INFORMACIONES AGRONOMICAS

INVESTIGACION INPOFOS K P EDUCACION

INSTITUTO DE LA POTASA Y EL FOSFORO
POTASH AND PHOSPHATE INSTITUTE

Nº 28 ● JULIO 1997

EL FOSFORO REDUCE LA HUMEDAD DEL GRANO Y MEJORA LA RENTABILIDAD DEL MAIZ

Kevin Dhuyvetter y Alan Schlegel*

La fertilización con fósforo (P) ofrece múltiples beneficios a la producción de maíz incluyendo rendimientos altos, madurez temprana, bajo nivel de humedad del grano al momento de la cosecha y mayor rentabilidad. Este artículo reporta resultados recientes de investigaciones conducidas en Kansas, Estados Unidos de América.

La fertilización con P es esencial para obtener máxima producción y altas ganancias en maíz con riego en la región oeste de Kansas. Las plantas de maíz deficientes en P producen menores rendimientos y maduran más tarde que las plantas que reciben niveles adecuados de P. Con frecuencia, el rol del P en la madurez del cultivo se pasa por alto al analizar los beneficios económicos de este nutriente.

Estudios a largo plazo con nitrógeno (N) y P indican que la dosis óptima de N para maíz con riego es de 180 kg/N/ha, **Figura 1**. Durante los últimos 6 años (1988-1993) la aplicación de P (45 kg P_2O_5/ha) ha aumentado los rendimientos de grano en 5000 kg/ha por año.

El P es esencial para el desarrollo de la semilla y para acelerar la madurez del cultivo. En este estudio el maíz se cosechó antes de que se secara por completo en el campo. Una cosecha temprana reduce el potencial de pérdidas ocasionadas por acame de las plantas y por condiciones ambientales adversas. La **Figura 2** muestra como las aplicaciones de P redujeron significativamente la humedad del grano. Con la dosis óptima de N, la humedad del grano se redujo de 27% sin aplicación de fertilizante fosfatado a 22% con P.

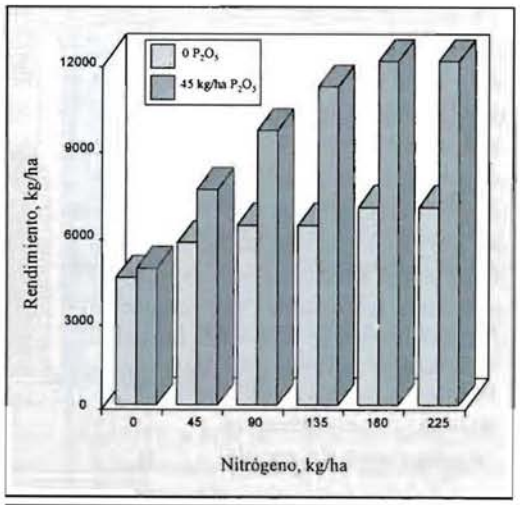


Figura 1. Efecto de la interacción N x P en el rendimiento de grano del maíz.

El secado artificial del maíz es caro. El costo estimado del secado de cada tratamiento se calculó utilizando el servicio de una secadora que cobró 0.79 dólares/ton por cada uno por ciento de humedad por encima

*Dhuyvetter, K., and A. Schlegel. 1994. Phosphorus reduces grain moisture and improves corn profitability. Better Crops with Plant Food. 78(2):10-11.

CONTENIDO

	Página
El fósforo reduce la humedad del grano y mejora la rentabilidad del maíz	1
El análisis de suelo como herramienta para monitorizar posibles problemas ambientales	3
La reforestación con coníferas y sus efectos sobre la acidificación, podsolización y pérdida de fertilidad de los suelos	6
Nueva Publicación "Manual Internacional de Fertilidad de Suelos"	13
Reporte de Investigación Reciente	14
Cursos y Simposios	15
Publicaciones de INPOFOS	16

Editado por: Dr. José Espinosa

de 15.5. La adición de P redujo el costo del secado un promedio de 3.9 dólares/ton **(Figura 3)**. Con la dosis óptima de N y sin P, el costo del secado fue de 9.4 dólares/ton comparado con 5.5 dólares/ton con fertilizante fosfatado.

Los beneficios económicos que resultan del uso de fertilizante fosfatado se calcularon como la diferencia entre el ingreso neto a cada nivel de aplicación de N, con y sin aplicación de P. El ingreso neto se calculó como el ingreso bruto menos el costo del secado y de los fertilizantes. Como se muestra en la **Figura 4**, los beneficios económicos del P variaron con el precio del maíz, oscilado desde 309 dólares/ha, con el maíz a 68.8 dólares/ton, hasta 494 dólares/ha con el maíz a 108.2 dólares/ton.

El beneficio económico de la aplicación de fertilizantes fosfatados es doble ya que aumenta los rendimientos y baja los costos del secado.

El P aumentó los rendimientos del grano en 5000 kg/ha y redujo los costos del secado en 3.9 dólares/ton. Tomando como base un precio de maíz de 88.5 dólares/ton, la fertilización con P aumentó los ingresos netos unos 420 dólares/ha.

Además de los beneficios económicos directos de los fertilizantes fosfatados existen también otros beneficios adicionales, como resultado de la rápida maduración del maíz, tales como oportunidad de ciertas operaciones de campo para el siguiente cultivo, menor acame de las plantas en el campo y mayor flexibilidad en el mercadeo. Es importante no pasar por alto todos los beneficios del uso de P.♠

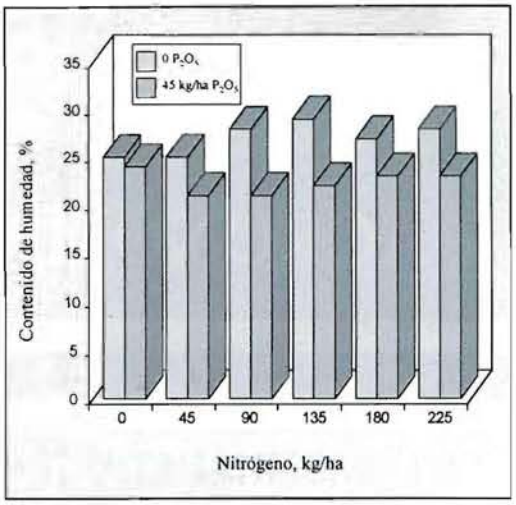


Figura 2. Efecto del P en la humedad del grano al momento de la cosecha.

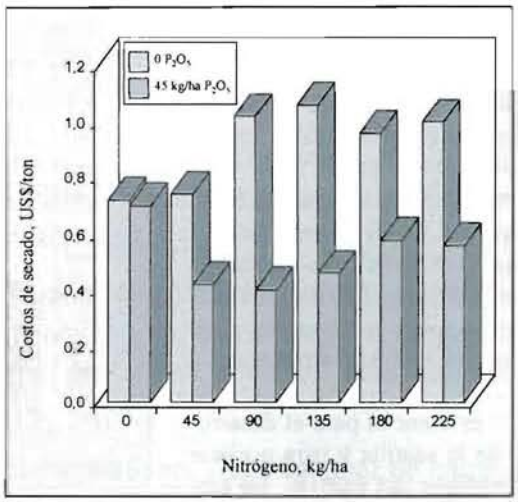


Figura 3. Efecto del P en los costos de secado del grano.

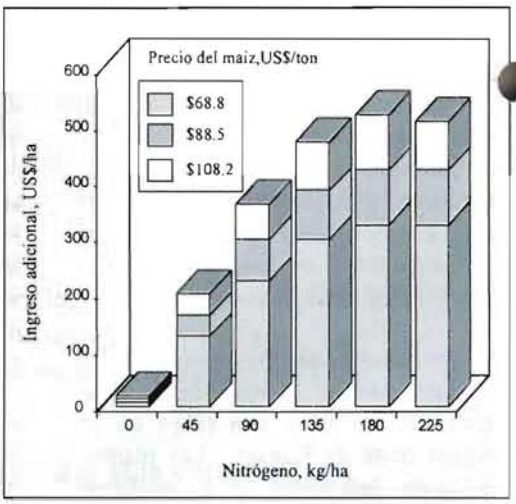


Figura 4. Efecto del N x P en el retorno económico del cultivo del maíz.

Foto 1. Sin una aplicación adecuada de P la madurez de la planta se retrasa considerablemente. Esta fotografía muestra que el maíz con deficiencia de P conserva sus hojas, tallos y hojas de la mazorca de color verde.

Foto 2. Cuando la aplicación de P es adecuada el maíz puede madurar 7 a 10 días más temprano. Se puede observar en la fotografía que con la aplicación de P las hojas de la mazorca ya se han tornado cafés y el secado de la planta está avanzado.

EL ANALISIS DE SUELO COMO HERRAMIENTA PARA MONITORIZAR POSIBLES PROBLEMAS AMBIENTALES

James Beaton*

Introducción

Los procedimientos químicos usados para medir la capacidad que tiene el suelo para suplir nutrientes o para determinar el estado nutricional del suelo se conocen comúnmente como análisis de suelos. El principal objetivo del análisis de suelos es el de ayudar a predecir las cantidades de nutrientes que las plantas necesitan para complementar el suplemento de las reservas naturales en el suelo y así lograr una producción satisfactoria del cultivo.

Se conoce que el análisis de suelo también es un buen medio para monitorizar el destino de los nutrientes aplicados al suelo como fertilizantes, sean estos minerales o materiales orgánicos como de residuos de corral, desechos humanos, compost, leguminosas y otros cultivos de cobertura. Por esta razón se promueve entre los agricultores el uso continuo del análisis de suelo como una práctica adecuada de manejo de los cultivos (PAM). Mediante el análisis de suelo, los agricultores y los técnicos pueden determinar si es necesario añadir nutrientes y si los nutrientes aplicados mejoran la fertilidad del suelo del lote tratado o si los nutrientes añadidos se pierden de la zona radicular.

