo/ Patógeno facultativo | 2 | |
| | | Helicotylenchus sp. | Nematoda | Rhabditida | Patógeno | 2 | |
| | | Hemicycliophora sp. | Nematoda | Rhabditida | Patógeno | 2 | |
| | | Meloidogyne sp. | Nematoda | Rhabditida | Patógeno | 2 | |
| | | Pestalotia sp. | Hongo | Xylariales | Patógeno | 2 | |
| | | Phoma sp. | Hongo | Pleosporales | Saprofito/ Patógeno oportunista | 1 | |
| | | Pratylenchus sp. | Nematoda | Rhabditida | Patógeno | 4 | |
| | | Xiphinema sp. | Nematoda | Dorylaimida | Patógeno | 2 | |
| **Caucho glabrata** | Ficus glabrata | Varicosporium elodeae | Hongo | Helotiales | Saprofito | 1 | Censo 2015 |
| **Higuerón** | Ficus insipida | Pratylenchus sp. | Nematoda | Rhabditida | Patógeno | 1 | Conv. 086 de 2022 |
| | | Helicotylenchus sp. | Nematoda | Rhabditida | Patógeno | 1 | |
| **Laurel de la India** | Ficus microcarpa | Pratylenchus sp. | Nematoda | Rhabditida | Patógeno | 1 | Conv. 086 de 2022 |
| | | Helicotylenchus sp. | Nematoda | Rhabditida | Patógeno | 2 | |

| NOMBRE COMÚN | NOMBRE CIENTÍFICO | ORGANISMO REPORTADO | TAXÓN | ORDEN | PAPEL ECOLÓGICO | ABUND. | FUENTE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Guásimo** | Guazuma ulmifolia | Colletotrichum gloeosporioides | Hongo | Botryosphaeriales | Patógeno | 1 | Censo 2015, Ecogreen 2020 (a) |
| | | Fusarium incarnatum | Hongo | Hypocreales | Saprofito/ Patógeno oportunista | 1 | |
| | | Fusarium oxysporum | Hongo | Hypocreales | Patógeno/ Saprofito | 2 | |
| | | Nigrospora sp. | Hongo | Trichosphaeriales | Saprofito/Patógeno oportunista/ Endófito | 1 | |
| | | Rhizopus stolonifer | Hongo | Mucorales | Saprofito | 1 | |
| **Resucitado** | Hibiscus rosa-sinensis | Nigrospora sp. | Hongo | Trichosphaeriales | Saprofito/Patógeno oportunista/ Endófito | 1 | Censo 2015 |
| **Palma botella** | Hyophorbe lagenicaulis | Nigrospora sp. | Hongo | Trichosphaeriales | Saprofito/Patógeno oportunista/ Endófito | 1 | Censo 2015 |
| **Guamo rabo de mico** | Inga edulis | Nigrospora sp. | Hongo | Trichosphaeriales | Saprofito/Patógeno oportunista/ Endófito | 1 | Censo 2015 |
| **Gualanday** | Jacaranda caucana | Cladosporium sp | Hongo | Capnodiales | Saprofito/Patógeno oportunista/ Endófito | 1 | Censo 2015, Ecogreen 2020 (a) |
| | | Geotrichum sp. | Hongo | Dipodascales | Patógeno | 1 | |
| | | Helicosporium sp. | Hongo | Chlorellales | Saprofito/ Endófito | 1 | |
| | | Monilia sp. | Hongo | Helotiales | Patógeno/ Saprofito | 2 | |
| **Leucaena** | Leucaena leucocephala | Botrytis sp. | Hongo | Helotiales | Patógeno/ Saprofito | 1 | Censo 2015 |
| **Oití** | Licania tomentosa | Capnodium sp | Hongo | Capnodiales | Saprofito | 1 | Censo 2015 |
| | | Pestalotia sp. | Hongo | Xylariales | Patógeno | 1 | |
| **Mango** | Mangifera indica | Cercospora mangifera | Hongo | Capnodiales | Patógeno/ Saprofito | 1 | Censo 2015 |

| NOMBRE COMÚN | NOMBRE CIENTÍFICO | ORGANISMO REPORTADO | TAXÓN | ORDEN | PAPEL ECOLÓGICO | ABUND. | FUENTE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Palma robeleni** | Phoenix roebelenii | Capnodium sp. | Hongo | Capnodiales | Saprofito | 1 | Censo 2015 |
| **Canelón** | Pimenta dioica | Meloidogyne sp. | Nematoda | Rhabditida | Patógeno | 1 | Conv. 086 de 2022 |
| **Chiminango** | Pithecellobium dulce | Alternaria sp. | Hongo | Pleosporales | Saprofito/ Patógeno oportunista/ Endófito | 1 | Censo 2015, Ecogreen 2020 (a) |
| | | Bipolaris sp. | Hongo | Pleosporales | Saprofito/Patógeno oportunista | 1 | |
| | | Cladosporium cladosporioides | Hongo | Capnodiales | Patógeno/ Saprofito facultativo | 1 | |
| | | Fusarium incarnatum | Hongo | Hypocreales | Saprofito/ Endófito/ Patógeno oportunista | 1 | |
| | | Fusarium solani | Hongo | Hypocreales | Saprofito/ Patógeno oportunista | 1 | |
| | | Gilmaniella humicola | Hongo | Indeterminado | Saprofito/Patógeno oportunista/ Endófito | 1 | |
| | | Nigrospora sp. | Hongo | Trichosphaeriales | Saprofito/ Endófito | 1 | |
| | | Rhizobium radiobacter | Bacteria | Hyphomicrobiales | Mutualista/ Patógeno oportunista | 1 | |
| | | Rhizopus stolonifer | Hongo | Mucorales | Saprofito | 1 | |
| **Pino hindú** | Polyalthia longifolia | Nematodos vida libre | Nematoda | N/A | Descomponedores | 1 | Conv. 086 de 2022 |
| **Caimo** | Pouteria caimito | Nigrospora sp. | Hongo | Trichosphaeriales | Saprofito/ Patógeno oportunista/ Endófito | 1 | Censo 2015 |
| **Guayabo** | Psidium guajava | Meloidogyne incognita | Nematoda | Rhabditida | Patógeno | 1 | Censo 2015 |


| NOMBRE COMÚN | NOMBRE CIENTÍFICO | ORGANISMO REPORTADO | TAXÓN | ORDEN | PAPEL ECOLÓGICO | ABUND. | FUENTE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Palma robeleni** | Phoenix roebelenii | Capnodium sp. | Hongo | Capnodiales | Saprofito | 1 | Censo 2015 |
| **Canelón** | Pimenta dioica | Meloidogyne sp. | Nematoda | Rhabditida | Patógeno | 1 | Conv. 086 de 2022 |
| **Chiminango** | Pithecellobium dulce | Alternaria sp. | Hongo | Pleosporales | Saprofito/ Patógeno oportunista/ Endófito | 1 | Censo 2015, Ecogreen 2020 (a) |
| | | Bipolaris sp. | Hongo | Pleosporales | Saprofito/Patógeno oportunista | 1 | |
| | | Cladosporium cladosporioides | Hongo | Capnodiales | Patógeno/ Saprofito facultativo | 1 | |
| | | Fusarium incarnatum | Hongo | Hypocreales | Saprofito/ Endófito/ Patógeno oportunista | 1 | |
| | | Fusarium solani | Hongo | Hypocreales | Saprofito/ Patógeno oportunista | 1 | |
| | | Gilmaniella humicola | Hongo | Indeterminado | Saprofito/Patógeno oportunista/ Endófito | 1 | |
| | | Nigrospora sp. | Hongo | Trichosphaeriales | Saprofito/ Endófito | 1 | |
| | | Rhizobium radiobacter | Bacteria | Hyphomicrobiales | Mutualista/ Patógeno oportunista | 1 | |
| | | Rhizopus stolonifer | Hongo | Mucorales | Saprofito | 1 | |
| **Pino hindú** | Polyalthia longifolia | Nematodos vida libre | Nematoda | N/A | Descomponedores | 1 | Conv. 086 de 2022 |
| **Caimo** | Pouteria caimito | Nigrospora sp. | Hongo | Trichosphaeriales | Saprofito/ Patógeno oportunista/ Endófito | 1 | Censo 2015 |
| **Guayabo** | Psidium guajava | Meloidogyne incognita | Nematoda | Rhabditida | Patógeno | 1 | Censo 2015 |

| NOMBRE COMÚN | NOMBRE CIENTÍFICO | ORGANISMO REPORTADO | TAXÓN | ORDEN | PAPEL ECOLÓGICO | ABUND. | FUENTE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Nigrospora sp. | Hongo | Trichosphaeriales | Saprofito/ Patógeno oportunista/ Endófito | 1 | |
| **Palma real** | Roystonea regia | Geotrichum sp. | Hongo | Dipodascales | Patógeno | 1 | Censo 2015 |
| | | Graphium sp. | Hongo | Microascales | Saprofito/ Patógeno oportunista | 1 | |
| | | Nematodos vida libre | Hongo | Pleosporales | Saprofito/Patógeno oportunista | 1 | |
| **Samán** | Samanea saman | Alternaria sp. | Nematoda | N/A | Descomponedores | 2 | Censo 2015, Ecogreen 2020, Ecogreen 2020 (a) |
| | | Aphelenchoides sp. | Hongo | Pleosporales | Saprofito/ Endófito/ Patógeno oportunista | 1 | |
| | | Cladosporium sp. | Hongo | Hypocreales | Patógeno/ Saprofito | 1 | |
| | | Criconema sp. | Hongo | Capnodiales | Saprofito/Patógeno oportunista/ Endófito | 1 | |
| | | Criconematidae | Nematoda | Rhabditida | Patógeno | 2 | |
| | | Discocriconemella sp | Nematoda | Rhabditida | Patógeno | 1 | |
| | | Fusarium oxysporum | Nematoda | Rhabditida | Patógeno | 2 | |
| | | Fusarium solani | Hongo | Hypocreales | Patógeno/ Saprofito | 1 | |
| | | Fusarium sp. | Hongo | Hypocreales | Saprofito/ Patógeno oportunista/ Endófito | 1 | |
| | | Ganoderma australe | Hongo | Polyporales | Saprofito/ Patógeno | 1 | |
| | | Helicotylenchus sp. | Hongo | Rhabditida | Patógeno | 1 | |
| | | Hemicriconemoides | Nematoda | Rhabditida | Patógeno | 1 | |
| | | Hemicycliophora sp. | Nematoda | Rhabditida | Patógeno | 1 | |

| NOMBRE COMÚN | NOMBRE CIENTÍFICO | ORGANISMO REPORTADO | TAXÓN | ORDEN | PAPEL ECOLÓGICO | ABUND. | FUENTE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Hemicycliophoridae | Hongo | Rhabditida | Patógeno | 2 | |
| | | Meloidogyne sp. | Hongo | Rhabditida | Patógeno | 19 | |
| | | Nematodos vida libre | Hongo | N/A | Descomponedores | 11 | |
| | | Nigrospora sp. | Hongo | Trichosphaeriales | Saprofito/ Patógeno oportunista/ Endófito | 1 | |
| | | Penicillium sp. | Nematoda | Eurotiales | Saprofito/ Patógeno oportunista | 2 | |
| | | Pratylenchus sp. | Hongo | Rhabditida | Patógeno | 8 | |
| | | Tylenchidae | Hongo | Tylenchida | Patógeno/ Saprofito | 3 | |
| | | Tylenchus sp. | Hongo | Tylenchida | Patógeno/ Saprofito | 5 | |
| | | Verticillium sp. | Nematoda | Glomerellales | Patógeno/ Saprofito | 1 | |
| | | Verticillium verticilosis | Nematoda | Glomerellales | Saprofito/Patógeno oportunista/ Endófito | 2 | |
| **Tambor** | Schizolobium parahyba | Pratylenchus sp. | Nematoda | Rhabditida | Patógeno | 2 | Conv. 086 de 2022 |
| | | Helicotylenchus sp. | Hongo | Rhabditida | Patógeno | 3 | |
| | | Meloidogyne sp. | Hongo | Rhabditida | Patógeno | 6 | |
| | | Pratylenchus sp. | Hongo | Rhabditida | Patógeno | 1 | |
| | | Xiphinema sp. | Hongo | Dorylaimida | Patógeno | 1 | |
| **Amargo** | Simarouba amara | Helicotylenchus sp. | Nematoda | Rhabditida | Patógeno | 1 | Conv. 086 de 2022 |
| | | Meloidogyne sp. | Nematoda | Rhabditida | Patógeno | 1 | |

| NOMBRE COMÚN | NOMBRE CIENTÍFICO | ORGANISMO REPORTADO | TAXÓN | ORDEN | PAPEL ECOLÓGICO | ABUND. | FUENTE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Caobo** | Swietenia macrophylla | Xiphinema sp. | Nematoda | Dorylaimida | Patógeno | 2 | Conv. 086 de 2022 |
| **Limon swingle** | Swinglea glutinosa | Capnodium citri | Hongo | Capnodiales | Saprofito | 1 | Censo 2015, |
| **Pomarroso** | Syzygium jambos | Dendryphiopsis arbuscula | Hongo | Pleosporales | Saprofito | 1 | Censo 2015, |
| | | Fusarium sp. | Hongo | Hypocreales | Patógeno/ Saprofito/ Endófito | 1 | |
| **Guayacán amarillo** | Tabebuia chrysantha | Varicosporium elodeae | Hongo | Helotiales | Saprofito | 1 | Censo 2015, |
| **Guayacán dorado** | Tabebuia ochracea | Nematodos vida libre | Nematoda | N/A | Descomponedores | 1 | Conv. 086 de 2022 |
| **Guayacán rosado** | Tabebuia rosea | Alternaria sp. | Hongo | Pleosporales | Saprofito/ Patógeno oportunista/ Endófito | 3 | Censo 2015, Ecogreen 2020 (a) |
| | | Colletotrichum gloeosporioides | Hongo | Botryosphaeriales | Patógeno | 5 | |
| | | Fusarium incarnatum | Hongo | Hypocreales | Saprofito/ Patógeno oportunista | 1 | |
| | | Fusarium oxysporum | Hongo | Glomerellales | Saprofito/Patógeno oportunista/ Endófito | 2 | |
| | | Fusarium solani | Hongo | Hypocreales | Saprofito/ Patógeno oportunista/ Endófito | 2 | |
| | | Rhizoctonia sp. | Hongo | Cantharellales | Patógeno/ Saprofito facultativo | 1 | |
| | | Meloidogyne sp. | Hongo | Helotiales | Saprofito | 1 | |
| **Guayacán blanco** | Tabebuia roseoalba | Helicotylenchus sp. | Nematoda | Rhabditida | Patógeno | 1 | |
| | | Nematodos vida libre | Nematoda | N/A | Descomponedores | 1 | Conv. 086 de 2022 |

La información recopilada indica que los organismos más abundantes en los árboles evaluados fueron hongos, seguido de nematodos. Por su parte, la presencia de bacterias fue baja;  sólo fueron detectadas en tres especies arbóreas: ceiba, chiminango y totumo. Aunque se reportaron tres bacterias dife

rentes para cada árbol, la clasificación taxonómica indica que dos de las bacterias corresponden a la misma especie, solo que lo que antes se conocía como Agrobacterium tumefaciens ahora es Rhizobium radiobacter, mientras que la encontrada en totumo es una Erwinia sp.

Organismos más abundantes encontrados en los árboles de Cali

| Organismo | Taxón | Abundancia |
|---|---|---|
| ***Nigrospora* sp.** | Hongo | 64 |
| **Nematodos_vida_libre** | Nematodo | 45 |
| ***Alternaria* sp.** | Hongo | 20 |
| ***Cladosporium* sp.** | Hongo | 20 |
| ***Fusarium solani*** | Hongo | 20 |
| ***Fusarium* sp.** | Hongo | 18 |
| ***Helicotylenchus* sp.** | Nematodo | 16 |
| ***Pratylenchus* sp.** | Nematodo | 12 |
| ***Rhizopus stolonifer*** | Hongo | 11 |
| ***Fusarium incarnatum*** | Hongo | 9 |
| ***Penicillium* sp.** | Hongo | 9 |

La falta de curaduría, depuración y estandarización de los datos, así como el acceso a ellos, es un común denominador que dificulta el análisis de la información que se ha obtenido en los estudios llevados a cabo en Santiago de Cali. Además, la confusión de criterios técnicos como indicar que la fumagina es el agente patógeno asociado al árbol, también dificulta el análisis de los datos, ya que la fumagina es un síntoma (no un patógeno). La fumagina, que se observa como un moho negro u hollín sobre las hojas, tallos y frutos de los árboles, es la manifestación visible del crecimiento fúngico (p.ej., Capnodium sp., Cladosporium spp. o Alternaria spp.) sobre los exudados azucarados generados por insectos fitófagos (Zhiyuan et al., 2023). Es decir, la presencia de fumagina indica que hay un hongo creciendo sobre el exudado azucarado, pero hay que identificar qué hongo u hongos, sobretodo aquellos etiológicamente importantes, son los que se encuentran allí.

Esto, sumado a la falta de investigación continua, tecnologías de detección e infraestructura técnica que permitan identificar todos los organismos asociados a los árboles a nivel de especie, crea una brecha de conocimiento no sólo sobre la identificación taxonómica de los organismos, sino sobre su rol ecológico y consecuentemente, sobre el manejo que se le debe hacer al arbolado urbano. Un ejemplo de la carencia de tecnologías de detección se puede evidenciar en la identificación de virus en plantas. Los virus vegetales presentan obstáculos diagnósticos, ya que no pueden visualizarse directamente con microscopía convencional ni cultivarse utilizando medios microbiológicos estándar (Mehetre et al., 2021).

Los virus existen como parásitos intracelulares obligados que requieren células huéspedes vivas para replicarse. Esta limitación fundamental hace necesario el desarrollo de enfoques moleculares y serológicos para confirmar su presencia (Muñoz Escudero et al., 2016). Sin embargo, estas técnicas demandan equipos costosos, insumos especializados, y personal capacitado (Massart et al., 2014). En el contexto local, no hay registros a la fecha de la presencia de virus en el arbolado urbano de Santiago de Cali, probablemente por los costos y/o falta de laboratorios con la capacidad técnica instalada o que puedan ofrecer este servicio.

Por otro lado, aún existen importantes vacíos de conocimiento sobre la diversidad y ecología de micro-organismos, artrópodos y otros animales asociados al arbolado urbano. La falta de estudios que permitan identificar estos organismos y comprender su relación ecológica con las especies arbóreas impide conocer con precisión su taxonomía y funciones ecológicas. La identificación taxonómica de artrópodos, por ejemplo, es particularmente compleja, en parte porque muchas especies de las ciudades siguen sin describirse o carecen de claves de identificación actualizadas (Lamelas-López et al., 2023). La complejidad se ve agravada por el hecho de que distinguir entre especies beneficiosas, neutras y dañinas requiere conocimiento taxonómico preciso. Este conocimiento sistemático también es esencial para comprender las interacciones planta–animal, así como las relaciones tróficas que ocurren en la ciudad, en donde la disponibilidad de artrópodos influye en la dieta de aves, murciélagos y otros animales insectívoros que habitan Santiago de Cali.

De esta manera, conocer la identificación taxonómica a nivel de especie de un organismo proporciona un conocimiento mucho más preciso sobre su biología, comportamiento, funciones ecológicas e interacciones y relaciones tróficas que permite diseñar estrategias

de manejo más efectivas (Bevilacqua et al., 2021). Por tanto, la identificación a nivel de especie constituye una herramienta clave para vincular la taxonomía con la ecología funcional y mejorar la comprensión de los procesos biológicos que sustentan la salud y resiliencia arbórea, así como la diversidad asociada a los árboles de Santiago de Cali.

Para el caso de los estudios revisados aquí, se trató de hacer un acercamiento (a través de la literatura científica) al rol ecológico de los organismos reportados en los árboles urbanos de Cali para comprender si éstos son agentes causantes de enfermedad en los árboles, o son, por ejemplo, patógenos oportunistas que afectan el árbol bajo ciertas condiciones de estrés o daño en los tejidos; o si por el contrario, son organismos endófitos (viven en las plantas sin causarle daño), o saprofitos (se alimentan de materia orgánica muerta o en descomposición, ayudando al reciclaje de nutrientes). Aunque la definición del rol ecológico es más precisa cuando la identificación taxonómica se realiza a nivel de especie, en este trabajo también se consideraron los grupos de organismos identificados a nivel de género, familia u orden, con el fin de proporcionar una aproximación funcional basada en la evidencia disponible en la literatura científica (ver tabla anterior).

