

# INFORMACIONES

## AGRONOMICAS



INSTITUTO DE LA POTASA Y EL FOSFORO  
POTASH AND PHOSPHATE INSTITUTE

Nº 11

• ABRIL 1993

### CONTENIDO

	Pág.
El uso de fertilizantes y los rendimientos altos son compatibles con la calidad del medio ambiente	1
Materia orgánica en el suelo	7
La deficiencia de potasio, tallos verdes y retención foliar en soya	9
Novedades tecnológicas	11
Reporte de investigación reciente	12
Cursos y Simposios	13
Publicaciones de INPOFOS	14

Editor: Dr. José Espinosa

### EL USO DE FERTILIZANTES Y LOS RENDIMIENTOS ALTOS SON COMPATIBLES CON LA CALIDAD DEL MEDIO AMBIENTE\*

*Los fertilizantes y otros insumos de agricultura moderna en ocasiones han sido considerados como perjudiciales a la calidad del medio ambiente. Sin embargo, es claro ahora que las prácticas de manejo que favorecen los rendimientos altos también mantienen la calidad del ambiente.*

#### Hacia dónde va la producción de alimentos en los próximos 20 años?

A medida que se acerca el final del siglo 20, la oferta ha sido abundante en los países que exportan alimentos. Muchos países que tenían serios déficits de alimentos hace 20 años ahora son autosuficientes. Sin embargo, el panorama no es totalmente optimista debido a que muchos países todavía tienen deficiencias de provisión de alimentos y carecen de las divisas necesarias para importarlos.

Por esta razón los segmentos más pobres de las poblaciones en estos países sufren de desnutrición y hambruna. Se proyecta que para el año 2000 se necesitarán 130 millones de toneladas métricas (Tm) adicionales de trigo y 100 millones de Tm adicionales de maíz. Teniendo en cuenta que el reto es el de enfrentar el hambre y la pobreza simultáneamente, es necesario producir más alimentos y producirlos más eficientemente. La clave en este proceso es el desarrollar nueva tecnología que permita producir rendimientos más altos por hectárea.

\* Artículo escrito por el Dr. M.A. McMahon. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). México-México

En el período que va desde el año 1975 al 2000, etapa en la que se estima que la población global se incrementará en 40%, la cantidad de tierra arable se estima se incrementará solamente el 4%. Por esta razón, nos estamos enfrentando con la tarea de continuar incrementando los rendimientos por hectárea, cosa que ya se ha observado en los últimos 25 años.

Sabemos que los fertilizantes jugarán un rol importante en este proceso como ha ocurrido en el pasado. Al enfrentar este reto, habrá una creciente preocupación de que el incremento de la producción agrícola se está logrando a costa de la degradación del medio ambiente.

### Qué ha sucedido en los últimos 25 años?

Los grandes avances en el último cuarto de siglo pasaron ha conocerse como "La Revolución Verde". Los primeros componentes de esta tecnología fueron:

1. Variedades de arroz y de trigo de alto rendimiento, de gran adaptación y gran resistencia a enfermedades.
2. Un método de producción interdisciplinario que envuelve a la genética, a la agronomía y a la fitopatología.

Los progresos en fitomejoramiento, la respuesta del nitrógeno (N) a variedades viejas y nuevas se presentan en la Figura 1.

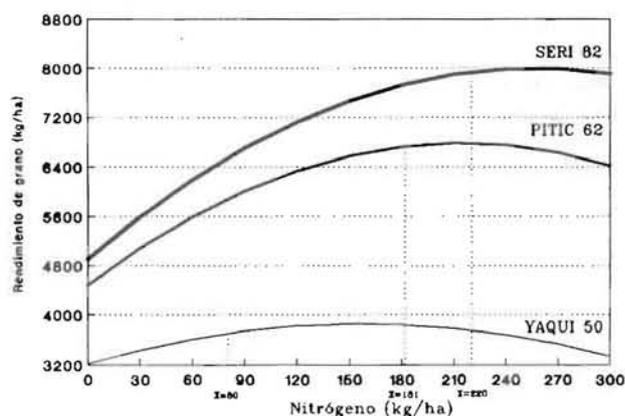


Figura 1. Respuesta de tres variedades de trigo a niveles de nitrógeno. Clano, México, CIMMYT, 1987.

Estos datos de trigo bajo riego en México, demuestran como el máximo económico de N es diferente entre variedades. La variedad Yaqui 50 rindió 3680 kg/ha con 80 kg de N/ha o 46 kg de grano/kg de nitrógeno aplicado. Al mismo nivel de aplicación (80 kg/ha) la variedad Seri 82 rindió 6570 kg/ha o 82 kg de grano/kg de N aplicado. Estas variedades semi enanas no son solamente más productivas sino que son también más eficientes en el uso de nutrientes como el N.

