



Gestión de los suelos que albergan árboles urbanos (primera parte)

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

Objetivos

- Describir técnicas efectivas para la obtención de muestras de suelos
- Identificar parámetros relevantes a la hora de evaluar suelos urbanos
- Resumir la forma de evaluar los parámetros del suelo
- Comprender la repercusión de algunos parámetros del suelo sobre el arbolado urbano

Los arbolistas certificados, especialistas en servicios públicos, especialistas municipales, trepadores expertos en árboles/especialistas en plataformas elevadoras y los certificados en la categoría BCMA pueden mantener actualizadas sus credenciales mediante el sistema UEC (Unidades de Educación Continua) de la ISA respondiendo a las preguntas de esta unidad.

Evaluación del suelo

El suelo debería evaluarse antes de llevar a cabo cualquier trabajo sobre el mismo. El propósito de dicha *evaluación* es definir las características y las condiciones del suelo que pueden limitar el desarrollo del árbol o el arbusto. Una vez

determinado lo anterior, se pueden desarrollar recomendaciones de gestión para reducir las condiciones limitantes. La información obtenida de la evaluación del suelo y el entorno también se puede utilizar antes de plantar para adecuar las especies de plantas a las condiciones del lugar.

Las evaluaciones pueden basarse en actuaciones rápidas sobre el terreno o pueden incorporar análisis de laboratorio e in situ más minuciosos. Un análisis del suelo exhaustivo ha de incluir la descripción de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Los parámetros fundamentales del suelo que normalmente se evalúan incluyen textura, estructura, densidad, contenido de 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 tamaño del árbol y/o del terreno, la variabilidad del suelo y las



El tamaño del árbol y/o del terreno, la variabilidad del suelo y las características que se están evaluando deberían guiar nuestra decisión sobre dónde realizar el muestreo y cuántas muestras tomar. Las muestras del suelo deberían tomarse de lugares y a profundidad(es) dentro del perfil del suelo que proporcionen la información necesaria para plantear las recomendaciones oportunas.

características que se están evaluando deberían guiar nuestra decisión sobre dónde realizar el muestreo y cuántas muestras tomar. Las muestras del suelo deberían tomarse de lugares y a profundidad(es) dentro del perfil del suelo que proporcionen la información necesaria para plantear las recomendaciones oportunas.

Recolección de muestras de nutrientes del suelo

Al recolectar muestras para analizar los nutrientes del suelo, éstas deberían recogerse dentro del área donde se aplicará el fertilizante. Para los árboles individuales y parterres de arbustos, dicha área se encuentra normalmente dentro de la línea de goteo. Antes de plantar sobre zonas más amplias, se pueden recolectar muestras del terreno sobre el que probablemente se van a realizar las plantaciones.

Cuando se tomen varias muestras, los lugares de recolección deberían seleccionarse al azar dentro del área definida o podrían tomarse siguiendo un patrón en forma de cuadrícula de modo que la muestra sea representativa de la variabilidad presente en el terreno. En los lugares más amplios, puede resultar beneficioso subdividir todo el terreno en parcelas más pequeñas que compartan características comunes, como la orografía, las especies vegetales o áreas de gestión semejantes.

La comparación entre muestras se emplea a menudo para diagnosticar problemas en el suelo o en las plantas. El proceso consiste en tomar muestras de las áreas en las que los árboles tienen un problema y compararlas con aquellos resultados obtenidos de las áreas cercanas en las que los árboles no presentan síntomas, no se ven afectados ni alterados. Por ejemplo, si se piensa que determinadas sales están involucradas en el deterioro de un árbol, interesaría conocer los niveles de sal tanto en los árboles afectados como en los no afectados.

Puesto que la mayoría de las raíces absorbentes de los árboles y arbustos se sitúan entre las seis y las ocho pulgadas (15 a 20 cm) superiores del suelo, esta profundidad se considera adecuada para el muestreo del análisis de nutrientes. En zonas en las que las raíces absorbentes crecen a profundidades mayores o menores de las mencionadas anteriormente, se debería recolectar muestras sobre dichas áreas.

El muestreo de los nutrientes del suelo se realiza con una barrena manual para perforar el suelo o alguna otra herramienta similar. Las barrenas para perforar el suelo son tubos de acero, normalmente de $\frac{3}{4}$ a $1\frac{1}{4}$ de pulgada (2 a 3 cm) de diámetro, con una punta cuyo diseño varía según el tipo de suelo a perforar, una empuñadura, y a veces un reposapié conectado al tubo principal para ayudar a introducir la herramienta en el suelo.

