

INFORMACIONES AGRONOMICAS

CIENCIA DETRAS DE LAS RECOMENDACIONES DE FERTILIZACION

Tom Bruulsema*

Introducción

Los agricultores a menudo cuestionan la relevancia de las recomendaciones de fertilización, a pesar de la larga historia y la gran cantidad de investigación sobre calibración de los análisis de suelos conducida en Canadá. Los agricultores se preguntan si los suelos y los cultivos que ellos manejan están representados en la investigación en la cual se apoyan las recomendaciones. El enlace entre las recomendaciones y la investigación a menudo se pierde, o no es clara, si los datos no se organizan sistemáticamente.

El predecir la respuesta de un cultivo a la aplicación de nutrientes es todavía un reto, incluso después de muchas décadas de investigación. El análisis de suelos puede distinguir adecuadamente suelos con alta y baja probabilidad de respuesta del cultivo para la mayoría de los nutrientes. Sin embargo, esto solo representa una pequeña parte de la variabilidad total de respuesta de los cultivos a través de sitios y años.

Se conocen las razones por las cuales falla el análisis de suelos, pero a menudo no se cuantifican estos factores en forma apropiada para usarse en el manejo de fertilidad del suelo. Factores como textura del suelo, potencial de rendimiento, condiciones específicas de clima, y diferencias entre cultivares enmascaran la clara relación entre el análisis de suelos y la respuesta de los cultivos.

Las recomendaciones pueden o no incluir algunos de estos factores. Más aún, las bases de datos de calibración del análisis de suelos pueden carecer de la información que caractericen estos factores. El complementar esta información demanda inversión y esfuerzo, pero este esfuerzo puede ser recompensado con un mejor manejo de las recomendaciones de fertilización. En este artículo se presentan ejemplos de dos bases de datos, fósforo (P) para maíz y potasio (K) en soya, en Ontario, Canadá, que demuestran el valor educacional y práctico de esta información.

Distribución espacial

La distribución de los cultivos maíz y soya en Ontario y la distribución de los sitios incluidos en la base de datos que presentan respuesta a los nutrientes aplicados en experimentos de campo se presentan en la **Figura 1**. Estos mapas muestran la ubicación de 99 sitios-año de experimentos que evaluaron la respuesta del maíz a P,

* Tomado de: Bruulsema, T.W. 2005. Understanding the science behind fertilizer recommendations. Better Crops With Plant Food. Vol. 88 (3): 16-19.

Julio 2006 • N° 62

CONTENIDO

	Pág.
Ciencia detrás de las Recomendaciones de Fertilización	1
Equilibrio entre las Metas a Corto y Largo Plazo en el Manejo de Nutrientes	5
Nutrición y Fertilización del Pino Caribeño (<i>Pinus caribaea</i>)	8
Reporte de Investigación Reciente	13
- Diagnóstico de la deficiencia de azufre en soya usando semillas.	
- Nuevo método para la medición simultánea de la capacidad de intercambio catiónico dependiente del pH y la capacidad tampón del pH.	
- Distribución de fósforo y potasio en el suelo después de fertilización a largo plazo usando banda profunda en diferentes sistemas de labranza.	
- Dinámica de fósforo en suelos altamente meteorizados evaluada con técnicas de marcado isotópico.	
- Fraccionamiento y fuentes de nitrógeno para la producción de col blanca.	
- Efecto de las dosis de nitrógeno y molibdeno en el rendimiento y calidad de postcosecha de la lechuga de cabeza crespada.	
Cursos y Simposios	15
Publicaciones de INPOFOS	16
Editor: Dr. José Espinosa	

Se permite copiar, citar o reimprimir los artículos de este boletín siempre y cuando no se altere el contenido y se citen la fuente y el autor.



INSTITUTO DE LA POTASA Y EL FOSFORO
POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE
POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE OF CANADA



Ocasionalmente el maíz y la soya presentan deficiencia de P y K en Ontario.

y 128 sitios-año que evaluaron la respuesta de soya a K. La investigación presentada fue conducida por muchos científicos especialistas en la fertilidad de suelos en las últimas cuatro décadas.

Al momento, las áreas cultivadas se extienden considerablemente al norte y este, más allá del área representada por los experimentos de campo, particularmente para el cultivo de soya. Sin embargo, las áreas de mayor producción coinciden con las áreas de mayor intensidad de experimentos de campo.

Mapas como estos permiten a los productores referenciar su propio sitio con respecto a los sitios presentados en las bases de datos. Esto puede mejorar la aceptación de las recomendaciones de fertilización derivadas de la información acumuladas en estas bases de datos.

El colocar en un mapa los parámetros de respuesta en cada sitio también permite analizar las tendencias

espaciales. Sin embargo, visualmente no se hizo aparente ninguna tendencia clara en las dos bases de datos estudiadas. El número de sitios limitó la expectativa de identificar estas tendencias. Sitios separados aun por solo pequeñas distancias diferían considerablemente en textura. Por estas razones, el análisis de los datos se enfocó a parámetros medidos en cada uno de los sitios. En bases de datos grandes, los análisis geoestadísticos tienen el potencial de identificar sub-regiones en donde la frecuencia de

respuesta difiere, o donde las relaciones entre el contenido del nutriente en el suelo y la respuesta del cultivo difieren.

Impacto del contenido de nutrientes en el suelo

Las bases de datos analizadas contienen suficiente información para calcular una dosis óptima para cada sitio-año, utilizando modelos lineales, cuadráticos o exponenciales de respuesta. Los sitios donde la dosis óptima fue cero se denominaron sitios sin respuesta. La frecuencia de sitios con respuesta estima la probabilidad de respuesta del cultivo. El número de sitios con respuesta fue diferente entre sitios-año. Niveles múltiples de otros factores, como labranza o cultivar utilizado, resultaron en niveles muy altos de respuesta para algunos sitios-año: hasta 60, con una mediana de 10, en la base de datos de maíz, hasta el 96, con una mediana de 4, en la base de datos de K en soya. Todos los análisis a través de sitios-año usaron el

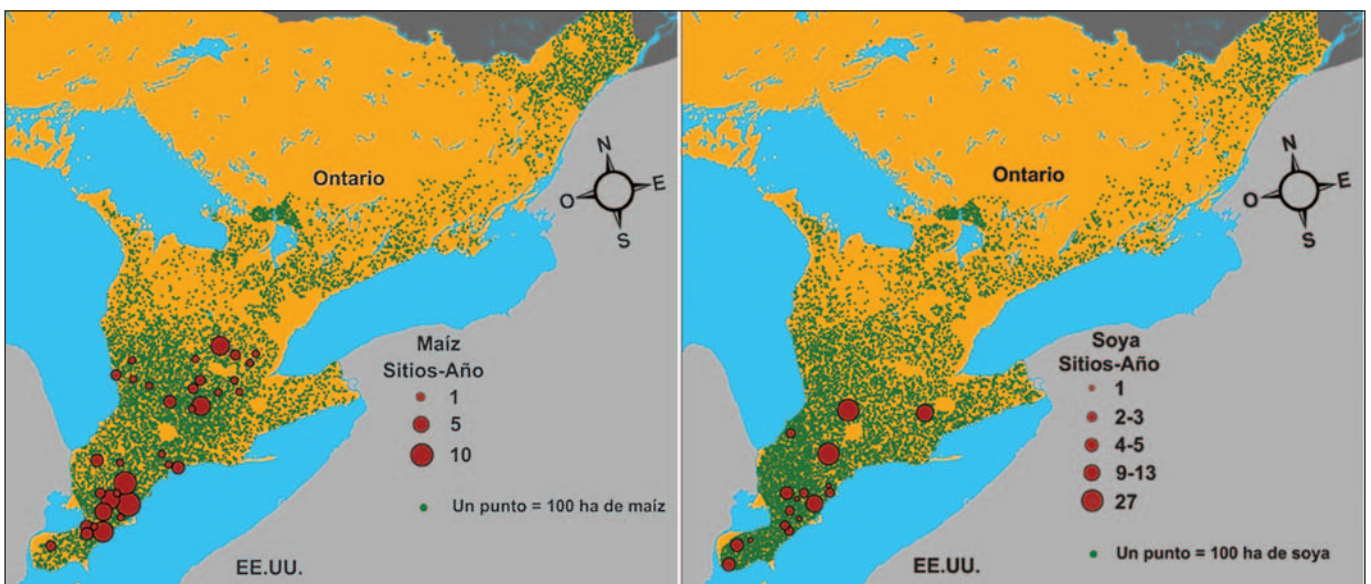


Figura 1. Distribución de las áreas de producción y de los experimentos de campo de fertilidad en maíz y soya en Ontario, Canadá.

número de sitios con respuesta como factor de ponderación.