Otro aspecto de estas variedades de trigo semi enanas fue que respondieron a niveles más altos de fertilización con N. Por ejemplo, como se observa en la Figura 1, las dosis económicas de N para Yaqui 50, Pitic 62 y Seri 82 fueron 80, 181 y 220 kg/ha respectivamente, produciendo rendimientos de 3680, 6780 y 7940 kg/ha respectivamente.

Si no fuera por estos incrementos en el potencial del rendimiento sería difícil de imaginar cual hubiese sido la situación alimenticia mundial hoy en día.

Los altos rendimientos de las variedades semi enanas en India financiaron la infraestructura para incorporar áreas a la producción de trigo bajo riego. Argentina no siguió la estrategia típica de la Revolución Verde. Los rendimientos de trigo no se elevaron rápidamente en ese país debido a la estrategia de mantener el precio del trigo bajo y el precio del fertilizante alto desalentando así el uso de los fertilizantes. De trabajos realizados en los albores de los 80 han demostrado que el fertilizante puede incrementar significativamente el rendimiento de trigo en Argentina.

### Necesidades de alimento, fertilizantes y el ambiente

Uno de los principales obstáculos para la producción es la falta de nutrientes esenciales para el crecimiento y producción del cultivo.

La FAO estima que en Africa se remueven alrededor de 10 veces más nutrientes de lo que se adiciona al suelo a través de fertilizantes orgánicos y fertilizantes minerales.

La mayoría de suelos en países en desarrollo son bajos en fósforo (P) y N. En sistemas de cultivos intensivos, que cada vez se incrementan más, el satisfacer solamente las demandas de P y N gradualmente disminuyen las reservas de potasio (K), azufre (S) y en algunos casos otros nutrientes como el zinc (Zn). Todos estos nutrientes son necesarios para mantener altos niveles de producción.

A medida que se incrementa el uso de los fertilizantes, también aumenta la preocupación de sus efectos en el ambiente. Por lo tanto, la principal pregunta para todos nosotros involucrados en agricultura, es como obtener incremento en la producción de alimentos, acción en la cual sabemos que los fertilizantes juegan un papel cada vez

más importante, y como al mismo tiempo mantener y aún mejorar la calidad del ambiente.

Esta discusión se centrará en los dos elementos mayores, N y P. Es importante indicar que el potencial de contaminación ambiental de los fertilizantes en los países en desarrollo no tiene la magnitud que tiene en los países desarrollados, debido al bajo consumo de fertilizantes y a la gran brecha en rendimientos que todavía tienen muchos cultivos debido precisamente al bajo consumo de fertilizantes. Por esta razón, en el contexto de los países en desarrollo la preocupación es menor. El principal objetivo es incrementar el uso de fertilizantes y la meta de incrementar la producción de alimentos es y seguirá siendo la primera prioridad.

### Nitrógeno

La preocupación de que el N pase a ser un problema de contaminación, es un fenómeno de los últimos 20 años. El problema se centra principalmente en el contenido de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) en el agua utilizada para beber. Por lo tanto, la principal preocupación es el movimiento del N a los sitios de suplemento de agua.

El objetivo primordial de la aplicación de fertilizantes es la absorción de nutrientes por la planta. El N al ser absorbido y utilizado por el cultivo para formar rendimiento no causa contaminación ambiental. Por lo tanto, la mejor estrategia, desde el punto de vista agronómico y ambiental, es aplicar suficiente N para producir rendimiento óptimo. Sin embargo, la eficiencia de absorción del fertilizante nitrogenado es rara vez superior al 50% cuando se aplica a cultivos anuales. Esto no significa que el resto del fertilizante pasa al agua de drenaje porque el ciclo de nitrógeno en el suelo es muy complejo y varios de sus componentes no han sido cuantificados para muchos sistemas de cultivo hasta el momento. Esta es una de las principales razones por las cuales existen una diversidad de datos. Esta variabilidad puede ser fuente de gran confusión para personas que no están familiarizadas con los sistemas de producción agrícola.

En nuestra opinión, el N puede ser usado para producir altos rendimientos de los cultivos sin dañar el ambiente. La clave para esto, como se indicó anteriormente, es el eficiente uso de N. Este principio se presenta adecuadamente en la Figura 2.

Estos datos se basan en cinco años de experimentos en el campo utilizando fertilizantes marcados con isótopos que se aplicaron al maíz. Los altos niveles de N (220 kg/ha), relacionados con niveles altos de producción (9000 kg/ha), indican muy bajo potencial de contaminación. La fertilización en cantidades mayores a las necesarias para maximizar el rendimiento incrementan apreciablemente la cantidad de N que puede lixiviarse en el suelo.

