



# Manejo de los suelos que sustentan a los árboles urbanos (primera parte)

Por Bryant C. Scharenbroch, E. Thomas Smiley y Wes Kocher

## Objetivos

- Describir técnicas eficaces de muestreo de suelos
- Identificar los parámetros del suelo importantes para evaluar suelos urbanos
- Resumir cómo evaluar los parámetros del suelo
- Comprender los impactos de varios parámetros del suelo en la salud del árbol

Las CEUs para este artículo se aplican al **Arborista Certificado**, al **Especialista en Servicios Públicos**, al **Especialista Municipal**, al **Trabajador de Árboles Especialista en Trepa/Especialista en Elevador Aéreo** y al **Arborista Maestro Certificado (BCMA)** en la categoría de **Práctica**.

## Evaluación del suelo

El suelo debe evaluarse antes de realizar cualquier trabajo de manejo de suelos. El propósito de la *evaluación del suelo* es determinar sus características y las condiciones que pueden limitar el desarrollo de árboles o arbustos. Una vez

determinado lo anterior, se pueden elaborar recomendaciones de manejo para mitigar las condiciones limitantes. La información de la evaluación del suelo y el sitio también se puede utilizar antes de plantar, con el fin de empatar las especies de plantas con las condiciones del sitio.

Las evaluaciones pueden ser procedimientos rápidos en campo o pueden incluir análisis más minuciosos, tanto *in situ* como de laboratorio. Un análisis exhaustivo del suelo puede incluir la caracterización de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Los parámetros clave del suelo que frecuentemente se evalúan incluyen textura, estructura, densidad, agua, materia orgánica, pH, salinidad, nutrientes y actividad microbiana.

## Muestreo de suelos

Las condiciones del suelo pueden variar significativamente dentro de terrenos pequeños aparentemente uniformes. El



El tamaño del árbol y/o del sitio, la variabilidad del suelo y las condiciones que se evalúan deberían guiar su decisión acerca de dónde realizar el muestreo y cuántas muestras recolectar. Las muestras de suelo deben recolectarse de lugares y profundidad(es) dentro del perfil del suelo que proporcionen la información necesaria para emitir recomendaciones.

tamaño del árbol y/o del sitio, la variabilidad del suelo y las condiciones que se están evaluando deberían guiar su decisión sobre dónde realizar el muestreo y cuántas muestras recolectar. Las muestras del suelo deben recolectarse de ubicaciones y profundidad(es) dentro del perfil del suelo que proporcionen la información necesaria para emitir recomendaciones.

### Recolección de muestras de nutrientes del suelo

Las muestras que sirven para analizar los nutrientes del suelo deben recolectarse dentro del área donde se aplicará el fertilizante. Para los árboles individuales y los macizos arbustivos, esta área se encuentra normalmente dentro de la línea de goteo. Antes de plantar zonas más amplias, se pueden recolectar muestras del área más probable para plantación.

Cuando se tomen varias muestras, los sitios de recolección deben seleccionarse al azar dentro del área definida o deben recolectarse siguiendo un patrón de tipo rejilla de modo que la muestra sea representativa de la variabilidad presente en el sitio. En los sitios más amplios, puede ser útil subdividir todo el terreno en segmentos más pequeños que compartan características comunes, como la posición en una pendiente, las especies de plantas o las áreas de manejo.

El muestreo comparativo se utiliza frecuentemente para diagnóstico de problemas de las plantas o del suelo. Es el proceso de tomar muestras en las áreas en las que los árboles tienen un problema y de comparar los resultados con aquellos de las áreas cercanas en las que los árboles no presentan síntomas, no se ven afectados ni alterados. Por ejemplo, si se piensa que las sales están involucradas en la declinación de un árbol, a usted le interesaría conocer los niveles de sal tanto en las zonas afectadas como en las no afectadas.

Puesto que la mayoría de las raíces finas de los árboles y los arbustos están entre las seis y las ocho pulgadas (15 a 20 cm) superiores del suelo, esta profundidad se considera adecuada para el muestreo enfocado al análisis de nutrientes. En áreas en las que las raíces finas crecen a profundidades mayores o menores, se deben recolectar muestras de esas áreas.