El resumen de las características de respuesta solamente por categorías de contenido del nutriente en el suelo según el análisis presentado en la **Tabla 1** indica que la probabilidad de respuesta y la dosis promedio óptima se redujo a medida que los contenidos del nutriente en el suelo se incrementaron. Al comparar las probabilidades de respuesta, se puede concluir que aplicar P al maíz es más crítico que aplicar K a la soya. Contenidos altos del nutriente en el suelo implican menores probabilidades de respuesta. Sin embargo, muchos productores considerarían que un riesgo de pérdida en el rendimiento de 15 a 25% demanda atención, particularmente si lo pueden eliminar con una dosis baja de fertilizantes bien localizados.

El análisis por categorías de contenido del nutriente en el suelo presentado en la **Tabla 1** explica solo el 17% de la variabilidad en la dosis óptima de P para maíz y el 13% de K para soya. Si se aplican las dosis promedio óptimas de cualquiera de las categorías de contenido del nutriente en el suelo, existe un muy alto riesgo de aplicar demasiado o muy poco nutriente. Debido a que a categorías bajas de contenido del nutriente en el suelo el riesgo y tamaño del potencial de pérdida del rendimiento son altos, las recomendaciones son generalmente más altas que las dosis promedio óptimas presentadas.

Al contrario, a contenidos altos en el suelo algunas personas recomiendan no aplicar el nutriente, ya que las pérdidas potenciales de rendimiento son menos frecuentes y más pequeñas, y la cantidad del nutriente requerido es menor de lo que se puede aplicar con el equipo normal de campo. Sin embargo, si se valora la oportunidad de mantener la fertilidad del suelo, y si se

considera que la probabilidad de respuesta es todavía sustancial, esta es una justificación para fertilizar en dosis moderadas suelos con contenidos altos del nutriente. La colocación controlada de dosis bajas usando técnicas como la colocación de P de arranque con las semillas es una estrategia que tiene mucho sentido en el manejo de fertilidad del maíz en estas situaciones. Ninguna de las dos bases de datos contienen sitios con contenidos del nutriente mayores a los de la categoría de “muy alto”. En sitios donde se determina que existen estos contenidos del nutriente en el suelo, estas bases de datos no proveen una respuesta a la pregunta de que si el fertilizante de arranque continúa teniendo algún valor en estas condiciones.

Impacto en la textura del suelo y el potencial de rendimiento

Aunque el análisis de suelo solo explica del 13 a 17% de la variabilidad en las dosis óptimas, esto no implica que esta herramienta no tenga valor. Los sitios varían mucho en su contenido de nutrientes en el suelo, y las diferencias en la probabilidad de respuesta y en las dosis óptimas hacen del análisis del suelo una práctica económicamente favorable. Además, lo que indican estos porcentajes es que existe una oportunidad para definir que otros factores, más allá del contenido de nutrientes en el suelo, pueden influenciar la dosis óptima. Hasta el momento, solamente los datos de textura del suelo y los datos de rendimiento son factores confiables en las dos bases de datos evaluadas. Se asume que el potencial de rendimiento es el promedio del tratamiento con más alto rendimiento.

Cuando se considera la textura del suelo, es aparente que los suelos con textura gruesa parecen tener un más alto nivel óptimo de P para maíz, en comparación con los suelos de texturas más finas (**Tabla 2**). Al añadir la

Tabla 1. Características de la respuesta de maíz y soya a cuatro categorías de contenido del nutriente en el suelo según el análisis¹.

Categoría ²	Maíz		Soya	
	Probabilidad de respuesta %	Dosis promedio óptima de P ₂ O ₅ kg/ha	Probabilidad de respuesta %	Dosis promedio óptima de K ₂ O kg/ha
Bajo	85	50	44	53
Medio	59	28	49	39
Alto	19	8	15	13
Muy alto	25	8	24	11

1 Basadas en datos de 99 y 128 sitios-año para maíz y soya, respectivamente. El análisis fue ponderado basándose en el número de ocurrencia de la misma categoría en cada sitio-año.

2 Los límites de las cuatro categorías para los contenidos de P según el análisis de suelos (Olsen) para maíz son 9, 20 y 30 ppm y para K en soya son 60, 120 y 150 ppm (acetato de amonio).

Tabla 2. Impacto de la textura del suelo en el promedio de las dosis óptimas de P aplicadas en Ontario, Canadá.

Contenido de P en el suelo (Categoría)	Textura	
	Arenoso a Franco	Franco a Arcilloso
	kg P ₂ O ₅ /ha	
Bajo	78	47
Medio	52	18
Alto		8
Muy alto		8

Tabla 3. Impacto de la textura del suelo en el promedio de las dosis óptimas de K aplicadas en Ontario, Canadá.

Contenido de K en el suelo (Categoría)	Textura	
	Arenoso a Franco	Franco a Arcilloso
	kg K ₂ O/ha	
Bajo	56	
Medio	18	50
Alto	0	15
Muy alto	2	16

textura al análisis de suelo la variabilidad total explicada se duplicó a 33%. Sin embargo, la base de datos no contiene sitios con suelos de textura gruesa y contenidos altos y muy altos de P. Los niveles de rendimiento para esta base de datos tuvieron un promedio de 8280 kg/ha, pero el efecto del rendimiento en la dosis óptima no fue significativo ($p = 0.2$).

La textura del suelo también influyó las dosis óptimas de K para soya (**Tabla 3**). Es aparente que los suelos con texturas más finas requirieran más K para un nivel de contenido de K en suelo dado. El rendimiento también tuvo influencia, con un incremento de 1.2 kg/ha de dosis óptima de K₂O por cada 67 kg/ha de incremento en el rendimiento. El promedio del rendimiento en la base de datos fue de 2890 kg/ha. Los efectos combinados de los contenidos de K en el suelo según el análisis, textura y rendimiento explican el 23% de la variabilidad en dosis óptimas.

Los ejemplos en las Tabla 2 y 3 demuestran que la predicción de las dosis óptimas a partir del análisis de suelos puede mejorarse substancialmente al considerar otros factores específicos del sitio. Sin embargo, si se considera que estos factores solo explican del 23 al 33% de la variabilidad, existe un espacio considerable para mejorar.

El clima es uno de los modificadores más importantes de la relación entre los niveles de nutrientes en el suelo y la respuesta del cultivo. Sin embargo, es difícil el determinar cuales datos del clima son los que mejor representan esta influencia, pero, aun si podría deducir esta relación de las bases de datos, el valor de la predicción dependería del pronóstico del clima.

Se analizó otra base de datos más grande con información sobre la respuesta de maíz al nitrógeno (N) en Ontario. Esta base incluye 595 sitios-año de experimentos de campo con por lo menos tres dosis de N. Esta base no tiene información sobre análisis de suelos, pero la evaluación de la información encontró que cuatro factores: rendimiento, cultivo anterior, textura del suelo y época de aplicación de N, explican el 28% de la variabilidad de las dosis óptimas de N. Una cantidad considerable de variabilidad, proveniente del clima y otros factores, todavía permanece sin explicación.

Conclusiones

Aun las mejores bases de datos de calibración de análisis del suelo explican menos de una tercera parte de la variabilidad en respuesta del cultivo a la aplicación de nutrientes. Esto afecta las interpretaciones agronómicas de los análisis de suelos e implica que no existe una sola dosis óptima para todos los productores con condiciones similares de fertilidad de suelos. Más bien, la dosis óptima depende de la magnitud relativa de los riesgos que cada productor enfrenta.

Las decisiones de las dosis de fertilización son decisiones gerenciales de riesgo. Agronómicamente, el riesgo de que un nutriente limite el rendimiento del cultivo debe confrontarse con el costo e impacto de esta decisión en el balance del contenido de nutrientes en el suelo. Ambientalmente, se deben considerar los riesgos de la aplicación de nutrientes en la calidad del agua y aire.

Es necesario evaluar los riesgos agronómicos y ambientales por sitio específico para determinar de forma adecuada la dosis de nutriente a aplicarse de modo que se pueda maximizar el beneficio del uso de fertilizantes. 🌱

EQUILIBRIO ENTRE LAS METAS A CORTO Y LARGO PLAZO EN EL MANEJO DE NUTRIENTES

A. Dobermann, K.G. Cassman, D.T. Walters y C. Witt*

Introducción

Las recomendaciones de fertilización a menudo provienen de experimentos agronómicos que buscan optimizar la aplicación de nutrientes para lograr un alto retorno neto del cultivo al cual se aplicaron estos insumos. Cuando un experimento de campo produce solamente un pequeño incremento en rendimiento, en respuesta a la adición de nutrientes, que no es estadísticamente significativo, a menudo se concluye que no es necesario aplicar nutrientes. Este tipo de decisión puede llevar a un desequilibrio en el uso de fertilizantes y a un balance negativo de nutrientes en el sistema que amenazan la fertilidad del suelo y productividad del cultivo a largo plazo.