Los objetivos de este artículo son:

a) Discutir los nutrientes a menudo asociados con los riesgos ambientales.
b) Revisar los aspectos importantes de obtener muestras de suelo representativas.
c) Proveer de información sobre recientes avances en los métodos de análisis de suelo.

Los nutrientes de la planta y el ambiente

El nitrógeno (N) y el fósforo (P) son los nutrientes contenidos en los fertilizantes bajo sospecha de estar involucrados en problemas ambientales.

Nitrógeno

El ion nitrato (NO_3^-), que es altamente móvil, puede lixiviarse del suelo a aguas profundas o puede llegar a cuerpos de aguas superficiales. A pesar de que el P es menos móvil y puede ser retenido fuertemente en el suelo, puede ser acarreado a los cuerpos de agua superficiales por medio de la erosión.

La insuficiencia de N es un problema universal de manejo de la fertilidad del suelo y la aplicación de N es una necesidad para que los cultivos crezcan satisfactoriamente. El NO_3^- es normalmente la forma de N que domina en suelos bien drenados. Generalmente está presente en concentraciones más altas que amonio (NH_4^+) y se mueve libremente en la solución del suelo.

Algo del NH_4^+, que es atraído electroestáticamente a los coloides que están cargados negativamente (menos móvil), siempre está presente en el suelo. El NH_4^+ es la principal forma de N inorgánico bajo condiciones de mal drenaje y es importante en la producción de arroz de inundación.

Existe creciente evidencia que demuestra que el crecimiento de las plantas a menudo mejora cuando son nutridas con una combinación de NO_3^- y NH_4^+ y no exclusivamente con una de las dos formas de N. Aparentemente los beneficios de NH_4^+ tienen relación con la etapa de crecimiento de cultivo.

El análisis de suelo para monitorizar el impacto de la fertilización con N en el ambiente debe obviamente considerar las dos formas inorgánicas de N y su comportamiento y propiedades únicas en el suelo.

Los lotes ubicados en zonas altas son reconocidos como importantes fuentes de N, así como de P. Los resultados de varias investigaciones que han estudiado el movimiento de N saliendo de zonas altas cultivadas y pastizales se presentan en la **Figura 1**. Las pérdidas de N por lixiviación de los pastizales son generalmente mucho menores que de las zonas altas cultivadas, en gran parte debido probablemente a una absorción más continua de N durante todo el año. Además, la cobertura activa de las plantas en los pastizales consume la humedad del suelo y así reduce la cantidad de agua que está sujeta a percolación.

Del 10 a más del 50% del fertilizante nitrogenado añadido se lixivió de las tierras arables altas, mientras que mucho menos, de 0 a 20%, fue removido de los pastizales por lixiviación **(Figura 1).** La magnitud de estas pérdidas depende del tipo del suelo (particularmente la textura), la cantidad y frecuencia de las precipitaciones y la magnitud de la percolación.

Cierta cantidad de N perdido por lixiviación se origina de la descomposición de la materia orgánica en el suelo y la adición de N por las precipitaciones y el agua de irrigación. Esto ocurre con o sin la aplicación de fertilizante nitrogenado. Es importante indicar que los residuos de cultivos y otros materiales orgánicos, como los residuos de corral, también pueden aportar con cantidades significativas de N que se pueden perder del suelo por lixiviación.

*** El Dr. J. Beaton trabajó por muchos años en el Instituto de la Potasa y el Fósforo donde se jubiló como Presidente del PPIC. Actualmente cumple funciones de consultor privado.**

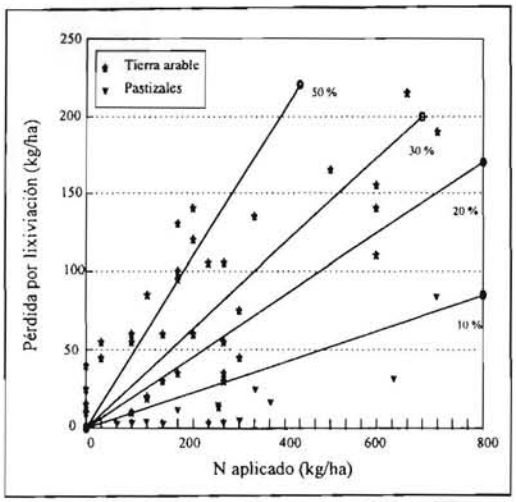


Figura 1. Relación entre el N aplicado y la pérdida de N por lixiviación de tierras altas cultivadas y pastizales (Kyuma, 1990).

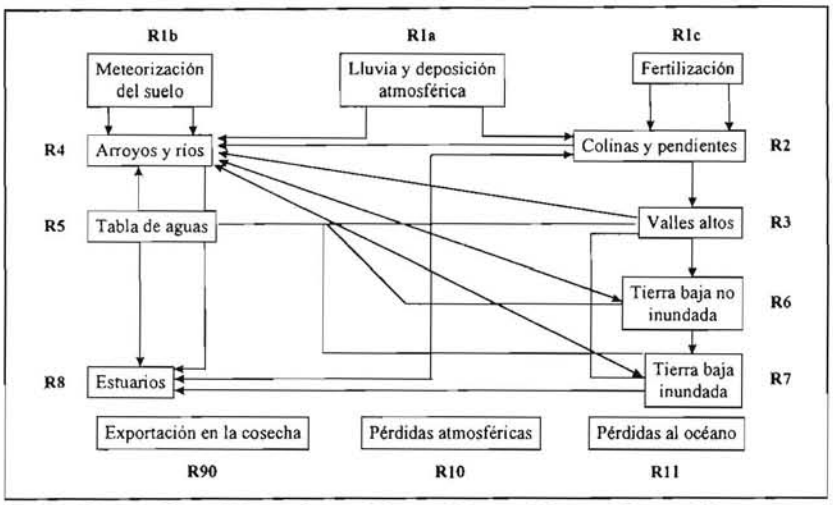


Figura 2. Flujo de transferencia direccional de P entre áreas de diferente posición en la pendiente usada en Asia y Oceanía (Ward y Sanford, 1990).

La importancia de aplicar el fertilizante nitrogenado en concordancia con las cantidades recomendadas en base al análisis de suelos se demuestra en la **Tabla 1** . Los niveles de NO_3^- que se descargan en los tubos de drenaje de los campos 1 a 4 son similares a aquellos de ecosistemas naturales. Las dosis de N recomendadas y aplicadas en estos cuatro campos son casi iguales a las cantidades de N removidas por el cultivo. Es interesante anotar que la pérdida de N fue menor en el campo 3 que fue tratado con la mayor dosis de N. En consecuencia, altas cantidades de fertilizante nitrogenado no resultan en problemas ambientales si el tratamiento es agronómica y científicamente prudente.

Existió una substancial pérdida de N en los campos 5 y 6 donde las dosis de fertilizantes excedieron considerablemente la cantidad recomendada.

Tabla 1. Influencia de la aplicación de N en descarga de NO_3^- en los tubos de drenaje (Miller, 1979).

Lote	Dosis de N recomendada	Dosis de N aplicada	NO_3 en los tubos de drenaje
	---------- kg/ha ----------		
1	50	35	17
2	104	92	15
3	150	150	4
4	130	110	8
5	85	110	57
6	150	200	55

Fósforo

El P tiene solubilidad y movimiento restringidos en la mayoría de los suelos tropicales donde reacciona fuertemente con otros constituyentes del suelo como los óxidos de hierro y aluminio. La mayor pérdida de P en suelos tropicales se produce por erosión del suelo que arrastra las partículas de arcilla que retienen P y las partículas de materia orgánica que también tienen P (Kyuma, 1990). La erosión causa pérdidas de P que son 100 veces mayores que la lixiviación. Sin embargo, se reconoce que la lixiviación de P es uno de los mecanismos que llevan al empobrecimiento del suelo de ciertas áreas recientemente deforestadas.

Existen algunas inquietudes respecto a la suerte que corre el P que entra en los cuerpos de agua mediante la erosión de partículas del suelo que contienen P. Sin embargo, cabe indicar que la mayor parte del P retenido por las partículas se sedimenta y no actúa como un agente contaminador.

Se ha reportado que las pérdidas de P por lixiviación provenientes de las tierras altas cultivadas y de los pastizales son muy bajas (Kyuma, 1990). Estas pérdidas fluctúan entre 0.05 a 0.72 kg/ha para suelos arables (media de 0.23 kg/ha). Pérdidas de igual magnitud pueden ocurrir en suelos no fertilizados debido a la liberación de P durante los procesos de meteorización del material parental.

En Japón se ha establecido que las pérdidas por lixiviación de P aplicado a lotes con arroz de secano y hortalizas, en dosis 86 y 183 kg/ha respectivamente, fueron solamente de 0.5 y 1.5 kg P/ha (0.6 y 0.8 %). Esto demuestra la alta capacidad del suelo para retener P.

Aspectos importantes del muestreo de suelos

Si se desea monitorizar posibles problemas ambientales, los programas de muestreo de suelos deben conducirse de tal forma que representen realmente las condiciones que se desea determinar. Se debe desarrollar una buena rutina de muestreo que considere los ingresos, formas presentes y salidas de nutrientes del suelo en sus diferentes formas de uso. La **Figura 2** presenta un diagrama de las transferencias direccionales de P entre áreas localizadas en diferente posición en la pendiente, utilizado en Asia y Oceanía.