Cuándo tomar la muestra

El momento oportuno para tomar la muestra depende en gran medida de las condiciones del terreno y de las propiedades del suelo que se van a analizar. En general, aquellas propiedades que son más estables en el suelo se pueden evaluar en cualquier época del año. Propiedades del suelo, como la cantidad de nitrógeno inorgánico, cambian rápidamente en respuesta a variaciones de humedad y temperatura, por lo que el muestreo habitualmente se realiza durante los períodos en



Las barrenas para perforar el suelo son tubos de acero, normalmente de $\frac{3}{4}$ a $1\frac{1}{4}$ de pulgada (2 a 3 cm) de diámetro, con una punta cuyo diseño varía según el tipo de suelo a perforar, una empuñadura, y a veces un reposapié conectado al tubo principal para ayudar a introducir la herramienta en el suelo.

los que se registra una mayor presencia de dicho elemento, es decir a principios del verano, aunque no tras lluvias copiosas. Si los árboles muestran signos o síntomas de estrés en determinados momentos del año, puede ser útil tomar 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 comúnmente evaluados durante el análisis del perfil del suelo. Estos parámetros habrían de ser evaluados sobre cada muestra de suelo recogida a partir de cada una de las diferentes profundidades seleccionadas.



El método in situ más común para determinar la textura del suelo es el “método del tacto”. Esta técnica consiste en humedecer y amasar el suelo, elaborar un cilindro, medir su longitud, y entonces evaluar su tendencia a la descomposición o a mantener su tersura.

Textura

La *textura del suelo* tiene que ver con el tamaño y la composición individual de las partículas del mismo. El método más común in situ para determinar la textura del suelo es el “método del tacto”. Esta técnica consiste en humedecer y amasar una pequeña porción de suelo, elaborar un cilindro, medir su longitud, y luego evaluar su tendencia a la descomposición o por el contrario a mantener su tersura. El método del tacto es subjetivo. Sin embargo, con práctica y cierta sensibilidad, se pueden realizar evaluaciones precisas sin necesidad de poseer mucha experiencia. Cuando se requiere una evaluación más precisa, la textura del suelo también puede analizarse en un laboratorio.

La mayoría de los árboles urbanos se desarrollarán bien en suelos que mantienen un equilibrio en sus proporciones de arena, limo y arcilla (es decir, margas) porque poseen una mayor capacidad de abastecimiento de agua y nutrientes en comparación con los suelos arenosos. Los suelos bien estructurados como las margas, son preferibles a los suelos arcillosos porque tienen un mejor drenaje y tienden a presentar menos problemas relacionados con la compactación. Estas texturas

de suelo 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* viene determinada por la unión de las partículas que lo componen en grupos de mayor tamaño llamados agregados. Un suelo con una buena estructura permite que el aire y el agua penetren fácilmente y favorece el desarrollo de raíces así como la actividad microbiana. Microbios. La pérdida de la estructura del suelo dificulta el crecimiento de las raíces y la evolución de otros procesos biológicos, y altera el movimiento del agua y el aire dentro del perfil del suelo y a través de este. La rotura de los agregados tiene como primera consecuencia la compactación y el sellado de la superficie, lo que impide la infiltración y aumenta la escorrentía y la erosión.

La estructura es uno de los parámetros más rápidos y sencillos de analizar a la hora de determinar la calidad del suelo y dicho análisis puede ser llevado a cabo con una preparación mínima. La estructura se puede evaluar visualmente in situ para clasificar el tipo de agregado (forma), la clase (tamaño) y el grado (peculiaridad y cohesión). En los horizontes superficiales, una estructura granular y porosa que se desmenuza fácilmente, es preferible a la que se dispone en bloques sólidos y macizos. Aquellos agregados tanto de tipo poroso como de tipo sólido que permanecen estables en el agua son los considerados ideales para la mayoría de plantas. Una estructura granular es buena indicadora de un suelo con una porosidad, materia orgánica y actividad biológica adecuadas.

La estructura del suelo se evalúa mejor extrayendo la tierra de grandes hoyos. Las barrenas no son herramientas adecuadas para evaluar la estructura debido al volumen limitado de las muestras extraídas y a la destrucción de los agregados durante el proceso.