En este artículo se presentan cuatro casos de respuestas acumuladas a la aplicación repetida de nutrientes. El mayor beneficio en términos de rendimiento, eficiencia de uso de nutrientes y fertilidad del suelo ocurrieron en el tiempo en que estos sistemas fueron manejados con aplicación continua de un suplemento equilibrado de nutrientes que también permitió mejorar la fertilidad del suelo. Las recomendaciones de fertilización deben considerar la respuesta a corto y largo plazo del cultivo a las aplicaciones de fertilizantes. Es necesario tomar en cuenta los cambios en el contenido de nutrientes en el suelo para evaluar las estrategias de manejo de nutrientes y para estimar el nivel de eficiencia de uso de nutrientes del sistema.

Caso 1: Respuesta del algodón al potasio (K)



Cassman et al. (1989) estudiaron la respuesta del algodón bajo riego a la aplicación de K en un suelo con alto contenido de vermiculita (**Figura 1**). El rendimiento de

algodón estuvo directamente relacionado con el estado del K en el suelo, pero se redujo sin la aplicación de K por el agotamiento de este nutriente del suelo. Sin embargo, se observó un incremento en rendimiento en

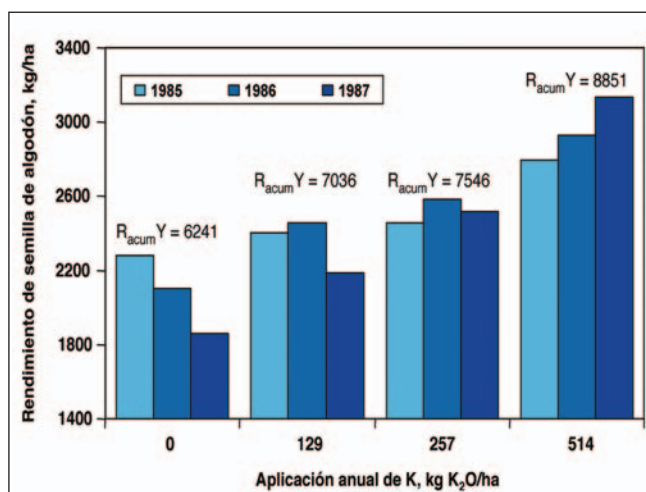


Figura 1. Respuesta anual y acumulada (R_{acum}) del rendimiento de semilla de algodón a la aplicación anual de K en un Vertisol.

cada año sucesivo con la dosis más alta de K. Las dosis anuales de 144 o 288 kg de K₂O/ha resultaron en un incremento acumulado de semilla cosechada de 13 a 21%, pero 576 kg de K₂O/ha produjeron un incremento del 42%. El contenido de K y el de la materia orgánica en el suelo se redujeron en el testigo, donde el equilibrio de K cambió hacia la fijación del nutriente entre las capas de las arcillas del suelo. Con la adición de dosis altas de K se logró la saturación parcial de K de los sitios de fijación, resultando en una mayor disponibilidad de K para las plantas y en un incremento del 50% en la eficiencia de recuperación de fertilizante potásico por el cultivo. Estos beneficios no se lograron con pequeñas aplicaciones de K, o pudieron haberse enmascarado si el estudio se hubiese realizado solamente a corto plazo.

Caso 2: Respuesta de la soya al fósforo (P)



Una de las más importantes decisiones de manejo de suelos ácidos tropicales es invertir o no en fertilizante fosfatado y como aplicarlo a través del tiempo. En un

Ultisol en Hawái, la recuperación de P por soya y la

* Tomado de: Dobermann A., K.G. Cassman, D.T. Walters, and C. Witt. 2005. Balancing short-term and long-term goals in nutrient management. *Better Crops With Plant Food*. Vol. 89 (4): 16-18.

Tabla 1. Absorción acumulada de P (P_{acum} , kg/ha), rendimiento acumulado de soja (R_{acum} , kg/ha), eficiencia de recuperación (ER_p) y eficiencia agronómica (EA_p) de las aplicaciones anuales de P en un Ultisol ácido.

Aplicación anual de P		1988 I	1989 I	1989 II	1990 I
kg P_2O_5 /ha	P_{acum}	----- ER_p (Δ absorción de P/P aplicado, kg/kg) -----			
0	30	-	-	-	-
81 - 114	56	0.08	0.14	0.20	0.29
160 - 230	75	0.08	0.13	0.19	0.22
480 - 688	87	0.04	0.05	0.08	0.09
	R_{acum}	----- EA_p (Δ rendimiento de grano/P aplicado, kg/kg) -----			
0	6460	-	-	-	-
81 - 114	9721	12.7	18.2	22.5	44.1
160 - 230	11101	10.9	15.0	14.7	25.6
480 - 688	11478	4.1	5.5	6.1	8.9

I = Primer ciclo del año.
II = Segundo ciclo del año.
 Δ = Significa "cambio en"

eficiencia agronómica del P aplicado se incrementaron con el tiempo en cuatro ciclos de cultivo con diferente potencial de rendimiento y en todos los niveles de aplicación de P (Cassman et al., 1993). La absorción acumulada de P y el rendimiento de grano de los cuatro ciclos de cultivo se relacionaron estrechamente con la dosis de P aplicada (Tabla 1). El balance neto de ingresos y egresos de P fue positivo en todos los tratamientos con P y resultó en el incremento del P extraíble del suelo, una reducción en la proporción de P fijado de las siguientes aplicaciones del nutriente, una mejor eficiencia de uso de P y un incremento en la absorción de nitrógeno (N) por la soja. Los rendimientos acumulados se incrementan al pasar el tiempo, lo cual también significa que el retorno marginal de la inversión en fertilizantes fosfóricos también se incrementa con el tiempo.

Caso 3: Respuesta del arroz a P y K



Muchas de las recomendaciones de P y K en los sistemas de arroz con riego en Asia se basan en experimentos de campo que enfatizan la respuesta en rendimiento a la

aplicación de nutrientes en un solo ciclo del cultivo. Cuando no se logra medir incrementos significativos en el rendimiento, a menudo se recomienda no aplicar ese nutriente, lo cual puede conducir al agotamiento del P y K del suelo (Dobermann et al., 1998). Aun cuando

la respuesta inicial en rendimiento de arroz de inundación a aplicaciones de P y K es a menudo pequeña, con el transcurso del tiempo se pueden acumular incrementos en rendimiento significativos (Witt et al., 2004).

En el ejemplo que se presenta en la Figura 2 (Witt et al., 2004), el incremento inicial de rendimiento a las aplicaciones de P y K, no son significativas (<0.49 t/ha). Sin embargo, los incrementos del rendimiento fueron consistentes y se hicieron grandes al transcurrir el tiempo porque las fuentes de P y K disponibles en el suelo se fueron agotando. El descuidar las aplicaciones de P y K en el transcurso de 9 años (18 cultivos) produjo una pérdida de 16,6 y 11,0 t/ha de grano, respectivamente. Patrones similares se observaron en

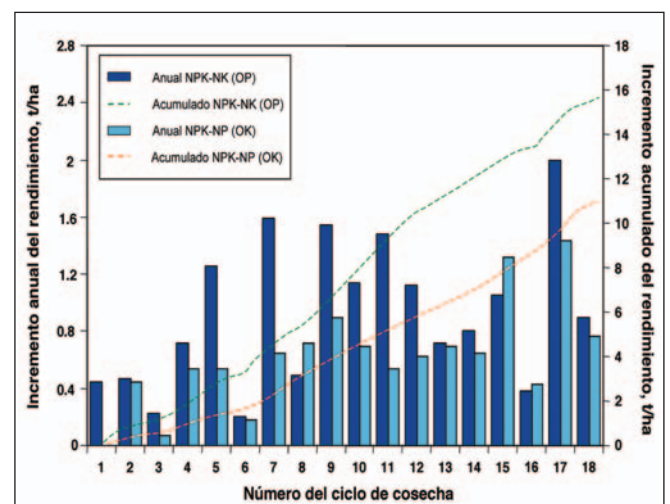


Figura 2. Incrementos anuales y acumulados de arroz irrigado en respuesta a la aplicación de P y K en un Vertisol de Maligaya, Filipinas, 1968-1976.

Tabla 2. Eficiencia de uso de N en sistemas de maíz irrigados con dos formas de manejo, el recomendado para sitio y un manejo intensivo en un Mollisol de Lincoln, Nebraska, Estados Unidos, 2000-2004.

	Recomendado ¹	Intensivo ²
Rendimiento promedio de maíz, kg/ha	13986	15805
Dosis promedio de N, kg/ha	195	305
Balance de N y C en 4 años (Mayo 2000 a Mayo 2004)		
Aporte de residuos del cultivo, t/ha de C sobre el suelo	21.5	26.4
Respiración del suelo + raíces, t/ha de CO ₂	26.9	26.0
Cambio medido de C en el suelo, t/ha	-1.1	4.4
N aplicado, kg/ha	780	1221
N removido con el grano, kg/ha	670	789
Cambio medido de N en el suelo, kg/ha	-230	219
Eficiencia de uso de N		
kg de grano/kg de N aplicado, FPP	33	24
kg de N en el grano/kg de N aplicado	0.86	0.65
kg de N en el grano + cambio de N en el suelo/kg de N aplicado	0.56	0.83

¹ 46000 plantas/ha; Dosis de nutrientes basadas en el análisis de suelo, N fraccionado 2 veces.