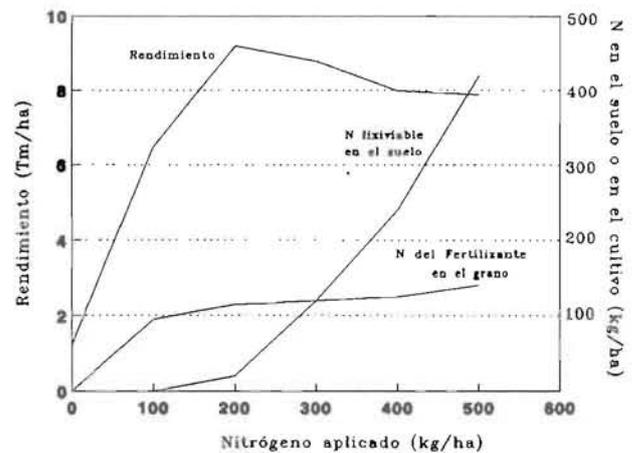


Figura 2. Relación entre el rendimiento de maíz, cantidad de N aplicado, N recuperado en el grano y N remanente en el suelo.

Muchos de los datos que han sido utilizados en contra de los fertilizantes nitrogenados en la agricultura fueron obtenidos donde existió uso excesivo e ineficiente del elemento. Investigaciones en Minnesota han demostrado que la pérdida de  $\text{NO}_3^-$ -N a través de los tubos de drenaje, después de 3 años de cultivo continuo de maíz, fueron de 19, 25, 59 y 120 kg de N/ha por año para niveles de aplicación de 20, 112, 224 y 448 kg N/ha, respectivamente. Sin embargo, en este caso la dosis recomendada de N para maíz era de 112 kg de N/ha y esta dosis incrementó la pérdida de N a través de los tubos de drenaje solamente en una pequeña cantidad (Tabla 1).

Tabla 1. Influencia de la dosis de N en las pérdidas de  $\text{NO}_3^-$ -N a través de los tubos de drenaje en el cultivo del maíz, 1973-1975.

Tratamiento kg N/ha	Media de la pérdida de $\text{NO}_3^-$ kg N/ha		
	1973	1974	1975
20	5	17	19
112	6	22	25
224	4	30	59
448	6	54	120

El método para que los rendimientos altos, el uso de fertilizantes y el mantener la calidad del ambiente sean compatibles, consiste en utilizar prácticas de manejo de cultivo que favorezcan los rendimientos altos. Considere el cultivo del trigo en el cual existen muchas prácticas de manejo probadas que incrementan el uso eficiente de N y al hacer esto se reduce el potencial de contaminación de este elemento.

### Interacción del N con otros nutrientes

Los datos de la interacción de N y P de un grupo de experimentos (n = 18) en trigo en Argentina se presentan en las Tablas 2 y 3. En este ejemplo existe poca respuesta a P cuando se aplica solo y buena respuesta al N. Sin embargo, cuando se combinaron los dos la eficiencia se incrementó marcadamente, como con el tratamiento 30-20, dando una eficiencia de 20 kg de grano/kg de nutriente aplicado (Tabla 3). Aún a niveles altos de uso de fertilizantes para las condiciones de Argentina, como el tratamiento 90-60, la eficiencia es todavía alta al lograr 12 kg de grano/kg de nutriente y con niveles de rendimiento de 4760 kg/ha. La importancia de entender la interacción de estos nutrientes se demuestra al comparar la eficiencia de los tratamientos 120-0 y 90-20, que son bastante similares a la cantidad total de nutrientes aplicados (120 vs 110 kg). La diferencia en eficiencia es de 4.45 kg de grano/kg de nutriente (Tabla 3).

Tabla 2. Media de rendimientos de trigo a diferentes niveles de N y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en la Pampa Húmeda, 1982.

N kg/ha	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha				
	0	20	40	60	80
0	2.960		3.080		3.070
30		3.960		4.270	
60	3.850		4.410		4.528
90		4.530		4.760	
120	4.140		4.710		4.790

Tabla 3. Media de la eficiencia de varias combinaciones de N y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

N kg/ha	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha				
	0	20	40	60	80
0			3.08		1.30
30		20.08		14.58	
60	14.78		14.54		11.20
90		14.29		12.00	
120	9.84		10.94		0.13

### Aplicaciones fraccionadas

Mientras más tiempo se encuentre el N aplicado en el suelo sin que sea utilizado por la planta es más susceptible a la lixiviación. El suplemento de N debe ser igual a las necesidades del cultivo. Esta es la razón por la cual las aplicaciones fraccionadas son más eficientes que las aplicaciones de todo el N a la siembra.

### Interacción con la humedad del suelo

La relación entre los rendimientos, la cantidad de N aplicado y las condiciones de humedad en el suelo se establecieron hace mucho tiempo. Un ejemplo de esta relación se presenta en la Figura 3. En el tratamiento B (tratamiento con riego) cuando el porcentaje de humedad disponible fue de 49, la aplicación de 120 kg de N/ha incrementó los rendimientos a 3750 kg/ha. En el tratamiento D (tratamiento sin riego), la aplicación de 120 kg N/ha incrementó los rendimientos solamente a 1750 kg/ha. El incremento de rendimientos por kg de N aplicado en condiciones óptimas de humedad fue más que el doble (31.25 kg) que el incremento obtenido en el suelo más seco que fue de 14.6 kg.