El muestreo de los nutrientes del suelo se realiza con una sonda de muestreo de suelos u otra herramienta. Las sondas de muestreo de suelos son tubos de acero, usualmente de  $\frac{3}{4}$  a  $1\frac{1}{4}$  pulgadas (2 a 3 cm) de diámetro, con una punta diseñada para tipos específicos de suelo, un mango, y a veces un apoyapié conectado al tubo para introducir la sonda en el suelo.

### Cuándo recolectar la muestra

El momento oportuno para recolectar la muestra depende en gran medida de las condiciones del sitio y de las propiedades del suelo que se analizarán. En general, las propiedades estables del suelo se pueden evaluar en cualquier época del año. Las propiedades del suelo, como la disponibilidad de nitrógeno inorgánico, cambian rápidamente en respuesta a la humedad y la temperatura, por lo que el muestreo frecuentemente se realiza durante los períodos de disponibilidad pico, como a principios del verano, pero no inmediatamente



Las sondas de muestreo de suelos son tubos de acero, usualmente de  $\frac{3}{4}$  a  $1\frac{1}{4}$  de pulgadas (de 2 a 3 cm) de diámetro, con una punta diseñada para tipos de suelo específicos, un mango, y a veces un apoyapié conectado al tubo para introducir la sonda en el suelo.

después de eventos lluviosos importantes. Si los árboles muestran signos o síntomas de estrés en determinados momentos del año, puede ser útil recolectar muestras durante estos períodos para investigar si el problema del árbol está relacionado con las condiciones del suelo.

### Parámetros de análisis del suelo

Esta sección define e interpreta algunos de los parámetros comunes evaluados durante el análisis del perfil del suelo. Estos parámetros serían usualmente evaluados en suelos de cada profundidad muestreada.

### Textura

La *textura del suelo* se relaciona con el tamaño y la composición de las partículas de suelo individuales. El método





El método en campo más común para determinar la textura del suelo es el “método del tacto”. Esta técnica involucra humedecer y amasar el suelo, hacer un rollo, medir su longitud, y entonces evaluar su aspereza y tersura relativas.

más común en campo para determinar la textura del suelo es el “método del tacto”. Esta técnica involucra humedecer y amasar el suelo, hacer un rollo, medir su longitud, y luego evaluar su aspereza y tersura relativas. El método del tacto es subjetivo. Sin embargo, con práctica y calibración, se pueden realizar evaluaciones precisas con una mínima capacitación o experiencia. Cuando se requiere una evaluación más precisa, la textura del suelo también puede determinarse en un laboratorio.

La mayoría de los árboles urbanos se desarrollarán bien en suelos que tengan porciones balanceadas de arena, limo y arcilla (es decir, francos) porque tienen mejores capacidades de suministro de agua y nutrientes en comparación con los suelos arenosos. Se prefieren los suelos francos bien estructurados que los suelos arcillosos porque tienen un mejor drenaje y tienden a presentar menos problemas relacionados con la compactación. Estas texturas de suelo preferidas tienen un contenido de arcilla inferior al 40 por ciento y un contenido de arena inferior al 80 por ciento.

## Estructura

La *estructura del suelo* es la disposición de las partículas del suelo en grupos mayores llamados agregados. Un suelo con una buena estructura permite que el aire y el agua penetren fácilmente y posibilita el desarrollo de raíces y microorganismos. La pérdida de la estructura del suelo dificulta el crecimiento de las raíces y otras actividades biológicas, y altera el movimiento del agua y el aire hacia el perfil del suelo y a través de este. La destrucción de los agregados del suelo es el primer paso para el desarrollo de una costra y el sellado de la superficie, lo que impide la filtración del agua y aumenta la escorrentía y la erosión.