² 65000 plantas/ha; Dosis más altas de nutrientes, N fraccionado 4 veces, 50 kg de N aplicados sobre el residuo antes de la labranza.

otros sitios en Asia. Los requerimientos de fertilizantes podrían subestimarse si se basan en respuesta en rendimiento a corto plazo, sin considerar la remoción de nutrientes en el grano y la paja. Por lo tanto, en un nuevo concepto de manejo de nutrientes por sitio específico, las dosis de P y K de mantenimiento se calculan basándose en un modelo de ingresos-egresos de nutrientes (Dobermann et al., 2004).

Caso 4: Nitrógeno (N) en sistemas de maíz de riego



El mantenimiento de la materia orgánica en el suelo (MOS) es una importante meta en la agricultura, tanto en términos de fertilidad de suelos como de secuestro del dióxido de carbono (CO₂) de la atmósfera. Debido a la estrecha relación C:N en MOS, el secuestro de C requiere de suficiente N. Este papel del N también debe

considerarse para evaluar la eficiencia de uso del fertilizante nitrogenado y para diseñar estrategias de manejo de N a largo plazo.

En el ejemplo presentado en la **Tabla 2**, el sistema de maíz continuo recomendado en Nebraska, Estados Unidos, representa un tipo de manejo para obtener rendimientos de aproximadamente el 80% del potencial

del rendimiento de maíz. En el sistema intensivo propuesto, el manejo del cultivo se intensificó para lograr del 90 al 95% del potencial de rendimiento. El sistema en general se describe en el pie de página de la **Tabla 2**. Uno de los factores de manejo en este sistema es la aplicación de una cantidad extra de N antes de la labranza para ayudar la descomposición y humificación de los residuos del cultivo. En un periodo de 4 años el ingreso de C acumulado en los residuos fue 22% más alto en el sistema intensivo que con el manejo recomendado para el sitio, pero no hubo diferencia en la respiración de C del suelo. El sistema de manejo intensivo produjo un significativo secuestro de C y N en la MOS, mientras que en el sistema recomendado se produjo una pérdida neta de C y N del suelo.



El Dr. Dobermann presenta la investigación de alta producción de maíz en un día de campo

Continúa en la página No.15

NUTRICION Y FERTILIZACION DEL PINO CARIBEÑO (*Pinus caribaea*)

Alfredo Alvarado, Jaime Raigosa y Jessica Oviedo*

Introducción

El pino caribeño (*Pinus caribaea*) es un árbol alto que crece rápidamente y produce madera de diversos usos incluyendo productos de papel. Se cultiva extensamente en los trópicos húmedos. Se emplea también en planes de reforestación debido a su plasticidad ecológica, adaptabilidad a condiciones adversas, fácil manejo y crecimiento rápido. Como conífera, habita en suelos poco fértiles, aunque las plantaciones establecidas en sitios muy degradados y marginales no producen los rendimientos que corresponden al potencial de la especie.

Calidad de sitio de siembra

En general, se considera que la productividad del *P. caribaea* disminuye conforme aumenta la altura sobre el nivel del mar (Vásquez, 1987; Vásquez y Ugalde, 1995). Ciertas propiedades físicas del suelo adversas, como el mal drenaje, nivel freático cercano a la superficie, densidad aparente alta, o poca profundidad

efectiva (< 80 cm) pueden limitar el crecimiento de esta especie (Isolán, 1972; Ortega, 1986; Vásquez, 1987; y Zamora, 1986). Se ha demostrado que texturas gruesas, baja retención de humedad y escasa precipitación desencadenan la muerte súbita en plantaciones de pino en Monagas, Venezuela (Márquez et al., 1994).

Requerimiento de nutrientes

Las cantidades de nutrientes inmovilizados en diferentes compartimentos de la biomasa y del mantillo en plantaciones de *P. caribaea* en Brasil y Nigeria se presentan en la **Tabla 1**. La extracción de nutrientes de *P. caribaea*, evaluada en plantaciones de Fiji se presenta en la **Figura 1**. El orden de extracción fue el siguiente: 235, 31, 133, 103, 67, 1.6, 14.4 y 0.30 kg ha⁻¹ de N, P, K, Ca, Mg, Zn, Mn y B, respectivamente. En general, la máxima acumulación de Mg y P se produce al año 11, mientras que el N, K y Ca continúan acumulándose hasta el año 16 (Waterloo, 1994). Por otro lado, datos de Surinam para la misma especie indican que la

Tabla 1. Nutrientes acumulados en los diferentes componentes de la biomasa y del mantillo de plantaciones de *P. caribaea* en regiones tropicales (adaptado de Salas, 1987).

Edad plantación	Componente	Peso seco t/ha	N P K Ca Mg ----- (kg ha ⁻¹) -----				
			6 años, Brasil	Hojas	7.2	87	10
	Ramas	5.1	11	2	2	3	2
	Tronco	46.8	84	19	30	19	16
	Corteza	6.9	15	2	1	6	1
6 años, Nigeria	Hojas	9.8	92	4	71	33	17
	Ramas	8.2	26	2	12	17	6
	Tronco	35.9	83	4	36	40	14
	Corteza	7.8	20	1	6	8	3
	Raíces	15.6	39	2	31	22	9
	Mantillo	3.7	18		9	7	4
	Total	81.2	279	12	137	126	62
10 años, Nigeria	Hojas	20.2	126	6	152	71	36
	Ramas	16.7	52	2	30	32	8
	Tronco	76.4	138	8	61	61	23
	Corteza	20.9	59	2	15	23	6
	Raíces	34.1	82	7	68	65	27
	Ramas muertas	2.7	7		2	4	
	Mantillo	19.7	89	2	47	39	14
	Total	190.9	598	27	375	296	116

* Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. Correo electrónico: alfredo@carriari.ucr.ac.cr

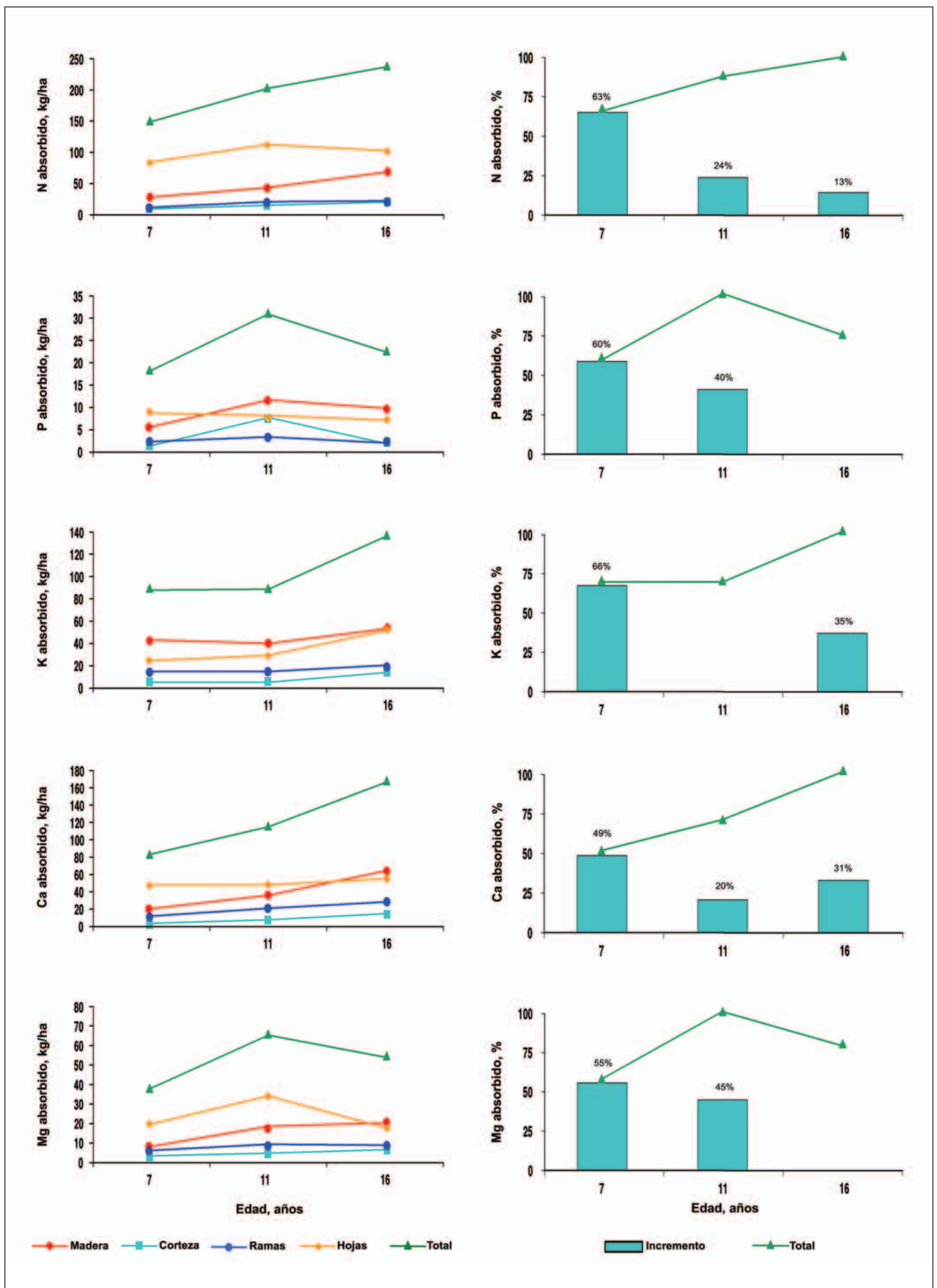


Figura 1. Absorción de nutrientes en plantaciones de *P. caribaea* de 7, 11 y 16 años de edad en Fiji (adaptado de Waterloo, 1994).

cosecha de 200 t ha⁻¹ de madera para pulpa de papel pueden remover 576, 36, 506, 1218 y 99 kg ha⁻¹ de N, P, K, Ca y Mg, respectivamente (Graff, 1982).