Se debe también prestar atención a los aspectos prácticos del muestreo de suelo incluyendo los siguientes:

Momento de la toma de muestra

- Antes de sembrar el cultivo
- Antes de la aplicación de nutrientes
- A intervalos regulares después de la fertilización
- A continuación de eventos significativos de precipitación o riego
- Después de la cosecha
- En los periodos de más alta demanda de nutrientes por parte de los cultivos

Profundidad de muestreo

- Un poco más profundo que la capa arable (15 a 30 cm) en cultivos anuales
- Hasta profundidades de 60 a 180 cm en áreas de baja precipitación para medir NO_3^- residual
- Muestras más profundas son algunas veces necesarias en áreas de alta precipitación donde se sospecha lixiviación de NO_3^-.
- Se debe tomar en cuenta la profundidad del sistema radicular factor que está relacionado con las categorías de uso de suelo

Sistemas de cultivo

- Monocultivos
- Cultivos múltiples
- Cultivos intercalados
- Secuencias de rotación

Detalle del muestreo

- Muestreo detallado en cuadrículas en los lotes
- Muestreo de acuerdo al tipo de suelos dentro de los lotes

Avances recientes en el análisis de suelo

A continuación se presenta una breve discusión de algunos avances recientes en la metodología de análisis de suelos, que también pueden usarse en monitorizar posibles problemas ambientales.

Resinas del intercambio de iones

Un método propuesto para evitar las dificultades asociadas con el uso de soluciones químicas para extraer cierta porción "disponible para la planta" de la cantidad total de un nutriente específico presente en el suelo, es la técnica de resina mixta de intercambio de iones (Skogley et al., 1992). Con este procedimiento se colocan en el suelo cápsulas de resina mixta de intercambio de iones que sirven como núcleos para absorber nutrientes en respuesta a la concentración y difusión de nutrientes en la solución del suelo. Esta técnica ha sido usada con éxito para el análisis rutinario de la disponibilidad de N, P, Ca, Mg y S en el suelo. Este método extrae NO_3^- y NH_4^+.

Van Raij et al. (1986) recomendaron el uso de resinas para extraer P, Ca, Mg y K disponibles en suelos de Brasil. Las resinas estaban saturadas con Na^+/H^+ y HCO_3^-. Los iones adsorbidos en la resina se remueven con NaCl 1M y HCl 0.1M.

Las resinas remueven continuamente cualquier ion que entre en la solución, previniendo de esta forma el establecimiento de equilibrio de iones entre la fase sólida y la solución. Debido a este modo de acción, se cree que las resinas son un índice universal de la disponibilidad relativa de los nutrientes. Esto contrasta con las extracciones con una solución química que tienen restricciones, debido a su capacidad de remover solamente los nutrientes que están presentes en la solución del suelo y ciertas fracciones específicas de los nutrientes en la fase sólida.

Membranas de intercambio de iones

Se ha reportado que membranas mixtas de intercambio de iones y cationes proveen un índice simple, rápido y simultáneo de la disponibilidad relativa de N, P, K y S en el suelo (Schoenau et al., 1992). Se considera que esta extracción de nutrientes simula muy de cerca la acción de las raíces de la planta. Por esta razón se cree que el procedimiento de la membrana de intercambio aniónica y catiónica es superior a la extracción de nutrientes con soluciones químicas, especialmente para P y K.

Tiempos de extracción y elución (remoción de iones de membrana) tan cortos como 15 minutos son satisfactorios. Las planchas de membrana de intercambio se cortan en tiras de 46 x 10 mm para aniones y de 40 x 14 mm para cationes. Si estas tiras son tratadas cuidadosamente pueden usarse repetidamente y se pueden conducir más de 500 extracciones con una sola sin ningún deterioro físico o pérdida de efectividad.

En la **Figura 3** se presenta un ejemplo de la correlación estrecha entre el método de la membrana de intercambio de iones y un extractante químicos convencional de P.

Método modificado de la solución extractante Kelowna

La solución modificada Kelowna compuesta de HoAc 0.25N, NH_4F 0.015N y NH_4Oac 0.25 N, utilizada en una relación suelo-solución de 1:10 y un tiempo de agitación de 5 minutos, ha tenido éxito en la provincia de British Columbia, Canadá para medir el contenido de NO_3, P y K disponibles en el suelo. Esta solución parece ser también satisfactoria para la extracción de SO_4 (Gough, 1993).

Continua en la pág. N° 12

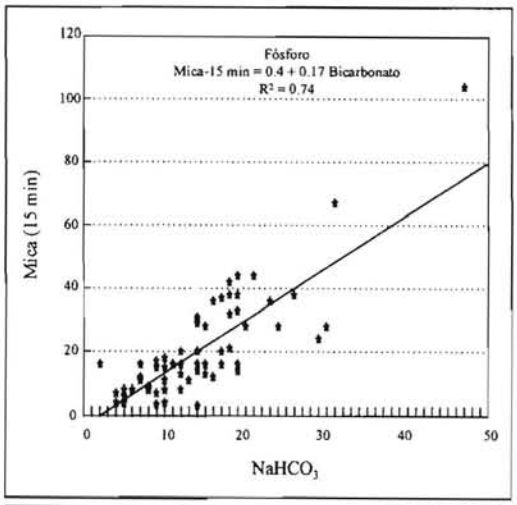


Figura 3. Relación entre el P extraído con el procedimiento de la membrana de intercambio aniónico y catiónico (MICA) y un extractante común ($NaHCO_3$) (Shoenau et al., 1992).

LA REFORESTACION CON CONIFERAS Y SUS EFECTOS SOBRE LA ACIDIFICACION, PODSOLIZACION Y PERDIDA DE FERTILIDAD DE LOS SUELOS

Byron Urrego*

Introducción

"Sembrar pinos acidifica y esteriliza el suelo". Opiniones como esta, sin fundamento técnico alguno, ocupan decenas de páginas en periódicos y revistas "especializadas" en temática ambiental. Presentado de esta forma, pareciera que la acidificación de los suelos fuese un proceso **negativo, artificial y generado exclusivamente por las coníferas**. Sin embargo, estos comentarios no son más que una prolongación de rumores que circulaban ya en el siglo XIX en Europa en contra de los coníferas (Toro 1993), y que se propagaron por E. U., Canadá, Nueva Zelandia, Australia, Chile y mas recientemente, Colombia. Según Toro (1993), el origen del mito se atribuye al naturalista europeo Evelyn, quien en sus escritos de 1665 mencionaba que todo tipo de vegetación arbórea, incluyendo los árboles frutales, producían daños al suelo cuando se mantenían en el mismo terreno por mucho tiempo.

Las primeras afirmaciones sobre el deterioro de la fertilidad del suelo causado por coníferas surgen cuando se inicia la conversión de bosques mixtos a bosques de ***Picea, pinus y Pseudotsuga*** durante la revolución industrial (Francke, 1991). Investigadores dasométricos y de productividad como Wiedemann y Miehlich informan sobre claras disminuciones de productividad entre primeras y segundas rotaciones, no obstante reconocen que dichas reducciones no se deben exclusivamente a los árboles, sino también a las prácticas y uso anterior del suelo. Pero no fue sino hasta mediados de 1900, cuando se inició la plantación extensiva de coníferas, que comenzaron a circular opiniones adversas y generalizadas de que las coníferas acaban con los suelos, por cuanto producían acidificación, lo que impedía el desarrollo de cualquier otro tipo de vegetación.

El primero en advertir la necesidad de aclarar estas creencias fue el científico neocelandés Graham Will, quien en 1984 rescató los trabajos de Wiedemann y Miehlich, e hizo manifiesto que el deterioro de los suelos europeos no fue causado por las especies forestales, sino por las prácticas habituales de la época, las cuales redujeron en forma paulatina la productividad de los bosques. Según Will, estas prácticas consistían en el retiro periódico de la hojarasca que se acumulaba bajo el bosque, para preparar las pesebreras en donde estabulaban animales. La revisión hecha por Will en 1984, también demostró que en ese entonces, como ahora, los detractores de las coníferas apoyaban más sus tesis en argumentos emocionales que en fundamentos técnicos o trabajos científicos.

La acidez en los suelos, su entendimiento e interpretación

La acidez de un suelo cualquiera es la expresión de la predominancia de los iones hidrógeno (H^+) sobre los iones hidróxido (OH^-), en una muestra acuosa del suelo (Garrido, 1994). La expresión numérica de la acidez o alcalinidad de una solución de suelo fue establecida por Sorens en 1909 y es conocida como pH. Un pH de 7.0, indica que la concentración de iones H^+ es igual a la concentración de iones OH^- y en consecuencia el pH es neutro. Valores de pH inferiores a 7.0 indican que la concentración de iones H^+ es mayor que la concentración de iones OH^- y que estos suelos son ácidos, o que tienen una reacción ácida. Así mismo, valores de pH superiores a 7.0 caracterizan suelos alcalinos, o suelos de reacción básica.

Si bien el valor del pH indica de la predominacia de dos tipos de iones, lo que resulta verdaderamente importante es conocer, cómo y por qué, la actividad de esos iones influencia las funciones vitales de los organismos, la disponibilidad de nutrientes, y las propiedades químicas de los suelos.

En que consiste la acidificación del suelo?

El suelo nace de la meteorización de una roca madre (material parental) que a través del tiempo está expuesto a la acción del clima y de los organismos vivos. Los procesos que intervienen en la formación del suelo son los mismos en todos los climas, sin embargo, en las regiones tropicales húmedas las tasas de meteorización son mayores que las tasas de erosión, lo que permite la formación de perfiles altamente meteorizados (Bohn et al., 1985). Cuando joven, el suelo tiene un pH cercano a la neutralidad, sin embargo, con el tiempo, los contenidos de potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), y sodio (Na) se reducen y el suelo pasa a adquirir cierto grado de acidez (Brady, 1984) . El proceso de acidificación de un suelo toma cientos o miles de años para llegar aun estado de equilibrio y es el resultado de varios mecanismos.