La estructura del suelo es una de las evaluaciones de la calidad del suelo más rápidas y fáciles, y se puede realizar con una capacitación mínima. La estructura se puede evaluar visualmente en campo para clasificar el tipo de agregado (forma), la clase (tamaño) y el grado (separación y cohesión). En los horizontes superficiales, es preferible la estructura granular que es suelta, se desmorona y es porosa a las estructuras laminares, masivas o en bloque. Los agregados granulares o en bloque que se mantienen estables en agua se consideran ideales para la mayoría de las plantas. La estructura granular es indicativa de un suelo con una porosidad adecuada, materia orgánica y actividad biológica.

La estructura se evalúa mejor excavando suelo de grandes hoyos o fosas. Los taladros y los muestreadores tubulares no son herramientas adecuadas para evaluar la estructura de los suelos debido al volumen limitado de la muestra y a la destrucción de los agregados durante la extracción.

## Densidad y porosidad

El suelo no es una masa sólida. Es una matriz de partículas (arena, limo, arcilla, materia orgánica) con espacios entre ellas llamados poros. Los poros están llenos de aire y agua. La *compactación del suelo* es el proceso de aplicar fuerza a un suelo, lo que aumenta la densidad al disminuir el espacio poroso. Debido al tráfico de vehículos y peatones en las áreas urbanas, la compactación es común y puede limitar el desarrollo de las plantas al reducir la penetración de las raíces, la aireación del suelo y la infiltración del agua.

La *densidad de masa* es el peso del suelo (masa) por una unidad de volumen, usualmente expresada en  $\text{kg/m}^3$  o libras por pies cúbicos de suelo. La *porosidad* es la medida de espacio poroso en el suelo, la cual está inversamente relacionada con la densidad. La densidad de masa del suelo se mide comúnmente extrayendo un cilindro intacto de volumen conocido, para luego secarlo y pesarlo. Dado que los suelos pedregosos o rocosos no se mantienen intactos cuando son retirados de un dispositivo tubular, se debe emplear un método diferente para calcular su densidad. Para evaluar estos suelos, cave un hoyo, determine el volumen del hoyo y calcule el peso seco del material excavado. El volumen del hoyo se obtiene revistiendo y rellenando la cavidad con un volumen conocido de arena, agua, espuma plástica u otro material.

A medida que las plantas crecen, sus raíces deben penetrar en el suelo. Si el suelo es demasiado denso para que las raíces penetren, el crecimiento de la planta puede verse limitado. Para estimar cuánta resistencia están enfrentando las raíces, se puede utilizar una sonda para suelos sólidos o un penetrómetro. La resistencia a la penetración depende mucho de la humedad y la textura, por lo que se debe proceder con cuidado al interpretar las lecturas. Con frecuencia, las lecturas del penetrómetro se toman a lo largo de una línea desde un área que se espera que tenga una alta densidad hasta un área cercana que se espera que tenga una baja densidad (como de un paso peatonal muy utilizado bajo un árbol hasta una cubierta de “mulch” o acolchado). Esto se puede utilizar para determinar dónde está compactado el suelo o dónde recolectar las muestras para analizar la densidad de masa.

Los rangos de la densidad de masa y la resistencia a la penetración que limitan el crecimiento del árbol varían según la textura del suelo. El crecimiento de las raíces en los suelos arenosos se ve limitado a mayores valores de densidad y resistencia que en los suelos arcillosos. En todas las texturas de suelos, los valores de la densidad de masa del suelo inferiores a  $1.4 \text{ Mg/m}^3$  son ideales para la mayoría de los árboles urbanos.

## Agua

Los déficits y los excesos de agua influyen fuertemente en el crecimiento y la supervivencia de los árboles urbanos. El agua y el aire ocupan los poros del suelo y deben equilibrarse para un óptimo crecimiento del árbol. El exceso de agua debido a un mal drenaje, la compactación, la formación de costras superficiales y el riego excesivo son problemas comunes en los suelos urbanos. El movimiento del agua depende de las condiciones de textura, estructura y humedad. El movimiento del agua es más rápido en suelos bien agregados con grandes poros continuos en la superficie.