Esta información es clave porque hay que empezar a separar la ocurrencia de un organismo en un árbol con la patogenicidad del mismo. No necesariamente todos los organismos encontrados en los árboles son patógenos. De hecho, en esta revisión encontramos que, de los 507 hongos, bacterias y nematodos reportados, solo el 20,12% (162 organismos) pueden ser considerados patógenos, de los cuales el 33,3% (54 organismos) se comportan como patógenos oportunistas, es decir, no causan daño o enfermedad en condiciones normales, pero pueden volverse patógenos cuando los árboles se encuentran debilitados, estresados o presentan algún daño. En el caso de los árboles urbanos, estos patógenos suelen aprovechar heridas en el tronco o raíces, estrés hídrico, contaminación, compactación del suelo o ataques previos de otros organismos para colonizar los tejidos. Bajo condiciones saludables del árbol, el mismo micro-organismo puede permanecer de forma latente o saprofítica, sin causar síntomas visibles (Charkowski, 2016).

Algo interesante es que todos los nemátodos encontrados en los estudios recopilados, con excepción de los nemátodos de vida libre, han sido reportados en la literatura como patógenos. La detección de nematodos patógenos debe considerarse un indicador temprano de riesgo fitosanitario, que amerita acciones preventivas, tales como la evaluación del estado radicular, el mejoramiento de las condiciones del suelo y, en casos graves, la aplicación de prácticas de manejo integrado orientadas a reducir la población de estos organismos.

Por otro lado, el organismo más abundante fue Nigrospora sp. Pero, como este hongo puede tener diferentes roles ecológicos, fue el más abundante tanto en los organismos saprófitos, endófitos, patógenos y patógenos oportunistas. Adicional a Nigrospora sp., se encontró que los patógenos más abundantes fueron los nematodos Helicotylenchus sp., Pratylenchus sp., y Meloidogyne sp., mientras que los saprofitos más abundantes fueron Rhizopus stolonifer, Capnodium sp., y Fusarium sp. Como organismo antagonista, es decir, aquel que inhibe, compite o reduce a otros microorganismos, especialmente fitopatógenos, solo se encontró al hongo Trichoderma sp.

Los resultados de esta revisión evidencian la importancia de diferenciar entre la presencia simple de un organismo en un árbol y su papel como agente patógeno, ya que no todos los organismos asociados al arbolado urbano causan enfermedad o daño. De hecho, con el nivel de conocimiento actual, solo la quinta parte de los hongos, bacterias y nematodos registrados aquí pueden considerarse patógenos, y de ellos, un tercio actúa de manera oportunista, manifestando su efecto patogénico únicamente bajo condiciones de estrés fisiológico o ambiental del árbol.

El equilibrio entre organismos patógenos, saprófitos, endófitos y antagonistas es determinante para la salud y resiliencia del arbolado urbano, y el manejo fitosanitario debe orientarse hacia estrategias integrales basadas en el conocimiento ecológico de los organismos presentes, más que en su eliminación indiscriminada. De hecho, diversas investigaciones han demostrado que muchos asociados microbianos protegen a los árboles (Kennedy & Stajich, 2015; Philpott et al., 2023). Simbiosis defensivas y la presencia de hongos endófitos, por ejemplo, pueden disuadir a los herbívoros y patógenos mediante la producción de metabolitos o a través del "immune primming" (proceso mediante el cual una planta se prepara para enfrentar de una mejor manera las condiciones ambientales adversas del medio, como el estrés abiótico (por ejemplo, sequía, salinidad, temperaturas extremas) o el ataque de patógenos (virus, hongos, bacterias) (Cooper & Ton, 2022); por lo que la eliminación indiscriminada de estos organismos conlleva el riesgo de eliminar estas defensas naturales (Clay, 2014).

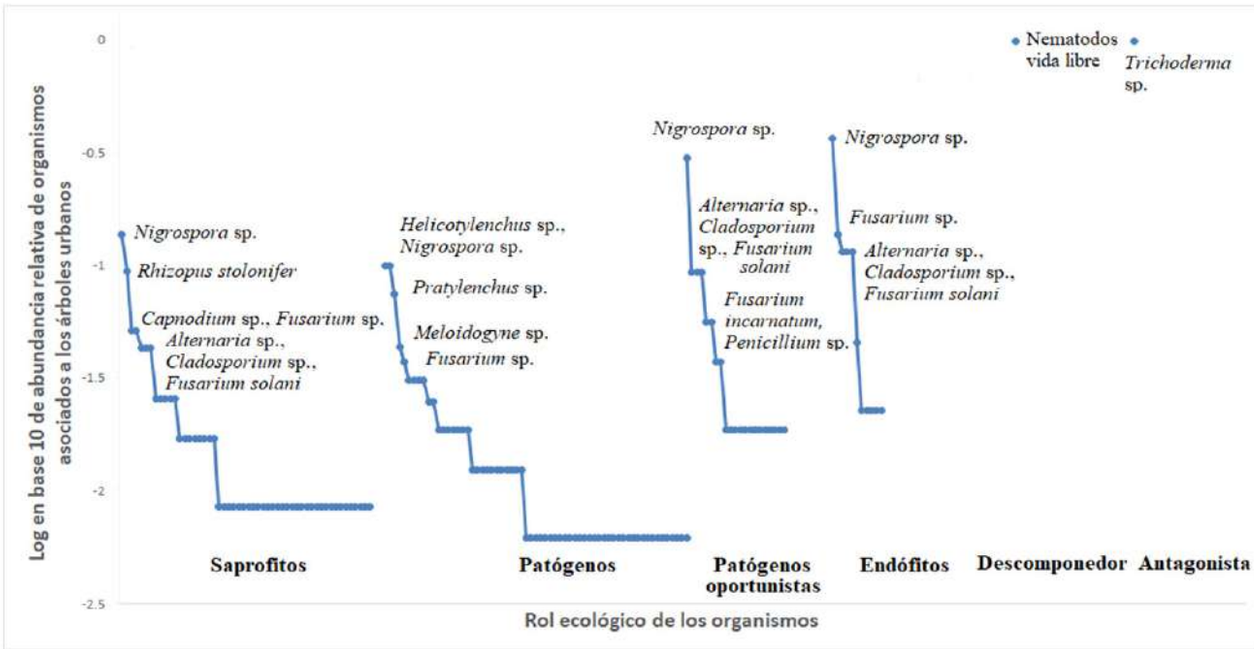



***Ilustración 14. Gráfica de orden de abundancia de los organismos encontrados en los árboles de Cali de acuerdo con su rol ecológico. Los organismos más abundantes se encuentran en la parte superior de cada grupo ecológico.***

***Fuente: Elaboración propia, Convenio 0017 de 2025.***

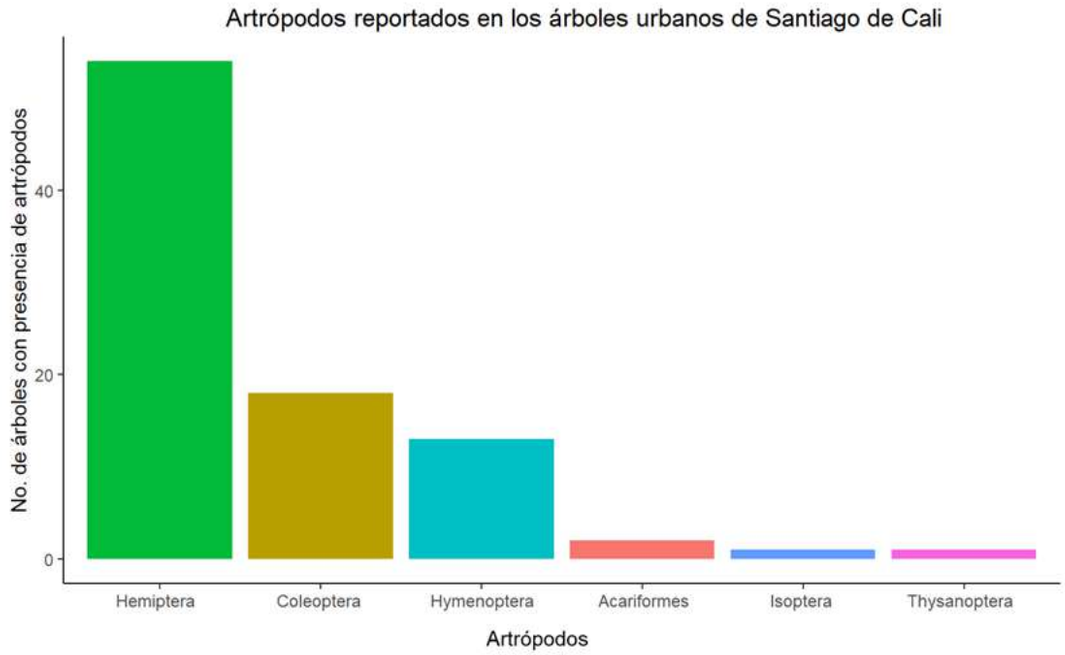



***Ilustración 15. Número de árboles con presencia de artrópodos en Santiago de Cali.***

***Fuente: Elaboración propia, Convenio 0017 de 2025.***

Para el caso de los artrópodos (es decir, aquellos animales invertebrados que tienen exoesqueleto quitinoso y apéndices articulados como los insectos, arácnidos, o crustáceos), se utilizaron las mismas fuentes de información que en fitopatología. Se encontraron 20 organismos diferentes, algunos con abundancias altas como los escarabajos picudos de las palmas, y otros con abundancias bajas como el escarabajo gusano de rey Zophobas sp., que se encontró una única vez en un árbol de samán.

Los artrópodos que se encontraron en mayor número de árboles fueron los chinches (Hemiptera) de la familia Pentatomidae, particularmente el género Antiteuchus spp. Este chinche se detectó en 35 árboles, entre los que se encuentran acacia negra, palma manila, guanábano, araucaria, samán, guayabo, gualanday, bala de cañón, entre otros. Otros hemíptera reportados fueron mosca blanca (Aleyrodidae), palomilla (Poekilloptera phalaenoides), chinche patas de hoja (Leptoglossus sp.) y cochinillas harinosas (Dysmicoccus sp.). Después de los hemíptera, los coleóptera (cucarrones) e himenóptera (avispas, hormigas) fueron los artrópodos más frecuentes en el arbolado urbano respectivamente. Los coleóptera se encontraron en 18 árboles, de los cuales 15 eran palma africana con presencia del picudo Rhynchophorus palmarum (cabe enfatizar que se usaron trampas atrayentes y ello cosntituye un sesgo técnico, no natural), mientras los otros árboles: caracolí (Anacardium excelsum), ceiba (Ceiba pentadra), y samán (Samanea saman) presentaron cucarrones Coccinellidae, Euchroma gigantea y Zophobas sp., respectivamente. Para el caso de los himenóptera, se hallaron hormigas arrieras en 13 árboles de la ciudad, como acacia rubinia, carbonero, sauce costeño, leucaena, falso laurel, gualanday, mango, samán, entre otros. En total, el número de árboles con presencia de artrópodos fue 89.

Tabla 18. Artrópodos reportados en los árboles de Santiago de Cali desde el año 2015 hasta el año 2025.

| NOMBRE COMÚN ÁRBOL | NOMBRE CIENTÍFICO | NOMBRE COMÚN ARTRÓPODO | ARTRÓPODO REPORTADO | ORDEN | # ÁRBOLES AFECTADOS | PAPEL ECOLÓGICO | FUENTE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Acacia negra** | Acacia melanoxylon | Chinche café | Antiteuchus sp. | Hemiptera | 1 | Fitófago, presa, daño ocasional | |
| **Acacia rubinia** | Acacia rubinia | Hormiga arriera | Atta cephalotes | Hymenoptera | 21 | Herbívoro, presa, plaga ocasional | Univalle, 2015 |
| **Palma manila** | Adonidia merrillii | Chinche café | Antiteuchus sp. | Hemiptera | 1 | Fitófago, presa, daño ocasional | |
| **Caracolí** | Anacardium excelsum | Mariquita | Coccinelidae | Coleoptera | 2 | Depredador | Censo 2015 |
| **Guanábano** | Annona muricata | Chinche café | Antiteuchus sp. | Hemiptera | 1 | Fitófago, presa, daño ocasional | Censo 2015 |
| | | Chinche de las hojas | Antiteuchus tripterus | Hemiptera | 1 | Fitófago, presa, daño ocasional | Censo 2015 |
| **Araucaria** | Araucaria excelsa | Chinche café | Antiteuchus sp. | Hemiptera | 1 | Fitófago, presa, daño ocasional | Censo 2015 |
| **Casco de Buey** | Bauhinia variegata | Palomilla | Poekilloptera phalaenoides | Hemiptera | 1 | Fitofago, producción de melasa - fumagina, presa | Censo 2015 |
| **Clavellino** | Caesalpinia peltophoroides | Hormiga arriera | Antiteuchus tripterus | Hymenoptera | 1 | Fitófago, presa, daño ocasional | Univalle, 2015; Censo 2015 |
| **Carbonero** | Calliandra pittieri | Hormiga arriera | Atta cephalotes | Hemiptera | 11 | Herbívoro, presa, plaga ocasional | Censo 2015 |
| **Acacia amarilla** | Cassia siamea | Chinche hediondo. | Chlorocoris sp. | Hemiptera | 1 | Fitófago, presa | Censo 2015 |
| **Pino hindú** | Casuarina equisetifolia | Cochinilla harinosa | Dysmicoccus sp | Hemiptera | 2 | Fitófago, producción de melasa - fumagina, presa | Fundesoemco, 2025 |

| NOMBRE COMÚN ÁRBOL | NOMBRE CIENTÍFICO | NOMBRE COMÚN ARTRÓPODO | ARTRÓPODO REPORTADO | ORDEN | # ÁRBOLES AFECTADOS | PAPEL ECOLÓGICO | FUENTE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Catalpa** | Catalpa longissima | Chinche hediondo | Chlorocoris sp. | Hemiptera | 1 | Fitófago, presa | Censo 2015 |
| **Ceiba** | Ceiba pentadra | Trips | Thysanoptera | Thysanoptera | 2 | Fitófago, polinizador oportunista, depredador | Fundesoemco, 2021, 2022 |
| | | Escarabajo metálico gigante | Euchroma gigantea | Coleoptera | 1 | Xilófago, saprófito, plaga oportunista, plaga, herbívoro | Eco Green, 2020; Alvarez Garcia, et al., 2014 |
| **Pino libro** | Chamaecyparis pisifera | Chinche de las hojas | Antiteuchus tripterus | Hemiptera | 1 | Fitófago, presa, daño ocasional | Censo 2015 |
| **Sauce costeño** | Clitoria fairchildiana | Hormiga arriera | Atta cephalotes | Hymenoptera | 2 | Herbívoro, presa, plaga ocasional | Univalle, 2015 |
| | | Chinche café | Antiteuchus sp. | Hemiptera | 1 | Fitófago, presa, daño ocasional | Censo 2015 |
| **Croton sangregado** | Codiaeum variegatum | Chinche de las hojas | Antiteuchus sp. | Hemiptera | 1 | Fitófago, presa, daño ocasional | Censo 2015 |
| **Bala de cañón** | Codiaeum variegatum | Chinche café | Antiteuchus sp. | Hemiptera | 1 | Fitófago, presa, daño ocasional | Censo 2015 |
| **Acacia roja** | Delonix regia | Palomilla | Poekilloptera phalaenoides | Hemiptera | 1 | Fitofago, producción de melasa - fumagina, presa | Censo 2015 |
| **Drácena** | Dracaena fragrans | Palomilla | Poekilloptera phalaenoides | Hemiptera | 1 | Fitofago, producción de melasa - fumagina, presa | Censo 2015 |
| **Palma areca** | Dypsis lutescens | Chinche café | Atta cephalotes | Hymenoptera | 2 | Herbívoro, presa, plaga ocasional | Univalle, 2015 |
| | | Chinche patas de hojas | Leptoglossus sp. | Hemiptera | 1 | Fitófago de frutos, semillas, brotes nuevos y a veces hojas. Presa | Censo 2015 |

| NOMBRE COMÚN ÁRBOL | NOMBRE CIENTÍFICO | NOMBRE COMÚN ARTRÓPODO | ARTRÓPODO REPORTADO | ORDEN | # ÁRBOLES AFECTADOS | PAPEL ECOLÓGICO | FUENTE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Palma africana** | Elaeis guineensis | Insectos escamas | Sternorrhyncha | Hemiptera | 3 | Fitófago, producción de melasa - fumagina, presa | Fundesoemco, 2021, 2022 |
| | | Ácaro blanco | Acari | Hemiptera | 3 | Saprófito, herbívoro, depredador, fungivoro | Fundesoemco, 2021, 2022 |
| | | Cochinillas | Sternorrhyncha | Acariformes | 3 | Fitófago, producción de melasa - fumagina, presa | Fundesoemco, 2021, 2022 |
| | | Ácaro blanco | Acari | Acariformes | 1 | Saprófito, herbívoro, depredador, fungivoro | Eco Green, 2020; Alvarez Garcia, et al., 2014 |
| | | Picudo | Rhynchophorus palmarum | Coleoptera | 15 | Plaga, fitófago, vector de Bursaphelenchus cocophilus | Conv. CVC-0141 de 2023 |
| **Piñón de oreja** | Enterolobium cyclocarpum | Palomilla | Poekilloptera phalaenoides | Hemiptera | 1 | Fitófago, producción de melasa - fumagina, presa | Censo 2015 |
| **Eucalipto** | Eucalyptus globulus | Chinche café | Antiteuchus sp. | Hemiptera | 1 | Fitófago, presa, daño ocasional | Censo 2015 |
| **Caucho glabrata** | Ficus glabrata | Chinche café | Antiteuchus sp. | Hemiptera | 1 | Fitófago, presa, daño ocasional | Censo 2015 |
| | | Picudo | Poekilloptera phalaenoides | Hemiptera | 1 | Fitofago, producción de melasa - fumagina, presa | Censo 2015 |
| **Falso laurel** | Ficus sp. | Hormiga arriera | Atta cephalotes | Hymenoptera | 8 | Herbívoro, presa, plaga ocasional | Univalle, 2015 |
| **Resucitado** | Hibiscus rosa-sinensis | Chinche de las hojas | Antiteuchus tripterus | Hemiptera | 1 | Fitófago, presa, daño ocasional | Censo 2015 |
| **Guamo rabo de mico** | Inga edulis | Palomilla | Poekilloptera phalaenoides | Hemiptera | 1 | Fitofago, producción de melasa - fumagina, presa | Censo 2015 |
| **Gualanday** | Jacaranda caucana | Hormiga arriera | Atta cephalotes | Hymenoptera | 9 | Herbívoro, presa, plaga ocasional | Univalle, 2015 |
| | Chinche de las hojas | Antiteuchus tripterus | Atta cephalotes | Hemiptera | 1 | Fitófago, presa, daño ocasional | Censo 2015 |
| **Pino azul** | Juniperus rigida | Chinche café | Antiteuchus sp. | Hemiptera | 1 | Fitófago, presa, daño ocasional | Censo 2015 |
| **Leucaena** | Leucaena leucocephala | Hormiga arriera | Atta cephalotes | Hemiptera | 1 | Fitófago, presa, daño ocasional | Censo 2015 |
| | | Chinche café | Antiteuchus sp. | Hemiptera | 1 | Fitófago, presa, daño ocasional | Censo 2015 |
| **Mango** | Mangifera indica | Chinche café | Antiteuchus sp. | Hemiptera | 1 | Fitófago, presa, daño ocasional | Censo 2015 |
| | | Hormiga arriera | Atta cephalotes | Hymenoptera | 7 | Fitófago, presa, daño ocasional | Univalle, 2015 |
| **Pino hindú** | Monoon longifolium | Mosca blanca | Aleyrodidae | Hemiptera | 1 | Fitófago, vector de begomovirus, presa | Gamau 2025 |
| **Noni** | Morinda citrifolia | Chinche café | Antiteuchus sp. | Hemiptera | 1 | Fitófago, presa, daño ocasional | Censo 2015 |
| **Arrayán cerezo** | Myrcia selloi | Chinche café | Antiteuchus sp. | Hemiptera | 1 | Fitófago, presa, daño ocasional | Censo 2015 |
| **Balso** | Ochroma pyramidale | Chinche café | Antiteuchus sp. | Hemiptera | 1 | Fitófago, presa, daño ocasional | Censo 2015 |

***Fuente: Elaboración propia, Convenio 0017 de 2025.***

Sin embargo, y al igual que en el apartado anterior de fitopatología, los artrópodos encontrados en los árboles no necesariamente indican que están causando daño. Un ejemplo de ello es el registro de un coccinélido (Coleoptera: Coccinellidae) en un árbol de caracolí (Anacardium excelsum). Los coccinélidos o mariquitas, son escarabajos que tanto en la fase inmadura como adulta se alimentan de otros insectos como áfidos, cochinillas y trips, por lo que son considerados controladores biológicos en diversos ecosistemas, incluidos los urbanos (Bashir et al., 2023).

Estos escarabajos pueden contribuir al mantenimiento del equilibrio ecológico en las comunidades de insectos de los árboles urbanos, ya que regulan las poblaciones de artrópodos herbívoros mediante la depredación natural. Una evaluación adecuada de la salud de los árboles debe reconocer esta distinción. En lugar de considerar una problemática la presencia de todos los artrópodos, los gestores forestales urbanos deben evaluar el papel funcional que desempeñan estos organismos, para evitar interpretaciones erróneas sobre su impacto en la salud de los árboles (Y.-H. Chen & Neoh, 2023; Dale & Frank, 2018).

