

Diagnóstico de la capacidad productiva de los suelos y de la disponibilidad de nutrientes para el cultivo de pecán

Silvana I. Torri, María Julia Cabello y Raúl S. Lavado
Cátedra de Fertilidad de Suelos, Facultad de Agronomía, UBA
torri@agro.uba.ar

En las evaluaciones de las condiciones de capacidad de un suelo para producir pecán se distinguen dos etapas. La primera etapa permite tomar la decisión de dedicarlo al cultivo de pecán. La segunda etapa permite determinar la disponibilidad de nutrientes para efectuar la recomendación de fertilización para optimizar los rendimientos (Gutiérrez Boem et al., 2005) y la calidad de la nuez.

Estas dos etapas se conocen como:

- 1- Diagnóstico de la capacidad productiva
- 2- Diagnóstico de la disponibilidad de nutrientes

El estudio del suelo previo a la implantación del cultivo de pecán define no solamente si el suelo es apto o no para realizar este cultivo, sino que permite inferir que cultivar es aconsejable plantar, así como el portainjerto y el manejo cultural que deberá aplicarse para obtener buenos resultados económicos.

Diagnóstico de la capacidad productiva

Esta etapa se realiza en forma previa a la plantación, para determinar la aptitud del suelo para el cultivo de pecán. En esta primera etapa se individualizan las limitantes físicas que determinan la capacidad productiva del suelo. También se evalúa la intensidad y reversibilidad de estas limitantes, jerarquizándolas en orden de importancia y reversibilidad. En caso de que el suelo no presente limitantes que impidan la implantación del cultivo, el paso siguiente consiste en diseñar prácticas de manejo tendientes a la resolución de las limitantes encontradas. Sin este diagnóstico previo, no se pueden sugerir pautas correctas para el futuro manejo, riego o fertilización del cultivo.

El primer conocimiento de los suelos, su aptitud y capacidad productiva, su estado actual de degradación, etc., se obtiene a partir de las cartas de suelos elaboradas por el INTA. Con esta información se elaboraron los mapas de aptitud presentados previamente (Gomez y Cruzate, 2007), aunque éstos están en una escala no apropiada a nivel de lote.

Un elemento que es de gran utilidad a nivel de productor, es el uso de la fotografía aérea, ya que ayuda a demarcar sectores con características similares, lo cual puede ser posteriormente corroborado a campo. Con éstas fotografías, que observadas mediante un instrumento especial permiten apreciar el relieve, es posible deducir un importante conjunto de propiedades del suelo, las cuales se reflejan en superficie, tales como tamaño de partículas, drenaje, acidez o alcalinidad, profundidad y otras propiedades que son deducidas por tonalidades, diseño, colores, formas y contraste de tonos visibles. Actualmente existe una buena base de datos fundamentalmente de toda la Región Chaco-Pampeana, Mesopotámica y áreas más pequeñas del resto del país. De esta manera, la fotointerpretación es una herramienta muy útil, porque disminuye el número de observaciones a campo a realizar.

La tecnología de la fotografía aérea ha sido superada en los últimos años por las imágenes satelitales. Estas poseen alto poder de resolución, y su uso enriquece la interpretación de las fotografías aéreas convencionales. La imagen satelital registra en forma simultánea áreas más amplias que la fotografía aérea y, además, como se pueden obtener secuencias continuas, cada quince días o menos, se hace posible elegir las fechas adecuadas para capturar la información deseada en el momento preciso: antes y después de grandes lluvias, periodos de sequía y de anegamiento, entre otros (INTA, 1999).

Estas dos herramientas tecnológicas se complementan para obtener un panorama cada vez más acotado de la distribución de los suelos, sus características y

problemáticas. Esta información no reemplaza la observación a campo, pero permite orientar los muestreos, optimizando los recursos. El trabajo de campo previo a la plantación evalúa:

Profundidad efectiva

Por tratarse de un cultivo arbóreo perenne, el pecán debe plantarse en suelos profundos. Por lo tanto, un primer paso es conocer la profundidad efectiva del suelo, determinada por las características que impiden o dificultan la penetración de raíces. Todo impedimento al normal desarrollo de las raíces se verá reflejado en la parte aérea del cultivo, originando disminución del crecimiento, y merma en la producción y/o calidad de la nuez. Es importante tener en cuenta que la raíz es un órgano en el cual se almacenan los carbohidratos, nutrientes y se sintetizan hormonas fundamentales para la fisiología del cultivo.

El sistema radical del pecán puede alcanzar, sin limitantes, hasta 10 m de profundidad, aunque casi el 85% del sistema radical con una activa tasa de absorción se encuentra hasta 1,2 metros. Ciertas condiciones, como la textura o la presencia de capas compactadas o cementadas impiden la profundización de raíces. En zonas de riego es frecuente la presencia de una capa freática alta que, aunque sea de naturaleza temporal, crea condiciones anaeróbicas que limitan el desarrollo de las raíces permanentes y pueden originar muerte de plantas.