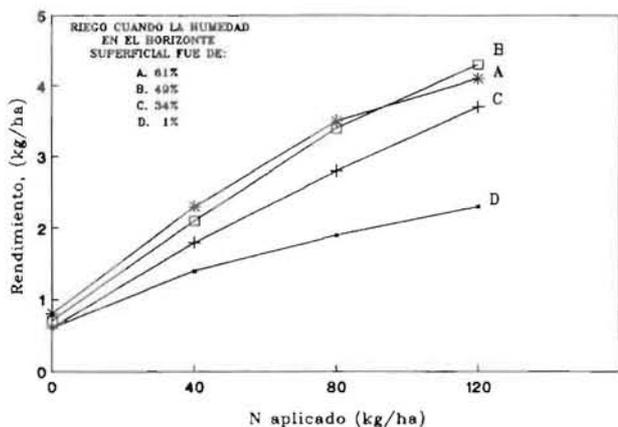


Figura 3. Relación entre el rendimiento y la cantidad de N aplicado bajo diferentes condiciones de humedad del suelo.

### Interacción del fertilizante con el control de malezas

La interacción de la respuesta del fertilizante con el control de malezas es aparente en un ejemplo de un estudio conducido con trigo en Chile. El rendimiento obtenido sin fertilizante y sin control de malezas fue de 1690 kg/ha. Cuando se aplicó 128 kg de N/ha pero sin control de malezas el rendimiento se incrementó a 2500 kg/ha. Sin embargo, cuando se aplicó a un adecuado control de malezas y al mismo nivel de fertilización, el rendimiento se incrementó a 4580 kg/ha. El incremento, el rendimiento por kg de N aplicado fue de 6.3 kg en el tratamiento sin control de malezas comparado con 22.6 kg con el tratamiento en el cual se controlaron malezas.

### Interacción de fertilizante con las enfermedades

Investigaciones conducidas en Uruguay encontraron interacción entre la variedad, y el control de enfermedades con el uso de fertilizantes. Una variedad de bajo potencial como El Dorado, aun con fungicida, responde solamente a una baja dosis de N. La dosis óptima económica con fungicida fue de 67 kg de N/ha para obtener un rendimiento de 1900 kg/ha. Por otro lado, se encontró una buena interacción entre fungicida y el N en la variedad Cardenal que tiene un potencial de rendimiento más alto. El máximo rendimiento de esta variedad, sin fungicida, fue de 3400 kg/ha mientras que con fungicida el rendimiento fue de 4900 kg/ha (44% más o 250% más que la variedad el Dorado con fungicida). Este incremento en rendimiento significa que se ha incrementado la absorción y por lo tanto la eficiencia de N.

### Fósforo

La mayoría del P perdido de suelos agrícolas se debe a la escorrentía superficial. El P retenido fuertemente por el suelo, su movimiento a través del perfil (excepto en muy pocos casos) es insignificante y no existe peligro de contaminación de la tabla de aguas por lo tanto no es una amenaza al ambiente. Los clásicos experimentos conducidos en Rthamstead demuestran que el P se ha movido solamente a una profundidad de 45 cm después de aplicaciones anuales de 35 toneladas métricas/ha de estiércol de corral desde 1845.

### Control de erosión

Debido a que la mayor amenaza de contaminación con P es producto de la remoción del suelo con la escorrentía superficial, cualquier medida que se tome para evitar erosión reducirá el riesgo de contaminación con P proveniente de suelos agrícolas. Durante los últimos 20 años se han hecho significativos progresos en el desarrollo de tecnología para sembrar cultivos en sistemas de labranza reducida o cero labranza. Existen varias razones de tipo económico y técnico que explican la propagación de esta tecnología, y ahora se puede decir con seguridad que existe en el mundo una tendencia a utilizar sistemas que reduzcan la labranza del suelo.

A medida que se desarrollan y adoptan los sistemas de labranza reducida o labranza cero, es consenso general que una de las principales ventajas de estos sistemas es el control de la erosión. La efectividad de estos sistemas está directamente relacionada con la cantidad de residuo que se mantiene en la superficie del suelo. El efecto del incremento de residuo sobre las pérdidas por erosión se presentan en la Tabla 4. Aún una pequeña cantidad de residuo sobre la superficie puede reducir apreciablemente la erosión. Una cantidad de 8.96 TM/ha de residuo, que puede ser fácilmente obtenida de un cultivo de trigo que rinda razonable, reduce la erosión 40 veces en comparación con el suelo descubierto.

El efecto de los diferentes métodos de labranza sobre suelos altamente erodables (latosoles rojos) en Paraná, Brasil se presentan en la Figura 4.