Los datos analizados en este capítulo encontraron cinco roles ecológicos de los artrópodos asociados a los árboles urbanos, entre los que se encuentran fitófago (insectos que se alimentan de plantas), depredador (artrópodo que obtiene su alimento capturando y comiendo activamente presas), descomponedor (descompone la materia orgánica muerta y devuelve los nutrientes al ecosistema), polinizador (transfiere polen de una flor a otra, ayudando a la fecundación y reproducción de las plantas) y xilófago (se alimenta de madera. Las larvas o adultos consumen tejidos de plantas leñosas, incluyendo el floema o el xilema de árboles vivos, o la madera de tallos muertos y en descomposición) (ver siguiente ilustración).

Los fitófagos más abundantes fueron el chinche café Antiteuchus sp., la hormiga arriera Atta cephalotes, el chinche de las hojas Antiteuchus tripterus y la palomilla Poekilloptera phalaenoides. La mayoría de estos artrópodos son succionadores, es decir, consumen de la planta sus líquidos vitales, a través de la succión de la savia, para lo cual utilizan piezas bucales especializadas (estiletes) que perforan los vasos comunicantes de tejidos vegetales y succionan el líquido que circula. En el caso de la hormiga arriera, las hormigas cortan el material vegetal para transportarlo al hormiguero y utilizarlo en el cultivo del hongo nutricio para la colonia. Sin embargo, al momento del corte del material vegetal, las hormigas también aprovechan la savia para alimentarse directamente de ella.

Por otro lado, el único organismo xilófago fue el escarabajo metálico gigante Euchroma gigantea, quien en su fase larval (inmadura) se alimenta de madera. Finalmente, otros organismos fueron clasificados al mismo tiempo en diferentes roles ecológicos debido a la falta de precisión taxonómica.

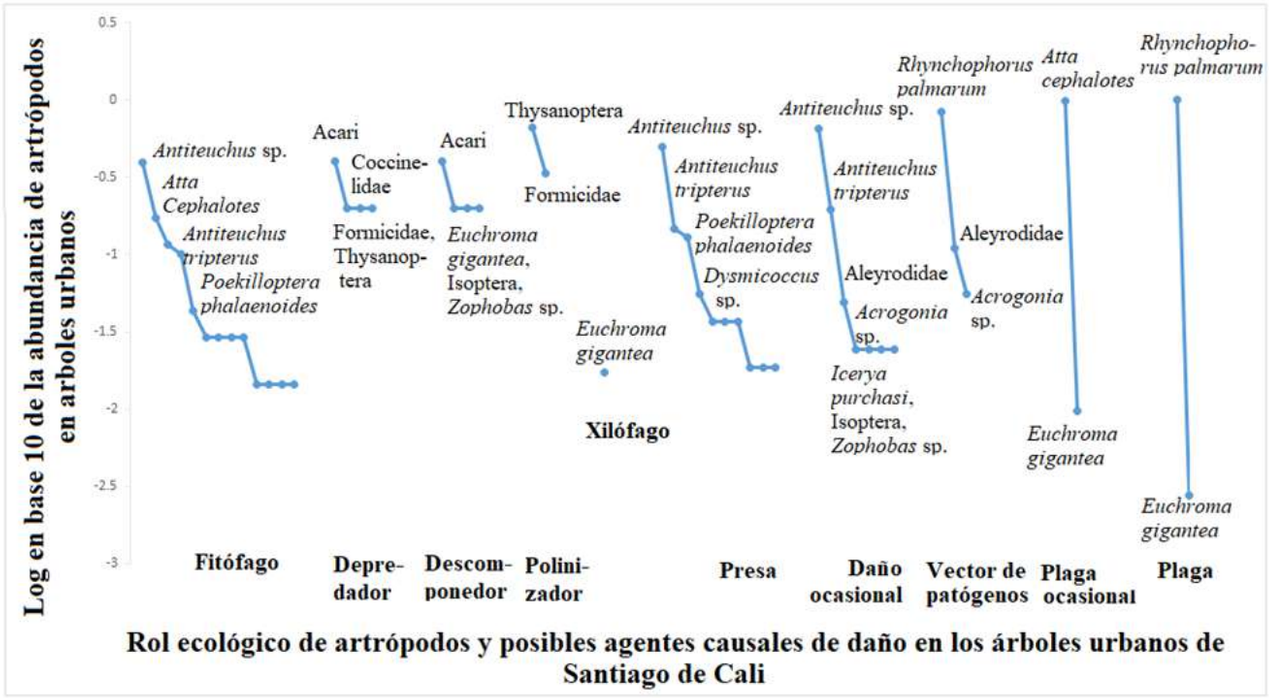



***Ilustración 16. Gráfica de orden de abundancia de los artrópodos encontrados en los árboles de Cali de acuerdo con su rol ecológico. También se incluye la clasificación teniendo en cuenta el tipo de daño que puedan ocasionar. Los artrópodos más abundantes se encuentran en la parte superior de cada grupo ecológico.***

***Fuente: Elaboración propia, Convenio 0017 de 2025.***

En la anterior ilustración también se incluyeron artrópodos que han sido reportados como presa, es decir, que hacen parte de la dieta de otros animales como aves u otros artrópodos. Organismos como Leptoglossus sp., Poekilloptera phalaenoides, Acrogonia sp., Antiteuchus tripterus y Antiteuchus sp., han sido reportados en la dieta de algunas aves en países como Panamá y Brasil (Greenberg & Gradwohl, 1980); sin embargo, la información local es nula.

Además, en la gráfica también se incluyeron insectos que pueden ocasionar algún efecto negativo a las plantas ya sea por ser vector de patógenos, como el picudo Rhyncophorus palmarum conocido por transmitir el nematodo del anillo rojo (Bursaphelenchus cocophilus), el cual se alimenta del tejido vivo en palmas (Subbotin & Cid del Prado-Vera, 2024). O la mosca blanca de la familia Aleyrodidae que transmiten una variedad de virus a plantas de interés económico y cultivos (p.ej., tomate, ají) como begomovirus, crinivirus, ipomovirus y torradovirus, que causan afectaciones en las plantas como deformaciones del fruto, enrollamiento severo de las hojas, amarillamiento, o enfermedades como el mosaico severo de la yuca (CBSD/CMV complejo), entre otros (Ghosh & Ghanim, 2021).

Dentro de la gráfica, también se identifican artrópodos que causan daño ocasional, o que se consideran plagas ocasionales, o plagas per se. En este contexto, la diferencia entre daño y plaga ocasional se basa en que el daño ocasional que genera el insecto al árbol no necesariamente compromete la salud o vitalidad del árbol. Por otro lado, la

plaga ocasional se refiere a un organismo que normalmente no causa daño, pero que puede convertirse en plaga bajo determinadas condiciones ambientales o de manejo que favorecen su proliferación (Pedigo & Rice, 2014).

Por otro lado, también es importante recalcar que, desde el punto de vista de la ecología vegetal, la herbivoría activa en las plantas, los mecanismos de defensa como la producción de compuestos defensivos entre los que se encuentran metabolitos secundarios y hormonas, que disuaden la alimentación y dificultan la digestión de las plantas en los insectos (Yash et al., 2025). Estas defensas activadas pueden mejorar la resistencia de las plantas frente a organismos dañinos (Talavera-Mateo et al., 2023).

Además, las plantas toleran diversos grados de herbivoría o compensan la pérdida de tejido mediante el rebrote sin costes significativos para su aptitud. Esta tolerancia a la herbivoría depende de la fase de desarrollo de la planta en la que se produce el daño y de la cantidad de tejido que se elimina (Gols, 2025). Esto se señala, con el fin de enfatizar que la presencia de herbívoros no significa necesariamente que un árbol está en peligro.

Sin embargo, los árboles tienen una capacidad limitada para reemplazar el tejido perdido. Un solo episodio de defoliación puede provocar un rebrote compensatorio, pero la defoliación repetida, continua o simultánea por parte de poblaciones de herbívoros de alta densidad agota las reservas de energía antes de que el nuevo follaje pueda fotosintetizar y reponer los recursos (Gols, 2025).

Las altas densidades de herbívoros no solo causan defoliación, también inducen respuestas de estrés sistémico, lo que hace que los árboles sean vulnerables a amenazas que, de otro modo, serían manejables, como los escarabajos de la corteza o las enfermedades del dosel (Osei et al., 2024). Es así como la intervención temprana con densidades de herbívoros bajas evita la cascada de debilitamiento del árbol.

Sumado a lo anterior, y en el contexto urbano, los árboles deben enfrentarse a condiciones urbanas desafiantes como espacio limitado para las raíces, estrés hídrico, contaminación del aire y suelo, temperaturas extremas, suelos compactos, secos y con deficiencia de nutrientes, entre otros. Todos estos factores de estrés en las ciudades afectan a todos los árboles, aunque el nivel de afectación puede variar en cada árbol. De acuerdo con (Sæbø et al., 2005), los árboles expuestos a factores de estrés urbano con mayor intensidad son los árboles de las carreteras, seguido por los árboles que crecen en plazas y en alcorques alrededor de la ciudad, mientras que los árboles de los parques se ven menos afectados, experimentando un estrés moderado. Los árboles que ya están estresados por las condiciones urbanas tienen una menor tolerancia a la herbivoría.

Aunque falta información sobre el porcentaje de herbivoría que pueden tolerar los árboles urbanos de Santiago de Cali, y las especies que son más vulnerables a la herbivoría, es importante tener en cuenta a la hora de la gestión de la sanidad del arbolado urbano que los factores de estrés urbano reducen esa capacidad de tolerancia a la herbivoría, y que el modo de alimentación de los artrópodos causan patrones de daño diferentes, por lo que a la hora de hacer un manejo de artrópodos es necesario tener esto presente. No

es lo mismo tener barrenadores de la madera que tener chinches en un árbol; incluso si se encuentran en la misma densidad.

El daño que ocasiona el barrenador de la madera es más peligroso para el árbol. Los barrenadores consumen o dañan el tejido del floema, que transporta los azúcares producidos por la fotosíntesis hacia las raíces, crean galerías, lo que altera el anillo de crecimiento (cambium) y daña el floema, comprometiendo el crecimiento del diámetro, el transporte de agua y la integridad estructural. A diferencia de las hojas, el xilema y el floema son tejidos permanentes y los árboles no pueden regenerar el tejido vascular una vez éste es dañado (Baruah, 2020).

Es por esto por lo que, para el caso de los artrópodos barrenadores de madera como Euchroma gigantea o Hypsipylla grandella, o los picudos de palma Rhynchophorus palmarum, quienes en su estado inmaduro (larvas) se alimentan del tejido interno del tallo, es recomendable hacer manejo inmediatamente se detecta la presencia de las larvas en el tallo. Desafortunadamente, al encontrarse al interior del tallo es usualmente difícil percibir la presencia de larvas, pero la aparición de síntomas en la parte externa del tallo nos puede indicar la presencia de alguno de estos artrópodos. A continuación, se describen los síntomas que causa la presencia de barrenadores del tallo en las plantas:

Tabla 19. Síntomas ocasionados por artrópodos barrenadores de tallo y métodos de manejo.

| ESPECIE | SÍNTOMA | NECESIDAD DE INTERVENCIÓN | MÉTODOS DE MANEJO |
|---|---|---|---|
| **Cucarrón metálico gigante Euchroma gigantea** | Agujeros grandes y redondeados (3-5 mm de diámetro) en el tronco,a veces en forma de D o circulares.<br><br>Presencia de aserrín corteza decolorada (grisácea o parece húmeda)<br>Presencia de grietas y rompimiento en la corteza. | Inmediata | Mantener el vigor de los árboles mediante riego adecuado, especialmente en sequía, ya que los árboles estresados producen diferentes señales volátiles que atraen a los escarabajos xilófagos.<br>Evitar podas antitécnicas que favorezcan el ingreso al árbol.Remover ramas muertas que atraigan adultos.<br>Usar trampas de embudos con cebos atrayentes para capturar adultos emergentes<br>Realizar poda sanitaria de ramas infestadas y eliminar el material contaminado<br>Extraer larvas<br>Liberación de parasitoides de larvas de buprestidos de la familia Eupelmidae. |
| **El picudo de las palmas Rhynchophorus palmarum** | Marchitez y amarillamiento de las hojas jóvenes.<br>Exudación de líquidos fermentados o mal olor.<br>Presencia de aserrín o residuos fibrosos en la base del tallo.<br>En casos avanzados, colapso o caída del cogollo | Inmediata | Evitar podas antitécnicas que favorezcan el ingreso al árbol.<br>Usar trampas de feromonas atrayentes y/o trampas de luz para capturar adultos emergentes.<br>Realizar poda sanitaria de ramas infestadas y eliminar el material contaminado<br>Extraer larvas<br>Liberación de enemigos naturales de la familia Braconidae (Bracon chontalensis y Cotesia flavipes), Ichneumonidae, Chalcididae y Trichogrammatidae, moscas de la familia Tachinidae (para larvas y pupas) y depredadores de la familia Chrysopidae (Chrysoperla externa).<br>Aplicación de organismos entomopatógenos como bacterias (Bacillus thuringiensis) y hongos (Metarrhizium anisopliae y Beauveria bassiana). |
| **El picudo de las palmas Rhynchophorus palmarum** | Marchitez y amarillamiento de las hojas jóvenes.<br>Exudación de líquidos fermentados o mal olor.<br>Presencia de aserrín o residuos fibrosos en la base del tallo.<br>En casos avanzados, colapso o caída del cogollo. | Inmediata | Control biológico con hongos entomopatógenos (Beauveria bassiana, Metarhizium anisopliae). |

***Fuente: Elaboración propia, Convenio 0017 de 2025.***

A diferencia de los barrenadores de tallo, un árbol con presencia de artrópodos fitófagos que se alimentan de las hojas puede tolerar poblaciones bajas a moderadas de dichos artrópodos, y es posible que el árbol se recupere si la infestación de artrópodos termina. En caso de que no termine, tiene una amplia ventana de manejo, incluso, puede esperar el control de las poblaciones de artrópodos por parte de enemigos naturales. Normalmente, el daño causado por defoliadores es mínimo, y la habilidad de compensación de la planta es alta a través del rebrote de hojas. Para que un daño sea significativo requiere una moderada a alta densidad de artrópodos para lograr un impacto en la copa del árbol. Los defoliadores deben causar una defoliación grave y sostenida (normalmente una defoliación >50 %) para debilitar significativamente un árbol (Cooke et al., 2022).

Para adicionar, los artrópodos succionadores de savia pueden causar más estrés fisiológico por insecto individual que los defoliadores, debido a que generan tres impactos simultáneamente: alteran el flujo del floema reduciendo la translocación de carbohidratos a las raíces, limitando la capacidad del árbol para recuperarse y producir nuevo follaje (Meng & Xiang-Dong, 2023), reducen el área fotosintética al fomentar el desarrollo de fumagina y activan el mecanismo de defensa del ácido salicílico, en lugar del ácido jasmónico, lo que hace que las defensas inducidas sean menos eficaces contra la herbivoría simultánea (Fernández de Bobadilla et al., 2022).

Con base en lo anterior, y teniendo en cuenta que este trabajo prioriza hacer intervención temprana, evitando que el árbol alcance daños significativos, y que estos daños significativos normalmente ocurren cuando la herbivoría o fitofagia supera el 50% (defoliación), y más del 40% del árbol (succionadores) (Ali et al., 2024), en la siguiente tabla se describen recomendaciones de manejo para los artrópodos fitófagos que no son barrenadores de madera:

Tabla 20. Síntomas ocasionados por artrópodos fitófagos y métodos de manejo

| TIPO DE FITOFAGIA | EJEMPLOS DE ARTRÓPODOS | MECANISMO ALIMENTACIÓN | SÍNTOMAS Y DAÑOS OCASIONADOS | NECESIDAD DE INTERVENCIÓN | MÉTODO DE MANEJO |
|---|---|---|---|---|---|
| **Defoliadores** | Larvas de polillas y mariposas, cucarrones, hormigas arrieras, larvas de mosca sierra (Hymenoptera: Symphyta), grillos. | Cortan y/o mastican el tejido foliar; consumen trozos de hojas. | Hojas mordidas en los bordes, agujeros en s, pequeños granos negros (larvas de polillas o mariposas), pérdida visible del follaje con poblaciones altas. Reducción del área fotosintética. | Intervenir cuando haya pérdida >25% de la copa del árbol. | Liberación parasitoides (Trichogramma spp., Cotesia spp., Apanteles spp.), depredadores (coccinélidos, crisópidos). Aplicación de productos biológicos como Bacillus thuringiensis var. kurstaki (Bt), (eficaz contra larvas de lepidópteros), Beauveria bassiana o Metarhizium anisopliae, extractos de neem (Azadirachta indica). Para hormigas arrieras: utilizar productos como Tribiol (Trichoderma harzianum-viridae-koningii), Arrieril (Trichoderma sp., B. bassiana y M. anisopleae), Trichotrópico (Trichoderma harzianum- koningii-harzianum+koningii) , Lilagen (Paecilomyces lilacinus), Fungibacs (Bacillus subtilis), Bio-Ma (M. anisopleae), Bassigen (B. bassiana), Pybutrin y K-othrine, así como la extracción de reinas en nidos pequeños-medianos. |
| **Succionadores** | Pulgones o áfidos, moscas blancas, chinches, cochinillas, palomillas, trips, psílidos. | Perforan el floema con el estilete para extraer la savia nutritiva de las hojas. Algunos excretan el exceso de agua/ azúcares en forma de melaza (miel de rocío). | Manchas amarillas o marrones (clorosis o necrosis), enroscamiento o deformación de hojas, excreción de melaza, presencia de fumagina. Reducción del área fotosintética, estrés fisiológico. | Intervenir cuando > 15% de las ramas/ ramitas y copa del árbol tengan presencia de alguno de estos artrópodos. | Instalación de trampas amarillas adhesivas (contra trips, mosca blanca), aplicación de jabón potásico, aceite de neem, liberación de enemigos naturales como coccinélidos (ataca áfidos, cochinillas), crisopas (ataca áfidos, psílidos y moscas blancas), Encarsia formosa, Eretmocerus spp. (atacan mosca blanca). Aplicación de microorganismos como Beauveria bassiana y Lecanicillium lecanii (controlan moscas blancas, trips, áfidos), y Metarhizium anisopliae (contra psílidos y chinches). |
| **Minadores** | Larvas de moscas de la familia Agromyzidae, y l arvas de moscas sierra (Symphyta). | Se alimentan del tejido interno de la hoja, formando minas o manchas translúcidas. | Presencia de líneas, manchas o áreas translúcidas en las hojas. Caída prematura de hojas. Reducción del área fotosintética. | Afectación >30% del follaje. Normalmente no requiere intervención (poblaciones bajas). | Poda sanitaria para eliminar y destruir hojas con minas activas, liberación de parasitoides de las familias Eulophidae, Braconidae, e Ichneumonidae como Diglyphus isaea, Opius dissitus, Chrysocharis parksi, Apanteles spp., Bracon spp |
| **Formadores de agallas** | Avispas de la familia Eulophidae, Cynipidae, Eurytomidae, moscas de la familia Cecidomyiidae, trips. | Se alimentan del tejido vegetal que se encuentra al interior de la agalla. | Presencia de abultamientos, esferas, o engrosamientos (agallas) en hojas, nervaduras, tallos, yemas o flores. Pueden ser individuales o agrupadas. | Afectación >30% del follaje. **Normalmente no requiere intervención (poblaciones bajas).** | Poda sanitaria para eliminar y destruir hojas con minas activas, liberación de parasitoides de las familias Eulophidae, Braconidae, e Ichneumonidae como Diglyphus isaea, Opius dissitus, Chrysocharis parksi, Apanteles spp., Bracon spp |
| **Minadores** | Larvas de moscas de la familia Agromyzidae, y l arvas de moscas sierra (Symphyta). | Se alimentan del tejido interno de la hoja, formando minas o manchas translúcidas. | Presencia de líneas, manchas o áreas translúcidas en las hojas. Caída prematura de hojas. Reducción del área fotosintética. | Afectación >30% del follaje. Normalmente no requiere intervención (poblaciones bajas). | Poda sanitaria. Liberación de parasitoides como Torymus spp., Eurytoma spp., Sycophila spp., Megastigmus spp. (Hymenoptera), quienes reducen las poblaciones de Cynipidae y Cecidomyiidae. Liberación de depredadores como coccinélidos y crisópidos. |

***Fuente: Elaboración propia, Convenio 0017 de 2025.***

De la anterior tabla hay que resaltar que algunos succionadores pueden ocasionar daño indirecto a través de la transmisión de virus, por lo que un daño severo puede ocurrir con densidades bajas de la población del succionador si el virus está presente en el vector. Existe un gran vacío de información sobre la presencia de virus en el arbolado de Santiago de Cali y mucho más sobre los artrópodos que puedan ser vectores de virus en los árboles de Cali. Por lo tanto, la intervención propuesta en la tabla no considera la "parte" viral.