En la medida en que se incrementa la profundidad efectiva del suelo, aumenta la capacidad de exploración de la raíces, junto con la capacidad de almacenamiento hídrico del suelo. Se ha observado que la tolerancia del cultivo en condiciones de estrés hídrico son mejores en suelos profundos, de textura arenosa, que en suelos arcillosos de poca profundidad efectiva (Hunter y Hammar 1961).

Se recomienda realizar por lo menos dos calicatas por lote para describir la sucesión de horizontes, prestando especial importancia a los cambios texturales,

presencia de compactaciones o capa freática. La distribución de raíces es también indicativa de la presencia de horizontes compactados. Los suelos que poseen capa freática alta, capas impermeables, alto contenido de arcillas no son adecuados para el establecimiento de la especie. Los suelos aptos para el cultivo de pecán deben tener, como mínimo, una profundidad libre de impedancias de más de 2.0 m.

Textura

La proporción de arena, limo y arcilla del suelo conforman diversos grupos o clases texturales, que se determinan mediante el conocido “triángulo textural”. La textura es un factor determinante de la capacidad de retención hídrica y aireación de los suelos. El crecimiento y desarrollo radical varía en función de la textura del suelo. Se observa que las raíces se desarrollan mejor en suelos francos que en suelos de textura fina o gruesa. Los suelos francos presentan una buena permeabilidad, alta capacidad de almacenamiento hídrico y adecuada aireación para el óptimo desarrollo de raíces y el crecimiento del cultivo.

La infiltración de agua en el suelo depende, entre otras cosas, de la distribución de poros. En los suelos arcillosos, la permeabilidad es baja y por consiguiente la aireación es limitada. Estos suelos suelen presentar frecuentemente condiciones de anaerobiosis. Por el contrario, en suelos arenosos, de textura gruesa, el agua drena rápidamente y la aireación es elevada, pero presentan bajos valores de capacidad de retención hídrica, pudiendo originarse estrés hídrico en los cultivos si el suministro de agua no es constante (Sparks, 2005).

Hidromorfismo

Los suelos hidromórficos son desfavorables para el cultivo de pecán. Para ello es importante conocer la posición topográfica, la presencia de capa freática cerca de la superficie y la existencia de vías de escape de agua o redes de escurrimiento natural. Las capas freáticas permanentes se encuentran, generalmente, en zonas

de relieve deprimido donde se acumulan las aguas de escorrentía o percolación de zonas limítrofes más elevadas. Las capas freáticas temporales afectan estacionalmente a los horizontes subsuperficiales menos permeables de suelos localizados en zonas de escasa pendiente y poca escorrentía. Si estas capas aparecen en invierno, cuando los árboles están en reposo, los daños que pueden causar son mínimos, pero si aparecen durante el período vegetativo, los daños pueden ser graves.

Valor de pH

El pH del suelo es indicativo de su acidez o basicidad. El pH está directamente relacionado con la disponibilidad de nutrientes, principalmente micronutrientes y fósforo y la solubilidad de elementos tóxicos como el aluminio o el manganeso. Estos elementos exhiben efectos fitotóxicos cuando el pH es inferior a 5.5, afectando el desarrollo radical. El pH también influye sobre la actividad de los microorganismos del suelo. El pH de un suelo está determinado por numerosos factores como el material parental, la textura y la presencia de sales. Cuando el suelo es sometido a actividades agrícolas, el pH original puede ser modificado mediante prácticas como el uso de fertilizantes, la mineralización de la materia orgánica del suelo o el riego. Los suelos presentan una capacidad buffer debido a la presencia de arcillas o materia orgánica, que amortizan los cambios de pH. La capacidad buffer será mayor en aquellos suelos de textura arcillosa con alto contenido de materia orgánica. Sin embargo, los suelos suelen sufrir las consecuencias de la actividad agrícola, por ejemplo acidificándose por acción de fertilizantes de reacción ácida o alcalinizándose por efecto de aguas de riego alcalinas.

El pecán presenta una amplia variabilidad de adaptación, a suelos alcalinos como a suelos ácidos. Tanto es así que crece satisfactoriamente en un rango de pH entre 5 a 8. Sin embargo, la presencia de altos contenidos de carbonato de calcio en el suelo puede provocar fitotoxicidad en las hojas y clorosis férrica, producida

como consecuencia de una deficiencia en hierro, que dificulta el crecimiento normal del cultivo. En esto se subsana mediante fertilizaciones foliares con hierro, aplicación de enmiendas que modifiquen el pH o el uso de fertilizantes con elevado índice de acidez.

Salinidad y Alcalinidad

Las sales solubles se encuentran en todos los suelos. Sin embargo, cuando su concentración es muy elevada pueden causar daños importantes. Estudios realizados en Texas (EEUU) indican que el cultivo de pecán es sensible a la salinidad. Valores de CE mayores a 2.5 dS/m (valor límite de tolerancia, VLT) producen una disminución del diámetro del tronco, del orden de 12% por unidad de incremento de CE (Figueroa Viramontes et al., 2002). En nuestro país, los problemas de salinidad serán críticos cuando el cultivo se expanda a áreas con clima árido y semiárido, con riego permanente, donde es común el uso de agua de riego de mala calidad. En zonas húmedas, donde el cultivo se desarrolla actualmente, la salinidad es un problema menor.