Conocer el contenido de agua del suelo es útil para identificar las plantas estresadas por el exceso o la falta de agua. La información básica sobre el agua del suelo se puede obtener en campo observando los indicadores físicos. Los déficits de agua se encuentran habitualmente generalizados en los suelos arenosos, en las regiones áridas, durante el establecimiento de árboles, o durante períodos de sequías prolongadas y/o temperaturas inusualmente altas.

A medida que el suelo se aproxima al *punto de marchitez* (el punto en el que la mayoría de las plantas comienza a marchitarse), se vuelve polvoriento y de un color más claro al apretarlo. A medida que el suelo se aproxima a la *capacidad de campo* (el punto en el que el agua gravitacional ha drenado), se vuelve más plástico y deja una impresión lodosa al apretarlo en la mano.

La cantidad de agua presente en el suelo puede medirse de distintas formas.

1. Los medidores eléctricos de humedad determinan la conductividad eléctrica, la cual se relaciona con el



A medida que las plantas crecen, sus raíces deben penetrar el suelo. Si el suelo es demasiado denso para que las raíces puedan penetrar, el crecimiento de la planta puede verse limitado. Para estimar cuánta resistencia enfrentan las raíces, se puede utilizar una sonda para suelos sólidos o un penetrómetro de suelos.



A medida que el suelo se acerca al punto de marchitez (el punto en el cual la mayoría de las plantas comienza a marchitarse), se vuelve polvoriento y de un color más claro al apretarlo (izquierda). A medida que el suelo se aproxima a la capacidad de campo (el punto en el cual el agua gravitacional ha drenado), se vuelve más plástico y deja una impresión lodosa al apretarlo en la mano (derecha).

contenido de agua y sal. Son más precisos que las evaluaciones visuales, son rápidos y relativamente económicos, pero las lecturas son comparables solo con otro suelo con la misma textura y contenido de



sal.

2. El contenido de agua del suelo también puede determinarse comparando el peso del agua con el peso del suelo (medición gravimétrica) pesando una muestra de suelo recolectada, secándola a 221°F (105°C) durante 24 horas, y volviéndola a pesar para determinar la masa de agua perdida.
3. Determinar, habitualmente con un tensiómetro, cuán firmemente se adhiere el agua al suelo (tensión).
4. Determinar cuán rápidamente se mueve el agua hacia adentro y a través del suelo (infiltración y percolación).

Cuando el suelo se satura o se inunda con agua, y hay actividad microbiana en el suelo, se producirá una reducción del oxígeno, lo que conducirá a condiciones anaeróbicas. Los suelos anaeróbicos detienen el desarrollo de las raíces en la mayoría de las especies de árboles y afectan la disponibilidad de nutrientes. Si el suelo tiene una apariencia grisácea o huele a huevo podrido, es posible que haya estado saturado durante un período prolongado de tiempo.

Las tasas de infiltración se pueden evaluar ya sea cavando un agujero o colocando un anillo firmemente en la tierra y midiendo el tiempo que tarda el agua en penetrar el suelo. Utilizando un agujero o un anillo de seis pulgadas (15 cm), añada agua (1 pulgada = 0.5 cuarto o 2.5 cm = 444 ml) y registre la cantidad de tiempo que tarda en infiltrarse en el suelo.

Las tasas de infiltración se utilizan para determinar la tasa de riego adecuada (frecuencia y cantidad), y como base para recomendar otros tratamientos del suelo. Las tasas de riego deben ser inferiores que las tasas de infiltración para evitar la anegación, la escorrentía, el sellado superficial y la degradación de la estructura del suelo. Idealmente, las tasas de infiltración para los suelos del paisaje urbano deberían ser de al menos una pulgada (25 mm) por hora.

## pH

El pH del suelo es la medida de la actividad de los iones de hidrógeno en la solución del suelo. La escala de pH es logarítmica, por lo que cada número entero es diez veces mayor o menor en actividad de los iones de hidrógeno (más básica o ácida) que el valor previo. Por ejemplo, un suelo con pH 4 es 10 veces más ácido que uno con pH 5, pero 1,000 veces más ácido que un suelo neutro (pH 7).