Densidad y porosidad

El suelo no es una masa sólida. Es una matriz de partículas (arena, limo, arcilla, materia orgánica) con espacios en medio llamados poros. Los poros están llenos de aire y agua. La *compactación del suelo* es el resultado de aplicar una fuerza sobre el mismo mediante la que se aumenta la densidad al disminuir el espacio de los poros. Debido al tráfico de vehículos y peatones en las áreas urbanas, la compactación es frecuente 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 aparente* es el peso del suelo (masa) por unidad de volumen, generalmente expresada en kg/m^3 o libras por pies cúbicos de suelo. La *porosidad* determina el espacio poroso existente en el suelo y es inversamente proporcional a la densidad. La densidad aparente se calcula extrayendo una porción de suelo inalterada que posee un volumen conocido, secando dicho suelo y pesándolo. Dado que los suelos pedregosos o rocosos no se mantienen intactos cuando son retirados de un dispositivo para sacar muestras, se debe emplear un método diferente para calcular su densidad. Para evaluar estos suelos, se ha de cavar un hoyo, determinar el volumen del mismo y calcular el peso en seco del material extraído. El volumen del hoyo se obtiene rellenando la cavidad

con un volumen conocido de arena, agua, espuma plástica u otro material.

A medida que las plantas crecen, sus raíces han de penetrar en el suelo. Si el suelo es demasiado denso como para que las raíces penetren, el crecimiento de la planta puede verse limitado. Para estimar el grado de resistencia al que se enfrentan las raíces en el suelo, se puede usar una barrena maciza u otros dispositivos para medir la compactación. La resistencia del terreno depende en gran medida de la humedad y la textura, por lo que se ha de ser cauto a la hora de interpretar los resultados obtenidos. Normalmente, las pruebas o catas sobre el terreno se llevan a cabo siguiendo una línea recta que parte desde una zona supuestamente compactada hasta otra hipotéticamente de baja densidad (por ejemplo desde un paso o sendero continuamente utilizado por peatones hasta una zona acolchada -mulch-). Así se puede precisar donde el suelo se encuentra compactado o donde se pueden recoger muestras para un análisis de densidad.

Los rangos obtenidos con respecto a la densidad aparente y la resistencia a la penetración varían según la textura del suelo. El crecimiento radicular en suelos arenosos no se verá limitado hasta alcanzar valores de densidad y resistencia del terreno mucho más altos que en suelos arcillosos. Independientemente de la textura y de forma generalizada se puede concretar que valores de densidad aparente del suelo por debajo de $1,4 \text{ Mg/m}^3$ son ideales para la mayoría de árboles urbanos.

Agua

Los déficits y los excesos de agua influyen notablemente en el crecimiento y la supervivencia de los árboles urbanos. Debe existir un equilibrio entre el agua y el aire que ocupan los poros del suelo para un desarrollo óptimo de los árboles. 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 la estructura, textura y condiciones de humedad. Dicho movimiento es más rápido en suelos con una buena disposición de agregados y con grandes estructuras porosas en la superficie.

Conocer el contenido de agua del suelo es útil para identificar las plantas que han resultado estresadas por el exceso o la falta de agua. La información básica sobre el agua del suelo se puede obtener in situ observando ciertos indicadores físicos. Normalmente los déficits de agua son más comunes en suelos arenosos, en regiones áridas, durante el establecimiento de las plantas o durante períodos prolongados de sequía y/o temperaturas muy elevadas.

A medida que el suelo se aproxima al *punto de marchitez* (el punto en el que la mayoría de las plantas comienzan a marchitarse), se vuelve más claro y polvoriento. Conforme el suelo alcanza su *capacidad de campo* (condición en la que el suelo queda tras haberse drenado el agua gravitacional), se vuelve más moldeable y se aproxima al barro cuando se aprieta con las manos.

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



A medida que las plantas crecen, sus raíces han de penetrar el suelo. Si el suelo es demasiado denso como para que las raíces puedan penetrar, el crecimiento de la planta puede verse limitado. Para estimar el grado de resistencia al que se enfrentan las raíces en el suelo, se puede usar una barrena maciza u otros dispositivos para medir la compactación.