En estos suelos se puede obtener dramática reducción de erosión, de hasta 90%, utilizando labranza cero.

Por esta razón la tendencia a utilizar sistemas de labranza reducida conducirá por si sola al incremento del uso de P sin incrementar el riesgo de contaminación ambiental por este elemento.

Estos sistema de labranza reducida no solamente disminuirán los peligros ambientales, sino que también permitirán más agricultura intensiva que permitan incrementar la producción de alimentos y prevengan el deterioro del suelo por uso excesivo.

Tabla 4. Efecto del residuo de trigo sobre la erosión en un suelo con 15 % de pendiente.

Residuo (t/ha)	Pérdida por erosión (t/ha)
0	62.3
1.12	19.4
2.24	11.5
4.48	2.5
8.98	1.5

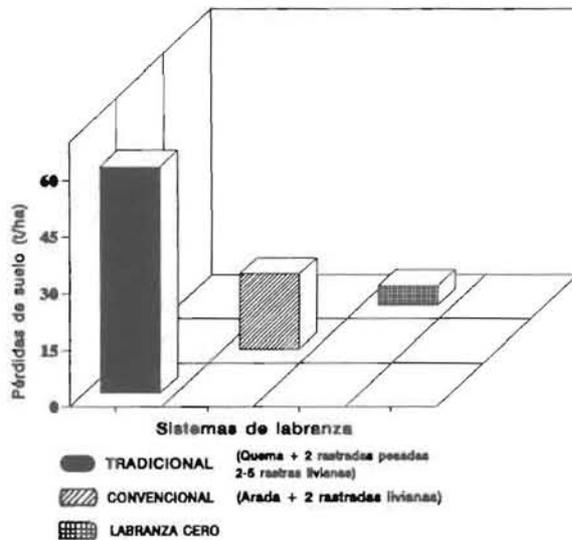


Figura 4. Pérdida de suelos por erosión en relación a los sistemas de labranza en un Oxisol (Latosol rojo). Paraná-Brasil, 1984.

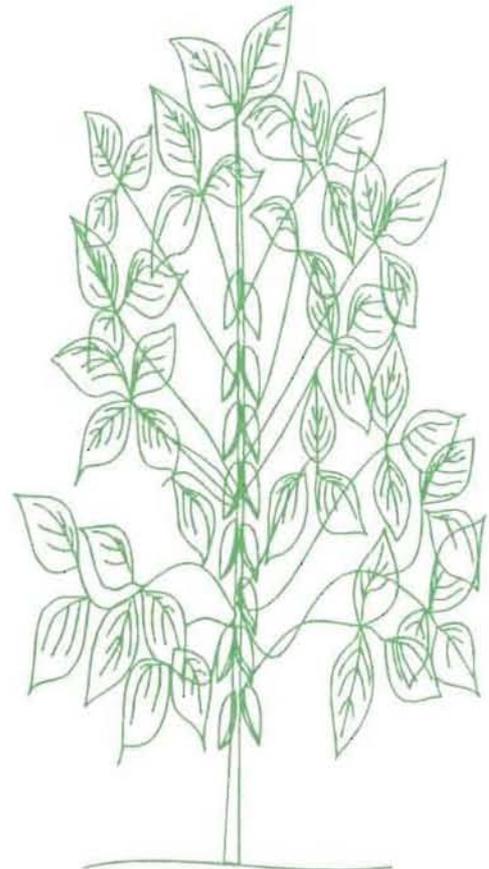
## CONCLUSIONES

Es claro que habrá una mayor necesidad de producción de alimentos debido al incremento poblacional y al incremento de la capacidad adquisitiva. El recurso tierra es finito y una expansión horizontal de este recurso no es posible. Por esta razón la creciente necesidad de alimentos debe ser satisfecha con los incrementos del rendimiento por hectárea. Los fertilizantes jugarán un papel muy importante en la producción de estos alimentos. El uso de fertilizantes, los altos rendimientos y la seguridad ambiental son compatibles a través del buen manejo de los recursos. La degradación ambiental no será el resultado del incremento de la producción agrícola si los fertilizantes se usan adecuadamente. De hecho, la alternativa de no

utilizar fertilizantes puede tener consecuencias más graves para el ambiente.

## COMENTARIOS FINALES DEL AUTOR

Mi punto de vista de la interacción de la producción agrícola y el ambiente proviene de mi experiencia trabajando por muchos años en países en desarrollo y de la observación del papel que han jugado los fertilizantes en el gigantesco incremento de la producción de alimentos desde los inicios de la década de los 60. Mis conceptos se condicionan también a mi perspectiva del futuro que claramente indica que el incremento de la población y el incremento del poder adquisitivo llevarán a una demanda cada vez más crecientes de alimentos. Esto a su vez nos llevará a preocuparnos del ambiente y de la sostenibilidad de los sistemas agrícolas necesarios para satisfacer la necesidad de alimentos.