La alcalinidad de los suelos, originada por un exceso de sodio provoca la dispersión de las partículas de arcilla. De esta manera, las partículas de suelo que se encuentran unidas formando pequeños agregados se desagregan, tornándose en estructuras tipo laminar. La pérdida de estructura afecta la infiltración de agua en el suelo. Este es común en suelos sódicos en regiones bajo riego.

Considerando que la capacidad productiva de suelo es adecuada, el segundo paso lo constituye la evaluación de la capacidad del suelo para aportar nutrientes al cultivo de pecán.

Diagnóstico de la disponibilidad de nutrientes

La segunda etapa, el diagnóstico de la disponibilidad de nutrientes, se efectúa luego de la implantación del cultivo de pecán. El diagnóstico de la disponibilidad de nutrientes, específico para cada cultivo, permite identificar el o los nutrientes limitantes en el suelo. Para subsanar la baja disponibilidad de nutrientes, se recurre al agregado de nutrientes a través del uso de fertilizantes.

El diagnóstico nutricional conduce al programa de fertilización. Todo agregado de nutrientes al suelo, en forma directa, mediante fertirriego o en forma foliar debe estar fundamentado en un diagnóstico objetivo. Para ello se cuenta con distintas herramientas de diagnóstico, que abarcan desde la simple observación o conocimiento del monte, como crecimiento, vigor, producción y calidad de la nuez hasta la información más detallada que se obtiene de los análisis de suelo o foliares. Cada una de estas herramientas de diagnóstico cumple un rol importante en la determinación del estado nutricional del cultivo, y deben utilizarse en forma conjunta. De esta forma se potencia la capacidad de diagnóstico de cada herramienta y se enriquece el diagnóstico final.

Observación del monte

En esta etapa se observa el estado general del cultivo, el crecimiento de los brotes, grosor, largo, y la intensidad de color verde de las hojas. También es importante observar la biomasa y el área foliar. El vigor es una guía clásica para establecer el buen estado de la nutrición nitrogenada del cultivo. Igualmente, la producción y calidad de la nuez son indicadores del buen estado del cultivo. Un bajo número de nueces puede indicar un contenido inadecuado de nitrógeno para sostener el crecimiento del fruto. Si la planta no posee el vigor necesario, los causales pueden ser de manejo o una baja provisión de nutrientes en el suelo, orientando el diagnóstico. Este diagnóstico previo debe ser confirmado mediante análisis foliar o de suelos.

Sintomatología visual

Lo más atractivo del diagnóstico visual es el hecho de poder identificar alguna deficiencia. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que la observación visual es orientativa y no reemplaza los análisis de suelo o foliares. Si el problema es la deficiencia de un solo elemento, es posible establecer un diagnóstico preciso sólo con la sintomatología. El conocimiento del monte juega aquí un rol fundamental, ya que puede tratarse de un nutriente que se sabe de antemano que podría encontrarse en niveles deficientes, por ejemplo cinc (Fig. 1).

Algunos síntomas de deficiencia tienen características relativamente similares, o, en muchos casos, los síntomas de deficiencia de varios nutrientes se superponen, o bien se confunden entre sí en ciertos estados de desarrollo. Por otro lado, es probable confundir síntomas de deficiencia nutricional con problemas de toxicidad, estrés o exceso hídrico, enfermedades, etc. Cuando en el agua de riego se encuentran concentraciones superiores a 1000 ppm de sales totales disueltas, más de 300 ppm de cloruros o más de 0.5 ppm de boro, pueden producir necrosis foliar y algún grado de defoliación, especialmente durante el verano. Por lo tanto, es necesario que las observaciones realizadas a través de la sintomatología visual se confirmen posteriormente a través del análisis foliar.

Por lo general, los síntomas de deficiencia se observan en montes no fertilizados, o fertilizados sin un previo diagnóstico nutricional. El antagonismo entre nutrientes se presenta cuando uno de ellos está en niveles cercanos a la deficiencia. En esta situación, se puede producir una deficiencia inducida. La aparición de síntomas de deficiencia en el cultivo indica la existencia de severos desequilibrios nutricionales, nunca una carencia leve o moderada. Por lo tanto, los síntomas visuales representan la última etapa de la deficiencia, con una marcada disminución de rendimiento y calidad (Mills and Benton Jones, 1996)



Fig. 1. Hojas deficientes en cinc, en etapa de vivero

Disponibilidad de nutrientes

El principio fundamental del diagnóstico de la disponibilidad de nutrientes es que existe una relación entre la concentración y el contenido de nutrientes en el suelo o en la planta y su productividad. Esta relación entre productividad y contenido de nutrientes en el suelo o la planta sólo se cumple cuando todos los otros factores de producción se encuentran en un nivel adecuado.