A medida que el suelo se acerca al punto de marchitez (el punto en el cual la mayoría de las plantas comienzan a marchitarse), se vuelve más claro y polvoriento (izquierda). Conforme el suelo alcanza su capacidad de campo (condición en la que el suelo queda tras haberse drenado el agua gravitacional), se vuelve más moldeable y se aproxima al barro cuando se aprieta con las manos (derecha).

1. A través de dispositivos que miden la conductividad eléctrica, que guarda relación con el contenido de agua y sal. Se trata de un método rápido, más preciso que una valoración visual y relativamente económico. Pero los resultados obtenidos son comparables solo con otro suelo de iguales condiciones, 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 (medida 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. Empleando un tensiómetro para precisar la capacidad de retención que tiene el suelo con respecto al agua (tensión).
4. Determinando la velocidad a la que el agua se mueve en el interior del suelo (infiltración y percolación).

Cuando un suelo en el que existe actividad microbiana se satura o inunda de agua, disminuye la cantidad de oxígeno y se imponen ciertas condiciones anaeróbicas. Los suelos anaeróbicos reducen el desarrollo de las raíces en la mayoría de los árboles y afectan a la disponibilidad de nutrientes. Si el suelo presenta una apariencia grisácea y desprende olor a podrido, es posible que haya estado saturado durante un período prolongado de tiempo.

La tasa de infiltración se puede obtener cavando un agujero o colocando un anillo o tubo sobre la tierra y calculando el tiempo que tarda el agua en pasar al suelo. Añadir agua (1 pulgada = 0,5 cuartos de galón o 2,5 cm = 444 mL) a un agujero o anillo de seis pulgadas (15 cm), y registrar la cantidad de tiempo que tarda en pasar al suelo.

Las tasas de infiltración se emplean para obtener una tasa de irrigación adecuada (frecuencia y cantidad), y como principio para recomendar otros tratamientos del suelo. Las tasas de irrigación deberían ser inferiores a las tasas de infiltración para evitar la anegación, la escorrentía, la compactación superficial y la degradación de la estructura del suelo. Las tasas de infiltración ideales para los suelos urbanos deberían ser iguales o mayores a una pulgada (25 mm) por hora.

pH

El pH del suelo mide la actividad de los iones de hidrógeno en la solución del suelo. La escala de pH sigue un patrón logarítmico, por lo que cada número entero es diez veces mayor o menor en actividad de iones de hidrógeno (más básico o más ácido) 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 obtener medidas más precisas sobre el pH, es mejor enviar muestras a un laboratorio donde se realicen pruebas de suelos. El pH del suelo se puede obtener in situ utilizando un medidor de electrodos de vidrio de tipo bolígrafo y empleando una solución llevada a cabo mezclando agua desionizada con una porción de suelo. También se pueden emplear sondas de electrodos de metal, papel tornasol u otros instrumentos para la evaluación in situ del pH del suelo, si bien no son muy exactos.

Los suelos alcalinos (pH > 7) son comunes en zonas 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 erosionados y lixiviados en las regiones tropicales, en suelos que albergan materia ácida proveniente de la vegetación circundante, en suelos con material parental ácido, en áreas con una carga atmosférica de nitrógeno alta (lluvia ácida), o en suelos que han recibido aplicaciones continuas de ciertos fertilizantes.

El pH óptimo varía según las diferentes especies. 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 hasta aproximadamente 7, algunos nutrientes se vuelven más difíciles de absorber para las raíces. Un pH bajo (<5.5) puede provocar deficiencias de calcio (Ca), magnesio (Mg), fósforo (P), o molibdeno (Mo), y quizás un exceso 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 producir un exceso de Mo, arsénico (As) y selenio (Se).

Nutrientes y contaminantes

Los árboles necesitan adquirir macronutrientes esenciales [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 presentan habitualmente síntomas, como clorosis, marchitez, distorsión y quemado superficial de los bordes de las hojas. El patrón sintomático de la planta proporciona importantes pistas para identificar una deficiencia de nutrientes. Si los síntomas solo están presentes en las hojas más viejas o más bajas de la copa, el nutriente causante del problema es posiblemente un nutriente que posee una gran movilidad (fácilmente translocado), como N, P, K, Mg, Mo o Cl. Los síntomas en las hojas más jóvenes se asocian normalmente a los nutrientes inmóviles, como Ca, S, Fe, Mn, B, Cu o Zn.