## MATERIA ORGANICA EN EL SUELO

H. Janzen \*

*Estudios de rotaciones de cultivos a largo plazo, en Alberta, han demostrado que aplicaciones moderadas de nitrógeno (N) y fósforo (P) pueden incrementar el contenido de materia orgánica así como la capacidad de suplementar N de suelos en la región occidental de Canadá.*

La bien documentada reducción de las reservas de materia orgánica en el suelo ha sido identificada como una amenaza seria a la productividad sostenida de los suelos del occidente de Canadá. La materia orgánica es un constituyente vital de estos suelos ya que sirve no únicamente como fuente de nutrientes sino también como un agente de agregación que reduce la erosión del suelo e incrementa la retención de humedad.

### Rotaciones a largo plazo

Un experimento de rotación de cultivos a largo plazo en Lethbridge, Alberta, proveyó una oportunidad única de determinar la influencia de las prácticas de cultivo en la materia orgánica del suelo. Este experimento, establecido en 1912 poco después de que se labró este suelo para cultivo por primera vez, incluye tres tratamientos: trigo continuo (T), descanso-trigo-trigo (DTT) y descanso-trigo (DT). Cada fase de cada una de las rotaciones se estableció en una parcela de 0.64 has. En

1967 y 1972 se iniciaron aplicaciones de N y P respectivamente, en dosis de 45 kg/ha de N y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, solo y en combinaciones. Todas las parcelas fueron manejadas utilizando maquinaria de acuerdo a los procedimientos agronómicos recomendados.

El análisis de la capa arable de tratamientos selectos de este estudio demostraron el apreciable beneficio de las aplicaciones de fertilizante en el contenido de materia orgánica (Tabla 1). Tanto en la rotación DTT y T, la fertilización con N y P incrementó el contenido de carbono orgánico en un promedio de 15 % en relación al control de 18 años antes. En la rotación DTT el incremento fue atribuible principalmente a la aplicación de N, pero en el sistema T la aplicación de N y P permitió la acumulación de mayores cantidades de C orgánico que la aplicación de N solamente. El efecto del fertilizante en el contenido de N orgánico fue idéntico a aquel del C orgánico.

La aplicación de N incrementó significativamente la cantidad de N orgánico en el suelo, así como la habilidad de liberar este N para que sea tomado por la planta. El contenido de N potencialmente mineralizable fue

Tabla 1. Efecto de las aplicaciones de fertilizantes en el rendimiento, contenido de materia orgánica, en rotaciones de trigo a largo plazo (1972-1984).

Secuencia de cultivos	Fertilizante kg/ha N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Rendimiento kg/ha	Carbono orgánico t/ha	Nitrógeno orgánico kg/ha	Nitrógeno mineralizable kg/ha
DDT	0	0	1211	17.3	1.55	166
	0	45	1278	17.8	1.52	153
	45	0	1346	30.3	1.70	227
	45	45	1480	20.0	1.69	234
T	0	0	1144	19.8	1.69	212
	0	45	1278	19.5	1.55	243