Uno de estos mecanismos es el generado por el agua lluvia que, al moverse hacia las capas inferiores del suelo, arrastra consigo cantidades de Ca, K, Mg y Na que han sido desprendidas de la superficie de arcillas y otros coloides. Los espacios dejados por los cationes removidos por el agua son entonces ocupados por H^+ que al aumentar en concentración en el sue-

* El Ing. Byron Urrego es jefe de investigación forestal. Smurfit, Cartón de Colombia S. A. A.A. 6574. Cali, Colombia.

lo, comienza a impartir a éste características ácidas. Por lo tanto, el grado de acidez que se desarrolla en un determinado suelo dependerá del material parental y del régimen y cantidad de lluvias.

El segundo mecanismo responsable por la acidificación de los suelos es el proceso de la hidrólisis del aluminio (Al) (Bohn et al., 1985). El proceso se inicia con el ion aluminio trivalente (Al^{+3}) al que se le van neutralizando sus cargas positivas gracias a la hidrolización del agua ($H_2O \leftrightarrow H^+ + OH^-$). Durante este proceso, el ion Al^{+3}, una vez removido de la superficie de las arcillas, reacciona con el agua presente en el suelo dando como resultado compuestos hidratados de Al así como iones libres de H^+ que al ser liberados a la solución del suelo incrementan la acidez. La presencia en solución de los diferentes tipos de iones de Al está determinada por el pH del suelo. El ion Al^{+3} que se encuentra solo represente a valores de pH inferiores a 4.7, el $Al(OH)_2^+$ entre 4.7 y 6.5, y el Al $(OH)_3$ entre 6.5 y 8.0. En forma simplificada, el proceso es como sigue:

$$[\text{Arcilla}]\ Al^{+3} \leftrightarrow Al^{+3}$$
$$Al^{+3} + H_2O \Rightarrow Al(OH)^{+2} + H^+$$
$$A(OH)^{+2} + H_2O \Rightarrow Al(OH)_2^+ + H^+$$
$$A(OH)^{2+} + H_2O \Rightarrow Al(OH)_3^+ + H^+$$

Un tercer mecanismo que influye en la acidificación de los suelos es la actividad radicular, más concretamente la absorción de nutrientes. Todas las plantas sin excepción, coníferas o no, nativas o exóticas, agrícolas o forestales, extraen del suelo cationes básicos (Ca^{++}, K^+, Mg^{++}) para emplearlos en la producción de biomasa. Durante el proceso de absorción de estos nutrientes (interfase raíz/suelo) el balance de cargas al interior de la raíz debe mantenerse, de modo que cuando se absorben Ca^{++}, K^+ y/o Mg^{++}, se liberaran a la solución del suelo H^+ para restablecer, al interior de la raíz, el balance eléctrico (Bohn et al., 1985). Los H^+ liberados entran en solución del suelo incrementando su concentración y aumentando la acidez.

Un cuarto mecanismo responsable por la acidificación del suelo es la nitrificación. Dado que las plantas solo se nutren de elementos químicos que se encuentren en el suelo en forma iónica, los complejos compuestos orgánicos ricos en nitrógeno (N) deben sufrir alteraciones hasta llegar a su expresión química más simple, la forma mineral. El proceso de conversión de amonio (NH_4^+) a nitrato (NO_3^-) se conoce como nitrificación ($2NH_4^+ + 3O_2 \Rightarrow 2NO_3^- + 4\ H^+ + H_2O$ + energía). Como subproducto de este proceso se producen iones H^+ que contribuyen a aumentar la acidez del suelo.

El quinto mecanismo responsable por la acidificación del suelo es accionado por la acumulación de la materia orgánica sobre la superficie del suelo mineral. Una vez depositada, la materia orgánica entra en descomposición formando ácidos orgánicos (COOH) que al desplazarse al interior del suelo liberan H^+ ($COOH \Rightarrow COO^- + H^+$). Este H^+ reemplaza a los cationes básicos (Ca^{++}, K^+ y Mg^{++}) en las superficies de las arcillas, propiciando un ambiente más ácido.

Los cinco mecanismos antes descritos actúan simultáneamente, transformando paulatinamente el ambiente químico del suelo, alcanzando con el tiempo un estado de equilibrio dinámico en donde el pH se estabiliza dentro de ciertos límites de acidez. Como ya se mencionó, estos límites varían con el material parental, el tipo de suelo, el clima y la cantidad de lluvias.

En la **Tabla 1** se presentan las características químicas de los tres grupos de suelos que constituyen el 90% de las 484 millones de hectáreas encontradas en la región amazónica (Cochran y Sánchez, 1982). En términos de acidez, los ultisoles presentan valores de pH entre 3.5 y 4.0, seguidos por los Oxisoles con valores entre 4.3 y 4.6, y finalmente por los Entisoles con pH entre 4.8 y 5.1.

Más allá de los niveles de acidez que caracterizan los suelos amazónicos, se quiere resaltar que las 484 millones de hectáreas que conforman la región han estado, por cientos de años, cubiertas por selva húmeda tropical sin que por ello se escuche decir que las especies que constituyen este tipo de bosque sean las responsables directas de la acidificación de estos suelos.

La intención de este artículo no es hacer una revisión completa de los estudios realizados sobre la química de los suelos tropicales, sino más bien demostrar, contrariamente a las opiniones populares, que el proceso de acidificación de los suelos no es un proceso artificial exclusivo de las coníferas. La acidificación de los suelos es un proceso natural que ocurre en terrenos cubiertos por bosques, sean estos naturales o plantados, independiente de que las especies empleadas sean nativas o exóticas.

La reforestación con coníferas y la acidificación de los suelos

Contrario a lo que algunas veces se comenta en Colombia, no se ha destruido bosque natural para establecer plantaciones comerciales. Según las cifras del Departamento Nacional de Planeación (1994), en Colombia se deforestan entre 400.000 y 600.000 hectáreas por año.

No es preciso entrar a analizar las causas de la deforestación para afirmar que las tierras ganadas a los bosques se abandonan cuando la fertilidad del suelo se ha reducido de tal forma que las prácticas agrícolas y ganaderas son marginales y antieconómicas. Son en algunos de estos suelos, para entonces erodados, compactados, y de limitada productividad, en los que se establecen las plantaciones comerciales de coníferas y eucaliptos.

Determinar cuales son los efectos que las plantaciones de coníferas tienen sobre las propiedades físicas y químicas del suelo no es fácil y son varios los motivos que dificultan su estudio. Primero, los parámetros físicos del suelo como densidad aparente, macro y micro porosidad y capacidad de retención de humedad, y los parámetros químicos como saturación de bases, capacidad de intercambio catiónico, contenido de materia orgánica y pH, entre otros, tienen su

Tabla 1. Características químicas de los mayores grupos de suelos de la amazonía. Oxisoles, Ultisoles y Entisoles (Tomado de Cochran y Sánchez, 1982).

Profundidad cm	Arena	Arcilla	pH (H_2O)	CO	Al	Ca	Mg	K	CICE	Sat Al
	-------- % --------			-- % --	---------- meq/100g ----------					-- % --
					Oxisol[1]					
0-8	15	76	4.6	2.9	1.1	1.7	0.3	0.19	3.29	33
8-22	12	80	4.4	0.9	1.1	0.2	0.2	0.09	1.39	79
22-50	8	84	4.3	0.7	1.2	0.2	0.2	0.07	1.47	82
50-125	7	88	4.6	0.3	1.0	0.2	0.2	0.04	1.24	81
					Ultisol[2]					
0-7	67	15	4.0	1.5	0.8	1.6	0.1	0.12	2.62	31
7-48	57	23	3.5	0.5	3.2	1.6	0.1	0.08	4.96	64
48-67	57	25	3.5	0.5	4.4	0.8	0.1	0.08	5.38	82
67-157	57	29	3.5	0.4	5.3	0.6	0.1	0.08	6.08	87
					Entisol[3]					
0-20	30	41	4.8	1.2	1.5	0.7	0.9	0.2	2.67	57
20-70	38	38	4.9	0.5	0.9	0.6	0.7	0.1	2.30	39
70-130	31	66	5.1	0.5	0.2	1.0	1.4	0.3	2.63	76

1. **Tropeptic Haplustox km 308.8 carretera transamazónica, Manabá Brasil perfil N° 3 . Ruinzani, 1978.**
2. **Typic paleudult (serie yurimaguas) perifil Y-6. Sánchez y Buol, 1974.**
3. **Fluvanquent planicie inundable del Río Cupix, Amapá Brasil perfil p. 146. FAO - Unesco, 1974.**

propia dinámica y sufren modificaciones que son difíciles de medir con precisión. Segundo, se requiere de períodos de tiempo relativamente largos para poder observar cambios significativos en la química del suelo forestal. Tercero, los suelos forestales son difíciles de muestrear sin una cuidadosa y bien diseñada metodología. Cuarto, los métodos que permiten determinar profundidad de raíces, disponibilidad de nutrientes, tasas de meteorización mineral y pérdidas de nutrientes por lixiviación no están aun bien desarrollados.

Limitaciones como las anteriores hacen difícil conocer con certeza los efectos de las plantaciones comerciales de coníferas sobre los suelos, independiente de como estos suelos llegaron al estado de deterioro que los caracteriza cuando se reforestaron. Además de las dificultades antes mencionadas, también existen limitaciones en la evaluación y análisis de los datos.