Reciclaje de nutrientes

Información desarrollada en Mollisoles y Oxisoles del Pacífico Polinesio indica que los requerimientos nutricionales de *P. caribaea* son mayores antes del cierre del dosel de la plantación (Waterloo, 1994). Los requerimientos se reducen marcadamente entre los 6 y 11 años, posiblemente por la liberación de nutrientes (especialmente K) del sotobosque en descomposición que muere al cerrarse el dosel, así como del reciclaje de nutrientes proveniente de la adición de hojarasca (5-9 t ha⁻¹ año⁻¹) que puede aportar cantidades significativas de Ca, Mg y B. Más del 70% de los residuos de *P. caribaea* se descomponen sobre el suelo en 18-20 meses, liberándose el 60% del K en los primeros 3 meses y menos del 50% del N, Ca, P y Mg hasta los 18 meses.

Contenido foliar de nutrientes

Los rangos que categorizan el contenido foliar de nutrientes de *P. caribaea* se presentan en la **Tabla 2**.

Fertilización en vivero

La fertilización de las plántulas en el vivero es importante, sin embargo, existen pocos datos en la literatura que ilustren la práctica. En suelos ácidos, franco arcillosos y poco profundos de Pinar del Río, Cuba, la adición de 1 g por plántula de la fórmula 8-10-10 después de germinada la semilla favoreció el desarrollo de los arbolitos (Herrero et al. 1985). La aplicación foliar de una solución al 1% de fertilizante soluble completo (macro y micro nutrientes) a intervalos de un mes, por 4 veces consecutivas, a plántulas de *P. caribaea* en dos tipos de suelo (rojos y

Tabla 2. Valores tentativos de interpretación de los niveles foliares de nutrientes en plantaciones de *P. caribaea* (adaptado de Boardmann et al., 1997).

Elemento	Deficiente	Marginal	Adecuado
N (%)	<0.80	0.9	1.29
P (%)	<0.06		0.17
K (%)	<0.3		
S (%)		0.03	0.089
Ca (%)	<0.11		
Mg (%)	<0.80		
Cu (ppm)	<2.0		7.3
Zn (ppm)			21-55
B (ppm)	4-5	<10	33

derivados de pizarras), aumentó el peso de las plántulas y duplicó el contenido de Mg foliar.

Fertilización en la etapa de crecimiento rápido

Investigación en suelos de baja fertilidad en Turrialba, Costa Rica, demostró que la adición de 30 g por árbol del fertilizante compuesto de fórmula 14-14-14, cada 15 días después del trasplante en plantaciones de *P. caribaea* var. hondurensis, incrementó el crecimiento promedio acumulado en altura a los 6 meses. La altura de las plantas fertilizadas fue de 52 cm en comparación con 42 cm en las plantas sin fertilizar (Loaiza, 1967). De manera similar, se ha observado en parcelas en suelos ácidos, infértiles y bien drenados, con eliminación de malezas con herbicidas, que la aplicación de 80 g por árbol de la fórmula 12-24-12, dos meses después del trasplante, triplicaron el volumen e incrementaron la altura de las plantas 20 meses después de la aplicación, en comparación con parcelas que no recibieron fertilizante (Kane, 1992). Sin embargo, también se observó que la aplicación en franjas de 90 g de N por árbol en forma de urea causó mortalidad en las plantas.

El efecto de la adición de P a esta especie en suelos ácidos, también fue estudiado por Kane (1992). En este caso, 2 meses después de la siembra, se aplicó y se incorporó con rastra 50 kg de superfosfato triple ha⁻¹,

Tabla 3. Efecto de la aplicación de fertilizantes sobre el crecimiento de *P. caribaea* var. *caribaea*, por 4 años consecutivos, en suelos ácidos de Pinar del Río, Cuba (Herrero et al., 1985).

Tratamiento	Urea	Superfosfato triple	KCl	Altura	Diámetro	Volumen	Incremento en volumen
	----- g por planta -----			m	cm	----- m ³ ha ⁻¹ -----	
N ₀ P ₀ K ₀	0	0	0	6.4	13.4	55.2	
N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	109	109	83	9.8	16.6	115.3	60.2
N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	218	218	166	9.6	17.7	128.3	73.1

en una franja de 1 m de ancho. Veinte meses después se encontró que la adición de superfosfato incrementó el volumen de madera a 1.78 m³ ha⁻¹, mientras que el testigo solo alcanzó un volumen de 0.92 m³ ha⁻¹. Cuando se probó la aplicación de roca fosfórica en la misma dosis se logró un volumen de madera de 1.33 m³ ha⁻¹. La aplicación de P redujo la concentración foliar de K, lo que sugiere la necesidad de aplicar K conjuntamente con el P.

En plantaciones de *P. caribaea* var. *hondurensis* en la Yeguada, Panamá en latosoles muy degradado y con serios problemas de erosión, se demostró que una dosis de fertilizante 15-15-15 (57 g por árbol) más una mezcla de elementos menores (28 g por árbol) y B (14 g por árbol) aumentaron la sobrevivencia en 44% y el crecimiento en 244% de los árboles hasta el cuarto año (Dayson 1995).

La recomendación de fertilización para la etapa de crecimiento rápido de *P. caribaea* creciendo en suelos ácidos, franco arcillosos y poco profundos de Pinar del Río, Cuba, es aplicar 50 kg ha⁻¹ de N, de P y de K durante los primeros 4 años de crecimiento de la plantación (Herrero et al., 1985). Estas recomendaciones se basan en los resultados de investigación reportados en la **Tabla 3**.

Fertilización de mantenimiento en plantaciones

Experimentos a largo plazo conducidos en suelos ácidos (pH_{H₂O} 4.2), franco arcillosos y poco profundos de Pinar del Río, Cuba, reportados por Herrero et al. (2004), demuestran que el *P. caribaea* responde favorablemente a la aplicación de P, sin embargo, los mejores rendimientos se obtienen con la adición de fórmulas con N, P y K. En este experimento se

Tabla 4. Efecto de la aplicación de fertilizante en forma continua y alterna sobre el crecimiento de *P. caribaea* var. *caribaea* a los 6, 8, 15 y 33 años después de su adición en suelos ácidos de Pinar del Río, Cuba (Herrero et al., 2004).

Fertilizante fórmula g por árbol	8-10-10* kg ha ⁻¹	Edad de la plantación (años)			
		6	8	15	33
Altura árboles (m)					
0	0	4.8	5.6 b ⁺	11.0 b	14.4 a
300	333	4.8	5.6 b	10.7 b	13.2 b
600 C	667 C	5.5	6.8 ab	12.4 a	15.8 ab
600 A	667 A	5.4	6.6 ab	12.8 a	15.9 ab
800 C	889 C	5.5	7.1 ab	12.9 a	15.9 ab
800 A	889 A	5.3	6.8 ab	13.0 a	16.7 a
1000 C	1111 C	5.7	6.7 ab	13.1 a	17.8 a
1000 A	1111 A	5.1	6.6 ab	12.9 a	16.3 ab
Diámetro árboles (cm)					
0	0	7.2 b	8.7 b	14.1 b	21.8
300	333	7.9 ab	8.6 b	14.1 b	20.3
600 C	667 C	8.6 ab	10.1 ab	15.9 ab	21.9
600 A	667 A	8.4 ab	10.0 ab	16.4 ab	22.2
800 C	889 C	8.9 ab	10.3 ab	16.9 a	22.3
800 A	889 A	8.3 ab	9.6 ab	17.3 a	23.8
1000 C	1111 C	9.2 a	10.8 a	17.4 a	23.7
1000 A	1111 A	8.5 ab	10.3 ab	16.9 a	23.5
Volumen de madera (m ³ ha ⁻¹)					
0	0			79.8 b	253.4 ab
300	333			82.0 b	178.4 b
600 C	667 C			125.3 ab	276.7 ab
600 A	667 A			144.6 a	293.8 ab
800 C	889 C			137.5 a	258.7 ab
800 A	889 A			143.0 a	311.0 a
1000 C	1111 C			157.3 a	335.3 a
1000 A	1111 A			145.9 a	305.2 a

* La letra C indica todos los años y la letra A en años alternos.