Análisis de suelos. El análisis del suelo es una herramienta que se utiliza para la elaboración de una recomendación de fertilización, ya que permite cuantificar la oferta de nutrientes del suelo. El análisis de suelos también permite evaluar periódicamente los niveles de fertilidad y estabilizarlos en el largo plazo, monitorear otras propiedades del suelo como pH, CE, y determinar la condición específica del suelo que puede ser mejorada por el agregado de enmiendas.

El análisis de suelos complementa el análisis foliar. Por ejemplo, éste puede indicar un bajo nivel de nutrientes y el análisis de suelo permite confirmar o

descartar la causa del problema. Si se establece que los niveles de nutrientes en el suelo son adecuados y no son la causa del problema nutricional observado, se debe considerar el efecto temperatura, compactación, exceso hídrico, estrés hídrico, patógenos, malezas, etc. Estos factores pueden afectar la absorción de nutrientes e inducir el problema nutricional. En estos casos, es necesario observar el sistema de riego o drenaje, o determinar la presencia de horizontes compactados generados por el sistema de manejo. Cuando la causa del problema nutricional se debe a factores ambientales, la recomendación es tratar de eliminar la causa original de la condición, en vez de tratar el síntoma. La recomendación puede ser tecnificar un riego ineficiente, que produce exceso o estrés hídrico, desarrollar un programa de drenaje, control de malezas, eliminar enfermedades o ataques de nemátodos.

El análisis de suelos también puede utilizarse para monitorear ciertas propiedades luego de varios años de aplicación de un programa de fertilización. Por ejemplo, la aplicación continua de fósforo puede incrementar la disponibilidad de este nutriente en el suelo y, por lo tanto, podría reformularse la dosis del nutriente en posteriores programas de fertilización. La determinación del pH del suelo a lo largo del tiempo, puede ser un índice útil para establecer si el uso de fertilizantes amoniacales produjo acidificación del suelo. En zonas bajo riego se deberá evaluar en forma periódica el pH, y otros parámetros relacionados con la alcalinidad, así como la salinidad (conductividad eléctrica). Estos parámetros permitirán evaluar en que medida el agua de riego tiende a la acumulación de sales y sodio en el suelo. Como una regla general se recomienda realizar análisis de suelos por lo menos cada tres años (Petersen y Calvin, 1986)

El análisis de suelo, sin embargo, presenta dos desventajas. Una de ellas es que no tiene en cuenta los nutrientes que se encuentran en los tejidos de reserva del cultivo, y que serán utilizados en la brotación de la temporada siguiente. La segunda desventaja radica en la profundidad de toma de muestra. Habitualmente,

el muestreo se realiza de 0-20 cm de profundidad. Sin embargo, el sistema radical del pecán efectúa una exploración más profunda del perfil del suelo. Por lo tanto, las raíces pueden absorber nutrientes desde mayores profundidades. Este es el caso del nitrógeno, que es sumamente móvil en el suelo, pudiendo movilizarse por debajo de la zona de muestreo de suelos. En este caso, el análisis de suelos presenta poca utilidad, y se utiliza el análisis foliar. El análisis de suelos es mucho más útil en el caso de nutrientes inmóviles, como el fósforo (Tabla 1) y, en ciertas circunstancias, potasio (Tabla 2)

Tabla 1.- Rango y nivel de fósforo, según Bray & Kurtz (ppm)

Fósforo Kurtz y Bray	Rango	Categoría
Extracción con solución de NH ₄ F 0,03N y HCl 0,025 N	<10	Bajo
	10-20	Medio
	>20	Alto

Tabla 2.- Rango y niveles de potasio (en dos formas de expresión)

Potasio Extractable	Rango (mg/kg)	Rango (meq/100g)	Categoría
Acetato de Amonio	Menor o igual a 50	Menor o igual a 0,12	muy bajo
	50,1-100	0,13-0,25	bajo
	100,1-180	0,26-0,51	medio
	180,1-250	0,52-0,64	alto
	igual o mayor a 250	igual o mayor a 0,65	muy alto

Análisis Foliar: La fertilidad de los suelos se puede evaluar en forma indirecta a través del tejido vegetal, normalmente las hojas. Mientras que en el análisis del suelo se utiliza un extractante químico para evaluar la disponibilidad de un nutriente, en el análisis foliar es el propio cultivo el que actúa como extractante, es decir que se evalúa la disponibilidad de un nutriente a través de la cantidad absorbida por el cultivo.

Esta forma indirecta de medir la disponibilidad de nutrientes en el suelo debe ser cuidadosamente interpretada, ya que no todas las concentraciones foliares que se

encuentran por debajo de los valores adecuados significan un bajo suministro del suelo. El análisis de suelos confirmará o no la disponibilidad del nutriente. Si la disponibilidad en el suelo es baja, será necesario incrementar la dosis de fertilización. Si por el contrario, la disponibilidad en el suelo es elevada, esta deficiencia estará asociada a condiciones que limitan la absorción.