En 1985, Sánchez y sus colaboradores publicaron un artículo donde se analizaron los estudios realizados sobre el efecto de las plantaciones forestales en los suelos. En ese artículo se reporta que las investigaciones tendientes a determinar los efectos de las plantaciones forestales sobre los suelos se basan en dos tipos de estudios. El primer tipo (I) agrupa aquellas investigaciones en donde los datos referentes a la dinámica del suelo provienen de un solo sitio que es evaluado a través del tiempo. Esta clase de trabajos son ideales pero son los más escasos. El segundo tipo (II) agrupa estudios que emplean datos de sitios distintos y edades diferentes, evaluados una vez en el tiempo. Si bien estos últimos trabajos son los más frecuentes, presentan serías limitaciones que comprometen la claridad de los resultados. Las principales limitaciones reportadas por Sánchez et al. (1985) para los estudios tipo II son: (i) el mezclar variaciones espaciales (sitios distintos) con variaciones temporales (diferentes edades) y (ii) asumir que las diferencias en los valores de las características en estudio solo reflejan los efectos del tiempo, la especie y el manejo silvicultural, y no diferencias preexistentes en las propiedades del suelo.

No obstante las dificultades, son varios los trabajos que aportan evidencias del efecto del cultivo de coníferas sobre la acidez de los suelos. En Australia y Nueva Zelandia ha existido una preocupación permanente por los efectos que ***P. radiata***, como especie introducida, podría tener sobre el suelo. Por ejemplo, en Australia (donde existen 2 millones de hectáreas plantadas con pino), Keeves en 1966, denunció que existían zonas en las cuales el crecimiento en área basal se había reducido en un 25% entre la 1ra y 2da rotación. Se sugirió como causa de la reducción en productividad la acidificación del suelo. Sin embrago, Will (1984) comprobó que las pérdidas de productividad en dichas áreas no se debieron a un aumento de la acidez, sino a que las plantaciones se establecieron en sitios de baja fertilidad (sabanas abandonadas), donde las propiedades físicas y químicas del suelo eran poco favorables para mantener bosques productivos.

En Nueva Zelandia, donde las plantaciones de ***P. radiata*** se han establecido desde comienzos de siglo, en suelos cuyo pH fluctúa entre 4.8 y 5.5, se ha determinado, después de 40 a 60 años (dos a tres rotaciones), que los valores de pH no solo se han mantenido, sino que cuando éstos han sido inferiores a 4.0 la especie es capaz de aumentar estos valores atenuando la acidez existente (Wil 1984).

Sparling y sus colaboradores (1994) compararon, en Nueva Zelandia, las cantidades de carbono (C), N y fósforo (P) extraibles y totales, así como la estabilidad de los agregados del suelo en las capas H, F y hasta 20 cm de profundidad de un mismo tipo de suelo bajo bosque nativo (***Nothofagus truncata***), plantación forestal (***P. radiata***), rastrojo (***Ulex europaeus***) y

pastizales. Los resultados indican que existen diferencias en la estabilidad de los agregados del suelo entre coberturas, pero que estas diferencias fueron no significativas, y posiblemente causadas por las diferencias en la conformación y arquitectura de los sistemas radiculares de las distintas coberturas. Los contenidos de C microbial fluctuaron entre 1.1 ton/ha en ***P. radiata*** hasta 1.3 ton/ha en rastrojo, mientras que las cantidades de N y P fueron similares para todos. Los autores concluyen indicando que el establecimiento de plantaciones comerciales de ***P. radiata*** en suelos abandonados por la agricultura no producen efectos diferentes en el suelo a los que producen los otros usos de la tierra. Situaciones similares se reportaron en Chile (Garrido, 1994), donde el ***P. radiata*** crece en suelos con valores de pH entre 4.2 y 5.8 sin que después de tres rotaciones se hayan detectado incrementos en la acidez de los suelos, o disminuciones en su productividad.

Los resultados de las experiencias Australianas, Neocelandesas y Chilenas, con relación al efecto del ***P. radiata*** sobre la acidez de los suelos, no son sorprendentes. El ***P. radiata*** en su lugar de origen, Suroeste de USA y Norte de México, después de ocupar el sitio por miles de años, crece sobre suelos cuyos valores de pH varían entre 4.5 y 5.8. Resultados similares a los reportados en Chile y Nueva Zelandia se podrían esperar en Colombia, si se considera que la especie de mayor uso en reforestación comercial, el ***P. patula***, es originario de México y evolucionó al igual que el ***P. radiata*** en condiciones de pH entre 4.5 a 6.0.

Las experiencias en Colombia son escasas, dado que los pocos estudios que existen no tienen aun la edad suficiente para mostrar si los cambios sobre las propiedades físicas y químicas de los suelos han sido causados por las especies que se plantan comercialmente (***P. caribaea, P. oocarpa, P. kesiya, P. pauta y C. lussitanica***), o solo obedecen a cambios propios de la dinámica del suelo.

En general, son varios los artículos que reportan incrementos en la acidez de los suelos que son reforestados con coníferas (Whyte, 1973; Evans 1976; Webler 1978; Hopmann et al., 1980; Francke, 1990 y 1991). En la mayoría de los casos, las reducciones en el pH fueron temporales y los valores de acidez regresaron a sus niveles previos poco tiempo después de ser establecida la segunda rotación. En los casos restantes, se reportan resultados de ensayos tipo II (diferentes sitios y diferentes edades) siendo difícil establecer si las diferencias se deben a condiciones de suelo preexistentes, o al efecto de las coníferas.

Papel de las coníferas en el proceso de podsolización de los suelos

La creencia de que las coníferas causan la podsolización del suelo sobre el cual crecen proviene, probablemente, de la generalización que se hace del hecho de que vastas zonas del norte de Canadá, Europa y Asia están cubiertas en su mayoría por bosques de coníferas, y que en algunas de estas áreas se han reportado la presencia de suelos podsólicos. Sin embargo, los bosques boreales no son los únicos bosques bajo los cuales se desarrollan procesos de podsolización. En los estados de Massachusetts y Nueva York en los estados Unidos, y en el norte de Francia, Pritchett y Fischer (1979), reportan la presencia de suelos podsólicos bajo bosques mixtos de Maple (Acer sp.) y Roble (Oak sp.). Estos mismos autores también reportan la presencia de podsoles gris-marrón en los pastizales de los estados de Dakota del norte y del Sur, y en la región norte de Kanzas.

Entre 1972 y 1978, el proyecto RADAMBRASIL identificó vastas áreas de suelos podsólicos desarrollados bajo cobertura selvática a lo largo del nacimiento del Río Negro en el Amazonas Brasilero (Cochran y Sánchez, 1982). Más al oriente, cerca de Manaos, estos mismos autores reportan una segunda zona de suelos podsólicos identificada por Klinge en 1978. En Colombia, uno de los podsoles mas conocidos es el de Sabana de Torres en Santander, formado bajo vegetación tropical. Como puede verse, la evidencia indica que la podsolización, al igual que la acidificación, es un fenómeno que ocurre bajo diferentes tipos de coberturas y condiciones medio ambientales, y que en el caso de las coberturas boscosas, ocurre tanto bajo especies latifoliadas como coníferas.

Los podsoles típicos se forman bajo condiciones de vegetación boscosa, alta precipitación y en suelos con horizontes arcillosos que subyacen bajo horizontes predominantemente arenosos. La materia orgánica al descomponerse produce compuestos orgánicos hidrosolubles que al lixiviarse remueven, no solo cationes básicos y arcillas, sino también óxidos de Al y Fe, que luego son depositados en un horizonte de acumulación (horizonte iluvial). En la región del río Negro, en el Amazonas Brasileño, el proceso de podsolización es el responsable por el nombre del río, ya que el agua al pasar a través del suelo arrastra ácidos orgánicos dando al río su color característico.

Según Cochran y Sánchez (1982), existen en la amazonía cerca de 10.5 millones de hectáreas de suelos podsólicos. Si bien estos espodosoles solo ocupan el 2.2% de la superficie amazónica, y su importancia económica es poco significativa, si constituyen evidencias que la podsolización no es un fenómeno inducido exclusivamente por las coníferas.

Se puede resumir diciendo que el proceso de podsolización es el resultado de un conjunto de factores bióticos (cobertura), climáticos (alta precipitación) y edáficos (texturas arenosas) interactuando en el tiempo. Prueba de ello es que es posible predecir, con base a la presencia de los tres factores, dado el tiempo suficiente, donde se podrían presentar procesos de podsolización.

Las coníferas como una herramienta útil en la recuperación de suelos degradados

Antes de discutir este aspecto, se debe aclarar que bajo ninguna circunstancia se pretende insinuar que se deban talar los bosques naturales para hacer espa-

cio a las plantaciones comerciales de coníferas. Todo lo contrario, lo que se pretende demostrar es que las coníferas tropicales pueden contribuir a preservar lo que queda de nuestros bosques naturales.

En 1978, Lundgren publica en la revista de ecología de la Universidad de Uppsala en Suecia, una muy completa revisión de estudios sobre el establecimiento de plantaciones forestales con especies de rápido crecimiento y sus efectos sobre la dinámica de la materia orgánica, los nutrientes y la densidad aparente de los suelos en ecosistemas forestales del trópico y subtrópico. Basándose en la información recopilada, Lundren propone un modelo conceptual sobre lo que sería el efecto de las plantaciones forestales sobre los suelos. Si bien el modelo no sugiere el mejoramiento general de todas las propiedades de los suelos, no descarta que bajo cultivos forestales ciertas condiciones químicas y físicas de los suelos se mejoran, reconociendo además las bondades de las especies forestales de rápido crecimiento como una alternativa viable en la recuperación de suelos.