+ Tratamientos con la misma letra no son estadísticamente diferentes (P = 0.05).

adicionaron desde el trasplante niveles crecientes de la fórmula fertilizante 8-10-10, en forma continua (años seguidos) y forma alterna (uno si otro no) por 5 años. Se estimaron las variables dasométricas en la plantación a las edades de 6, 8, 15 y 33 años. Los datos de este experimento se presentan en la **Tabla 4** y demuestran que hubo una respuesta significativa a la fertilización. La máxima de respuesta se logra a los 15 años de edad y luego el efecto se atenúa hacia los 33 años por falta de raleo. En términos económicos, las dosis más altas permitieron obtener mayores volúmenes de madera mientras que la dosis mínima no es rentable. La aplicación de fertilizantes no logró diferencias significativas sobre la altura de los árboles a los 6 años, sin embargo, 2 años después se observó un incremento significativo en la altura de los árboles con la aplicación de 800 g de NPK por árbol, lo que indica que la absorción de nutrientes en los primeros años de crecimiento es lenta. A cualquier edad, la mejor respuesta en diámetro ocurre con la adición de 1000 g de NPK, ya sea en forma continua o alterna. La constancia de los incrementos medios anuales del volumen de madera como respuesta a la aplicación 800 g de NPK en aplicación alterna y la de 1000 g de NPK en las dos formas de aplicación, sugiere que la competencia limitó el aumento de los rendimientos. El incremento en volumen de madera implica una disminución del turno de tala.

Bibliografía

- Boardmann, R., Cromer, R.N., Lambert, M.J. y Webb, M.J. 1997. Forest plantations. In: D.J. Reuter y J.B. Robinson (eds.). Plant analysis, an interpretation manual. CSIRO Publishing. Australia. pp. 505-561.
- Dayson, W.G. 1995. Fertilización de plantaciones forestales en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. In: Memorias del Seminario Técnico sobre Fertilización Forestal realizado en Santiago, Veraguas, Panamá. CATIE/ INRENARE. pp. 51-64.
- Graff, de N.R. 1982. Sustained timber production in the tropical rainforest of Surinam. In: Wienk, J.F. y de Wit, H.A. Management of low fertility acid soils of the American humid tropics. Proceedings of a Workshop held at Paramaribo, Suriname, 23-26 November 1981. IICA. San José, Costa Rica. pp.175-189.
- Isolán, F.B. 1972. Estudio de qualidade de sitio para *Pinus caribaea* MOROLET var. hondurensis Barret e Golfari no cantao de Turrialba, Costa Rica. Tesis Mg. Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 83 p.
- Herrero, J.A., Renda, A., González, A., Gra, H., de Nacimiento, J., González, A., Peña, A., Castillo, E., Jiménez, M., Herrero, G., Álvarez, M. García, A. y Pérez, M. 1985. Manejo del *Pinus caribaea* var. caribaea en las zonas de "Alturas de Pizarras", provincia de Pinar del Río. Centro de Investigación Forestal, Ministerio de Agricultura. La Habana, Cuba. Boletín de Reseñas Forestales 3. 60 p.
- Herrero, G., González, M., Fuentes, I., Herrera, P, García, A. y Coto, O. 2004. Fertilización a plantaciones de *Pinus caribaea* var. caribaea en su hábitat natural y diversidad vegetal asociada. In Memorias del Primer Congreso sobre Suelos Forestales realizado del 25 al 27 de octubre del 2004. Universidad Nacional, INISEFOR. Heredia, Costa Rica. 18 p.
- Kane, M. 1992. El control químico de malezas y la fertilización aumentan el crecimiento de *Pinus caribaea* var. hondurensis durante los primeros 20 meses de plantación en el pie de monte. Investigación Forestal. Smurfit. Cantón de Venezuela. Informe N° 8: 1-12.
- Márquez, O. Hernández, R., Francol, W. y Visaez, F. 1994. V Factores edáficos y estado nutricional de plantaciones de *Pinus caribaea* en relación a la muerte regresiva, en Uverito, Edo. Monagas. Venesuela 2(1): 15-18.
- Loaiza, V. H. 1967. El efecto del uso de herbicidas y fertilizantes en el crecimiento inicial de *Pinus caribaea* Morelet var hondurensis (Sénéclauze) Barrett at Golfari y Eucalyptus saligna Smith en plantación. Tesis. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, Centro de Enseñanza e Investigación, Turrialba, Costa Rica. 132 p.
- Ortega, B. 1986. Factores edáficos y topográficos que determinan la calidad de sitio en plantaciones jóvenes de *Pinus caribaea* var. hondurensis en Pavones, Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE. 110 p.
- Salas, de las G. 1987. Suelos y ecosistemas forestales con énfasis en América Tropical. Servicio Editorial IICA. San José, Costa Rica. 447 p.
- Vásquez, C. 1987. Desarrollo de índices de sitio y selección de un modelo preliminar de rendimiento para *Pinus caribaea* var. hondurensis en la Reserva Forestal La Yeguada, Panamá. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE. 113 p.
- Vásquez, W. y Ugalde, L. 1995. Rendimiento y calidad de sitio para *Gmelina arborea*, *Tectona grandis*, *Bombacopsis quinata* y *Pinus caribaea*, en Guanacaste, Costa Rica. CATIE/ IDA/ FAO/ HOLANDA. Proyecto Madelaña-3. Serie Técnica, Informe Técnico No. 256. Turrialba, Costa Rica. 33 p.
- Waterloo, M.J. 1994. Water and nutrient dynamics of *Pinus caribaea* plantation forests on former grassland soils in southwest Witi Lavu, Fiji. Tesis Vrije Universiteit Amsterdam. FEBODRUK B. V., Enschede, The Netherlands. 420 p.
- Zamora, J. 1986 *Pinus caribaea* var Barr et Golf. Revisión de Literatura. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Departamento de Ingeniería Forestal. Cartago, Costa Rica. 38 p. 🏠

REPORTE DE INVESTIGACION RECIENTE

DIAGNOSTICO DE LA DEFICIENCIA DE AZUFRE EN SOYA USANDO SEMILLAS

Hitsuda, K., G. Sfredo and D. Klepker. 2004. *Diagnosis of Sulfur Deficiency in Soybean using Seeds. Soil Sci. Soc. Am. J.* 68:1445-1451.

El objetivo de este estudio fue el obtener un índice más confiable para la evaluación del estado nutricional del azufre (S) en el cultivo de soya (*Glycine Max* (L.) Merr.) y para identificar el nivel crítico de S en relación al rendimiento y calidad de las semillas. Se usó el horizonte A de un Oxisol de Serra dos Gerais y los horizontes A y B de un Oxisol de Sambaiba, Brasil. Se cultivaron plantas de soya en macetas dentro de un invernadero con el suplemento de 0 a 80 mg de S kg⁻¹ de suelo. La concentración de S en la semilla fue un índice más confiable del rendimiento debido a la mayor correlación entre la concentración de S y el rendimiento. En las plantas con síntomas visibles de deficiencia de S, las semillas contenían 1.5 g de S kg⁻¹ y el rendimiento fue 60% en comparación con el testigo. Los análisis de electroforesis indicaron que la concentración crítica de S en la semilla para que se presente deficiencia de los componentes de la proteína fue de 2.0 g kg⁻¹, cuando el rendimiento fue del 80% del testigo. La concentración de S fue de 2.3 g kg⁻¹ o mayor cuando el rendimiento fue mayor que 90% y cuando la composición de los componentes de la proteína fue idéntica a aquella de las semillas originales obtenidas con suficiente fertilización con S. Se clasificó la concentración de S en las semillas de la siguiente forma: deficiente (S < 1.5 g kg⁻¹), muy bajo (1.5 ≤ S < 2.0 g kg⁻¹), bajo (2.0 ≤ S < 2.3 g kg⁻¹) y normal (2.3 g kg⁻¹ ≤ S). Se prefiere usar los análisis de semillas antes que el análisis foliar porque la concentración de S es estable, el muestreo es fácil y existe suficiente tiempo para planificar la aplicación de fertilizantes de los siguientes cultivos. 🌱

NUEVO METODO PARA LA MEDICION SIMULTANEA DE LA CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO DEPENDIENTE DEL pH Y LA CAPACIDAD TAMPON DEL pH

Oorts K., B. Vanlauwe, J. Pleysier and R. Merckx. 2004. *A new method for the simultaneous measurement of pH - dependent cation exchange capacity and pH buffering capacity. Soil Sci. Soc. Am. J.* 68:1578-1585.