Una desventaja que presenta el análisis foliar como metodología de diagnóstico es que no da una recomendación de fertilización, sino que sirve para corroborar si el programa de fertilización aplicado es adecuado o no. La mayor fortaleza de este tipo análisis es que constituye una metodología muy homogénea, y consolidada a nivel mundial en cuanto a estándares nutricionales, época y tejido muestreado. Más detalles se consideran en el capítulo correspondiente.

Muestreo de Suelos

El principal objetivo del muestreo es obtener una muestra representativa del lote, sobre la cual dependerá el éxito del diagnóstico posterior. Una muestra representativa es a que mejor refleja las condiciones de fertilidad de un área dada. La metodología básica para el muestreo de suelos fue definida hace más de 50 años y aún sigue en vigencia. Siempre se ha reconocido que los mayores errores se verifican en la toma de muestra más que en el error analítico de los laboratorios (Petersen y Calvin, 1986). La dificultad de obtener una muestra representativa se debe a que el suelo no es un cuerpo homogéneo. Ciertas propiedades, como la disponibilidad de nutrientes, varían en forma horizontal, y a través de los diferentes horizontes del perfil. Dado que es impracticable muestrear el establecimiento completo, se deberán obtener submuestras. La intensidad del muestreo dependerá de cuán variable sea la propiedad que se quiera determinar.

Previo al muestreo, se deberá realizar un relevamiento del lote para diferenciar áreas homogéneas. Si se observan diferencias topográficas, como la presencia de una loma, media loma o un bajo, o diferencias en las características del drenaje,

cambios bruscos en la vegetación o en el color del suelo, se deben muestrear las diferentes áreas por separado (Figura 2). A cada una de estas áreas se la denomina unidad de muestreo. Si estas superficies son tan pequeñas que no pueden ser tratadas por separado, deben ser omitidas en el muestreo. Del mismo modo, si el lote ha recibido distinto manejo en alguna de sus partes, como diferente programa de fertilización, también deberá ser muestreado por separado. Si hay problemas limitantes, es conveniente tomar paralelamente muestras de sectores que no presenten dicha limitante (muestras control) para efectuar una

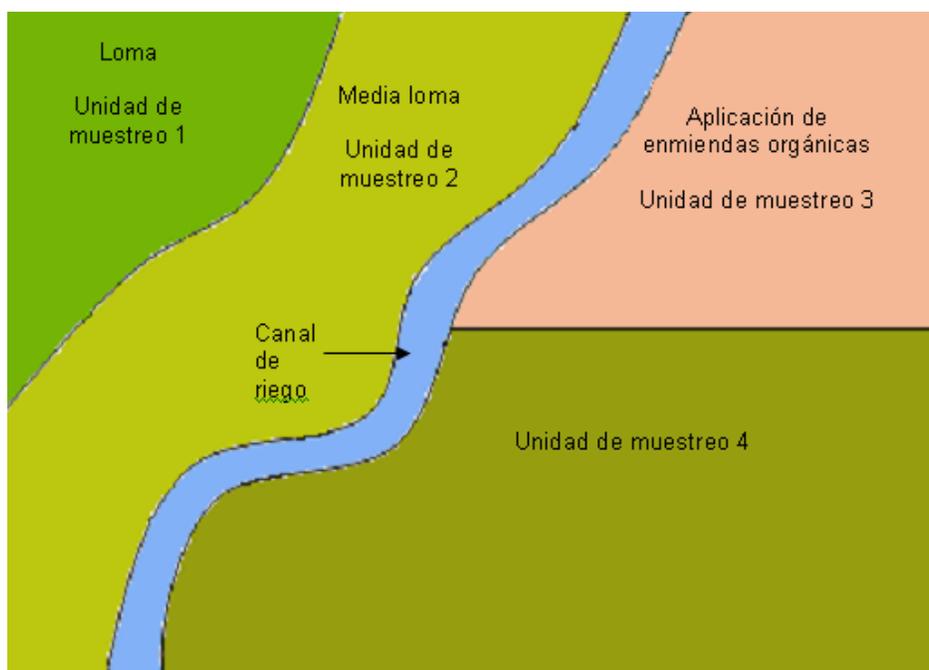


Figura 2. Ejemplo de criterios empleados para diferenciar unidades de muestreo dentro de un lote.

comparación. Hay que tener la precaución de no muestrear áreas cercanas a corrales, aguadas, sectores de carga o descarga de fertilizantes, y dejar una distancia de 50 metros desde los alambrados perimetrales.

Luego de establecer las áreas homogéneas o unidades de muestreo, el siguiente paso consiste en determinar la cantidad de submuestras que deben tomarse en cada unidad, y la ubicación de los sitios de muestreo. No existe un número estándar de submuestras que deban tomarse en cada unidad de muestreo. Según la superficie a muestrear (entre 1 a 4 ha.), se pueden tomar entre 10 y 30 submuestras para conformar la muestra representativa.