Para mediciones precisas del pH del suelo, es mejor enviar muestras a un laboratorio de pruebas de suelos. El pH del suelo se puede evaluar en campo utilizando un medidor de electrodos de vidrio de tipo bolígrafo y una solución bien mezclada de una parte de agua desionizada por una parte de suelo. También se pueden utilizar sondas de electrodos de metal para pH del suelo, papel tornasol o kits indicadores mixtos para la evaluación en campo del pH del suelo, pero no son muy exactos.

Los suelos alcalinos (pH > 7) son comunes en las áreas

urbanas debido al cemento, los desechos de la construcción y las aguas de riego alcalinas. Los suelos alcalinos también se encuentran en áreas con pocas precipitaciones y en las que los materiales parentales del suelo contienen carbonatos y altas concentraciones de arcilla. Los suelos ácidos son más comunes en terrenos muy intemperizados y lixiviados en regiones tropicales, en suelos que reciben residuos ácidos de la vegetación circundante, en suelos con material parental ácido, en áreas con una alta deposición atmosférica de nitrógeno (lluvia ácida), o en suelos que han recibido aplicaciones continuas de ciertos fertilizantes.

El pH óptimo depende de la especie del árbol. En áreas dentro de la zona templada, un pH ligeramente ácido de 5.5 a 6.5 se considera óptimo para muchas especies de árboles y arbustos. A medida que el pH cae por debajo de 5 o se eleva a aproximadamente 7, algunos nutrientes se vuelven menos disponibles para ser absorbidos por las raíces. Un pH bajo (<5.5) puede provocar deficiencias de calcio (Ca), magnesio (Mg), fósforo (P), o molibdeno (Mo), y quizás excesos de manganeso (Mn), hierro (Fe), aluminio (Al), cobre (Cu), níquel (Ni) y zinc (Zn). Un pH alto (>7.5) puede inmovilizar el Mn, Zn, Fe o Cu, y puede producir un exceso de Mo, arsénico (As) y selenio (Se).

## Nutrientes y contaminantes

Los árboles requieren y adquieren macronutrientes esenciales para las plantas [ fósforo (P), nitrógeno (N) y potasio (K)], nutrientes secundarios [Ca, Mg y azufre (S)] y micronutrientes [Fe, Mn, Zn, Ni, Cu, Mo, boro (B) y cloro (Cl)] del suelo. Las evaluaciones visuales del árbol son un buen primer paso para detectar deficiencias de nutrientes o toxicidades. Los árboles con desequilibrios de nutrientes frecuentemente presentan síntomas, como clorosis, marchitez, enanismo y chamusco de los bordes de las hojas. El patrón de los síntomas de la planta proporciona claves importantes para identificar una deficiencia de nutrientes. Si los síntomas solo están presentes en las hojas más viejas o más bajas, el nutriente problemático probablemente sea móvil (fácilmente translocado), como N, P, K, Mg, Mo o Cl. Los síntomas en las hojas más jóvenes usualmente se asocian a los nutrientes inmóviles, como Ca, S, Fe, Mn, B, Cu o Zn.

Las muestras de suelo y/u hojas deberían tomarse y enviarse al laboratorio para el análisis de nutrientes con el fin de confirmar las deficiencias y toxicidades bajo sospecha. La interpretación de los análisis de nutrientes y las recomendaciones para su remediación a menudo se incluyen en los informes de laboratorio, en particular mediante la solicitud específica y un pago adicional. Sin embargo, a veces estas recomendaciones no se basan en los requerimientos de nutrientes del árbol, por lo que puede ser necesario consultar con un experto para obtener una interpretación más específica. Se proporciona información adicional sobre los nutrientes del suelo y la fertilización en la publicación de la Sociedad Internacional de Arboricultura de 2013 titulada: *Best Management Practices—Tree and Shrub Fertilization* (Las mejores prácticas de manejo – Fertilización de árboles y

arbustos).