Para concluir esta parte, la información recopilada en esta sección señala la ausencia de programas sistemáticos de seguimiento, manejo ineficiente de la información que impide el empleo de estrategias de prevención y el control oportuno de agentes de daño del arbolado urbano. También se ve reflejado que los periodos de estudio acerca de la fitosanidad arbórea en Cali son demasiado cortos, impidiendo la identificación taxonómica precisa, y el monitoreo a largo plazo de las poblaciones de artrópodos y agentes fitopatológicos, lo que afecta la toma de decisiones basadas en evidencia y la implementación de medidas preventivas frente a plagas y enfermedades (Godfray, 2002).

Asimismo, la carencia de laboratorios cualificados y vinculados con la silvicultura urbana, dificulta el diagnóstico, análisis y gestión fitosanitaria oportuna. Estas limitaciones generan respuestas reactivas en lugar de preventivas y aumentan la vulnerabilidad del arbolado frente a factores bióticos y abióticos (Escobedo et al., 2019). Superar estas barreras requiere fortalecer la capacidad técnica e institucional, mediante la formación de personal, la colaboración con centros de investigación, la estandarización de protocolos de monitoreo y el desarrollo de sistemas de información interoperables. Invertir en estos componentes no solo mejorará la salud y resiliencia del arbolado urbano, sino que también permitirá planificar su gestión con base en conocimiento científico y criterios de sostenibilidad (Pearlmutter et al., 2017).

Por otro lado, desde el punto de vista de la aproximación de la nutrición vegetal a través de los estudios de nutrientes del suelo disponibles para las plantas, en Santiago de Cali se han llevado a cabo cuatro estudios de nutrición de suelos asociados a árboles notables y nutrición vegetal de algunas palmas de la ciudad. Estos estudios se han efectuado en el marco de convenios ejecutados entre la autoridad ambiental del Valle del Cauca CVC y Fundesoemco (Convenios 144 de 2021, 2023 y 2024) y Convenio 086 de 2022 (Fundesoemco, 2021, 2022, 2025).

En este sentido, se tuvieron en encuenta la información de 165 muestras de suelo, obtenidas de los informes resultado de los diferentes convenios mencionados previamente, cuyas variables evaluadas incluyeron pH, carbono orgánico, materia orgánica, fósforo disponible, bases intercambiables (Ca, Mg, K, Na), aluminio, micronutrientes (Fe, Mn, Cu, Zn, B), azufre y relaciones catiónicas (Ca/Mg, Mg/K, Ca/K y (Ca+Mg)/K). Esta información permite establecer un panorama representativo del estado edáfico del arbolado urbano en Santiago de Cali. Los datos recopilados de la nutrición del suelo asociado a los árboles de la ciudad se encuentran en la siguiente tabla.

***Tabla 21. Resultados de laboratorio de las variables del suelo tomadas en 165 muestras asociadas a árboles de Santiago de Cali.***

| pH (Un) | C Oxid (g/kg) | MO (g/kg) | P-Brayll (mg/kg) | Ca 4 (cmol/kg) | Mg (cmol/kg) | K (cmol/kg) | Al (cmol/kg) | Na (cmol/kg) | Fe (mg/kg) | Mn (mg/kg) | Cu (mg/kg) | Zn (mg/kg) | B (mg/kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7,64 | 13,89 | 31,54 | 0,68 | 15,6 | 1,78 | 0,13 | NA | 0,141 | 11,7 | 56,52 | 1,025 | 1,783 | 0,174 |
| 7,29 | 22,71 | 51,55 | 5,8 | 20,17 | 3,81 | 0,38 | NA | 0,238 | 4,509 | 101,6 | 0,529 | 4,194 | 0,784 |
| 6,01 | 30,11 | 68,36 | 5,31 | 12,19 | 5,68 | 0,31 | NA | 0,077 | 9,745 | 1156 | 1,986 | 5,741 | 0,769 |
| 7,56 | 14,88 | 33,77 | 93,43 | 15,01 | 0,96 | 0,34 | NA | 0,075 | 4,02 | 28,14 | 0,846 | 7,235 | 1,918 |
| 6,53 | 34,4 | 78,1 | 10,01 | 14,43 | 4,3 | 0,4 | NA | 0,1 | 6,061 | 91,25 | 1,136 | 12,22 | 2,197 |
| 7,07 | 24,4 | 55,4 | 17,61 | 16,04 | 2,52 | 0,48 | NA | 0,163 | 23,9 | 89,06 | 3,836 | 6,32 | 1,856 |
| 7,08 | 16,71 | 37,94 | 67,76 | 19,69 | 7,21 | 0,88 | NA | 0,211 | 7,864 | 47,98 | 1,094 | 5,479 | 1,195 |
| 6,26 | 25,32 | 57,5 | 196,7 | 19,76 | 6,87 | 0,56 | NA | 0,309 | 6,162 | 41,48 | 1,27 | 13,17 | 3,651 |
| 7,22 | 16,67 | 37,84 | 3,67 | 19,54 | 1,81 | 0,22 | NA | 0,072 | 9,49 | 39,57 | 0,532 | 1,714 | 1,528 |
| 6,2 | 29,25 | 66,41 | 1,54 | 12,25 | 4,64 | 0,42 | NA | 0,071 | 8,821 | 104,9 | 1,821 | 4,969 | 0,908 |
| 7,03 | 23,54 | 53,45 | 1,75 | 15,65 | 4,35 | 0,22 | NA | 0,126 | 16,37 | 72,76 | 1,89 | 3,805 | 1,208 |
| 6,97 | 12,26 | 27,84 | 0,67 | 13,6 | 3,37 | 0,24 | NA | 0,074 | 17,83 | 71,13 | 1,988 | 4,006 | 0,583 |
| 5,82 | 20,35 | 46,2 | 0,51 | 16,13 | 6,24 | 0,19 | NA | 0,22 | 15,33 | 65,25 | 2,991 | 4,299 | 0,831 |
| 5,39 | 33,26 | 75,52 | 0,91 | 4,51 | 3,87 | 0,16 | 0,098 | NA | 20,55 | 87,58 | 3,504 | 10,81 | 1,516 |
| 6,45 | 24,39 | 55,38 | 75,25 | 10,79 | 1,58 | 0,36 | NA | 0,091 | 27,41 | 43,59 | 3,224 | 11,14 | 1,764 |
| 7,76 | 14,67 | 33,31 | 6,52 | 20,82 | 1,07 | 0,28 | NA | 0,089 | 0,402 | 62,83 | 0,085 | 0,636 | 0,849 |
| 7,36 | 23,02 | 52,25 | 5,53 | 18,77 | 1,3 | 0,29 | NA | 0,076 | 8,554 | 8,25 | 1,709 | 8,259 | 0,937 |
| 6,59 | 20,11 | 45,66 | 5,66 | 10,64 | 5,58 | 0,26 | NA | 0,098 | 10,01 | 63,81 | 0,979 | 4,16 | 0,591 |
| 5,82 | 25,72 | 58,41 | 59,31 | 14,61 | 3,53 | 0,3 | NA | 0,267 | 17,05 | 67,71 | 2,866 | 11,89 | 1,375 |
| 4,92 | 31,38 | 71,24 | 1,4 | 5,39 | 1,91 | 0,16 | 0,294 | NA | 10 | 60,82 | 5,013 | 7,833 | 1,046 |
| 7,49 | 16,71 | 37,93 | 9,03 | 18,2 | 2,82 | 0,33 | NA | 0,277 | 25,64 | 25,92 | 3,168 | 4,03 | 1,198 |
| 7,07 | 22,6 | 51,31 | 1,52 | 13,5 | 1,44 | 0,18 | NA | 0,284 | 4,172 | 82,01 | 0,559 | 4,748 | 1,097 |
| 6,89 | 24,26 | 55,08 | 1,67 | 12,58 | 2,69 | 0,13 | NA | 0,057 | 8,192 | 67,7 | 1,367 | 5,191 | 1,369 |
| 6,39 | 29,59 | 67,18 | 3,29 | 17,72 | 4,55 | 0,24 | NA | 0,106 | 7,884 | 94,25 | 1,614 | 7,261 | 1,476 |
| 5,23 | 19,26 | 43,72 | 0,61 | 7,66 | 3,88 | 0,14 | 0,196 | NA | 14,09 | 83,98 | 2,849 | 5,179 | 0,768 |
| 7,51 | 18,76 | 42,59 | 6,85 | 18,84 | 1,01 | 0,39 | NA | 0,056 | 5,887 | 50,12 | 2,877 | 9,113 | 1,192 |
| 5,62 | 26,51 | 60,18 | 3,64 | 8,1 | 2,24 | 0,18 | NA | 0,06 | 23,08 | 75,66 | 3,177 | 10,21 | 1,238 |

| pH (Un) | C Oxid (g/kg) | MO (g/kg) | P-Brayll (mg/kg) | Ca 4 (cmol/kg) | Mg (cmol/kg) | K (cmol/kg) | Al (cmol/kg) | Na (cmol/kg) | Fe (mg/kg) | Mn (mg/kg) | Cu (mg/kg) | Zn (mg/kg) | B (mg/kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4,92 | 31,38 | 71,24 | 1,4 | 5,39 | 1,91 | 0,16 | 0,294 | NA | 10 | 60,82 | 5,013 | 7,833 | 1,046 |
| 7,49 | 16,71 | 37,93 | 9,03 | 18,2 | 2,82 | 0,33 | NA | 0,277 | 25,64 | 25,92 | 3,168 | 4,03 | 1,198 |
| 7,07 | 22,6 | 51,31 | 1,52 | 13,5 | 1,44 | 0,18 | NA | 0,284 | 4,172 | 82,01 | 0,559 | 4,748 | 1,097 |
| 6,89 | 24,26 | 55,08 | 1,67 | 12,58 | 2,69 | 0,13 | NA | 0,057 | 8,192 | 67,7 | 1,367 | 5,191 | 1,369 |
| 6,39 | 29,59 | 67,18 | 3,29 | 17,72 | 4,55 | 0,24 | NA | 0,106 | 7,884 | 94,25 | 1,614 | 7,261 | 1,476 |
| 5,23 | 19,26 | 43,72 | 0,61 | 7,66 | 3,88 | 0,14 | 0,196 | NA | 14,09 | 83,98 | 2,849 | 5,179 | 0,768 |
| 7,51 | 18,76 | 42,59 | 6,85 | 18,84 | 1,01 | 0,39 | NA | 0,056 | 5,887 | 50,12 | 2,877 | 9,113 | 1,192 |
| 5,62 | 26,51 | 60,18 | 3,64 | 8,1 | 2,24 | 0,18 | NA | 0,06 | 23,08 | 75,66 | 3,177 | 10,21 | 1,238 |
| 5,43 | 22,26 | 50,55 | 1,13 | 8,14 | 2,86 | 0,11 | 0,196 | NA | 19,77 | 72,89 | 2,87 | 5,274 | 0,904 |
| 6,02 | 21,33 | 48,43 | 4,73 | 8,55 | 2,66 | 0,23 | NA | 0,067 | 19,19 | 66,08 | 3,077 | 7,46 | 0,675 |
| 7,26 | 38,49 | 87,39 | 23,18 | 19,76 | 2,7 | 0,18 | NA | 0,096 | 8,147 | 22,06 | 0,344 | 3,321 | 1,295 |
| 7 | 26,11 | 59,29 | 6,99 | 12,67 | 2 | 0,31 | NA | 0,09 | 12,1 | 55,84 | 1,785 | 7,367 | 1,247 |
| 7,91 | 6,87 | 15,59 | 19,64 | 17,16 | 4,13 | 0,25 | NA | 0,135 | 6,147 | 21,35 | 0,701 | 4,631 | 1,455 |
| 6,02 | 21,83 | 49,55 | 8,89 | 5,63 | 0,8 | 0,14 | NA | 0,055 | 53,7 | 50,41 | 1,961 | 8,135 | 0,994 |
| 7,29 | 18,77 | 42,61 | 462 | 10,44 | 1,37 | 0,4 | NA | 0,255 | 6,151 | 47,38 | 1,228 | 16,78 | 1,274 |
| 5,44 | 9,36 | 43,96 | 5,34 | 10,05 | 5,72 | 0,16 | 0,098 | NA | 2,81 | 44,01 | 3,496 | 5,895 | 1,111 |
| 7,52 | 17,6 | 39,97 | 312,6 | 20,06 | 1,83 | 0,5 | NA | 0,179 | 1,773 | 29,42 | 0,765 | 13,8 | 1,26 |
| 7,22 | 10,98 | 24,94 | 30,77 | 19,95 | 2,91 | 0,26 | NA | 0,375 | 0,45 | 9,49 | 0,117 | 0,144 | 0,787 |
| 4,62 | 28,05 | 63,68 | 3,29 | 8,37 | 3,6 | 0,25 | 0,785 | NA | 24,27 | 17,31 | 6,429 | 4,202 | 0,686 |
| 6,02 | 6,83 | 15,51 | 0,09 | 7,29 | 3,82 | 0,09 | NA | 0,205 | 36,41 | 74,64 | 6,03 | 4,201 | 0,244 |

| pH (Un) | C Oxid (g/kg) | MO (g/kg) | P-Brayll (mg/kg) | Ca 4 (cmol/kg) | Mg (cmol/kg) | K (cmol/kg) | Al (cmol/kg) | Na (cmol/kg) | Fe (mg/kg) | Mn (mg/kg) | Cu (mg/kg) | Zn (mg/kg) | B (mg/kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7,84 | 11,97 | 27,17 | 13,55 | 18,39 | 3,62 | 0,19 | NA | 0,585 | 4,28 | 16,42 | 0,433 | 4,654 | 0,435 |
| 6,43 | 4,63 | 10,52 | 44 | 17,16 | 12,49 | 0,18 | NA | 0,455 | 11,82 | 20,91 | 0,88 | 1,429 | 0,334 |
| 6,92 | 27,82 | 63,15 | 3,6 | 9,45 | 1,39 | 0,17 | NA | 0,11 | 24,15 | 72,04 | 3,233 | 4,734 | 0,983 |
| 7,07 | 28,42 | 64,53 | 8,64 | 18,84 | 3,25 | 0,28 | NA | 0,099 | 7,24 | 39,11 | 2,021 | 9,71 | 1,221 |
| 6,43 | 22,6 | 51,3 | 5,13 | 17,96 | 1,48 | 0,18 | NA | 0,44 | 6,32 | 33,53 | 2,773 | 8,006 | 0,475 |
| 5,4 | 26,77 | 60,78 | 3,66 | 9,3 | 3,75 | 0,12 | 0,196 | NA | 16,51 | 71,64 | 2,473 | 7,818 | 1,065 |
| 7,24 | 21,86 | 49,63 | 10,77 | 17,28 | 3,34 | 0,14 | NA | 0,043 | 12,32 | 80,91 | 1,802 | 7,538 | 1,614 |
| 7,38 | 10,45 | 23,72 | 49,35 | 15,42 | 3,67 | 0,25 | NA | 0,068 | 17,16 | 51,43 | 1,741 | 7,332 | 1,116 |
| 7,27 | 27,67 | 62,82 | 20,62 | 16,6 | 2,69 | 0,27 | NA | 0,131 | 8,708 | 45,58 | 0,673 | 4,914 | 1,04 |
| 7,79 | 14,61 | 33,16 | 19,76 | 19,83 | 2,82 | 0,37 | NA | 0,036 | 3,361 | 22,73 | 0,559 | 7,59 | 1,583 |
| 7,06 | 4,66 | 10,58 | 20,85 | 13,92 | 7,14 | 0,12 | NA | 0,185 | 20,84 | 27,52 | 1,33 | 2,457 | 0,454 |
| 7,37 | 27,6 | 62,67 | 43,38 | 16,43 | 1,4 | 0,5 | NA | 0,045 | 4,666 | 32,82 | 1,083 | 14,53 | 1,678 |
| 7,23 | 34,4 | 78,11 | 5,82 | 16,42 | 2,03 | 0,19 | NA | 0,331 | 1,495 | 26,9 | 0,046 | 1,576 | 0,588 |
| 6,96 | 12,07 | 27,47 | 23,46 | 14,29 | 5,36 | 0,11 | NA | 0,064 | 24,66 | 62,21 | 0,925 | 3,744 | 0,678 |
| 6,78 | 26,42 | 59,99 | 40,85 | 10,88 | 1,39 | 0,17 | NA | 0,055 | 15,23 | 47,42 | 3,294 | 13,58 | 0,819 |
| 6,41 | 29,37 | 66,68 | 17,9 | 13,98 | 2,77 | 0,19 | NA | 0,106 | 16,21 | 44,42 | 1,113 | 4,537 | 0,543 |
| 6,22 | 41,78 | 94,85 | 23 | 13,72 | 3,01 | 0,18 | NA | 0,048 | 2,846 | 60,87 | 0,721 | 15,76 | 0,898 |
| 5,54 | 20,16 | 45,78 | 0,75 | 3,98 | 1,16 | 0,09 | NA | 0,021 | 12,63 | 95,96 | 2,916 | 5,277 | 0,906 |
| 7,12 | 24,38 | 55,35 | 29,87 | 13,21 | 0,88 | 0,2 | NA | 0,016 | 18,41 | 70,55 | 1,93 | 9,91 | 1,469 |
| 6,19 | 33,96 | 77,1 | 8,52 | 11,1 | 1,3 | 0,32 | NA | 0,012 | 9,33 | 103,9 | 1,1 | 11,735 | 1,756 |

| pH (Un) | C Oxid (g/kg) | MO (g/kg) | P-Brayll (mg/kg) | Ca 4 (cmol/kg) | Mg (cmol/kg) | K (cmol/kg) | Al (cmol/kg) | Na (cmol/kg) | Fe (mg/kg) | Mn (mg/kg) | Cu (mg/kg) | Zn (mg/kg) | B (mg/kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5,57 | 27,14 | 61,62 | 7,91 | 1,83 | 4,47 | 0,12 | NA | 0,016 | 10,89 | 89,12 | 1,982 | 9,76 | 1,023 |
| 6,54 | 11,94 | 27,12 | 7,24 | 3,74 | 4,06 | 0,14 | NA | 0,002 | 9,78 | 1,32 | 1,501 | 5,254 | 0,973 |
| 6,56 | 12,75 | 28,95 | 8,62 | 11,63 | 5,16 | 0,08 | NA | 0,048 | 24,2 | 72,69 | 2,559 | 4,774 | 0,763 |
| 6,91 | 13,71 | 31,13 | 10,63 | 15,52 | 8,28 | 0,13 | NA | 0,111 | 13,21 | 53,2 | 1,703 | 3,567 | 1,137 |
| 6,81 | 26,07 | 59,2 | 2,03 | 7,7 | 1,83 | 0,11 | NA | 0,091 | 14,9 | 95,65 | 2,994 | 8,945 | 0,727 |
| 7,56 | 34,12 | 77,48 | 5,48 | 18,74 | 3,68 | 0,18 | NA | 0,017 | 5,761 | 44,77 | 0,339 | 7,845 | 1,315 |
| 7,42 | 40,77 | 92,57 | 81,77 | 17,99 | 1,99 | 0,3 | NA | 0,054 | 5,125 | 22,69 | 0,249 | 7,565 | 1,491 |
| 7,02 | 25,47 | 57,84 | 5,08 | 13,84 | 3,77 | 0,23 | NA | 0,075 | 8,915 | 44,67 | 1,934 | 9,78 | 1,17 |
| 7,26 | 20,97 | 47,6 | 3,4 | 16,03 | 6,36 | 0,18 | NA | 0,048 | 11,41 | 36,61 | 1,563 | 6,615 | 0,901 |
| 7,92 | 11,18 | 25,38 | 5,07 | 14,76 | 2,08 | 0,09 | NA | 0,019 | 2,996 | 12,21 | 0,276 | 0,447 | 0,651 |
| 7,5 | 9,42 | 21,39 | 16,81 | 12,07 | 3,93 | 0,13 | NA | 0,013 | 20,23 | 25,58 | 3,964 | 6,902 | 0,591 |
| 7,23 | 22,53 | 51,15 | 1,73 | 15,4 | 0,97 | 0,09 | NA | 0,012 | 5,04 | 28,44 | 0,438 | 4,212 | 0,898 |
| 6,95 | 22,18 | 50,35 | 2,43 | 11,7 | 2,93 | 0,17 | NA | 0,049 | 19,59 | 60,3 | 3,691 | 10,23 | 1,429 |
| 5,57 | 19,25 | 43,7 | 1,83 | 7,94 | 2,16 | 0,12 | NA | 0,02 | 17,44 | 55,75 | 2,554 | 4,867 | 0,279 |
| 4,94 | 42,16 | 95,73 | 5,92 | 5,47 | 1,71 | 0,11 | 0,785 | NA | 17,99 | 62,71 | 2,617 | 10,03 | 0,687 |
| 7,59 | 20,32 | 46,12 | 4,49 | 14,96 | 0,77 | 0,09 | NA | 0,126 | 9,18 | 30,68 | 1,183 | 3,518 | 0,603 |
| 7,04 | 22,43 | 50,93 | 1,85 | 21,69 | 2,27 | 0,11 | NA | 0,013 | 28,84 | 59,87 | 2,913 | 6,964 | 0,791 |
| 7,27 | 19,43 | 44,11 | 9,29 | 19,65 | 1,53 | 0,12 | NA | 0,038 | 3,52 | 35,79 | 1,727 | 11,43 | 0,443 |
| 5,65 | 25,81 | 58,6 | 1,57 | 4,67 | 1,04 | 0,15 | NA | 0,005 | 30,84 | 44,64 | 6,355 | 5,375 | 0,566 |
| 6,11 | 18,12 | 41,13 | 4,16 | 13,39 | 3,41 | 0,16 | NA | 0,082 | 17,63 | 50,63 | 3,712 | 8,197 | 0,379 |