\* Científico de Suelos de la Estación Experimental Lethbridge, Alberta, Canadá

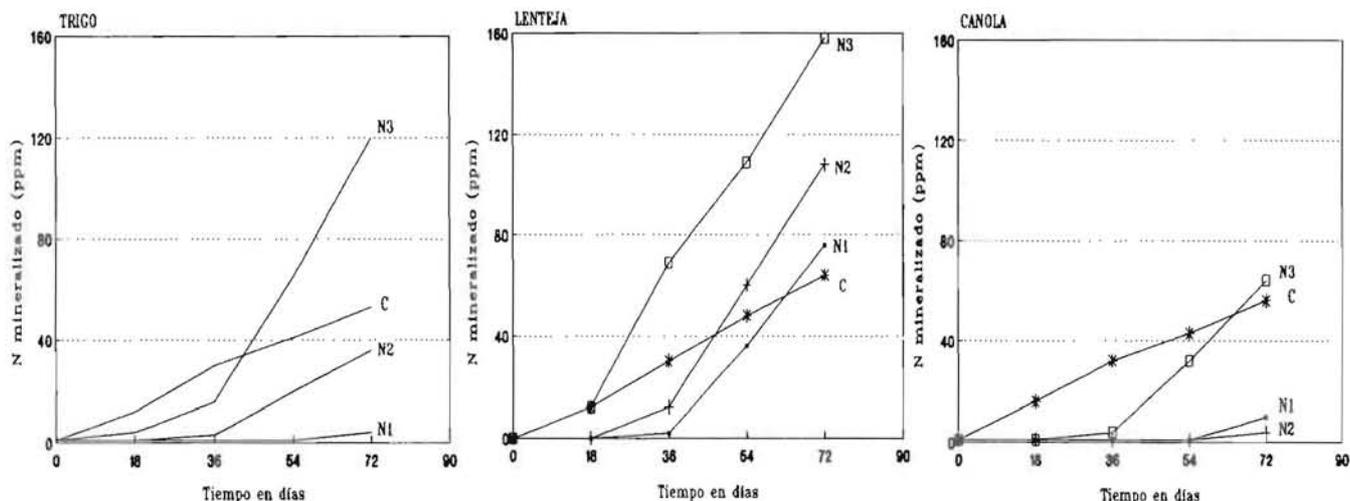


Figura 1. Efecto del estado nutricional del cultivo en la mineralización de N de los residuos (N1 = bajo N; N2 = moderado N; N3 alto N y C = control sin residuo).

calculado de la cantidad de N liberado de la materia orgánica en una incubación de laboratorio. Este valor en promedio fue 33 % más alto en los tratamientos que recibieron N en comparación con aquéllos que no recibieron el elemento. Estos resultados sugieren que la aplicación de N a niveles moderados puede mantener la fuente de N orgánico y prevenir la necesidad de usar cantidades más altas en el futuro.

Varios mecanismos pueden ser los responsables del efecto positivo de la fertilización en la materia orgánica. Primero, el contenido de materia orgánica en el suelo está relacionado con la cantidad de residuos que regresan al suelo después de la cosecha (paja y raíces). Estos materiales son los precursores de la materia orgánica. La aplicación de fertilizante incrementa sustancialmente los rendimientos de grano y al mismo tiempo incrementa la cantidad de residuos que pueden regresar al suelo. De hecho, cualquier factor que incremente los rendimientos tenderá a incrementar la materia orgánica en el suelo si es que la mayoría de los residuos del cultivo regresan al suelo.

### Estudios en ambientes controlados

Además de incrementar la cantidad de residuos que regresan al suelo la fertilización puede también incrementar la calidad de estos residuos. Un experimento de invernadero conducido en Lethbridge comparó la liberación de N de residuos de trigo, lenteja y canola cultivados en tres diferentes niveles de fertilidad de N. En todos los casos, cuando el contenido de N fue más alto, mayor fue la liberación de N de los residuos (Figura 1).

En parte, el incremento en el contenido de N mineralizable por efecto de la fertilización con N en los experimentos de campo puede ser una reflexión del mejoramiento en el contenido de N de los residuos que regresan al campo.

El mejorar el estado de N del cultivo puede también beneficiar la materia orgánica y la fertilidad de N al estimular la deposición de N de las raíces vía exudación y otros procesos relacionados. Experimentos de ambiente controlado usando la técnica del  $^{15}\text{N}$  indican que la deposición de N por las raíces en la rizósfera fue dos veces más alta cuando el trigo se cultivó en suelo de alta fertilidad nitrogenada que en un suelo de baja fertilidad en este elemento. Se demostró que el N liberado a la rizósfera se convirtió rápidamente a formas disponibles para la planta a través de procesos microbianos de descomposición. Este efecto estimulativo de la aplicación de N en la deposición del elemento en el suelo puede proveer una explicación adicional del incremento de los niveles de N mineralizable con la aplicación de fertilizantes nitrogenados.

### RESUMEN

Las prácticas agronómicas que aseguran una adecuada nutrición del cultivo son ingredientes esenciales en los programas de conservación de suelos. La aplicación de nutrientes en el rango donde se encuentran las respuestas de rendimiento económicas son un prerrequisito para mantener las reservas de materia orgánica en el suelo y sostener la productividad.

## LA DEFICIENCIA DE POTASIO, TALLOS VERDES Y RETENCION FOLIAR EN SOYA

Mascarenas, H., M. de Miranda y E. Bulisani\*

Las deficiencias de potasio (K) se han incrementado en los últimos años en la región que tradicionalmente produce soya en el estado de Sao Paulo, Brasil. No es sorprendente que cuando se examinan las prácticas de fertilización de uso común, se encuentra que los agricultores aplican 350 kg/ha/año de 0-18-6, esta práctica ha sido común en los últimos 20 años en el noreste del estado. En el área de producción de soya del suroeste se han aplicado anualmente 200 kg/ha/año de 4-30-10, en los últimos 13 años.

El rendimiento de la soya se ha incrementado dramáticamente en Sao Paulo desde 1960 (Tabla 1), la mayoría de este incremento ha ocurrido en los últimos 7

años. El rendimiento promedio de la década de 1980 fue 87% mayor que en la década de 1960. Este incremento se debió a la introducción de cultivares mejorados y al uso de mejores prácticas de manejo. Las prácticas de fertilización no han cambiado.