En la **Tabla 2** se presentan los resultados de un estudio realizado en Brasil y reportado por Sánchez et al. (1985). En este estudio se monitorearon los cambios en las propiedades químicas de un Ultisol arenoso que después de ser despojado de su cobertura (bosque natural) fue plantado con ***P. caribaea***. Como en este trabajo se emplearon datos tipo II (provenientes de estudios en distintos rodades), se hizo necesario verificar la similitud entre los suelos con el propósito de determinar diferencias preexistentes y considerarlas al momento de analizar los resultados. Para hacerlo se empleó la textura como variable indicadora de que tan similares o diferentes eran los suelos, dado que ésta es una propiedad que no cambia con el tipo de manejo o el tiempo. En la **Tabla 3** se muestran la distribución de la textura a lo largo del perfil, así como los valores iniciales de densidad aparente de los rodales involucrados.

Se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre las propiedades del suelo (0 a 20 cm) bajo bosque natural y la segunda rotación de ***P. caribaea***. Estas diferencias incluyen disminución en la acidez (3.9 a 4.6) y la saturación de Al (67% a 37%) así como incrementos de un 300% y 600% en Ca y Mg intercambiables respectivamente. Por otro

Tabla 2. Cambios en propiedades químicas de un Ultisol Arenoso en Jarí Pará Brasil, a diferentes edades después del aclareo del bosque natural, y el posterior establecimiento de una plantación de *P. caribaea*. Tomado de Sánchez et al., 1985, (Las muestras de suelo se tomaron en Julio 1981 de diferentes rodales en diferentes sitios).

Propiedad	Años después de la quema	Bosque Natural	Tumba y Quema	*P. caribaea* Joven		*P. caribaea* maduro	Pino 2da Rotación	# Mínimo Significat.
			1	0.5	1.5	10.5	14	
	Profundidad (cm)							
pH	0-20	3.9	3.9	4.7	4.3	4.1	4.6	0.6
	20-50	4.1	4.2	4.3	4.2	4.0	4.2	0.2
	50-100	4.1	4.0	4.1	4.1	4.0	4.2	0.3
Sat Al (%)	0-20	67	60	33	47	74	37	29
	20-50	75	78	70	70	80	68	10
	50-100	64	74	64	62	79	64	13
Ca (meq/100 g)	0-20	0.20	0.29	0.64	0.60	0.29	0.67	0.45
	20-50	0.21	0.21	0.24	0.26	0.22	0.30	0.09
	50-100	0.23	0.21	0.20	0.21	0.22	0.29	0.10
Mg (meq/100 g)	0-20	0.06	0.09	0.56	0.39	0.04	0.36	0.28
	20-50	0.06	0.04	0.07	0.08	0.04	0.09	0.04
	50-100	0.06	0.04	0.05	0.08	0.01	0.06	0.05
K (meq/100 g)	0-20	0.03	0.04	0.06	0.04	0.02	0.03	0.02
	20-50	0.01	0.02	0.04	0.01	0.02	0.02	0.01
	50-100	0.01	0.01	0.03	0.02	0.01	0.01	ns
P (Olsen ppm)	0-20	5.4	3.3	4.0	4.1	4.0	3.4	ns
	20-50	2.5	1.8	2.1	1.0	3.9	1.7	1.5
	50-100	2.7	2.4	1.2	0.7	2.6	1.6	ns
C (%)	0-20	0.75	0.87	1.16	1.20	0.82	1.04	ns
	20-50	0.55	0.56	0.40	0.54	0.67	0.72	0.18
	50-100	0.28	0.28	0.25	0.23	0.28	0.38	0.09

Tabla 3. Textura y densidad aparente de tres ultisoles arenosos muestreados en Jarí, Pará, Brasil (Tomado de Russel, 1983).

Propiedad	Profundidad (cm)	Bosque nativo	*P. caribaea* joven 1.5 años	*P. caribaea* maduro 10.5	Significancia P(00.5)
Arena (%)	1	94	93	93	ns
	30	84	83	81	ns
	100	79	80	80	ns
Arcilla (%)	1	5	5	6	ns
	30	15	15	16	ns
	100	20	16	17	ns
Densidad Aparente (g/cm^3)	1	1.22	0.98	1.23	ns
	30	1.62	1.61	1.58	ns
	100	1.70	1.79	1.60	ns

lado, no se encontraron diferencias importantes en C, P disponible, ni en las propiedades físicas de las capas inferiores del suelo.

Estudios en Malasia, Nigeria, Costa de Marfil y Perú, reportados por Sánchez et al. (1983), mostraron tendencias similares en cuanto a reducciones en la acidez, saturación de Al e incrementos en los contenidos de bases intercambiables en el suelo, ocurridas después de una o más rotaciones de plantaciones forestales.

Conclusiones finales

Existen varios factores que hacen de las coníferas una especie idónea para la conservación de suelos. Antes de continuar, se debe tener en mente que los suelos que requieren de conservación son suelos erodados, compactados, pobres en materia orgánica y nutrientes, donde toda actividad agrícola y ganadera pasó a ser marginal y antieconómica. En suelos limitados como estos, las coníferas pueden crecer a ritmo acelerado y en pocos años controlan la erosión proporcionando cobertura (Douglas y Castro, 1994), recuperan el suelo aportando materia orgánica (Prescott et al., 1993), regulan caudales de arroyos y quebradas reduciendo la escorrentía y mejorando la infiltración (Bosh y Hewlett, 1982). Además, en el proceso de crecimiento, capturan en promedio 1.5 ton CO_2/ton de madera lo que reduce el efecto invernadero (Luke, 1990), generan empleo (14 ha de plantación manejada técnicamente genera un empleo permanente y siete empleos indirectos) (Acofor, 1986; Mondragon y Trujillo, 1986). En el corto plazo, pueden ser fuente de leña y carbón, en el mediano plazo, de materia prima para procesos industriales, y en el largo plazo, de madera para construcción y productos sólidos.

Existen también especies nativas que tienen un potencial similar al de las confieras como recuperadoras de suelos. Sin embargo, se diferencian en que son más exigentes en la calidad del suelo, crecen más lentamente, no se comportan bien en rodales homogéneos, no se conoce lo suficiente acerca de sus requerimientos silviculturales y con frecuencia su utilidad es muy limitada.

Resulta evidente, a la luz de la información aquí presentada, que las especies de coníferas plantadas comercialmente distan mucho de ser **el enemigo publico numero uno del medio ambiente**. Por el contrario, las coníferas son especies con mucho potencial que pueden satisfacer buena parte de las necesidades que hasta ahora han satisfecho los bosques naturales. Su cultivo en plantaciones ayuda a disminuir la presión sobre los bosques nativos, recupera para la economía y la producción tierras abandonadas por otras actividades agropecuarias, y sirve como un elemento irremplazable de lucha contra la degradación del suelo. Además, durante este proceso, las coníferas contribuyen a la generación de empleo y al mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural involucrada en el cultivo y cuidado de los bosques.

Literatura Citada

Acofore. Propuestas para la reactivación del sector forestal en: Congreso Nacional de Reforestación (2° 1986: Bogotá).

Brady, M.C. The nature and properties of soils. 9ª Ed. New York: Mc Millan publishing, 1984.

Boch, J. M. and Hemlett, J. D. A review of catehment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotrans-piration. En: Journal Hyd. Vol. 55, 1982. P. 3-23.

Bohn, H.L.Mc Neai and O'Connor G.A. Soil Chemistry. New York. John Willy and Sons. 1995.

Cochrane, T.T. and Sánchez, P.A. Land Resources, soil and their management in the Amazon Region: State of Knowledge Report. p. 137-210. En: Hecht, S.B. (de.) Amazonia: agriculture and land use Research Cali: Centro Internacional de Agricultura tropical. Cali, Colombia, 1982.

Departamento Nacional de Planeación. El plan de Acción Forestal para Colombia en la Revolución Pacífico 1990-1994. Bogotá: 1994. 60 p.

Douglas, C. y Castro C. El cultivo forestal y el cultivo agrícola desde el punto de vista de la protección del suelo contra la erosión. Corma. Marzo/abril (1994). P. 26-32.

Evelyn, J. Sylva or Discourse on forest trees. Hunter's Edition of 1775 York 1801. 1665.

Evans, J. Plantations: productivity and prospects. En: Australian Forestry. Vol. 39. 1976. P. 150-163.

Francke, S. Efectos del manejo de residuos de explotación en el suelo y crecimiento inicial de plantaciones de ***Pinus radiata*** D. Don: en las series de suelo coreo (zona arenales) y caliza (zona arauco). En: Revista Chile Forestal CONAF: Documentos técnicos No. 51 y 52. (1991).

Francke, S. Efectos del tratamiento de residuos de explotación en el suelo y el crecimiento inicial de ***Pinus radiata***. En: Revista Ciencia e Investigación Forestal. Vol. 4, No. 1 (1990). P. 1-33.

Garrido, F. Comentarios sobre la acidez de los suelos forestales. En: Bosques y Futuro. 11 (Enero/Abril). P. 18-19.

Keeves, A. Some evidence of loss productivity with succesive rotations of ***Pinus radiata*** in the South East of South Australia. En: Australian Forestry. Vol. 30, No. 1 (1996). p. 51-63

Luke, J.A. Good Neighbors: Industry steward ship and the Environment. Tappi Journal Vol. 73, N.G. June 1990.

Lundgren, B. Soil conditions and nutrient cycling under natural and plantation forests in Tanzanian higlands. En: Reports on Forest Ecology and Forest Soils. No. 31 Uppsala: Swedish University of Agricultural Science (1978).

Mondragon y Trujillo. Compilación comentada de normas sobre asistencia técnica forestal, incentivos tributarios y administración de plantaciones . Bogotá: Inderena, 1986. 48 p.