| pH (Un) | C Oxid (g/kg) | MO (g/kg) | P-Brayll (mg/kg) | Ca 4 (cmol/kg) | Mg (cmol/kg) | K (cmol/kg) | Al (cmol/kg) | Na (cmol/kg) | Fe (mg/kg) | Mn (mg/kg) | Cu (mg/kg) | Zn (mg/kg) | B (mg/kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6,1 | 19,73 | 44,79 | 9,3 | 19,49 | 8,2 | 0,27 | NA | 0,106 | 15,29 | 37,46 | 3,07 | 7,002 | 1,129 |
| 6,1 | 24,61 | 55,88 | 2,16 | 7,22 | 0,91 | 0,07 | NA | 0,012 | 8,08 | 40,38 | 1,844 | 4,849 | 0,3 |
| 6,2 | 17,74 | 40,27 | 5,06 | 5,9 | 1,14 | 0,13 | NA | 0,013 | 27,35 | 56,5 | 6,025 | 12,35 | 0,382 |
| 7,14 | 36,46 | 82,78 | 772,2 | 8,97 | 0,84 | 0,36 | NA | 0,071 | 2,755 | 39,98 | 0,667 | 15,5 | 2,662 |
| 7,3 | 16,56 | 37,59 | 28,18 | 17,77 | 5,76 | 0,1 | NA | 0,074 | 21,7 | 73 | 2,837 | 3,341 | 1,475 |
| 7,59 | 6,95 | 15,79 | 36,85 | 19,55 | 7,79 | 0,1 | NA | 0,285 | 13,74 | 22,08 | 5,071 | 9,087 | 0,417 |
| 6,89 | 26,32 | 59,75 | 17,5 | 16,77 | 1,24 | 0,18 | NA | 0,063 | 16,04 | 30,23 | 2,004 | 6,275 | 1,014 |
| 5,64 | 43,2 | 98,07 | 16,26 | 10,04 | 1,33 | 0,13 | NA | 0,017 | 9,56 | 55,89 | 1,311 | 7,326 | 1,301 |
| 7,47 | 22,45 | 50,97 | 2,87 | 17,63 | 1,02 | 0,16 | NA | 0,012 | 6,61 | 27,27 | 0,765 | 3,242 | 1,129 |
| 7,29 | 18,59 | 42,22 | 3,12 | 19,02 | 0,96 | 0,13 | NA | 0,006 | 10,3 | 6,73 | 0,079 | 0,329 | 0,973 |
| 6,08 | 25,42 | 57,72 | 0,36 | 7,17 | 1,24 | 0,1 | NA | 0,009 | 14,66 | 61,44 | 3,136 | 7,246 | 0,57 |
| 6,11 | 15,91 | 36,12 | 2,42 | 8,58 | 1,47 | 0,09 | NA | 0,015 | 26,07 | 62,23 | 5,376 | 8 | 0,553 |
| 5,73 | 23,46 | 53,27 | 2,27 | 7,56 | 1,63 | 0,09 | NA | 0,014 | 19,13 | 55,95 | 3,353 | 8,086 | 0,562 |
| 6,2 | 19,95 | 45,32 | 1,17 | 9,5 | 1,68 | 0,08 | NA | 0,026 | 26,33 | 62,6 | 4,134 | 11,92 | 1,06 |
| 7,29 | 27,59 | 62,64 | 67,54 | 19,13 | 4,41 | 0,36 | NA | 0,109 | 11,52 | 29,12 | 1,404 | 7,092 | 2,985 |
| 6,25 | 22,3 | 50,64 | 58,84 | 17,11 | 4,42 | 0,21 | NA | 0,062 | 18,94 | 36,35 | 1,382 | 6,599 | 2,074 |
| 5,96 | 29,93 | 67,95 | 59,58 | 14,55 | 3,24 | 0,2 | NA | 0,574 | 10,27 | 33,6 | 1,186 | 6,706 | 1,532 |
| 5,57 | 25,07 | 56,92 | 12,51 | 14,83 | 5,6 | 0,17 | NA | 0,124 | 18,55 | 46,31 | 2,08 | 8,146 | 1,671 |
| 6,84 | 27,44 | 62,3 | 15,26 | 19,31 | 2,87 | 0,22 | NA | 0,075 | 5,864 | 22,64 | 0,623 | 5,891 | 1,079 |
| 5,73 | 29,46 | 66,89 | 0 | 16,58 | 5,08 | 0,18 | NA | 0,14 | 12,96 | 14,87 | 1,301 | 20,5 | 0,808 |
| 5,4 | 22,53 | 51,14 | 0,76 | 9,91 | 4,46 | 0,00 | 0,392 | NA | 37,24 | 55,27 | 6,072 | 4,154 | 0,467 |

| pH (Un) | C Oxid (g/kg) | MO (g/kg) | P-Brayll (mg/kg) | Ca 4 (cmol/kg) | Mg (cmol/kg) | K (cmol/kg) | Al (cmol/kg) | Na (cmol/kg) | Fe (mg/kg) | Mn (mg/kg) | Cu (mg/kg) | Zn (mg/kg) | B (mg/kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5,56 | 16,51 | 37,48 | 3,33 | 7,24 | 4,21 | 0,14 | NA | 0,006 | 31,35 | 49,19 | 3,686 | 4,955 | 0,616 |
| 5,41 | 20,4 | 46,31 | 1,74 | 5,43 | 1,89 | 0 | 0,294 | NA | 22,86 | 78,09 | 3,358 | 5,15 | 0,38 |
| 7,43 | 33,01 | 74,95 | 61,79 | 19,82 | 3,72 | 0,41 | NA | 0,158 | 8,934 | 26,17 | 0,479 | 2,987 | 2,531 |
| 7,49 | 28,65 | 65,05 | 164,7 | 13,99 | 4,76 | 1,04 | NA | 0,059 | 10,7 | 29,27 | 0,884 | 12,43 | 3,156 |
| 7,89 | 14,86 | 33,74 | 59,58 | 15,44 | 1,43 | 0,19 | NA | 0,12 | 1,617 | 24,9 | 0,526 | 3,689 | 1,161 |
| 7,81 | 22,42 | 50,9 | 55,16 | 16,02 | 1,34 | 1,08 | NA | 1,233 | 0,105 | 2,934 | 0,159 | 0,024 | 2,784 |
| 7,29 | 26,99 | 61,27 | 70,04 | 17,96 | 4,24 | 0,57 | NA | 0,178 | 0,215 | 9,849 | 0,058 | 0,717 | 1,563 |
| 6 | 24,4 | 55,39 | 12,03 | 10,16 | 6,08 | 0,26 | NA | 0,03 | 15,14 | 50,75 | 2,389 | 3,88 | 0,508 |
| 6,25 | 20,23 | 45,93 | 6,78 | 12,53 | 4,23 | 0,17 | NA | 0,03 | 19,9 | 51,81 | 2,682 | 7,152 | 0,621 |
| 6,04 | 30,27 | 68,72 | 3,68 | 12,11 | 3,3 | 0,38 | NA | 0,005 | 21,64 | 56,82 | 3,469 | 14,51 | 1,294 |
| 6,03 | 21,05 | 47,79 | 2,75 | 9,06 | 5,07 | 0,11 | NA | 0,049 | 13,14 | 45,89 | 2,333 | 3,664 | 0,707 |
| 6,62 | 12,78 | 29,02 | 1,47 | 7,87 | 3,28 | 0,16 | NA | 0,015 | 24,39 | 39,04 | 33,859 | 2,758 | 0,591 |
| 7,4 | 9,14 | 20,75 | 0,39 | 7,67 | 5,3 | 0,09 | NA | 0,028 | 29,56 | 53,26 | 3,789 | 3,018 | 0,141 |
| 7,77 | 10,6 | 24,05 | 0,77 | 16,63 | 1,54 | 0,06 | NA | 0,133 | 0,533 | 7,459 | 0,054 | 0,3 | 0,159 |
| 7,1 | 10,23 | 23,22 | 20,17 | 9,55 | 2,86 | 0,19 | NA | 0,028 | 42,15 | 46,99 | 4,52 | 6,853 | 0,714 |
| 7,65 | 22,87 | 51,93 | 116,2 | 19,24 | 1,94 | 0,85 | NA | 0,193 | 0,662 | 6,955 | 0,098 | 0,737 | 2,642 |
| 7,67 | 24,88 | 56,49 | 40,7 | 17,57 | 3,5 | 0,86 | NA | 0,08 | 7,127 | 29,38 | 0,755 | 4,431 | 1,774 |
| 7,69 | 7,98 | 18,12 | 30,63 | 19,67 | 9,47 | 0,16 | NA | 0,783 | 10,03 | 15,4 | 0,623 | 2,331 | 0,226 |
| 7,47 | 17,88 | 40,59 | 44,09 | 19,89 | 5,94 | 0,3 | NA | 0,132 | 9,321 | 20,15 | 1,147 | 23,71 | 0,769 |
| 7,56 | 32,88 | 74,65 | 168,3 | 17,75 | 1,43 | 0,59 | NA | 0,064 | 0,89 | 20,17 | 0,481 | 18,64 | 1,738 |

| pH (Un) | C Oxid (g/kg) | MO (g/kg) | P-Brayll (mg/kg) | Ca 4 (cmol/kg) | Mg (cmol/kg) | K (cmol/kg) | Al (cmol/kg) | Na (cmol/kg) | Fe (mg/kg) | Mn (mg/kg) | Cu (mg/kg) | Zn (mg/kg) | B (mg/kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6,84 | 7,94 | 18,03 | 1,63 | 7,98 | 4,9 | 0,1 | NA | 0,062 | 31,97 | 44,03 | 3,088 | 3,577 | 0 |
| 7,38 | 19,36 | 43,96 | 4,22 | 15,3 | 7,99 | 0,21 | NA | 0,168 | 14,95 | 45,87 | 4,121 | 6,805 | 0,47 |
| 7,94 | 12,47 | 28,3 | 20,91 | 19,46 | 3,53 | 0,27 | NA | 0,047 | 0,212 | 6,351 | 0,068 | 0,056 | 0,93 |
| 5,55 | 29,29 | 66,5 | 5,5 | 17,03 | 8,29 | 0,2 | NA | 0,024 | 14,35 | 29,64 | 1,242 | 2,417 | 0,277 |
| 6,29 | 21,1 | 47,9 | 2,25 | 8,77 | 1,87 | 0,14 | NA | 0,003 | 47,37 | 75,63 | 7,055 | 6,625 | 0,135 |
| 6,48 | 32,31 | 73,35 | 2,18 | 15,59 | 3,92 | 0,13 | NA | 0,005 | 7,61 | 64,01 | 1,41 | 7,57 | 0,349 |
| 5,9 | 37,47 | 85,07 | 0,92 | 10,48 | 3,81 | 0,18 | NA | 0,009 | 13,67 | 74,35 | 2,853 | 2,693 | 0,05 |
| 5,98 | 38,96 | 88,45 | 2,81 | 11,35 | 3,71 | 0,23 | NA | 0,005 | 10,03 | 56,54 | 1,502 | 6,029 | 1,076 |
| 6,49 | 38,17 | 86,67 | 5,94 | 12,05 | 2,69 | 0,38 | NA | 0,005 | 16,71 | 68,93 | 1,85 | 7,927 | 1,154 |
| 7,01 | 28,34 | 64,35 | 11,76 | 12,62 | 5,13 | 0,23 | NA | 0,095 | 7,62 | 33,17 | 1,214 | 7,776 | 1,174 |
| 7,03 | 23,51 | 53,37 | 27,55 | 19,19 | 7,94 | 0,21 | NA | 0,102 | 11,23 | 29,99 | 2,185 | 5,519 | 1,076 |
| 5,64 | 101,1 | 229,5 | 11,91 | 8,07 | 2,06 | 0,33 | NA | 0,323 | 1,82 | 34,16 | 0,121 | 5,555 | 0,965 |
| 7,06 | 26,67 | 60,56 | 10,16 | 19,57 | 9,74 | 0,22 | NA | 0,112 | 4,47 | 34,39 | 1,345 | 5,478 | 1,01 |
| 6,92 | 29,89 | 67,87 | 165,3 | 18,79 | 4,7 | 0,53 | NA | 0,071 | 5,31 | 46,54 | 1,304 | 18,54 | 1,991 |
| 6,5 | 40,28 | 91,46 | 32,71 | 13,48 | 3,17 | 0,62 | NA | 0,053 | 37,15 | 61,39 | 3,809 | 10,82 | 1,837 |
| 6,483 | 38,9 | 88,32 | 14,8 | 17,108 | 1,246 | 0,161 | NA | 0,024 | 13,59 | 44,52 | 1,906 | 11,377 | 1,33 |
| 6,484 | 51,41 | 116,72 | 56,44 | 11,225 | 0,772 | 0,381 | NA | 0,063 | 8,29 | 21,58 | 0,809 | 14,677 | 1,7 |
| 6,58 | 41,87 | 95,05 | 22,74 | 16,573 | 0,75 | 0,218 | NA | 0,078 | 3,08 | 22,01 | 0,464 | 25,227 | 1,382 |
| 6,672 | 31,57 | 71,68 | 7,63 | 16,33 | 2,186 | 0,078 | NA | 0,042 | 17,67 | 21,57 | 5,624 | 10,05 | 0,737 |
| 6,833 | 28,56 | 64,84 | 22,05 | 16,556 | 1,085 | 0,085 | NA | 0,025 | 10,7 | 31,92 | 1,553 | 9,319 | 1,13 |
| 5,542 | 29,22 | 66,33 | 4,19 | 4,717 | 0,645 | 0,108 | NA | 0,021 | 23,89 | 18,78 | 2,538 | 5,623 | 0,893 |

| pH (Un) | C Oxid (g/kg) | MO (g/kg) | P-Brayll (mg/kg) | Ca 4 (cmol/kg) | Mg (cmol/kg) | K (cmol/kg) | Al (cmol/kg) | Na (cmol/kg) | Fe (mg/kg) | Mn (mg/kg) | Cu (mg/kg) | Zn (mg/kg) | B (mg/kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6,64 | 17,34 | 39,38 | 2,76 | 7,713 | 0,763 | 0,128 | NA | 0,029 | 13,75 | 34,78 | 1,649 | 4,208 | 0,526 |
| 6,267 | 14,68 | 33,33 | 0,79 | 6,664 | 1,235 | 0,066 | NA | 0,013 | 10,79 | 36,07 | 2,42 | 4,182 | 0,542 |
| 7,348 | 12,12 | 27,51 | 3,23 | 12,982 | 1,25 | 0,159 | NA | 0,133 | 6,36 | 22,43 | 1,211 | 5,459 | 0,677 |
| 6,392 | 18,82 | 42,72 | 1,52 | 7,452 | 4,762 | 0,096 | NA | 0,084 | 10,24 | 47,56 | 1,873 | 3,167 | 0,329 |
| 6,204 | 33,05 | 75,03 | 5,63 | 11,02 | 5,485 | 0,176 | NA | 0,037 | 11,69 | 47,61 | 1,818 | 5,161 | 1,241 |
| 6,506 | 37,24 | 84,55 | 4,63 | 14,212 | 4,582 | 0,2 | NA | 0,044 | 6,11 | 43,8 | 1,123 | 4,047 | 0,84 |
| 5,412 | 28,02 | 63,61 | 116,95 | 3,123 | 0,657 | 1,893 | 0,385 | NA | 13,24 | 54,02 | 2,267 | 15,088 | 1,607 |
| 7,112 | 29,54 | 67,06 | 84,58 | 27,923 | 1,104 | 0,392 | NA | 0,136 | 0 | 13,22 | 0,109 | 3,25 | 1,708 |
| 6,934 | 36,32 | 82,47 | 151,11 | 19,041 | 0,939 | 0,665 | NA | 0,054 | 5,71 | 28,43 | 0,699 | 14,309 | 1,518 |
| 7,19 | 27,23 | 61,82 | 107,39 | 24,851 | 3,609 | 0,745 | NA | 0,086 | 3,22 | 26,65 | 0,765 | 10,184 | 2,358 |
| 7,274 | 31,38 | 71,25 | 126,78 | 19,226 | 1,512 | 0,336 | NA | 0,169 | 6,11 | 51,12 | 2,296 | 33,011 | 2,508 |
| 7,303 | 17,61 | 39,99 | 191,22 | 29,278 | 3,247 | 0,281 | NA | 0,919 | 0 | 28,1 | 0,106 | 1,667 | 2,065 |
| 6,704 | 51,36 | 116,6 | 13,42 | 17,868 | 5,579 | 0,315 | NA | 0,062 | 3,14 | 28,57 | 0,275 | 8,052 | 1,595 |
| 7,164 | 21,99 | 49,91 | 7,34 | 29,538 | 5,592 | 0,276 | NA | 0,093 | 7,97 | 35,57 | 0,955 | 4,37 | 1,202 |
| 7,19 | 35,96 | 81,65 | 324,38 | 38,533 | 3,887 | 0,645 | NA | 0,054 | 1,77 | 8,98 | 0,328 | 7,599 | 2,62 |
| 5,332 | 86,45 | 196,28 | 185,75 | 6,328 | 0,531 | 0,653 | 0,578 | NA | 9,26 | 27,08 | 0,169 | 13,427 | 1,543 |
| 6,065 | 43,93 | 99,74 | 540,96 | 16,298 | 2,198 | 0,505 | NA | 0,341 | 19,07 | 33,03 | 1,629 | 14,916 | 2,651 |
| 6,724 | 27,01 | 61,31 | 103,37 | 19,298 | 0,8 | 0,485 | NA | 0,405 | 9,28 | 66,77 | 1,209 | 15,37 | 2,927 |
| 6,566 | 41,6 | 94,46 | 31,3 | 17,101 | 5,183 | 0,339 | NA | 0,067 | 3,28 | 17,03 | 0,281 | 7 | 0,669 |
| 6,773 | 31,22 | 70,87 | 37,37 | 19,411 | 2,826 | 0,898 | NA | 0,218 | 17,57 | 67,88 | 7,037 | 13,184 | 1,937 |
| 6,78 | 33,05 | 75,05 | 12,94 | 17,468 | 0,816 | 0,236 | NA | 0,12 | 9,57 | 58,5 | 3,329 | 15,509 | 1,33 |
| 6,702 | 35,31 | 80,17 | 101,63 | 13,828 | 0,547 | 0,739 | NA | 0,116 | 7 | 20,81 | 0,629 | 15,443 | 2,03 |
| 6,956 | 23,77 | 53,96 | 203,22 | 17,29 | 0,808 | 0,887 | NA | 0,116 | 7,75 | 35,45 | 0,72 | 10,2 | 2,33 |
| 7,364 | 35,57 | 80,76 | 285,04 | 24,943 | 3,795 | 1,303 | NA | 0,071 | 3,45 | 41,67 | 0,623 | 28 | 3,203 |

**Fuente:** *Elaboración propia, Convenio 0017 de 2025.*

### pH del suelo:

El pH del suelo es un indicador fundamental de su acidez o alcalinidad y controla la disponibilidad de la mayoría de los nutrientes esenciales para las plantas. De acuerdo con la clasificación internacional de suelos, un suelo se considera ácido cuando presenta valores de pH inferiores a 6,5; neutro, cuando se encuentra entre 6,6 y 7,3; y alcalino o básico cuando supera valores de 7,4 (FAO & ITPS, 2015; USDA, 2014). Los suelos ácidos favorecen la solubilización del aluminio y el manganeso, lo que puede generar toxicidad radicular, mientras que los suelos alcalinos limitan la disponibilidad de micronutrientes como hierro, zinc y manganeso, induciendo clorosis férrica. El rango neutro se considera

óptimo para la mayoría de las especies vegetales por maximizar la biodisponibilidad de nutrientes (FAO & ITPS, 2015; Weil & Brady, 2016).