La contaminación salina es un problema común para los árboles en suelos urbanos. Las sales en los suelos pueden obstaculizar el crecimiento de la planta dificultándole la absorción de agua del suelo. Los árboles que crecen en suelos afectados por la sal a menudo presentan síntomas que se asemejan al estrés por agua (p. ej., marchitez, manchas foliares, chamusco foliar, caída de hojas y “escoba de bruja”). Las claves visuales de la excesiva salinidad del suelo incluyen costras de sal en la superficie del suelo, pérdida de agregación del suelo, infiltración de agua reducida y estancamiento del agua. Los niveles de sal en el suelo se pueden medir en campo o en un laboratorio con un medidor de conductividad eléctrica. Se recomienda un análisis de laboratorio para determinar la cantidad de sodio y cloro en el suelo, junto con indicadores, como la tasa de adsorción de sodio o el porcentaje de sodio intercambiable.

Las sales del suelo son meteorizadas de minerales primarios o añadidas en fertilizantes, agua de riego u otras remediaciones. La alta salinidad también es común en los suelos costeros debido al rocío salino o al agua subterránea contaminada, y en los suelos urbanos en las regiones templadas en las que se aplican sales descongelantes. Los suelos afectados por la sal también son comunes en las regiones áridas, en las que la acción capilar lleva agua y sales a la superficie y la evaporación elimina el agua, dejando sales en la superficie. Además, los suelos áridos con frecuencia se riegan con agua que tiene un alto contenido de sales.

Los contaminantes también pueden provocar problemas a las plantas. Algunos contaminantes del suelo comunes en el entorno urbano son metales pesados (de vehículos y actividades industriales), contaminantes orgánicos y pesticidas. Evaluar el suelo para detectar la contaminación suele ser muy difícil y costoso. Investigar los usos previos del sitio y entender las condiciones locales que pudieran haber aportado materiales peligrosos al suelo es un buen punto de partida para determinar si es necesario un análisis de contaminación del suelo. Los suelos que se sospecha que contienen niveles tóxicos de contaminantes peligrosos deberían ser evaluados por un científico medioambiental o un especialista en suelos.

### Materia orgánica

La materia orgánica del suelo (MOS) se describe a menudo como el indicador más importante de la calidad del suelo. La materia orgánica del suelo sustenta la salud del árbol y del ecosistema, es dinámica y altamente sensible a las prácticas de manejo. La materia orgánica del suelo incluye todo lo que actualmente vive o vivió alguna vez en el suelo. Deriva de plantas y animales y se encuentra en varios estados de pudrición y descomposición. La descomposición también libera (mineraliza) nutrientes, como N, haciendo que estén disponibles para que el árbol los absorba. La materia orgánica del suelo contiene hasta cuatro veces más agua y nutrientes de fácil disponibilidad que la arcilla, aumenta la resistencia



La materia orgánica del suelo (MOS) se describe a menudo como el indicador más importante de la calidad del suelo. Se puede hacer un cálculo aproximado de la MOS en campo evaluando el color del suelo. En la mayoría de los casos, cuanto más oscuro el suelo, mayor el contenido de MOS.

del suelo a la compactación, alimenta la actividad microbiana, mejora la agregación, amortigua el pH y secuestra los contaminantes. Si la capa superficial del suelo se ha eliminado o degradado, el manejo debería enfocarse en la restauración de la materia orgánica del suelo (MOS) para facilitar la salud y el crecimiento del árbol.

Se puede hacer un cálculo aproximado de la MOS en campo evaluando el color del suelo. En la mayoría de los casos, cuanto más oscuro sea el suelo, mayor será el contenido de MOS. La determinación cuantitativa de la MOS es un análisis estándar realizado por la mayoría de los laboratorios comerciales, y es necesario cuando se requiere una determinación precisa del contenido de materia orgánica. Idealmente, el contenido de MOS de la capa superficial del suelo debería ser del tres al diez por ciento de su peso.

---

*Bryant C. Scharenbroch, Ph.D., preside el laboratorio de Ciencias del Suelo de The Morton Arboretum. E. Thomas Smiley, Ph.D., es un investigador en arboricultura de Bartlett Tree Research Laboratories. Wes Kocher es un gerente de desarrollo educativo de la Sociedad Internacional de Arboricultura.*