La capacidad de intercambio catiónico dependiente del pH (CIC) y la capacidad tampón del pH (pH CT) son dos propiedades cruciales en el manejo de la fertilidad de suelos de carga variable. Sin embargo, estos parámetros raramente se miden, ya que la mayoría de los métodos existentes son incómodos y consumen mucho tiempo. Se propone un nuevo método, basado en el método de plata-thiourea (AgTU), para la medición simultánea de la CIC dependiente del pH y el pH CT. En general, este método consiste en primero incrementar

el pH del suelo a 7 y luego gradualmente acidificarlo con HNO₃, mientras que se mide el pH y la CIC después de cada equilibrio de la solución. De este modo se miden en las mismas muestras la CIC a diferentes valores de pH y de pH BC, sin los múltiples pasos de lavado que son necesarios con otros procedimientos. Varios aspectos de este método fueron evaluados y el resultado obtenido fue comparado con el método de absorción de iones. El método modificado de AGTC obtiene resultados relevantes y es apropiado para el análisis rutinario de una gran número de muestras. 🌱

DISTRIBUCION DE FOSFORO Y POTASIO EN EL SUELO DESPUES DE FERTILIZACION A LARGO PLAZO USANDO BANDA PROFUNDA EN DIFERENTES SISTEMAS DE LABRANZA

Mallarino, A.P., R. Borgues. 2006. *Phosphorus and potassium distribution in soil following long-term deep-band fertilization in different tillage systems. Soil Sci Soc Am J.* 70 (2): 702-707.

La labranza y la localización de los fertilizantes afectan la distribución de P y K en los primeros 20 cm del perfil suelo, pero se conoce poco de la estratificación después de la aplicación de fertilizantes en banda profunda. Este estudio investigó la estratificación lateral y vertical de P y K después de la aplicación de una banda profunda de fertilizantes en maíz (*Zea mays* L.) y soya [*Glycine max* (L.) Merr.] manejados con siembra directa o con labranza profunda usando subsolador. Se recolectaron muestras del suelo de lotes seleccionados de 10 experimentos conducidos en Iowa (5 de P y 5 de K) con una historia de 4 años de tratamiento. Los tratamientos muestreados (3 replicaciones de cada uno) fueron siembra directa y labranza con subsolador con o sin fertilización profunda en banda. Tanto 28 kg de P ha⁻¹ año⁻¹ o 66 kg de K ha⁻¹ año⁻¹ se aplicaron en banda a una profundidad de 13 a 18 cm y con un espacio entre bandas de 76 cm. La hileras del cultivo se sembraron sobre la banda de fertilizantes. Se recolectaron muestras de suelo en incrementos en 5 cm hasta 30 cm de profundidad en donde se localizó la banda/hilera (BH) y en el espacio entre la banda/hilera (EBI). Se observó estratificación vertical de nutrientes en todos los tratamientos, pero fue más evidente para BH en siembra directa. No se observó estratificación lateral en parcelas no fertilizadas. En la capa de 0-5, la concentración de ambos nutrientes fue mayor para BH que para EBH solamente en los tratamientos con siembra directa. En la capa de 5 a 15 cm, las concentraciones de los dos nutrientes fueron mayores en BH que en EBH con los dos sistemas de labranza, pero a mayor profundidad la estratificación lateral fue más pronunciada para P que para K. La mayor absorción y reciclaje de K que de P puede explicar esta diferencia. Los resultados indican que la estratificación vertical y lateral por fertilización en banda profunda debe considerarse al planificar el muestreo de suelos con siembra directa y que esto también debería considerarse en suelos con labranza profunda con subsolador. 🌱

DINAMICA DE FOSFORO EN SUELOS ALTAMENTE METEORIZADOS EVALUADA CON TECNICAS DE MARCADO ISOTOPICO

Bünemann E. K., F. Steinebrunner, P. C. Smithson, E. Frossard, A. Oberson. 2004. *Phosphorus Dynamics in a Highly Weathered Soil as Revealed by Isotopic Labeling Techniques. Soil Sci. Soc. Am. J.* 68:1645-1655.

Las técnicas de marcado isotópico tienen potencial para dilucidar la dinámica de fósforo (P) y el destino de las fuentes de P añadidas al suelo, sin embargo, éstas han sido poco aplicadas a suelos tropicales altamente meteorizados. Se recolectaron muestras de suelo de dos rotaciones de cultivos [maíz continuo (COM; *Zae mays* L.) y maíz crotalaria (MCF; *Crotalaria grahamiana* Wight & Arn.) con incorporación de la crotalaria] en un campo experimental en Kenya y se las colocó en incubadoras por 9 semanas después de añadirles residuos de plantas o fósforo inorgánico (P_i), marcados con ^{33}P a la cantidad de 6 mg de P kg^{-1} suelo, o después del marcado directo sin portador de P intercambiable isotópico al suelo (suelo PIS). La cantidad de P y la recuperación de ^{33}P se determinaron por extracción de P_i con resina (P_{resina}), P microbiano (P_{hex}), y en NaOH 0.1 M de extractos de muestras de las cuales se había removido el P_{resina} y P_{hex} . La concentración de P_{resina} se incrementó después de la adición de P_i , mientras que la concentración de P_{hex} se incremento después de la adición de los residuos de planta, demostrando una considerable absorción de P microbiano. La recuperación del ^{33}P en P_{resina} siguió el orden $P_i > PIS$ del suelo $>$ residuo de planta y se redujo constantemente de 7 al 22% después de 1 día y a 3 a 5% después de 9 semanas. La recuperación del ^{33}P en P_{hex} permaneció constante a lo largo de la incubación, siendo mayor después las enmiendas con residuos de plantas (15%) que en los otros dos tratamientos (4-7%). Además, se recuperó un 66 a 76% de ^{33}P adicional en la extracción con NaOH, 27% del cual fue P orgánico (P_0) en el tratamiento con adición de residuos de plantas y 2 a 8% en los otros tratamientos. La comparación de las dos rotaciones indicó un cambio hacia P_{hex} y P_0 con un incremento de la actividad microbiana debido a la previa incorporación de la biomasa durante el periodo de descanso. 🌱

FRACCIONAMIENTO Y FUENTES DE NITROGENO PARA LA PRODUCCION DE COL BLANCA

Zanao, L., R. Lana, and K. Aparecida. 2005. *Split form and sources of nitrogen fertilization for the flowering white cabbage production. Horti. Bras.* 23 (4): 956-969.

La col Blanca *Brassica chinensis* L. var. *Parachinensis* (Bailey) se cultiva comúnmente en China, Australia y otros países del sureste de Asia. El cultivo se introdujo en Brasil en 1992. Existe poca información sobre la nutrición mineral de esta Brassica en las condiciones brasileñas. Se evaluó el efecto de las fuentes y el fraccionamiento de nitrógeno (N)

en la producción y en la relación de macro y micronutrientes en los tejidos de esta hortaliza. El experimento se condujo en un invernadero, en macetas con capacidad de 5 dm^3 . El diseño experimental fue con bloques al azar, en un esquema factorial de 2 x 6 con tres repeticiones. Las fuentes de N fueron nitrato de calcio y urea que se evaluaron en diferentes formas de fraccionamiento de una dosis de 105 $mg\ dm^{-3}$ de N (todo a la siembra, 15 y 30 días después de la siembra, en la siguientes proporciones: 50%-50%-0%, 0%-50%-50%, 75%-25%-0%, 25%-75%-0%, 25%-50%-25% y 33%-33%-33%). Las plantas se cosecharon 40 días después de la siembra. La mayor producción de peso fresco y seco, materia seca, número de hojas y mayor contenido de N, Ca y Mn se logró con la fuente nítrica (nitrato de calcio). Los mejores resultados en relación al fraccionamiento se observaron cuando las fracciones se aplicaron a la siembra seguida por dos fracciones, una a los 15 días y el otra a los 30 días después de la siembra, en las proporciones de 33%-33%-33% y 25%-50%-25%, para las dos fuentes evaluadas. 🌱

EFFECTO DE LAS DOSIS DE NITROGENO Y MOLIBDENO EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE POSTCOSECHA DE LA LECHUGA DE CABEZA CRESPA

Resende, M., M. Alvarenga and J. Yuri. 2005. *Yield and postharvest quality of summer growing crisphead lettuce as affected by doses of nitrogen and molybdenum. Horti. Bras.* 23 (4): 976-981.