En la información evaluada en el presente estudio, se encontró que los valores de pH de las 165 muestras de suelo oscilaron entre 4,62 y 7,94, con 39,39% de suelos ácidos (<6,5), 39,39% de suelos neutros (6,6 - 7,3), y 21,21% de suelos alcalinos (>7,4).

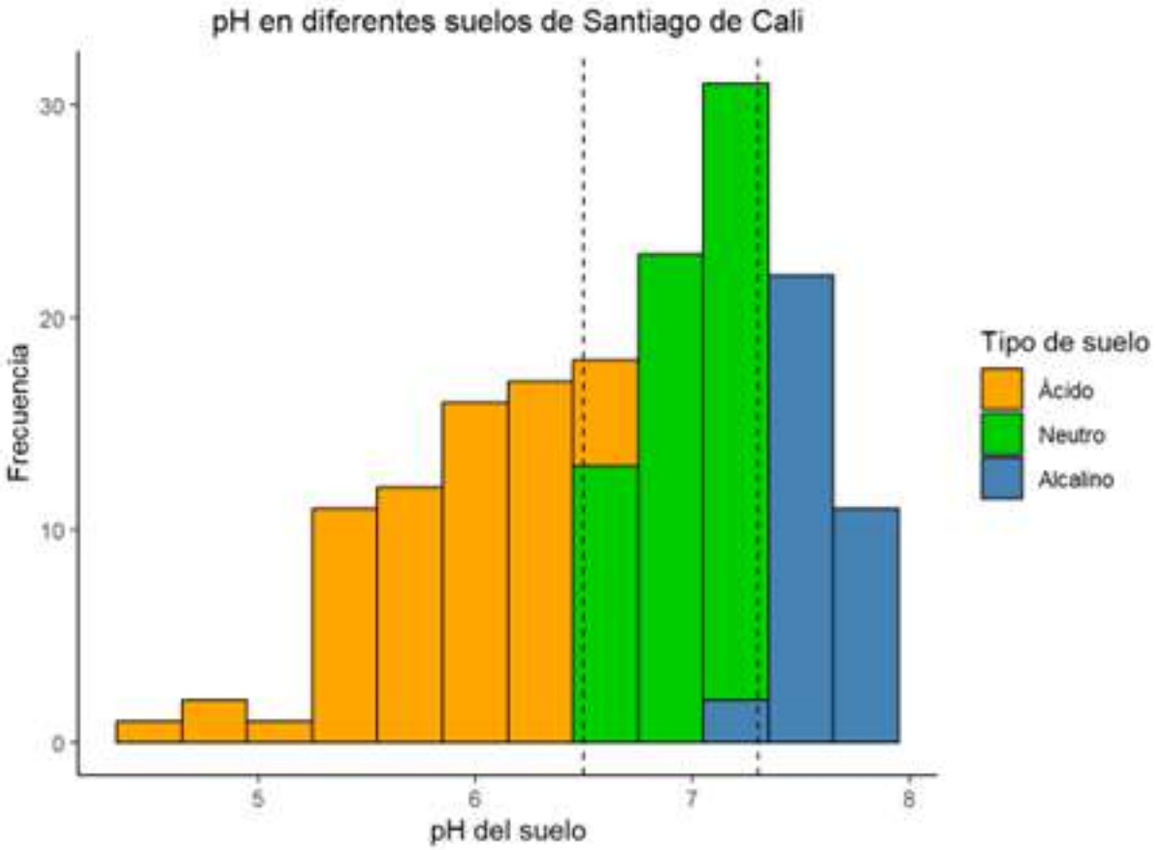



***Ilustración 17. Frecuencia de suelos asociados a árboles con pH ácido, neutro y alcalino en Santiago de Cali.***

o neutro también favorece la actividad de microorganismos del suelo esenciales para procesos como la descomposición de materia orgánica, mineralización de nutrientes, ciclado de nitrógeno, fósforo y azufre, así como el mantenimiento de la estructura del suelo (Naz et al., 2022).

Sin embargo, se identificaron suelos con acidez marcada, lo que puede limitar la disponibilidad de nutrientes esenciales como fósforo, calcio y magnesio, así como favorecer la toxicidad por aluminio. Desafortunadamente, los datos no indican la localización de los

puntos de muestreo de los suelos, por lo que resulta difícil identificar los lugares en donde es necesario realizar correctivos del pH del suelo.

**Carbono y materia orgánicos:**

El análisis de los datos de suelos urbanos de Santiago de Cali evidencia una distribución heterogénea de la materia orgánica, abarcando valores bajos de materia orgánica (10,52 g/kg) hasta concentraciones extremadamente altas (229,5 g/kg) en algunos puntos. La interpretación de la materia orgánica del suelo se estima indirectamente a través de la medida del carbono orgánico oxidable en el suelo.

Debido a que es difícil cuantificar directa y precisamente la cantidad de materia orgánica en el suelo, los laboratorios utilizan la estimación del carbono orgánico, y con él, se estima la materia orgánica usando un factor de conversión basado en el porcentaje de carbono orgánico en la materia orgánica. Se asume que la materia orgánica contiene 58% de carbono orgánico y se usa el factor de Van Bemmelen de 1,72 para estimar la materia orgánica. Aunque este factor puede ser muy variable entre los diferentes suelos (McKean, 1993). En los laboratorios de CIAT se multiplica el carbono orgánico oxidable estimado por 1,32 (para obtener el porcentaje de carbono orgánico total) y luego por 1,72 para convertir los datos a proporción (%) de materia orgánica (Cuero-Arrechea, 2010).

En este sentido, y teniendo en cuenta la información de la base de datos recopilada, se realizó una clasificación de la materia orgánica del suelo a partir del establecimiento de los percentiles de la distribución de los datos, definiendo tres categorías: baja (≤ percentil 25, rango de 10,52 g/kg - 42,22 g/kg), media (entre los percentiles 25 y 75, rango de 42,59 g/kg - 67,18 g/kg) y alta (≥ percentil 75, rango de 67,87g/kg - 229,50g/kg), lo cual permite una interpretación ajustada a las condiciones edáficas locales. No se conoce una clasificación estándar para los suelos urbanos de Cali, por lo cual se utilizó esta clasificación por percentiles.

Teniendo en cuenta la clasificación ajustada aquí, se encontró que el contenido de carbono orgánico resultó en 25,45% de las muestras de Santiago de Cali tienen contenido bajo, el 49,7% contenido medio y el 24,85% contenido alto de carbono orgánico. Es decir que la mayoría de los suelos evaluados presentaron contenido medio de carbono orgánico, lo que indica que el suelo no está degradado severamente, pero tampoco se encuentra en estado óptimo.

El predominio de suelos con contenido medio de carbono orgánico en Santiago de Cali indica que, si bien los suelos urbanos presentan fertilidad funcional básica, aún existe un amplio margen para su mejoramiento. Esta condición refleja una estructura edáfica moderadamente estable, capacidad intermedia de retención de agua y nutrientes, y una actividad biológica funcional; aunque no óptima. En el contexto urbano, este resultado es favorable, dado que los suelos suelen estar sometidos a compactación, sellamiento y disturbios constantes, por lo que mantener niveles intermedios de carbono orgánico constituye una base estratégica para fortalecer la resiliencia del arbolado urbano mediante prácticas de manejo orgánico del suelo.

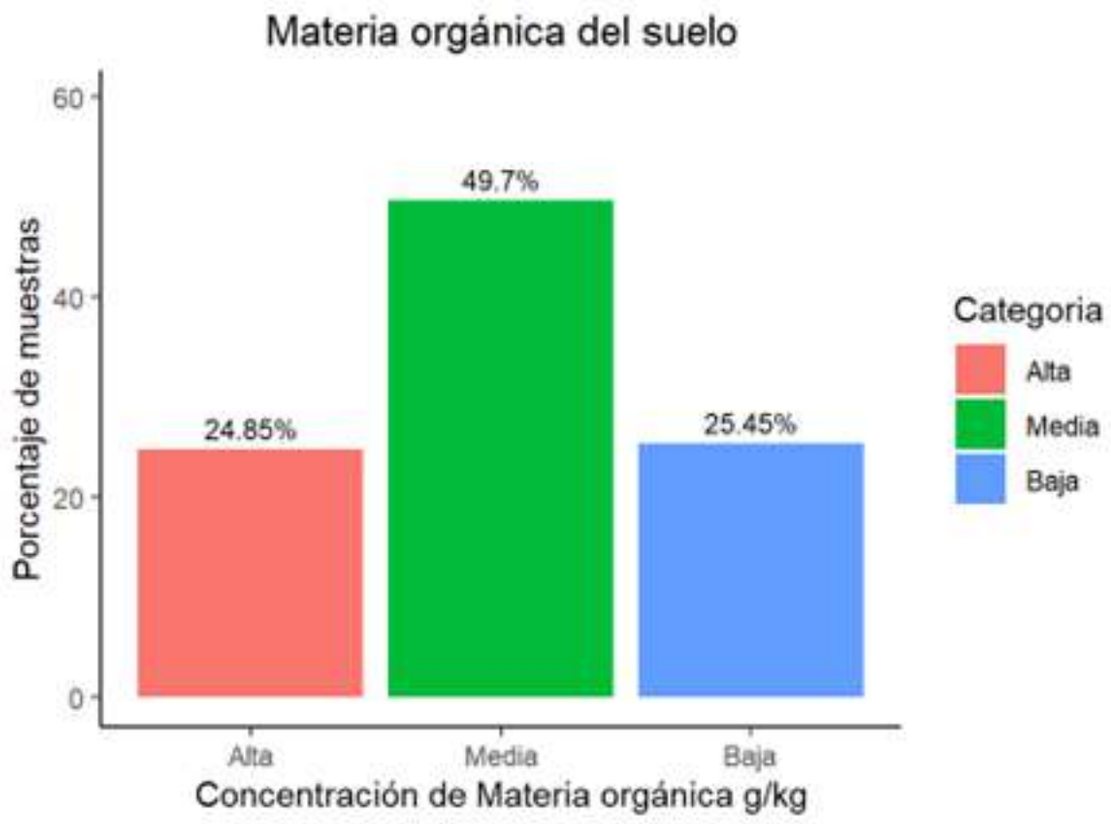



***Ilustración 18. Contenido de materia orgánica en los suelos de Santiago de Cali.***

***Fuente: Elaboración propia, Convenio 0017 de 2025.***

Si bien fue posible analizar la información de los suelos evaluados en estudios previos, en algunos de los informes revisados se evidencia que la metodología de muestreo consistió en la mezcla de diferentes puntos de suelo asociados a distintos individuos arbóreos, lo cual impide contar con información puntual, clara y precisa para cada sitio específico, dado que los resultados corresponden a composiciones de varios suelos. En este sentido, el predominio de suelos clasificados con contenido medio o moderado de materia orgánica podría estar asociado, en parte, a la mezcla de muestras procedentes de distintos individuos arbóreos, más que a una alta frecuencia real de suelos con contenidos intermedios de carbono orgánico. Se recomienda que en futuros estudios no se realicen mezclas de suelos provenientes de diferentes árboles o sitios de muestreo, con el fin de evitar la reducción de la variabilidad natural del suelo y obtener resultados más precisos,

representativos y concluyentes para la toma de decisiones de manejo.

Adicionalmente, no se dispone de información sobre la localización espacial de los puntos de muestreo, lo cual dificulta la identificación de las zonas edáficas y la clasificación de los órdenes de suelo a los que pertenecen dentro del área urbana de la ciudad. Esta limitación restringe la formulación de recomendaciones de manejo del suelo específico para cada sitio, ya que no es posible saber en dónde se encuentran los suelos con poca materia orgánica y en donde se encuentran aquellos con alta materia orgánica.

**Fósforo disponible (P-Bray II):**

Esta métrica mide el fósforo del suelo que es extraíble mediante el método Bray II y representa el fósforo potencialmente asimilable por las plantas. Constituye un indicador esencial de la fertilidad del suelo y del desarrollo radicular, la floración y el crecimiento estructural de los árboles. En la presente revisión se encontró una gran variabilidad de las concentraciones del fósforo, con valores que oscilaron desde 0 mg/kg hasta 772,2 mg/kg.

El fósforo disponible en el suelo fue clasificado con base en los rangos establecidos por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) para el Índice de Fertilidad, determinados mediante el método Bray II, así: < 10 mg/kg (muy bajo, puntaje 1), 10–20 mg/kg (bajo, puntaje 2), 21–30 mg/kg (medio, puntaje 3), 31–40 mg/kg (alto, puntaje 4) y > 40 mg/kg (muy alto, puntaje 5) (IGAC, 2021).

Con base en dicha clasificación, se encontró que la mayoría de los suelos evaluados presentaron concentraciones muy bajas (52,73%) y bajas de fósforo (12,12%), indicando la deficiencia severa de fósforo. Por el contrario, algunos sitios mostraron acumulaciones excesivas, que puede estar asociado al uso descontrolado de fertilizantes químicos, generando riesgos de desequilibrios nutricionales y contaminación ambiental.

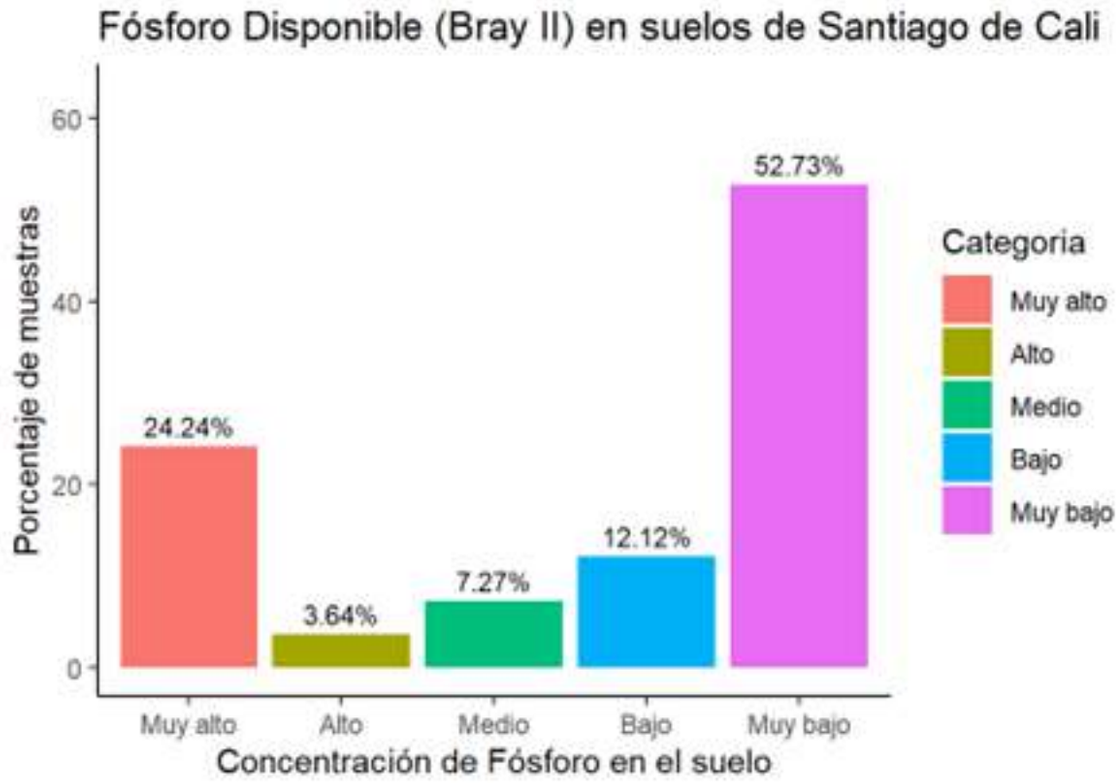



***Ilustración 19. Concentración de fósforo disponible en los suelos de Santiago de Cali.***

***Fuente: Elaboración propia, Convenio 0017 de 2025.***

**Macro- y micronutrientes:**

Dentro de estos nutrientes se encuentran las bases intercambiables Ca, Mg, K y Na, es decir, los cationes (iones con carga positiva) presentes en el suelo que se encuentran adsorbidos a las partículas de arcilla y a la materia orgánica, pero no están fuertemente retenidos. Por eso, pueden ser fácilmente intercambiados por otros cationes en la solución del suelo, lo que significa que las plantas pueden absorberlos para su nutrición. Estas bases intercambiables forman parte de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo, que es un indicador de fertilidad. Cuanto mayor sea la CIC, más nutrientes pueden "almacenarse" y estar disponibles para las plantas.

Por otro lado, los micronutrientes, es decir, aquellos elementos químicos que las plantas necesitan en cantidades muy pequeñas (<100 mg/kg de materia seca), son esenciales para su crecimiento, desarrollo y reproducción. Aunque se requieren en menor cantidad que los macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S), su ausencia o deficiencia puede causar graves problemas fisiológicos y afectar la productividad. Dentro de los micronutrientes evaluados aquí se encuentran: Fe, Mn, Cu, Zn y B.

Desde el punto de vista metodológico se calcularon los percentiles 5, 25, 50 (mediana), 75 y 95, así como la moda, para los elementos calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K), aluminio (Al), sodio (Na), hierro (Fe), manganeso (Mn), cobre (Cu), zinc (Zn), boro (B) y azufre (S), con el fin de caracterizar estadísticamente la variabilidad de los principales macro- y micronutrientes del suelo en el área de estudio. También se incluyeron valores de referencia para interpretar si los nutrientes se encontraban en concentraciones bajas, medias o altas.

En términos generales se encontró que la mayoría de los nutrientes evaluados se encuentran en rangos medios y altos. Sin embargo, el 33,99% de los suelos evaluados presentaron bajos niveles de sodio. Por su parte, el 15,75% de los suelos evaluados presentaron bajos niveles de hierro. En el caso del boro, potasio y magnesio, el 10,30%, 10,91% y 11,52% de los suelos evaluados presentaron bajos niveles de estos nutrientes respectivamente. Contrariamente, micronutrientes como el manganeso se encuentran en niveles elevados, lo cual puede estar asociado con la acidez del suelo, pero también puede generar toxicidad foliar en algunas especies urbanas sensibles.

***abla 22. Estadísticos y valores de referencia de los macro- y micronutrientes de los suelos en Santiago de Cali.***

| NUTRIENTES | NUTRIENTES | CUARTILES | | | | | MODA | VALORES DE REFERENCIA | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 5% | 25% | 50% | 75% | 95% | | Bajo | Medio | Alto |
| **Calcio Ca** | cmol/kg | 5,45 | 9,55 | 14,43 | 17,72 | 19,83 | 19,76 | < 4 | 4 – 10 | > 10 |
| **Magnesio Mg** | cmol/kg | 0,96 | 1,63 | 3,01 | 4,35 | 7,56 | 2,69 | < 1 | 1 – 4 | > 4 |
| **Potasio K** | cmol/kg | 0,09 | 0,13 | 0,18 | 0,28 | 0,57 | 0,18 | < 0,1 | 0,1 – 0,3 | > 0,3 |
| **Aluminio Al** | cmol/kg | 0,1 | 0,2 | 0,24 | 0,37 | 0,78 | 0,2 | > 2 | 1 – 2 | < 1 |
| **Sodio Na** | cmol/kg | 0,01 | 0,03 | 0,07 | 0,13 | 0,38 | 0,01 | < 0,05 | 0,05 – 0,2 | > 0,2 |
| **Hierro Fe** | mg/kg | 0,74 | 6,54 | 11,76 | 19,14 | 31,17 | 10,03 | < 4 | 4 – 20 | > 20 |
| **Manganeso Mn** | mg/kg | 8,68 | 28,95 | 47,19 | 63,86 | 93,2 | 56,52 | < 2 | 2 – 20 | > 20 |
| **Cobre Cu** | mg/kg | 0,1 | 0,87 | 1,79 | 3,07 | 5,8 | 0,56 | < 0,2 | 0,2 – 2 | > 2 |
| **Zinc Zn** | mg/kg | 0,66 | 4,02 | 6,15 | 8,16 | 14,52 | 1,78 | < 0,6 | 0,6 – 2,0 | > 2,0 |
| **Boro B** | mg/kg | 0,23 | 0,59 | 0,96 | 1,3 | 2,41 | 0,59 | < 0,4 | 0,4 – 1,0 | > 1,0 |
| **Azufre S** | mg/kg | 19,25 | 24,74 | 30,63 | 43,13 | 81,46 | 26,2 | < 6 | 6 – 15 | > 15 |

***Fuente: Elaboración propia, Convenio 0017 de 2025.***

En cuanto al diagnóstico nutricional del material vegetal, los análisis foliares realizados en palmas adultas (Convenio 0141 2023, Fundesoemco) evidenciaron desequilibrios nutricionales principalmente asociados a nitrógeno (N), potasio (K), magnesio (Mg) y micronutrientes como boro (B) y hierro (Fe), los cuales se reflejan en síntomas de clorosis, necrosis marginal, reducción del vigor y disminución del crecimiento vegetativo. De acuerdo con Fundesoemco, (2025), estas deficiencias se ven agravadas por condiciones de estrés hídrico, compactación del suelo y limitaciones en la aireación radicular.