Las muestras de suelo y/u hojas deberían tomarse y enviarse a laboratorios para el análisis de nutrientes y así confirmar deficiencias y toxicidades sospechadas. La interpretación de los análisis de nutrientes y las recomendaciones para corregir los problemas se incluyen de manera frecuente en los informes de laboratorio, sobre todo si así se solicitan y tras el pago de las correspondientes tarifas adicionales. 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. Información adicional sobre nutrientes del suelo y fertilización puede ser encontrada en la publicación de la Sociedad Internacional de Arboricultura de 2013 titulada: *Best Management Practices—Tree and Shrub Fertilization* (Mejores prácticas de manejo – Fertilización de árboles y arbustos).

La contaminación salina es un problema común en árboles sobre suelos urbanos. Las sales pueden obstaculizar el crecimiento de la planta dificultándole la absorción de agua del suelo. Los árboles que crecen en suelos afectados por la sal

frecuentemente exhiben síntomas que se asemejan al estrés hídrico (p. ej., marchitez, oxidación, chamuscado y caída de hojas y “escobas de bruja”). Las claves visuales de un exceso de salinidad incluyen costras de sal en la superficie del suelo, pérdida de la capacidad para formar agregados, infiltración de agua reducida y estancamiento de la misma. Los niveles de sal en el suelo se pueden calcular in situ 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 provienen de la meteorización de minerales primarios o son añadidas a través de fertilizantes, aguas de riego u otras enmiendas. La salinidad elevada también es común en los suelos costeros debido al rocío salino o al agua subterránea contaminada, y en los suelos urbanos de aquellas regiones templadas en las que se aplica sal para descongelar el hielo de las carreteras. Los suelos afectados por la sal también son frecuentes en regiones áridas, en las que debido al efecto producido por la capilaridad el agua y las sales son depositadas en la superficie y mientras que la evaporación elimina el agua, las sales quedan sobre dicha superficie. Además, los suelos áridos con frecuencia se riegan con agua que posee un alto contenido en sales.

Los contaminantes también pueden provocar problemas a las plantas. Algunos contaminantes del suelo comunes en el entorno urbano son los metales pesados (de vehículos y actividades industriales), contaminantes orgánicos y pesticidas. Evaluar el suelo para detectar la contaminación es con frecuencia muy difícil y costoso. Indagar sobre los usos previos del lugar y tener en cuenta las condiciones que podrían haber supuesto la existencia o el aporte de materiales tóxicos al suelo es un buen punto de partida para determinar si es necesario un análisis de contaminación. Los suelos que se sospecha contienen niveles tóxicos de contaminantes peligrosos deberían ser evaluados por un técnico medioambiental o un especialista en suelos.

Materia orgánica

La materia orgánica del suelo (MOS) se describe frecuentemente como el indicador más importante de la calidad del suelo. La materia orgánica del suelo fomenta la buena salud del árbol y del ecosistema, es dinámica y muy sensible a los trabajos de mantenimiento. La materia orgánica del suelo incluye todo lo que actualmente vive o vivió alguna vez en el suelo. Proviene de plantas y animales y se encuentra en varios estados de deterioro 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 del suelo a la compactación, alimenta la actividad microbiana, mejora la agregación, amortigua el pH y retiene el avance de los contaminantes. Si la capa superficial del suelo se ha eliminado o degradado, la gestión debería encaminarse hacia la restauración de la materia orgánica del suelo (MOS)



La materia orgánica del suelo (MOS) es frecuentemente descrita como el indicador más importante de la calidad del suelo. Se puede hacer un cálculo aproximado de la MOS in situ evaluando el color del suelo. En la mayoría de los casos, cuanto más oscuro es el suelo, mayor es el contenido de MOS.

para mejorar la salud y el crecimiento del árbol.

Se puede hacer un cálculo aproximado de la MOS in situ 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 necesaria cuando se requiere una determinación precisa del contenido de materia orgánica. El contenido ideal de MOS de una capa superficial de tierra debería ser del tres al diez por ciento del peso de dicha muestra.

Bryant C. Scharenbroch, Ph.D., preside el laboratorio The Morton Arboretum Soil Science. E. Thomas Smiley, Ph.D., es investigador en arboricultura en Bartlett Tree Research Laboratories. Wes Kocher es gestor de desarrollo educativo de la Sociedad Internacional de Arboricultura.