Se evaluó la influencia de dosis de nitrógeno (N) y molibdeno (Mo) en las características productivas y la calidad de postcosecha de la lechuga de cabeza crespa (*Lactuca sativa* L.), en Tres Pontas, en el estado Minas Gerais, Brazil, desde Octubre a Diciembre del 2002. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar en un arreglo factorial de 4 x 5 con tres repeticiones. El factorial consistió de cuatro dosis de N (0, 60, 120 y 180 kg/ha) en aplicación al voleo, además de las dosis tradicional del agricultor (60 kg/ha) y cinco dosis de Mo en aplicaciones foliares (0, 35.1, 70.2, 105.3 y 140.4 g/ha). El mayor peso fresco total se obtuvo con la dosis de 86.9 g/ha de N y 87.4 g/ha de Mo. El mayor peso fresco comercial se obtuvo usando las dosis de 89.1 g/ha de N, mientras que las dosis de 94.2 g/ha de Mo resultó en los rendimientos más altos. Las dosis de 85.3 kg/ha de N y 72.9 g/ha de Mo fueron los mejores porque produjeron la más alta circunferencia comercial de la cabeza. No hubo un efecto significativo de los tratamientos en la longitud del tallo y conservación en postcosecha. El mayor porcentaje de materia seca se obtuvo con las dosis de 89.9 g/ha de N y 77.2 g/ha de Mo en aspersión foliar. 🌱

Equilibrio entre las metas a corto y largo plazo ...

Basándose en el factor parcial de productividad (FPP) anual del N aplicado, el sistema recomendado aparentemente es más eficiente ya que produjo 33 kg de grano/kg N aplicado (0.86 kg de N en el grano/kg de N) a diferencia de 24 kg de grano/kg de N (0.65 kg de N en el grano/kg N) en el sistema intensivo. Sin embargo, cuando se incluyó el cambio neto de N en el suelo, el sistema intensivo tuvo un mayor nivel de eficiencia de N en el sistema (0.56, **Tabla 2**) debido a que la mayor cantidad de fertilizante nitrogenado contribuyó a la acumulación de MOS. Con el tiempo, esto incrementará el suplemento de N nativo del suelo y llevará a un incremento en la FPP, cosa que no se puede lograr en el sistema más conservador recomendado para el sitio.

Conclusiones

Las estrategias de manejo de la fertilización deben ser equilibradas para lograr una alta eficiencia de corto plazo, así como también para maximizar la respuesta acumulada del rendimiento del cultivo en el transcurso de un tiempo. Aun cuando el costo del fertilizante generalmente se carga a un solo cultivo, los beneficios a largo plazo de la disponibilidad residual del fertilizante (P, K) o de los incrementos en el

almacenamiento de C y N en el suelo deben incluirse en la evaluación de la respuesta económica a la aplicación de fertilizantes. La contribución de los nutrientes añadidos a la absorción por el cultivo y al suplemento de nutrientes nativos del suelo deben considerarse para analizar el nivel de eficiencia del sistema a los nutrientes aplicados.

Bibliografía

- Cassman, K.G., B.A. Roberts, T.A. Kerby, D.C. Bryant, and S.L. Higashi. 1989. Soil Sci. Soc. Am. J. 53:805-812.
- Cassman, K.G., P.W. Singleton, and B.A. Linquist. 1993. Field Crops Res. 34:23-36
- Dobermann, A., K.G. Cassman, C.P. Mamaril, and J.E. Sheehy. 1998. Field Crops Res. 56:113-138.
- Dobermann, A., C. Witt, and D. Dawe (ed). 2004. Increasing productivity of intensive rice systems through site-specific nutrient management. Science Publishers, IRRI, Enfiel and Los Baños.
- Witt, C., A. Dobermann, R.J. Buresh, S. Abdulrachman, H.C. Gines, R. Nagarajan, S. Ramanathan, P.S. Tan, and G.H. Wang. 2004. Better Crops. 88 (4): 32-35. [🌐](#)

CURSOS Y SIMPOSIOS

1. XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo

Organiza : Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo
Lugar y Fecha : Salta, Jujuy - Argentina
 Septiembre 18-22, 2006
Información : www.suelos.org.ar

2. XIII Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo

Organiza : SCCS
Lugar y Fecha : Bogotá - Colombia
 Octubre 4-6, 2006
Información : SCCS
scsuelo@cable.net.co
<http://scsuelo.tripod.com>

3. XVII Reunión Internacional ACORBAT 2006

Organiza : ACORBAT
Lugar y Fecha : Joinville, SC - Brasil
 Octubre 15-20, 2006
Información : www.acorbat2006

4. X Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo

Organiza : SECS
Lugar y Fecha : Guayaquil - Ecuador
 Noviembre 22-24, 2006
Información : SECS
 Ing. Francisco Mite
fmitev@uio.satnet.net
 Dr. José Espinosa
jepinosa@ppi-ppic.org
www.secsuelo.org

PUBLICACIONES DE INPOFOS

Las siguientes publicaciones de INPOFOS se encuentran disponibles al siguiente costo en dólares



- ☞ **Manual de Arroz: Desórdenes Nutricionales y Manejo de Nutrientes:** Esta publicación contiene información que permite desarrollar estrategias de recomendaciones de fertilización del arroz cultivado en regiones tropicales y subtropicales. \$ 25.00



- ☞ **Guía Práctica para el Manejo de Nutrientes en Arroz:** Contiene una discusión concisa y muy práctica de las estrategias de manejo nutricional y recomendaciones de fertilización del arroz cultivado en regiones tropicales y subtropicales. Excelente herramienta de apoyo en el contacto diario con los agricultores. \$ 15.00



- ☞ **Guía de Campo, Serie en Palma Aceitera, Volumen 1: Vivero.** Guía de campo preparada específicamente para uso práctico en el manejo diario de la palma aceitera. El volumen 1 cubre el manejo del vivero para producir plántulas de calidad que deben estar disponibles para la siembra en el campo en el momento requerido. \$ 20.00



- ☞ **Guía de Campo, Serie en Palma Aceitera, Volumen 2: Fase Inmadura.** Guía de campo preparada específicamente para uso práctico en el manejo diario de la palma aceitera. El volumen 2 cubre el manejo de la fase inmadura de la plantación para lograr una población uniforme de palmas productivas en cada bloque del campo. \$ 20.00



- ☞ **Guía de Campo, Serie en Palma Aceitera, Volumen 3: Fase Madura.** Guía de campo preparada específicamente para uso práctico en el manejo diario de la palma aceitera. El volumen 3 cubre el manejo de la fase madura de la plantación para lograr rendimientos sostenidos de racimos de fruta fresca a través de toda la etapa productiva del cultivo. \$ 20.00



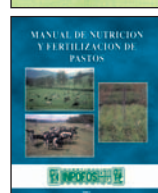
- ☞ **Síntomas de Deficiencias de Nutrientes y Desórdenes en Palma Aceitera.** Guía de Bolsillo para técnicos a cargo del manejo de plantaciones que deseen identificar los síntomas de deficiencia en el campo, conocer algo de sus causas y como éstas podrían prevenirse o remediarse. \$ 8.00



- ☞ **Síntomas de Deficiencias Nutricionales y Otros Desórdenes Fisiológicos en Banano.** Guía de Campo para técnicos y agricultores que permite identificar en el campo los síntomas de deficiencias nutricionales, conocer sus causas y determinar una estrategia de prevención o recuperación. \$ 8.00



- ☞ **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. \$ 15.00



- ☞ **Manual de Nutrición y Fertilización del Café.** Este manual presenta conceptos modernos del manejo de la nutrición y fertilización del café como herramienta para lograr rendimientos altos sostenidos. \$ 20.00



- ☞ **Manual de Nutrición y Fertilización de Pastos.** Esta publicación ofrece a las personas envueltas en la producción ganadera una visión amplia del potencial productivo, de los requerimientos nutricionales y de los factores limitantes impuestos por el ambiente tropical a la producción de forrajes. \$ 15.00

- ☞ **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

- ☞ **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. \$ 8.00

PEDIDOS DE PUBLICACIONES: Las publicaciones de INPOFOS pueden ser adquiridas en las siguientes direcciones:

COLOMBIA: *Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo (SCCS).* Carrera 11 No. 66-34, Oficina 204. Telf.: 211-3383 Fax.: 211-3383. E-mail: scsuelo@cable.net.co. Bogotá, Colombia.

COSTA RICA: *Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo (ACCS).* Código Postal 2060. Telf.: 224-3712 Fax: 224-9367. E-mail: fbertsch@cariari.ucr.ac.cr. San José, Costa Rica.

PERU: *Corporación MISTI S.A.* Ing. Federico Ramírez, Tudela y Varela 179, San Isidro. Telf.: 222-6722 Fax.: 442-9881. E-mail: framirez@corpimizi.com.pe. Lima, Perú.

Molinos & Cía S. A. Fertilizantes. Ing. Edgardo Alaluna Av. de Los Ingenieros No. 154, Urb. Ind. Sta. Raquel 2da. Etapa - Ate. Telf.: 349-0920 Fax.: 348-0615. E-mail: edgaroag@molicom.com.pe. Lima, Perú.

EN OTROS PAISES: Solicitar las publicaciones a las oficinas de INPOFOS en Quito. Adjuntar cheque girado contra una plaza de los Estados Unidos a nombre del Instituto de la Potasa y el Fósforo (INPOFOS) por el valor de las publicaciones más costo de correo (US \$ 4.00 dólares por publicación).