**Fitosanidad actual**

Entre julio y septiembre de 2025, se llevó a cabo un estudio fitopatológico en el arbolado urbano de Santiago de Cali, el cual fue complementado con la evaluación entomológica y la aproximación de disponibilidad de nutrientes en los suelos de implantación de cada individuo, en busca de insectos dañinos de los árboles y del estado nutricional de los suelos asociados a dichos árboles. Para los estudios se seleccionaron individuos del género Jacaranda, ya que son especies vegetales típicas de bosque seco tropical y que además tienen una alta representación en la ciudad (más de 4000 individuos arbóreos).

El género Jacaranda incluye árboles subtropicales de la familia Bignoniaceae, originario de Sudamérica, y en Cali está representado por cuatro taxones específicos (Ver tabla 23). En la región, así como en la ciudad, las jacarandas también conocidas como gualandayes, tienen un considerable valor cultural al combinar características estéticas, técnicas, medicinales y de identidad. Sus floraciones azul-violetas son percibidas como un espectáculo cultural que embellece las calles, parques y separadores viales, y se han convertido en símbolos estacionales de la ciudad (Dagma, 2025).

***Jacaranda hesperia***



*Fuente: (Telemedellín, 2016).*

***Jacaranda copaia***



*Fuente: (Annah, 2023).*

***Jacaranda obtusifolia***



*Fuente: (Apipa, 2023).*

***Jacaranda caucana***



*Fuente: (Arévalo-Camacho, 2017).*

***Tabla 23. Diferencias florales para identificación taxonómica de las cuatro especies consideradas.***

***Fuente: Elaboración propia, Convenio 0017 de 2025.***

Además, estos árboles ofrecen servicios ecosistémicos al capturar carbono y brindar recursos para mantener las poblaciones de avispas, abejas, aves, y otros organismos (León-Arroyave, 2022). Sumado a lo anterior, varias especies del género Jacaranda han sido empleadas tradicionalmente con fines medicinales, como anti-inflamatorios, antisépticos o para tratar afecciones respiratorias y de la piel (León-Arroyave, 2022). Incluso se han encontrado compuestos flavonoides anticancerígenos en condiciones de laboratorio en ramas de Jacaranda obtusifolia (Serra, 2020).

En Santiago de Cali, los gualandayes han sido empleadas en programas de planeación urbana y manuales de gestión del arbolado urbano, gracias a que son especies nativas que se desarrollan en zonas de clima medio y cálido, y se adaptan bien a ambientes urbanos. Sin embargo, no hay evaluaciones a la fecha en la ciudad sobre su estado de salud general. Por esta razón, se incluyeron individuos del género Jacaranda en el presente estudio de fitopatología, entomología y nutrición del suelo en Santiago de Cali. También se integraron otras especies de árboles teniendo en cuenta las sugerencias de la entidad ambiental DAGMA.

**Métodos de estudio**

Dentro del territorio urbano de Santiago de Cali, se revisaron los árboles registrados en el censo arbóreo del año 2023-2024, con el fin de seleccionar los individuos para el estudio fitopatológico, entomológico y de nutrición del suelo, teniendo en cuenta información sobre el número y la ubicación de los árboles en comunas, concesiones de suelo, y emplazamientos de la ciudad.

**Selección de individuos**

Para seleccionar la muestra de tamaño fijo (30 ind.), se tuvo en cuenta la distribución de los árboles, los cuales debían estar en las 22 comunas de la ciudad, presentar un diámetro a la altura de pecho (DAP) mayor de 20 cm, y una altura del árbol mayor a cuatro metros. Revisada la disponibilidad presupuestal y el tiempo que se requiere para la evaluación en laboratorio de las muestras fitopatológicas, nutricionales y entomológicas; así como el tiempo de la ejecución del convenio para realizar el presente estudio, se determinó que el número de árboles a evaluar fuera de 30 individuos representando los cuatro taxones dentro del género.

No obstante, aunque los gualandayes fueron el objeto priorizado del estudio, el DAGMA sugirió incluir otras especies. Así, se limitó la muestra de los gualandayes a 11 individuos para dar cabida a algunos “casos especiales”, no sin el debate propio de este tipo de ejercicios en torno a las especies no nativas. De esta manera, se acordó incluir dos (2) individuos de flamboyán, que están padeciendo actualmente un ataque que compromete la viabilidad de los individuos; dos (2) individuos de las icónicas palmas reales de Cuba, para aportar al conocimiento de la causa de la defoliación que hace algunos años se identificó como un determinante para la supervivencia de esta especie en la ciudad. Así mismo, uno de los miembros del equipo de trabajo, identificó que, a las acacias amarillas, les está aquejando una patología que las deteriora muy rápidamente,

por esta razón se determinó incluir también dos (2) individuos de esta especie.

Con base en esta información, se escogieron 11 árboles del género Jacaranda, en proporciones similares a la abundancia de las especies en la ciudad, cuya información se observa en la siguiente tabla.

***Tabla 24. Abundancia de individuos de Jacaranda en Cali.***

| ESPECIE | NO. IND. | NO. IND. (%) |
|---|---|---|
| gualanday (jacaranda caucana) | 4.015 | 86,53 |
| Chingalé (Jacaranda hesperia) | 503 | 10,84 |
| Pavito (Jacaranda copaia) | 114 | 2,46 |
| Flormorado (Jacaranda obtusifolia) | 8 | 0,17 |
| **TOTAL** | **4.640** | **100** |

***Fuente: Censo 2023 – 2024.***

La información de la distribución de los gualandayes en las asociaciones de suelo, comunas y emplazamientos, que se tuvo en cuenta a la hora de la selección de los individuos se encuentra en las tablas 25, 26 y 27.

***Tabla 25. Distribución de los cuatro (4) taxones de Jacaranda en las asociaciones de suelos de la ciudad de Cali.***

| ASOCIACIONES DE SUELO EN ZONA URBANA CALI | GUALANDAY (J. CAUCANA) | PAVITO (J. COPAIA) | CHINGALÉ (J. HESPERIA) | FLORMORADO (J. OBTUSIFOLIA) | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|
| Complejo Coke - Río Cauca | 43 | | 3 | 1 | **47** |
| Consociación Amaime | 74 | | 1 | | **75** |
| Consociación Arroyohondo | 220 | 5 | 24 | 2 | **251** |
| Consociación Cartago | 2 | 2 | 1 | | **5** |
| Consociación Comfandi | 1.377 | 12 | 46 | 1 | **1.436** |
| Consociación Galpón | 114 | 1 | 5 | | **120** |
| Consociación Juanchito | 51 | 2 | 11 | | **64** |
| Consociación Manuelita | 4 | 1 | 2 | | **7** |
| Consociación Pance | 172 | 3 | 3 | | **178** |
| Consociación Puerto Molina | 1 | | | | **1** |
| Info. no disponible | 348 | | 31 | | **379** |
| **Total** | **2.406** | **26** | **127** | **4** | **2.563** |

*Tabla 26. Distribución de los cuatro (4) taxones de jacaranda en las 22 comunas de la ciudad de Cali.*

| ASOCIACIONES DE SUELO EN ZONA URBANA CALI | GUALANDAY (J. CAUCANA) | PAVITO (J. COPAIA) | CHINGALÉ (J. HESPERIA) | FLORMORADO (J. OBTUSIFOLIA) | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | 74 | 3 | 8 | | **85** |
| **2** | 353 | 3 | 35 | | **391** |
| **3** | 98 | | 14 | | **112** |
| **4** | 61 | 3 | 9 | | **73** |
| **5** | 74 | 4 | 5 | | **84** |
| **6** | 56 | 1 | 1 | 1 | **58** |
| **7** | 65 | | 1 | | **66** |
| **8** | 36 | 1 | 1 | | **38** |
| **9** | 22 | 2 | 8 | | **32** |
| **10** | 72 | | 1 | | **73** |
| **11** | 69 | | 4 | | **73** |
| **12** | 20 | | | | **20** |
| **13** | 41 | 4 | 8 | | **53** |
| **14** | 22 | 2 | 16 | 1 | **41** |
| **15** | 158 | 8 | 21 | | **187** |
| **16** | 83 | | 18 | | **101** |
| **17** | 1.434 | 24 | 197 | | **1.678** |
| **18** | 172 | | 21 | | **193** |
| **19** | 458 | | 44 | | **502** |
| **20** | 6 | 1 | 2 | | **9** |
| **21** | 130 | 1 | 24 | 1 | **156** |
| **22** | 511 | 39 | 65 | | **615** |
| **Total** | **4.015** | **114** | **503** | **8** | **4.640** |

| DISTRIBUCIÓN EN EMPLAZAMIENTOS | | | |
|---|---|---|---|
| **EMPLAZAMIENTO** | **ESPECIE** | **NO. IND.** | **NO. IND. (%)** |
| **Andén** | Chingalé (Jacaranda hesperia) | 82 | 1,77 |
| | Flormorado (Jacaranda obtusifolia) | 1 | 0,02 |
| | Gualanday (Jacaranda caucana) | 1.146 | 26,40 |
| | Pavito (Jacaranda copaia) | 23 | 0,50 |
| **Bahía de estacionamiento** | Gualanday (Jacaranda caucana) | 35 | 0,75 |
| | Chingalé (Jacaranda hesperia) | 15 | 0,32 |
| | Gualanday (Jacaranda caucana) | 37 | 0,80 |
| | Pavito (Jacaranda copaia) | 1 | 0,02 |
| **Bulevar** | Chingalé (Jacaranda hesperia) | 7 | 0,15 |
| **Corredor férreo** | Chingalé (Jacaranda hesperia) | 1 | 0,02 |
| | Gualanday (Jacaranda caucana) | 27 | 0,58 |
| **Glorieta** | Chingalé (Jacaranda hesperia) | 1 | 0,02 |
| | Gualanday (Jacaranda caucana) | 22 | 0,47 |
| **Institución Educativa** | Chingalé (Jacaranda hesperia) | 48 | 1,03 |
| | Gualanday (Jacaranda caucana) | 422 | 9,09 |
| | Pavito (Jacaranda copaia) | 1 | 0,02 |

*Tabla 27. Emplazamientos donde se encuentran ubicados los cuatro (4) taxones de Jacaranda en la ciudad de Cali.*

| DISTRIBUCIÓN EN EMPLAZAMIENTOS | | | |
|---|---|---|---|
| **EMPLAZAMIENTO** | **ESPECIE** | **NO. IND.** | **NO. IND. (%)** |
| **Andén** | Chingalé (Jacaranda hesperia) | 82 | 1,77 |
| | Flormorado (Jacaranda obtusifolia) | 1 | 0,02 |
| | Gualanday (Jacaranda caucana) | 1.146 | 26,40 |
| | Pavito (Jacaranda copaia) | 23 | 0,50 |
| **Bahía de estacionamiento** | Gualanday (Jacaranda caucana) | 35 | 0,75 |
| | Chingalé (Jacaranda hesperia) | 15 | 0,32 |
| | Gualanday (Jacaranda caucana) | 37 | 0,80 |
| | Pavito (Jacaranda copaia) | 1 | 0,02 |
| **Bulevar** | Chingalé (Jacaranda hesperia) | 7 | 0,15 |
| **Corredor férreo** | Chingalé (Jacaranda hesperia) | 1 | 0,02 |
| | Gualanday (Jacaranda caucana) | 27 | 0,58 |
| **Glorieta** | Chingalé (Jacaranda hesperia) | 1 | 0,02 |
| | Gualanday (Jacaranda caucana) | 22 | 0,47 |
| **Institución Educativa** | Chingalé (Jacaranda hesperia) | 48 | 1,03 |
| | Gualanday (Jacaranda caucana) | 422 | 9,09 |
| | Pavito (Jacaranda copaia) | 1 | 0,02 |

***Fuente: Censo 2023 – 2024.***

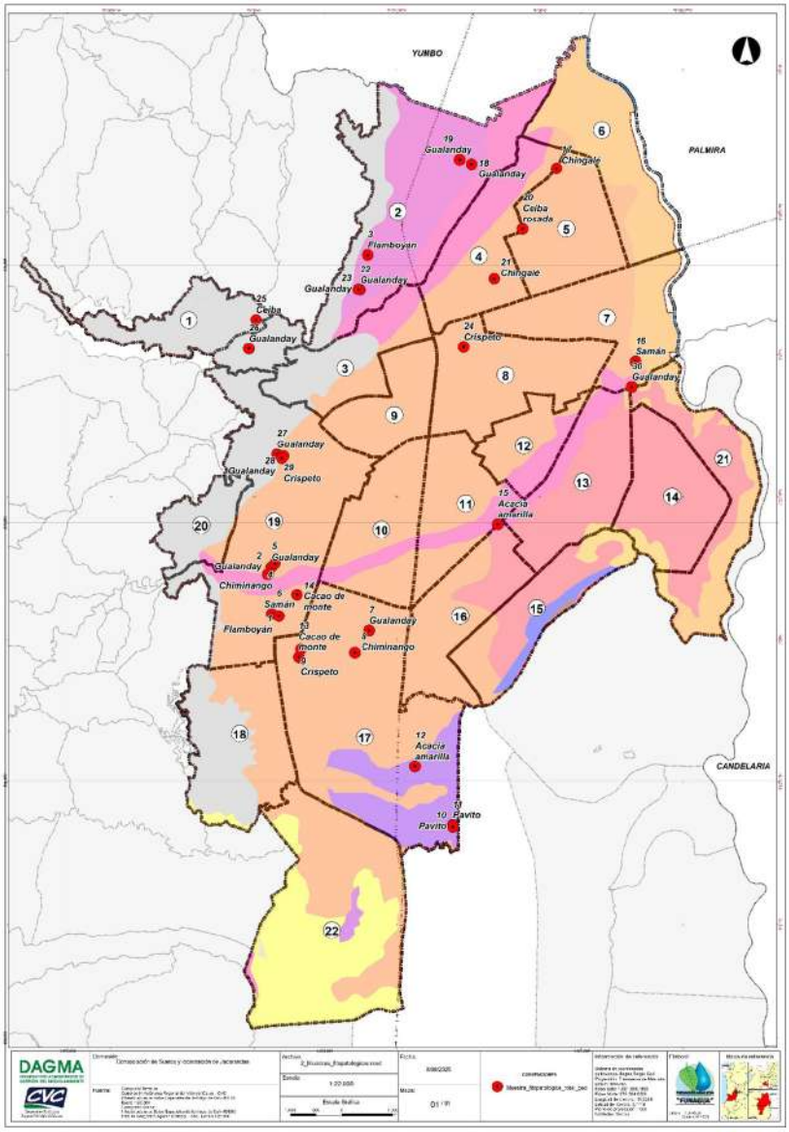
De esta manera, teniendo en cuenta los gualandayes como objeto de estudio, y las recomendaciones del DAGMA de los árboles con afectaciones en la ciudad, se seleccionaron los árboles que se encuentran en la Tabla 28, Ilustración 20, Anexo 2. En ella se utilizó el código único del censo para garantizar todos los atributos que el censo documentó para cada individuo arbóreo.

***Tabla 28. Lista de individuos seleccionados para muestreo fitopatológico, entomológico y de nutrición de suelos 2025, conciliada entre DAGMA y FUNAGUA.***

| CÓD. 2023 | ESPECIE | TIPO DE MUESTRA | | | | | FECHA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| | Flamboyán | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 5/06/2025 |
| 1004090823115342 | Gualanday | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 5/06/2025 |
| 1010112723110453 | Flamboyán | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5/06/2025 |
| 1004090823133635 | Chiminango | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 10/07/2025 |
| 1008083023101837 | Gualanday | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 10/07/2025 |
| 1013090723082811 | Samán | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 10/07/2025 |
| 1015101223102616 | Gualanday | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 10/07/2025 |
| 1012101323144124 | Chiminango | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 10/07/2025 |
| 1003100723121924 | Crispeto | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 22/07/2025 |
| 1004102823114115 | Pavito | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 22/07/2025 |
| 1004102823112841 | Pavito | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 22/07/2025 |
| 1020092723101513 | Acacia amarilla | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 22/07/2025 |
| 1003092623102040 | Cacao de monte | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 22/07/2025 |
| 1001083123093518 | Cacao de monte | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 22/07/2025 |
| 1002112823130045 | Acacia amarilla | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 22/07/2025 |
| 1029100423082616 | Samán | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 22/07/2025 |
| 1008101323112608 | Chingalé | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 22/07/2025 |
| 1029112523103028 | Gualanday | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 22/07/2025 |
| 1030102123112914 | Gualanday | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 22/07/2025 |
| 1014102823124112 | Ceiba rosada | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 22/07/2025 |
| 1022112323094457 | Chingalé | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 22/07/2025 |
| 1005112823093700 | Gualanday | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 23/07/2025 |
| 1005112823093958 | Gualanday | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 23/07/2025 |
| 1012100323082509 | Crispeto | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 22/07/2025 |
| 1006030624122542 | Ceiba | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 23/07/2025 |
| 1013120123112959 | Gualanday | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 23/07/2025 |
| 1003090123075333 | Gualanday | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 23/07/2025 |
| 1003090423150924 | Gualanday | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 23/07/2025 |
| 1003090423133138 | Gualanday | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 23/07/2025 |
| 1025101823092415 | Crispeto | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 23/07/2025 |

**** Árbol no censado, área de cesión Unidad Residencial.***

*Ilustración 20. Distribución espacial de los individuos arbóreos enfermos escogidos para los muestreos fitopatológicos en la ciudad de Cali.*




*Fuente: Censo 2023 – 2024, Cartografía CVC. Elaboración propia.*

## Toma de muestras

### Fitopatología

De cada uno de los árboles seleccionados, detallados en la Tabla 26, se tomó muestras de hojas, tallos y raíces con signos de lesión o infección. Un signo de lesión se consideró cuando se observaron alteraciones evidentes en la estructura, coloración o textura de los tejidos. A continuación, se describen signos de lesiones en hojas, tallos y raíces que se tuvieron en cuenta en la toma de las muestras:

**Hojas**

1. Manchas necróticas (tejido muerto de color pardo, negro o gris).

2. Clorosis (amarillamiento localizado o generalizado).

3. Enrollamiento (curvatura o enrollamiento en las hojas).

4. Deformaciones, agallas o abultamientos anormales.

5. Marchitez (pérdida parcial o total de la turgencia (presión del agua) en los tejidos vegetales, que provoca que las hojas se vean flácidas, decaídas o dobladas).

6. Manchas, puntos o anillos

7. Áreas traslúcidas, caminos o túneles en las hojas.

8. Presencia de exudados (fumagina), micelio, esporulación, cuerpos fructíferos o telarañas.

***Ilustración 21. Signos de lesión en hojas. A. Mancha necrótica. B. Clorosis. C. Enrollamiento.***




***Ilustración 21.*** Signos de lesión en hojas. A. Mancha necrótica. B. Clorosis. C. Enrollamiento.

**Fuente:** Fotos A y B: (Castaño-Quintana, 2025); Foto C: (Noyes, 2023).

**Fuente:** ***Fotos A y B: (Castaño-Quintana, 2025); Foto C: (Noyes, 2023).***

**Tallos y ramas**

1. Chancros, cancros o grietas en la corteza (lesiones o áreas hundidas, necróticas y agrietadas en la corteza o en el cambium (capa viva debajo de la corteza)).

2. Deformaciones, engrosamientos, agallas.

3. Áreas húmedas, presencia de exudados, olor fétido.

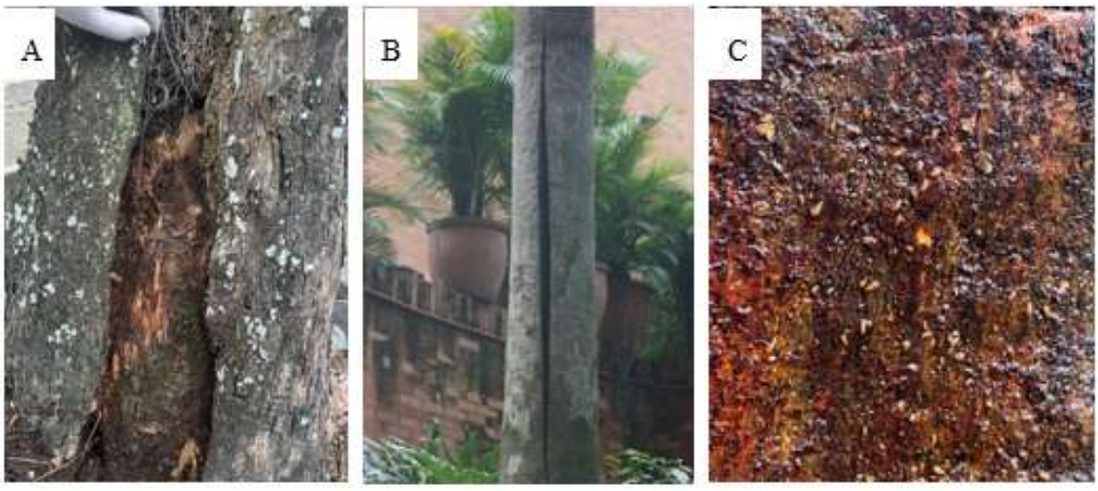
4. Presencia de estructuras fúngicas o decoloraciones internas al hacer cortes transversales.