Existen diferentes maneras de recorrer el área para ubicar los sitios en donde se tomarán las submuestras, pudiendo utilizarse cualquiera de los siguientes esquemas:

Muestreo aleatorio simple: Es probablemente el más simple de todos (Fig. 3). La selección de las muestras se deja completamente al azar y no hay relación con ninguna variación observada en el suelo. Es un método por el que cada muestra o propiedad del suelo tiene la misma probabilidad de ser tomada y considerada. En un campo homogéneo es un método satisfactorio, pero si existe una gran variabilidad en el suelo es mejor usar otro método. Existen muchos mecanismos para la obtención de la muestra aleatoria, como calculadoras, tabla de números aleatorios, colocación de los números en una bolsa para su posterior extracción. Este tipo de muestreo es recomendable para áreas homogéneas, delimitadas por referencias visibles (Valencia y Hernández 2002).

Muestreo sistemático: este muestreo se efectúa sistemáticamente, a intervalos fijos (Fig. 3). Este tipo de muestreo da resultados más exactos que el muestreo al azar, porque las muestras se distribuyen regularmente en toda la superficie. Sin embargo, si el suelo presenta una variación periódica o sistemática de una propiedad, o si el intervalo entre muestras sucesivas coincide con el ritmo de variación, se obtendrán muestras sesgadas, por lo que antes de proceder a este

tipo de muestreo se recomienda hacer un estudio preliminar para conocer la naturaleza y variabilidad del suelo.

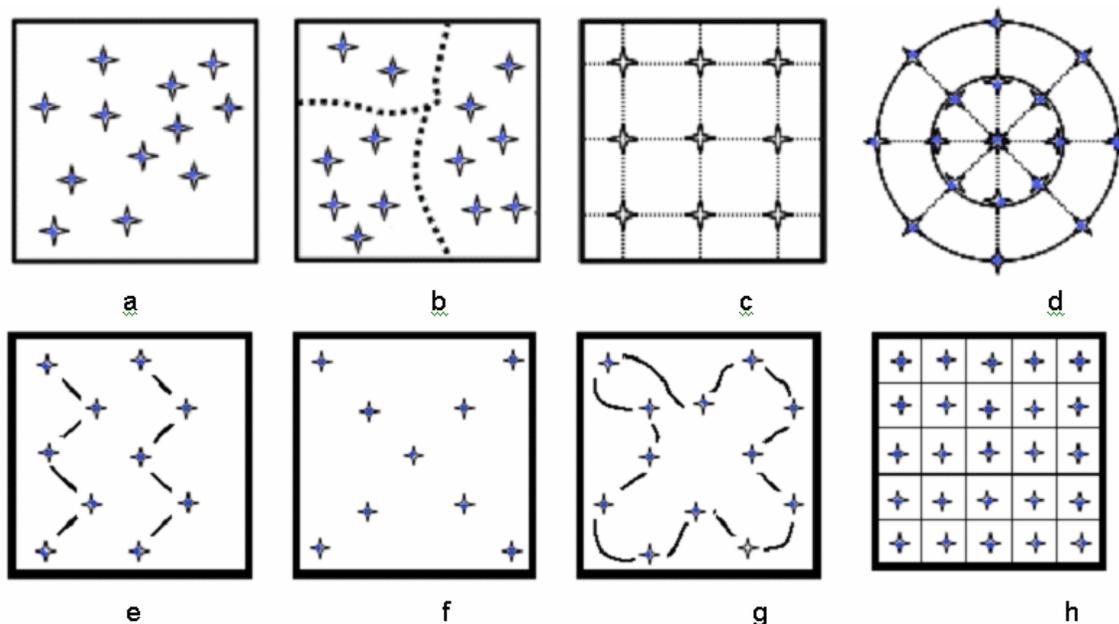


Figura 3. Técnicas de muestreo: a) aleatorio simple; b) aleatorio estratificado; c) sistemático rejilla rectangular; d) sistemático rejilla polar e) zig-zag f) diagonal g) circular h) grilla

En el muestreo sistemático, las muestras se ubican en un patrón regular en toda la zona de estudio; puede realizarse a partir de un punto determinado al azar, a partir del cual se establece cierta distancia para ubicar los demás puntos a distancias uniformes entre sí. Este tipo de muestreo puede realizarse por rejilla rectangular o polar (Figura 3c y 3d). Puede llevarse a cabo en superficies de cualquier tamaño, dado que las muestras pueden ubicarse de acuerdo con las dimensiones y forma del terreno (Valencia y Hernández 2002).

El muestreo sistemático puede también seguir un diseño particular (zig-zag, redondeado, Figura 3e, 3g) o sobre las diagonales que parten de los puntos más

extremos de la parcela, siempre tomando muestras a intervalos regulares usualmente cada 5-6 plantas (Figura 3f). Se deben obtener por separado las muestras de las filas y las entrefilas, tomando las de la fila bajo la proyección de la copa del cultivo, a razón de 2-3 submuestras por planta.