Prescott, C. E., Taylor, B. R., Parsons, W. F., Durall, D.M. and Pakirson, D. Nutrient release from descomposition litter in rocky mountain coniferous forest. En: Can. Jour. For. Res. Vol. 23, No. 8 (1993). P. 1576-1586.

Proyecto Radambrazil. Levantamiento da regiao Amazónica. Vols. 1-12. Ministerio das Minas e Energia. Departamento Nacional de Producao Mineral. Rio de Janeiro, Brazil. 1972-1978.

Sánchez, P. A., Palm, C. A., Davey, C. B., Szott. L. T., and Russet, C. E. Tree crops as soil improvers in the humid tropics ? p. 327-358. En: Cannell M.G. and Jackson as crop plants. Huintingdon U.K. Inst. Terrest. Ecology, National Env. Res Council, 1985.

Sánchez, P.A.; Villachica, J.H. and Brady D.E. Soil fertility dynamics after cleaning a tropical rain forest in Peru. En : Soil Sci. Soc. Am. J. Vol. 47 (1983). P. 1171-1178.

Sparling, et al., A comparison of soil and microbial Carbon, Nitrogen and Phosphorus content, and migro-aggregate stability of soil under native forest and after clearence for pastures and plantation forest. En: Biology and fertility of soils. Vol 12, No. 2 (1994) p. 91-100.

Toro, J. El ***Pino radiata*** y la acidificación del suelo. Santiago fundación Chile, 1993. 25 p.

Will, G.M. Monocultures and site productivity. P. 473-487. En: IUFRO proceedings and productivity of fast growing plantations.A.D. Schonan; C. Schutz Editores.

Webler, B. Potential increase in nutrient requirements of ***Pinus radiata*** under intensified management. En: N.Z.Gl. For. Sci. Vol. 8 No. 1 (1978). P. 146-159.

Whyte, A.G. Productivity of first and second crops of ***Pinus radiata*** on the montere gravel soil of Nelson. En: N.Z.Gl. For. Vol. 18, No. 1 (1973). P. 87-103. ♠

El Análisis de suelos cont...

Bibliografía

Kyuma, K. 1990. Protection of the environment: Sustained agriculture, sustained ecosystems. P. 57-71. In International Rice Research Institute (1990). Phosphorus requirement for sustainable agriculture in Asia and Oceania. P. O. Box 933, Manila, Philippines.

Miller, M. H. 1979. Contribution of nitrogen and phosphorus to subsurface drainage water from intensively cropped mineral and organic soils in Ontario. J. Environmental Quality 8(1):42-48.

Potash & Phosphate Institute. 1991. Facts from our environment. Atlanta, Georgia. 44pp.

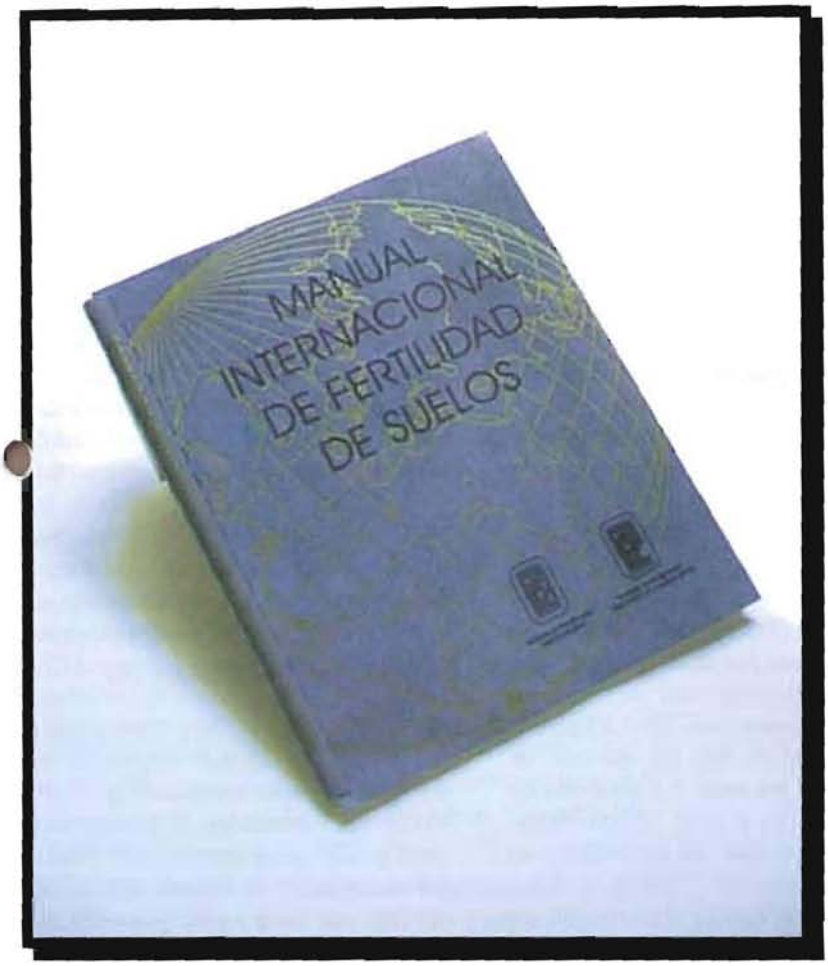
Shoenau, J. J., W.Z. Huang and P. Qian. 1992. Soil fertility analysis using ion exchange membranes. P,. 32- 39. In 1992 Great Plain Soil Fertility Conference Proceedings. Denver, CO. March 3-4. 1992.

Skogley, E. O., J. W. Bauder, B. E. Schaff and D. J. Sieler. 1992. PST vs. Olsen soil test for predictions phosphorus availability p. 35-44. In Proceedings of the Western Phosphate and Sulfur Workgroup Conference. Anchorage, Alaska . August 6-8, 1992.

Ward, J. And R. Sanford. 1990. Group IV. Agricultural inputs to phosphorus transfers. P. 10-44. In International Rice Research Institute (1990). Phosphorus requirements for sustainable agriculture in Asia and Oceania. P. O. Box 933, Manila, Philippines. ♠

NUEVA PUBLICACION

MANUAL INTERNACIONAL DE FERTILIDAD DE SUELOS



El comprender como funciona la fertilidad del suelo es entender una de las funciones básicas para la supervivencia de los seres humanos sobre este planeta

El Instituto de la Potasa y el Fósforo publicó por primera vez su popular Manual de Fertilidad de Suelos en 1978. Desde entonces se han distribuido más de 50000 ejemplares.

En años recientes ha existido un creciente interés por una versión del manual adaptada a lectores internacionales, con datos y ejemplos de diferentes áreas del mundo y que presente las unidades de medida en el sistema métrico. Este manual recoge el esfuerzo del cuerpo internacional de científicos del Instituto entregando los diez capítulos de esta publicación en una presentación de fácil uso en diferentes países. A pesar de que es imposible incluir información específica de todas las regiones del mundo, los principios discutidos en cada capítulo tienen aplicación universal.

Estamos orgullosos de poder ofrecer el **"Manual Internacional de Fertilidad de Suelos"** como una herramienta de educación que esperamos sea efectiva en diferentes condiciones y en diferentes partes del mundo. ♠

REPORTE DE INVESTIGACION RECIENTE

USO DEL MEDIDOR DE CLOROFILA PARA DETERMINAR EL ESTADO DEL NITROGENO EN ARBOLES DE MANZANA

Nielsen, D., E.J. Hogue, H.G. Nielsen, and P. Parchomchuk. 1995. Using SPAD-502 values to assess the nitrogen status of apple trees. Hort. Science 30:508-512.

Cuatro cultivares de manzana (***Malus domestica*** **Borkh**) Fuji, Spartan, Fiesta y Gala sobre patrón Malling 9 (M.9) se cultivaron en el campo con tres dosis de N (5, 20 y 35 g N/árbol/año) aplicadas como $Ca(NO_3)_2$ y fertigados diariamente por 9 semanas. En el segundo año las lecturas de clorofila, obtenidas con un equipo Minolta SPAD-502, se incrementaron durante el ciclo de crecimiento. Las lecturas del SPAD y las concentraciones de N en la hoja se incrementaron en respuesta a las dosis de fertigación con N en todas las épocas de muestreo. El cultivar Gala consistentemente tuvo las menores lecturas con el SPAD que los otros cultivares y, con excepción del primer muestreo, el cultivar Fuji tuvo la más alta concentración de N en las hojas y el cultivar Fiesta las más bajas. Se determinó que existe una fuerte relación entre la concentración de N en la hoja y las lecturas de clorofila del SPAD en todos los cultivares hasta mediados de Julio (r^2=0.44 a 0.89), pero ninguna después de esta fecha. Las diferencias en las lecturas del SPAD y las concentraciones de N en las hojas debido al cultivar y a la época de muestreo fueron tan grandes como las de respuesta a las dosis de N, indicando que en el futuro las determinaciones de los valores críticos de lecturas del SPAD en hojas de manzano deben estandarizarse por cultivar y época de muestreo. Las lecturas del SPAD pueden usarse para determinar las necesidades de N a inicios del ciclo en huertos de manzana fertigados, en los cuales se pueden hacer cambios rápidos en los programas de nutrición si son necesarios. ♠

RESPUESTA DE LAS MICORRIZAS, ABSORCION DE FOSFORO Y RENDIMIENTO DE MAIZ A LA LABRANZA

McGonigle, T.P., and Miller M.H. 1996. Mycorrhizae, phosphorus, and yield of maize in response to tillage. Soil Sci. Soc. Am. J. 60:1856-1861.