5. Presencia de perforaciones y agujeros.

6. Desprendimiento de corteza.

7. Manchas oscuras.

***Ilustración 22. Signos de lesión en troncos. A. Chancro, B. Grieta en corteza, C. Exudaciones y olor fétido.***




***Fuente: Elaboración propia, Convenio 0017 de 2025.***

**Raíces**

1. Pudrición, necrosis, decoloración o tejidos blandos y húmedos.

2. Pérdida de turgencia (rigidez, presión del agua) de la planta.

3. Deformaciones, agallas o raíces engrosadas.

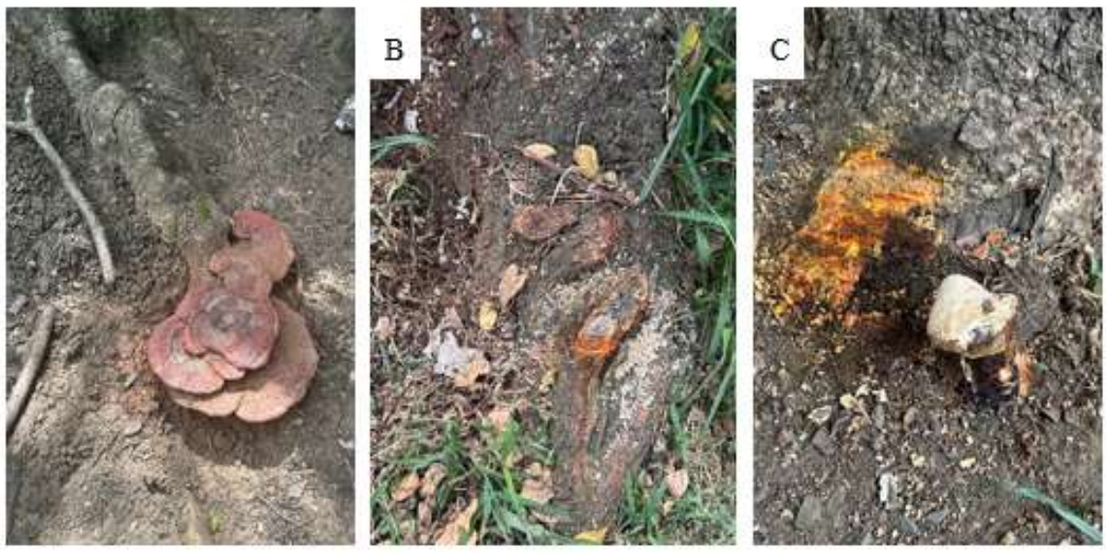
4. Presencia de galerías o túneles.

5. Secreciones viscosas, olor fétido.

6. Coloración anormal del cuellos de la raíz (cambio de color en la base del tronco y raíces principales)

7. Presencia de micelio o estructuras fúngicas en la superficie o al interior.

***Ilustración 23. Signos de lesión en raíces. A. Presencia de hongos. B. Necrosis. C. Humedad y presencia de hongos.***




***Fuente: Elaboración propia, Convenio 0017 de 2025.***

Las muestras se tomaron con base en la presencia de alguno o varios de los síntomas mencionados previamente. Para la toma de muestras se utilizaron guantes limpios para evitar contaminación con agentes externos. Además, los guantes se lavaron con alcohol al 70% entre tomas de muestra para evitar contaminación cruzada entre los árboles.

Cada una de las muestras se dispuso en tarros plásticos limpios, ventilados, y rotulados con identificación del árbol, fecha, tipo y número de muestra. Una vez tomadas las muestras se enviaron inmediatamente al laboratorio Sanoplant, para su posterior procesamiento. En los casos donde no fue posible enviar las muestras el mismo día, se refrigeraron hasta realizar el envío (el cual no demoró más de 24 horas, según el protocolo de muestreo acordado), para evitar la descomposición o contaminación secundaria.

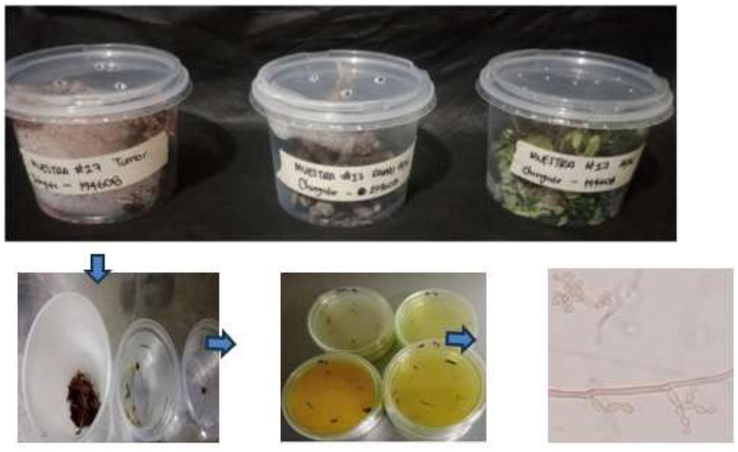
***Ilustración 24. Muestras fitopatológicas tomadas de los árboles evaluados en Cali.***



***Fuente: Elaboración propia, Convenio 0017 de 2025.***

Una vez en el laboratorio, cada una de las muestras fue procesada usando dos métodos, uno de ellos consistió en la identificación de artrópodos y patógenos bajo el estereoscopio, para lo cual se tomó una fracción de la muestra, y el resto del material se sembró en medio de cultivo para aislar e identificar patógenos.

***Ilustración 25. Identificación de patógenos a través de la siembra del material vegetal recolectado en medios de cultivo. A. Muestras de material vegetal colectado en los árboles. B. Fracción del material vegetal para ser sembrado. C. Material vegetal sembrado en medios de cultivo en cajas Petri. D. Identificación del patógeno Cladosporium sp.***



***Fuente: Elaboración propia, Convenio 0017 de 2025.***

**Entomología**

Al igual que en el estudio de fitopatología, se emplearon los mismos individuos arbóreos y se tomaron muestras de hojas, tallos y raíces o parte inferior del árbol. Para la captura de las muestras de los insectos presentes en los árboles, se evitó el uso de trampas atrayentes (colores, olores, feromonas o luz) con el propósito de recolectar únicamente aquellos individuos que ya se encontraban en el árbol, y no atraer insectos externos que en condiciones normales no están presentes en las especies de árboles seleccionados. Esta decisión se tomó para garantizar que la identificación corresponda exclusivamente a la entomofauna asociada a los árboles enfermos.

El protocolo cuenta con dos tipos de muestreos principales, un muestreo activo, en el que se realizó inspección visual y colecta directa de los insectos; y un muestreo pasivo en el que se dejaron instaladas dos trampas donde los insectos caen pasivamente.

**Muestreo activo**

Se observó y revisó por 15 minutos cada árbol. Se inspeccionó el tronco, corteza suelta, cavidades, ramas, hojas, flores y frutos visibles (Ilustración 26).

Además, se utilizó una tela blanca debajo de las ramas y se sacudieron las ramas para revisar la entomofauna de las ramas. Se escogieron las ramas más bajas (las de primer alcance) y se sacudieron entre 3 y 5 veces (Ilustración 27).

También se utilizó una jama o red entomológica que alcanzó tres metros de altura para recolectar insectos a lo largo del árbol. Se realizaron aproximadamente 10 pases de la red por cada árbol (Ilustración 27).

En todos los casos, se recolectaron los individuos con pinzas entomológicas y aspirador, y se almacenaron en frascos con alcohol al 70% para posterior identificación en laboratorio.

***Ilustración 26. Búsqueda activa de insectos en el arbolado de Santiago de Cali.***



***Fuente: Elaboración propia, Convenio 0017 de 2025.***

*Ilustración 27. Sacudida de ramas para captura de insectos y uso de jama para captura de insectos.*



*Fuente: Elaboración propia, Convenio 0017 de 2025.*

**Muestreo pasivo**

Se instalaron dos tipos de trampas pasivas en cada árbol, a tres alturas de acuerdo con el tamaño de cada árbol (alta, media y baja). En total se dispusieron seis trampas por árbol, tres trampas de caída y tres trampas adhesivas. La puesta de las trampas en la parte alta de los árboles se llevó a cabo con personal apto para trabajo en alturas (Ilustración 28).

La trampa pasiva 1 corresponde a una trampa de caída, compuesta por una bolsa con alcohol sujeta al tronco del árbol, en donde por movimiento natural de los insectos, caen a la bolsa con alcohol (Ilustración 29).

La trampa pasiva 2 es una trampa adhesiva compuesta por un plástico de 10 x 10 cm, con pegante “gomín”, que también es sujetado al tronco del árbol, y los insectos quedan atrapados en el pegante cuando caminan sobre él (Ilustración 29).

Los dos tipos de trampas se dejaron 24 horas en cada árbol y luego fueron retiradas.

*Ilustración 28. Puesta de trampas pasivas a tres alturas de cada árbol, con apoyo de personal con certificado de alturas.*



*Fuente: Elaboración propia, Convenio 0017 de 2025.*

*Ilustración 29. Trampas pasivas para captura de insectos. A. Trampa de caída con alcohol. B. Trampa adhesiva con gomín.*




*Fuente: Elaboración propia, Convenio 0017 de 2025.*

**Aproximación a la nutrición vegetal**

La relevancia del análisis del suelo estriba en poder conocer la capacidad del mismo, como medio para que los árboles se desarrollen en un determinado espacio de manera adecuada y sana. También es clave conocer la clasificación de los suelos, dependiendo del resultado total de un elemento o elementos en este análisis.

Según el CIAT, 1993, en su documento "**Manual de análisis de suelos y tejido vegeta**l", los elementos que son extraídos de un análisis químico son llamados "nutrientes disponibles", es decir, que estos elementos nos indican que tan "fértil" es el suelo donde se toma la muestra y de la misma manera poder conocer cuál es la disponibilidad de aquello que los árboles utilizan para su crecimiento. Para el tamaño de la muestra de suelos se tuvo en cuenta los siguientes criterios:

**1. Asociaciones de suelos presenten en el territorio de cada comuna:**

De acuerdo con CVC en el año 2017, en el territorio urbano de Cali se encuentran representadas diez (10) asociaciones, que van desde Limo arcilloso en el pie de monte hasta Limo arenoso en el valle del río Cauca. Las muestras evaluadas se distribuyeron de manera dispersa entre las asociaciones de los suelos mencionados.

**1. La metodología del CIAT (Ver anexo 3).**

Acorde con la propuesta presentada y aprobada por el Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente (DAGMA) y la metodología del CIAT, el día 10 de julio el equipo técnico con sus respectivos ayudantes procedió con la toma de muestras de suelos en los treinta (30) individuos arbóreos seleccionados para este estudio con signo de enfermedad en la ciudad.

Dichas muestras tuvieron como objetivos:

1. Evaluar las condiciones de los suelos: Para el diagnóstico de la deficiencia o toxicidad de algún elemento presente en él.

2. Acorde al diagnóstico poder evaluar si es causante de algún tipo de enfermedad o síntoma que presenta los individuos arbóreos evaluados.

3. Proponer alternativas de enmienda en el caso de encontrar algún limitante.

Para la toma de muestras se utilizó las siguientes etapas:

**El muestreo:** El cual se realizó alrededor del individuo forestal evaluado a una distancia promedio aproximada de dos metros con un máximo de muestras de cinco huecos. La cual se realizaba con una barra de acero a una misma profundidad (aproximadamente 25 cm.) como se ilustra a continuación:

*Ilustración 30. Toma de muestras para la evaluación de suelos.*



*Fuente: Elaboración propia, Convenio 0017 de 2025.*

**La preparación de las muestras:** Cada una de las muestras tomadas se acopiaron en un cuñete de cinco galones en donde se retiraba la mayor cantidad de residuos que presentaba la muestras y se combinaba hasta que quedara una muestra homogénea. Ésta muestra se empacó en bolsas resellables grandes (25 x 35 cm.) y se rotularon con su respectiva etiqueta.

*Ilustración 31. Preparación de la muestra para la evaluación de suelos.*



*Fuente: Elaboración propia, Convenio 0017 de 2025.*

**Análisis:** Las muestras homogenizadas se trasportaron al laboratorio del CIAT en un término no mayor a 12 horas y fue entregado para su debido análisis; el cual tiene un tiempo de respuesta de 15 días hábiles aproximadamente para cada una de las entregas de suelo realizadas.

## Resultados

### Fitopatología

Dentro de los resultados de fitopatología, se encontraron 50 organismos identificados en 25 morfoespecies entre bacterias y hongos asociados a los árboles evaluados. Los organismos con mayor abundancia fueron hongos, particularmente Cladosporium sp., Fusarium sp., y Cylindrocarpon sp., como se observa en la tabla a continuación:

***Tabla 29. Resultados de la evaluación fitopatológica de los árboles urbanos.***

| NOMBRE COMÚN | NOMBRE CIENTÍFICO | ORGANISMO ENCONTRADO | TAXÓN | ORDEN | PAPEL ECOLÓGICO | ABUND. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Flamboyán** | *Delonix regia* | Erwinia_sp. | Hongo | Enterobacterales | Patógeno | 1 |
| | | Cylindrocarpon_sp. | Hongo | Hypocreales | Saprofito/ Patógeno oportunista | 1 |
| | | Aspergillus_sp | Hongo | Eurotiales | Saprofito/ Patógeno oportunista | 1 |
| | | Fusarium_sp. | Hongo | Hypocreales | Patógeno/ Saprofito/ Endófito | 1 |
| **Gualanday** | *Jacaranda caucana* | Cylindrocarpon_sp. | Hongo | Hypocreales | Saprofito/ Patógeno oportunista | 3 |
| | | Rhizoctonia_sp. | Hongo | Cantharellales | Patógeno/ Saprofito facultativo | 1 |
| | | Aspergillus_sp | Hongo | Eurotiales | Saprofito/ Patógeno oportunista | 1 |
| | | Mucor_sp. | Hongo | Mucorales | Saprofito/ Patógeno oportunista | 2 |
| | | Fusarium_sp. | Hongo | Hypocreales | Patógeno/ Saprofito/ Endófito | 2 |
| | | micelio_esterilia | Hongo | NA | NA | 1 |
| | | Penicillium_sp. | Hongo | Eurotiales | Saprofito/ Patógeno oportunista | 1 |
| | | Diplodia_sp. | Hongo | Botryosphaeriales | Saprofito facultativo/ Patógeno facultativo | 1 |
| | | Curvularia_sp. | Hongo | Pleosporales | Saprofito/ Patógeno oportunista | 1 |
| | | Cladosporium_sp. | Hongo | Capnodiales | Saprofito/ Patógeno oportunista/ Endófito | 5 |

| NOMBRE COMÚN | NOMBRE CIENTÍFICO | ORGANISMO ENCONTRADO | TAXÓN | ORDEN | PAPEL ECOLÓGICO | ABUND. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Flamboyán** | *Delonix regia* | Alternaria_sp. | Hongo | Pleosporales | Saprofito/ Patógeno oportunista/ Endófito | 2 |
| | | Drechslera_sp. | Hongo | Pleosporales | Patógeno/ Saprofito facultativo | 1 |
| | | Cercospora_sp | Hongo | Capnodiales | Patógeno | 1 |
| | | Helmintosporium_sp | Hongo | Pleosporales | Saprofito/ Patógeno oportunista | 1 |
| **Chiminango** | *Pithecellobium dulce* | micelio_esterilia | Hongo | NA | NA | 1 |
| | | Penicillium_sp. | Hongo | Eurotiales | Saprofito/ Patógeno oportunista | 1 |
| **Crispeto** | *Catalpa longissima* | Cylindrocarpon_sp. | Hongo | Hypocreales | Saprofito/ Patógeno oportunista | 1 |
| | | Fusarium_sp. | Hongo | Hypocreales | Patógeno/ Saprofito/ Endófito | 1 |
| | | Diplodia_sp. | Hongo | Botryosphaeriales | Saprofito facultativo/ Patógeno facultativo | 1 |
| | | Cladosporium_sp. | Hongo | Capnodiales | Saprofito/ Patógeno oportunista/ Endófito | 2 |
| | | Cercospora_sp | Hongo | Capnodiales | Patógeno | 1 |
| | | Nigrospora_sp. | Hongo | Trichosphaeriales | Saprofito/ Patógeno oportunista/ Endófito | 1 |
| | | Trichoderma_sp. | Hongo | Hypocreales | Saprofito/ Antagonista/ Endófito | 1 |
| **Pavito** | *Jacaranda copaia* | Diplodia_sp | Hongo | Botryosphaeriales | Saprofito facultativo/ Patógeno facultativo | 2 |

| NOMBRE COMÚN | NOMBRE CIENTÍFICO | ORGANISMO ENCONTRADO | TAXON | ORDEN | PAPEL ECOLÓGICO | ABUND. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Acacia amarilla** | *Senna siamea* | Curvularia_sp. | Hongo | Pleosporales | Saprofito/ Patógeno oportunista | 1 |
| | | Oidium_sp.. | Hongo | Helotiales | Patógeno | 1 |
| | | Cladosporium_sp. | Hongo | Capnodiales | Saprofito/ Patógeno oportunista/ Endófito | 1 |
| | | Alternaria_sp. | Hongo | Pleosporales | Saprofito/ Patógeno oportunista/ Endófito | 1 |
| **Cacao de monte** | *Pithecellobium dulce* | Cladosporium_sp. | Hongo | Capnodiales | Saprofito/ Patógeno oportunista/ Endófito | 1 |
| | | Moniliophthora_ roreri | Hongo | Agaricales | Patógeno | 1 |
| **Samán** | *Samanea saman* | Fusarium_sp. | Hongo | Hypocreales | Patógeno/ Saprofito/ Endófito | 1 |
| | | Ganoderma_sp. | Hongo | Polyporales | Saprofito/ Patógeno | 1 |
| **Chingalé** | *Jacaranda copaia* | Fusarium_sp.. | Hongo | Hypocreales | Patógeno/ Saprofito/ Endófito | 1 |
| | | Curvularia_sp. | Hongo | Pleosporales | Saprofito/ Patógeno oportunista | 1 |
| | | Cladosporium_sp. | Hongo | Capnodiales | Saprofito/ oportunista/ Endófito | 2 |
| | | Alternaria_sp.. | Hongo | Pleosporales | Saprofito/ Patógeno oportunista/ Endófito | 1 |
| | | Rhizoctonia_sp. | Hongo | Cantharellales | Patógeno/ Saprofito facultativo | 1 |
| | | Agrobacterium | Bacteria | Hyphomicrobiales | Patógeno facultativo | 1 |
| | | Meliola_sp. | Hongo | Meliolales | Hiperparásito | 1 |
| | | Tetraploa_sp. | Hongo | Teloschistales | Epifito | 1 |

Dentro de los organismos asociados se encontró que Cladosporium sp., Fusarium sp., y Cylindrocarpon sp., fueron los hongos más abundantes respectivamente asociados a J. caucana, mientras que para J. hesperia fueron Alternaria sp., y Curvalaria sp.

| NOMBRE COMÚN | NOMBRE CIENTÍFICO | ORGANISMO ENCONTRADO | TAXÓN | ORDEN | PAPEL ECOLÓGICO | ABUND. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Ceiba rosada** | *Ceiba speciosa* | Cladosporium_sp.. | Hongo | Capnodiales | Saprofito/ Patógeno oportunista/ Endófito | 1 |
| | | Rhizoctonia_sp... | Hongo | Cantharellales | Patógeno/ Saprofito facultativo | 1 |
| | | Drechslera_sp. | Hongo | Pleosporales | Patógeno/ Saprofito facultativo | 1 |
| | | Nigrospora_sp.. | Hongo | Trichosphaeriales | Saprofito/ Patógeno oportunista/ Endófito | 1 |
| **Ceiba** | *Ceiba pentandra* | Fusarium_sp.. | Hongo | Hypocreales | Saprofito/ Patógeno oportunista/ Endófito | 1 |
| | | Helmintosporium _sp. | Hongo | Pleosporales | Saprofito/ Patógeno oportunista | 1 |

***Fuente: Elaboración propia, Convenio 0017 de 2025.***

Los árboles que presentaron la mayor abundancia de organismos asociados fueron Jacaranda caucana, Jacaranda hesperia y Catalpa longissima. La alta abundancia de organismos asociados a Jacaranda caucana puede no necesariamente reflejar una preferencia biológica, sino que puede estar respondiendo al mayor esfuerzo de muestreo en esta especie. Sin embargo, J. hesperia que contó con solo dos individuos evaluados, mostró una alta abundancia de hongos y bacterias en comparación con los otros árboles evaluados.

***Ilustración 32. Abundancia de hongos y bacterias en los árboles evaluados en Santiago de Cali.***