Muestreo en grilla: Es una técnica de muestreo intensiva (Figura 3h). Las muestras son tomadas a intervalos regulares en todas las direcciones, analizándose por separado. Cada muestra provee información acerca de la variabilidad en rangos cortos dentro del lote y aumentan la precisión del programa de fertilización, aunque no siempre el retorno económico derivado de una mejor fertilización alcanza para justificar el costo de este tipo de muestreo. El plan ideal de muestreo debería incluir la menor área posible que el productor pueda tratar como una unidad. Sin embargo, existe un compromiso entre el área mínima deseada para la mejor exactitud y la aceptada por una disminución en los costos de los análisis.

Muestreo estratificado: Se emplea normalmente en áreas heterogéneas. Para ello, se divide el área en partes relativamente homogéneas, a las que se denomina “estratos” y en cada una de ellas se realiza un muestreo sistemático o al azar, tomando un número de muestras proporcional al área que representan respecto al total (Figura 3b)

Materiales e instrumentos para el muestreo

La herramienta más apropiada para el muestreo es el barreno, debido a la uniformidad en la profundidad y el tamaño reducido de las submuestras que se obtienen. Existen distintos tipos de barreno (Figura 4).

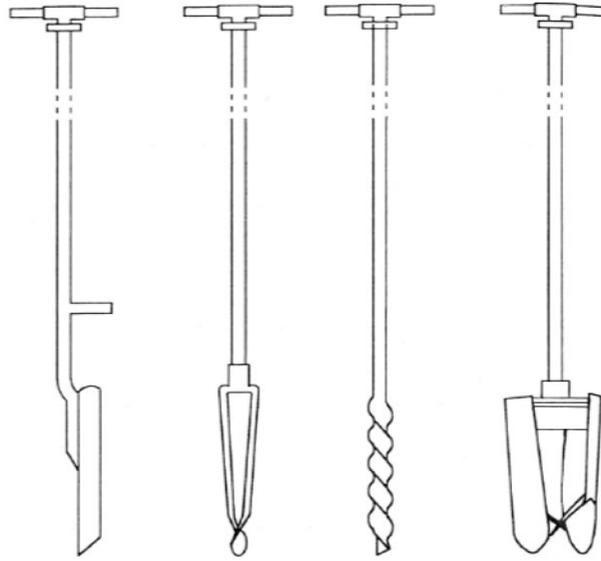


Figura 4: Distintos tipos de barrenos

Si no se cuenta con un barreno, el muestreo puede hacerse con una pala recta, teniendo la precaución de muestrear siempre a la misma profundidad. Para la mayoría de las determinaciones, la profundidad empleada es de 0-20 cm.

En cada punto de muestreo se limpia la superficie del suelo, eliminando la cobertura vegetal, descartando todo lo que sea rastrojo o restos de césped. Si se utilizan barrenos, se introducen hasta la profundidad deseada, colocando las submuestras de suelo en una bolsa grande o un balde. Si se utiliza una pala, se cava la primera palada haciendo un hoyo en forma de V, ese suelo se descarta y se realiza una segunda palada de aprox. 3 cm de grosor, descartando los bordes mediante un corte a cuchillo (Figura 5). Las submuestras de suelo se colocan en una bolsa grande o un balde.

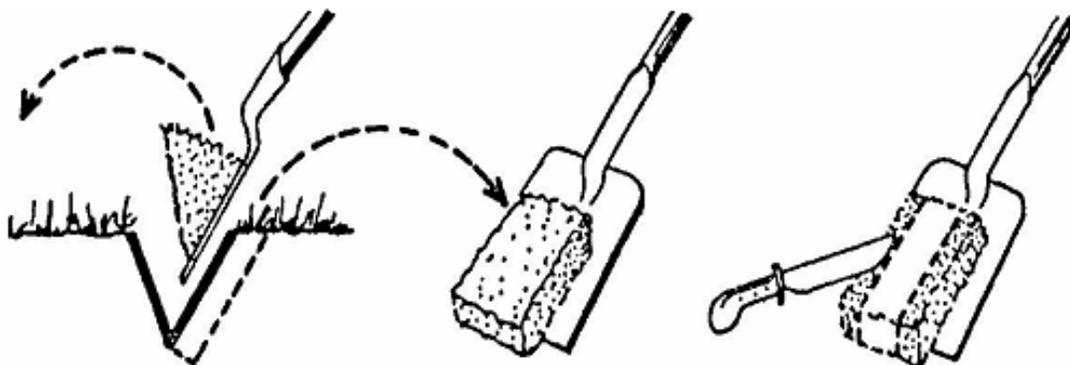


Figura 5: Metodología para la obtención de muestra con pala.

Una vez obtenida la muestra compuesta, se desmenuza sobre un plástico con un cuchillo hasta obtener agregados de aprox. 1 cm. Posteriormente se procede a reducir su tamaño: la muestra compuesta se extiende sobre una lona o plástico limpios, y descartando los dos cuartos en diagonal (Figura 6).