Temprano en el ciclo, el maíz (***Zea mays*** L.) cultivado en labranza cero (LZ) tiene menos materia seca debido a temperaturas más bajas cerca de la semilla, comparado con labranza convencional (LC), a pesar del incremento en absorción de P causado por micorrizas más efectivas en un suelo menos disturbado. Se sembró maíz en LZ y en LC en un suelo con 1.6 ppm de P extrarido con $NaHCO_3$, añadiendo 0, 25, 50 o 100 kg de P/ha. Un tratamiento con un rotavator (ROTO) movió el suelo de modo que este fue disturbado más que con LC y un tratamiento de siembra a mano en labranza cero (SMLZ) permitió tratamientos con un mínimo de movimiento del suelo. La absorción de P temprano en el ciclo y la colonización de micorrizas fue estimulada con los tratamientos NT y SMLZ. Lo contrario ocurrió con la acumulación de materia seca. Temprano en el ciclo, las respuestas a la labranza fueron iguales en cada una de las dosis de fertilizante. Los rendimiento se incrementaron con el incremento en las dosis de P. En todas las dosis de P, los rendimientos con LC y ROTO fueron similares entre si como también lo fueron los rendimientos de los tratamientos LZ y SMLZ. A bajo contenido de P los tratamientos de LZ y LC produjeron rendimientos similares. Sin embargo, a dosis mayores de 50 kg de P/ha los rendimientos de labranza convencional excedieron en 1000 kg/ha a aquellos de LZ. Se esperaba que condiciones de limitado contenido de P en el suelo la LZ podría dar mejores rendimientos que la LC pero esto solamente se podría lograr si se elimina la limitante de pobre crecimiento al inicio del ciclo en LZ. ♠

RESPUESTA DE CULTIVARES DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris*) A DOSIS DE MOLIBDENO APLICADAS VIA FOLIAR

*Rodriguez, J.R. de M., M.J.B. de Andrade, J.G. de Carvalho. 1996. Resposta de cultivares de feijao (**Phaseolus vulgaris**) a doses de molibdenio aplicadas via foliar. Ciencia e Agrotecnologia. 20(3):323-333.*

Con el objetivo de estudiar la respuesta de cultivares de frijol a la aplicación de diferentes niveles de Mo al follaje se condujeron tres ensayos de campo entre 1993 y 1994 en un Latosol Rojo distrófico del campo experimental del Departamento de Agricultura de la Universidad Federal de Labras. Se utilizó un esquema factorial 5 x 4 con tres repeticiones. Los tratamientos estuvieron constituidos por 5 cultivares de frijol (Ouro negro, Carioca MG, ESAL 550, Ouro y Roxo 90) y 4 dosis de Mo (0, 40, 80 y 120 g Mo/ha) aplicadas vía foliar 25 días después de la emergencia como molibdato de amonio. Fueron evaluados el rendimiento total y los componentes del rendimiento (número de vainas, número de semillas por vaina y peso promedio de 100 semillas) y el índice de cosecha. En las tres épocas de siembra se destacó el cultivar de granos negros Ouro negro seguido de ESAL 500 y Carioca MG. En el primero y el tercer ensayo se obtuvieron respuestas cuadráticas a la aplicación de Mo en el rendimiento de grano, con puntos máximos entre 76 y 80.7 g Mo/ha. El efecto del Mo sobre el número de vainas de la planta, el más importante componente del rendimiento, fue linear en el último ensayo y cuadrático en el segundo (punto máximo 62 g Mo/ha). Otras características afectadas por las dosis de Mo fueron el índice de cosecha y el peso medio de 100 g de semilla. Comparando con las dosis de Mo actualmente usadas, los efectos obtenidos en el presente estudio demuestran la posibilidad de incrementar la cantidad de Mo aplicado al frijol vía foliar. ♠

CURSOS Y SIMPOSIOS

1.- V CONGRESO NACIONAL DE SIEMBRA DIRECTA

ORGANIZA : Asociación Argentina de prc-ductores de siembra directa (AAPRESID)
LUGAR : Mar del Plata, Argentina
FECHA : 20-23 de Agosto, 1997
INFORMACION : AAPRESID
Corrientes 763, 2° Piso, Of. 8
200 Rosario
Argentina
Telf. : 54 041 260745
Fax. : 54 041 260745

2.- CURSO INTERNACIONAL DE MANEJO DE NUTRIENTES PARA AGRICULTURA SOSTENIBLE

ORGANIZA : International Agricultural Center (IAC)
LUGAR : Wageningen, Holand
FECHA : 24 Agosto - 22 Sept., 1997
INFORMACION : IAC
P.O. Box 88
6700 Ab Wageningen
Holanda
Telf : 31 317 490111
Fax : 31 317 418552

3.- TALLER SUD AMERICANO SOBRE USOS ALTERNATIVOS DE RESIDUOS DE ORIGEN FLORESTAL FIFTH BRAZILIAN SYMPOSIUM ON THE CHEMISTRY OF LIGNIN AND OTRHER WOOD COMPONENTS

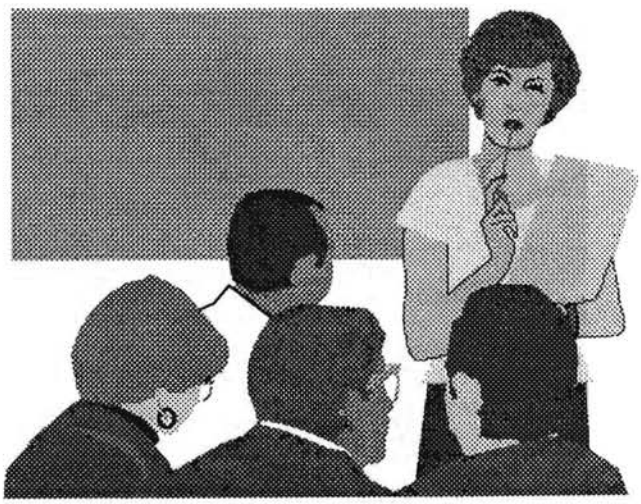
ORGANIZA : Idealiza Promociones
LUGAR : Centro de Convenciones del Hotel Bourbon, Curitiba-PR
FECHA : 31 Agosto - 4 Sept., 1997
INFORMACION : Idealiza Promociones
Av. Getulio Vargas, 3525
80240-041 Curitiba-PR
Brasil
Telf : 55 41 3427175
Fax : 55 41 3427175

4.- IV CONGRESO CUBANO DE LA CIENCIA DEL SUELO Y REUNION INTERNACIONAL DE LA RHIZOSFERA

ORGANIZA : Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo
LUGAR : Universidad de Matanzas
FECHA : 5-7 de Noviembre, 1997
INFORMACION : Ing. Jorge Luis Alvarez
Facultad de Agronomía
Universidad de Matanzas
Autopista Varadero Km 3 1/2
Matanzas, Cuba
Argentina
Telf. : 53 52 61251

5.- XXVI CONGRESO MUNDIAL DE LA CIENCIA DEL SUELO

ORGANIZA : Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo
LUGAR : Montpellier, Francia
FECHA : 20 - 26 de Agosto, 1998
INFORMACION : Secretario del Congreso
Le Corum, Service Gestion
Esplanade Charles de Gaulle-
BP 2200
34027 Montpellier Cedex 01
France
Telf.: 33 467 616761
Fax : 33 467 616684



PUBLICACIONES DE INPOFOS

Las siguientes publicaciones de INPOFOS se encuentran disponibles con un costo nominal

* NUEVO **Manual Internacional de Fertilidad de Suelos.** Publicación didáctica sobre uso y manejo de suelos y fertilizantes con datos y ejemplos de diferentes partes del mundo. $ 20.00

* **POTASA: Su Necesidad y Uso en Agricultura Moderna.** Esta publicación cubre aspectos como funciones de potasio en las plantas, necesidad, síntomas de deficiencia y el eficiente uso de fertilizantes potásicos. $ 4.00

* **Manual de Nutrición y Fertilización del Banano: Una Visión práctica de la fertilización.** Documento que resalta modernos conceptos de nutrición y fertilización de banano y que permite lograr recomendaciones prácticas sobre dosis de nutrimentos necesarios para lograr altos rendimientos sostenidos de banano. $ 20.00

* **Fertilización del Algodón para Rendimientos Altos.** Publicación que cubre en forma detallada los requerimientos nutricionales, análisis foliar y de suelos y fertilización del cultivo del algodón. $ 5.00

* **Diagnóstico Nutricional de los Cultivos.** Publicación que cubre en forma completa, pero razonablemente simple, todos los factores que permiten diagnosticar los problemas nutricionales, para evitar que éstos sean limitantes en la producción de cultivos. $ 5.00

* **Nutrición de la Caña de Azúcar.** Este manual de campo es una guía completa para la identificación y corrección de los desórdenes y desbalances nutricionales de la caña de azúcar. El tratamiento completo de la materia y las excelentes ilustraciones hacen de este manual una importante herramienta de trabajo en la producción de caña. $ 20.00

* **Nutrición y Fertilización del Maracuyá.** Esta publicación contribuye al mejoramiento de la producción de esta pasiflora al entregar a los productores, investigadores y estudiantes una discusión actualizada de la nutrición y fertilización del Maracuyá. $ 5.00

* **Conozca y Resuelva los Problemas Nutricionales de los Cultivos.** Plegable que describe los síntomas de deficiencia de nutrientes y otros síntomas relacionados con la nutrición de cultivos, como guía para la obtención de rendimientos altos. Disponibles: Maíz y Espárrago. $ 0.50

* **Conceptos Agronómicos.** Panfletos que describen conceptos agronómicos básicos que ayudan en el manejo eficiente de suelos y nutrientes. Disponible: El Cloro, verdades y mitos. $ 0.50