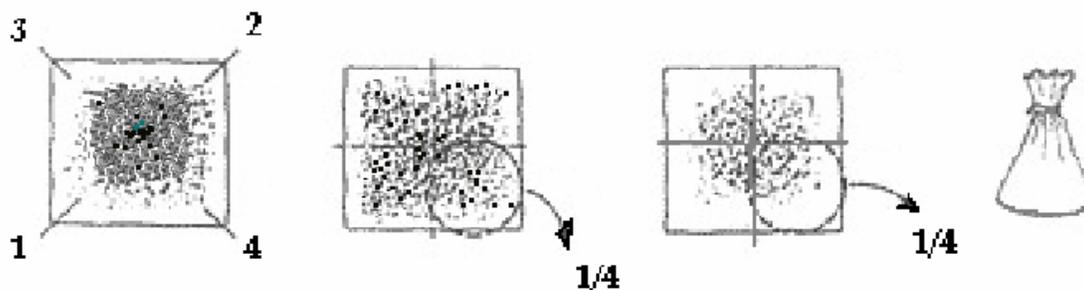


Figura 6: Cuarteo de la muestra de suelo

Se vuelve a mezclar y se repite el cuarteo alternando las diagonales hasta obtener aproximadamente 1 kg de muestra. Se embolsan las muestras en bolsas de plástico grueso o en bolsas de papel especiales para suelos e identifican. Cada bolsa debe ser adecuadamente rotulada con los datos del lote o parcela, incluyendo toda la información relevante. Es conveniente enviar siempre los análisis al mismo laboratorio, para poder comparar los resultados a través del tiempo.

Momento de muestreo

El muestreo del suelo puede efectuarse en cualquier mes del año. Se debe tener la precaución de no tomar muestras hasta que haya transcurrido un mes desde la última aplicación superficial de fertilizantes. Esta precaución no es necesaria en el caso de riego por goteo.

Interpretación de los análisis de suelo.

Cuando los análisis de suelos son utilizados junto con las demás herramientas de diagnóstico, la información que proveen es muy valiosa para el diseño de recomendaciones de fertilización y manejo de nutrientes. Sin embargo, es imprescindible el asesoramiento de un técnico, ya que la persona a cargo del diseño de las recomendaciones debe tener buen entrenamiento y experiencia en interpretar los resultados de los análisis.

En base a los resultados del análisis de suelos, la recomendación de fertilización deberá tener en cuenta los siguientes aspectos:

- El contenido de los nutrientes en el suelo debe mantenerse en niveles que no sean limitantes para el crecimiento y desarrollo del pecán.
- Si la disponibilidad de uno o más nutrientes es baja, se deben aplicar fertilizantes para incrementar su disponibilidad hasta niveles suficientes, y a partir de ese momento monitorear periódicamente los niveles nutricionales.
- Si todos los nutrientes se encuentran en concentraciones cercanas al óptimo, el cultivo utilizará en forma más eficiente todos los recursos, redundando en un máximo beneficio económico.

Conclusiones:

El análisis del suelo previo a la implantación del cultivo de pecán permite determinar los distintos tipos de suelos que pueden presentarse en el establecimiento y conocer su aptitud agrícola. Una vez que el cultivo está implantado, el estudio de los suelos permite determinar el nivel de disponibilidad de nutrientes para poder realizar recomendaciones de fertilización. La toma de muestras es una técnica que requiere atención preferencial.

Bibliografía

- Darwich, N. 2003. Muestreo de suelos para una fertilización precisa. En: II Simposio de Fertilidad y Fertilización en Siembra Directa. XI Congreso Nacional de AAPRESID. Tomo 2. pp 281-289.
- Figuerola Viramontes, U., Medina Morales, M.C. y Chavez González, J.F. 2002. Manejo del suelo. En Tecnología de Producción en Nogal Pecadero. INIFAP. México. 224 p.
- Gomez, L.A. y G.A. Cruzate. 2007. Aptitud de los suelos argentinos para el pecan (*Carya illinoensis*). Producción de pecán en Argentina. V: 1-9.
- Gutiérrez Boem, F.H., Rubio, G., Alvarez. Diagnóstico de la disponibilidad de nutrientes. En Fertilización de cultivos de granos y pasturas (Alvarez, Editor). EFA, Buenos Aires. 174 p.
- Hunter, J.H. y H.L. Hammar. 1961. Effects of different grades and rates of fertilizers applied to 'Schley' pecan trees as influenced by other factors. pp. 29-41. In: Procc. Southeastern Pecan Growers Association. 54th. Annual Convention. Savannah, GA
- INTA. 1999. http://www.inta.gov.ar/info/intainfo/ant/1999/44_octubre_99.htm
- Mills, H.A. and J. Benton Jones, 1996. Plant analysis handbook II. Micro-Macro Publ, Athens, GA.
- Petersen R. and L. Calvin. 1986. Sampling. En: A. Klute (ed). Methods of Soil Analysis, Part I 2nd Ed. Agronomy. 9 (I): 33-51.
- Sparks, D. 2005. Adaptability of pecan as a species. HortScience: 40: 1175-1189.
- Valencia ICE, Hernández BA. 2002. Muestreo de suelos preparación de muestras y guía de campo. 1a. ed. Universidad Autónoma de México. 111 p.