Si se asume que todos los productores están usando las fórmulas y las dosis de aplicación típicas mencionadas arriba, se puede calcular una tabla de balance de K. Aún cuando los productores están usando diferentes formulaciones de fertilizantes en las dos áreas de cultivo, la adición anual de K es muy similar y de hecho las conclusiones para cada área son las mismas. Se esta removiendo más K en el grano cosechado que lo que se

Tabla 1. Historia de los rendimientos de soya y balance anual de ingreso-egreso de K en el estado de Sao Paulo.

Período de años	Rendimiento Promedio <sup>1</sup>	Remoción en el grano	Adición anual de K	Balance de K
	kg/ha			
<b>Noreste</b>				
1960-69	1.286	24	21	-3
1970-79	1.643	31	21	-10
1980-86	2.400	46	21	-25
<b>Suroeste</b>				
1960-69	1.286	24	20	-4
1970-79	1.643	31	20	-11
1980-86	2.400	46	20	-26

<sup>1</sup> Medias del estado utilizados tanto para el noreste y suroeste.

\* Investigadores del departamento de leguminosas. Instituto Agronómico de Campinas Sao Paulo Brasil.

esta reemplazando por fertilización. Más aun, esta diferencia se están haciendo más grande con el tiempo y se estima que ahora los suelos están perdiendo un equivalente neto de 25-26 kg/ha de K<sub>2</sub>O por año.

Esta situación se ha agravado por el incremento en el uso de cal para reducir la toxicidad de manganeso (Mn) e incrementar la saturación de bases a más del 60 %. Esto ha causado un desbalance de K con relación a calcio (Ca) y magnesio (Mg).

Los agricultores en estas dos áreas de producción han reportando deficiencias de K en soya con mayor frecuencia. En respuesta a estas inquietudes se estudió en detalle un lote en el noreste para relacionar los síntomas de deficiencias en la planta con el análisis de suelo. Este lote en particular exhibía un amplio rango de síntomas, que iban desde la no ausencia de síntomas hasta síntomas severos de deficiencia.

El cultivar de soya fue IAC-11 y el suelo estuvo clasificado como Dystrophic dusky red latosol (Fase Cerrado). Se tomaron muestras de suelo (0-20 cm de profundidad) en seis áreas en el lote (Tabla 2). Se observaron las plantas durante todo el ciclo de crecimiento.

Las muestras de suelo se arreglaron teniendo en cuenta el incremento en los síntomas de deficiencia de K en la planta (1 a 6). Nótese que el K extraído del suelo se reduce y que la relación de catión (Ca + Mg: K) se amplía, de la muestra 1 (sin síntomas) a la muestra 6 (síntomas severos).

Las muestras 1 y 2 pertenecen a áreas donde las plantas fueron normales durante el ciclo de cultivo, tenían relaciones catiónicas de 28 y 31 respectivamente y el más alto contenido de K intercambiable. La muestra 3 (relación catión de 56) prevenía de áreas donde las plantas exhibían moderado síntoma de deficiencia de K.

Cuando la relación de cationes fue de 64 (muestra 4) y el contenido de K intercambiable fue menor, las plantas exhibían síntomas de deficiencia foliar, pero también presentaban tallos verdes a la cosecha. Hubieron menos vainas en el tercio superior de la planta. A medida que la relación de cationes se hacía más amplia (80-107), y el contenido de K intercambiable se reducía ligeramente, la retención de hojas empezó a ser un problema en el cultivo. Además se presentó la formación de frutos partenocárpicos, similares a aquellos encontrados en plantas machos estériles.

Tabla 2. Análisis de suelo de un lote de soya con plantas que tenían un amplio rango de síntomas de deficiencia de K (localización: Municipio de Ipuá, S.P.).

Nº.			P	K	Ca	Mg	Saturación	
Muestras	pH	M.O.	disponible	-----I n t e r c a m b i a b l e s -----			Bases	Ca + Mg: K
		%	ug/cm <sup>3</sup>	----- m e q / c m 3 -----			%	
1	5.3	3.9	65	0.16	3.4	1.1	52	28
2	5.4	3.4	63	0.13	3.3	0.8	52	31
3	5.2	1.8	49	0.05	2.1	0.7	53	56
4	5.3	2.1	34	0.05	2.3	0.9	56	64
5	5.4	2.1	27	0.04	2.3	0.9	56	80
6	5.4	1.8	22	0.03	2.3	0.9	56	107

Notas: pH en solución de CaCl<sub>2</sub>; P, K, Ca y Mg extraídos por el método de la resina.

P disponible: 16-40 medio, 41-80 alto

K disponible: 0.00-0.07 muy bajo, 0.08-0.15 bajo, 0.16-0.30 medio

Como se indicó inicialmente, el incremento en las deficiencias de K en las áreas cultivadas con soya en el estado de Sao Paulo se debe a inadecuada fertilización con este elemento. Claramente son necesarias formulaciones de fertilizantes que tengan una más alta proporción de K. El utilizar fórmulas como 0-15-15 y 0-20-20, a la siembra o quizá a aplicaciones de K, 20 o 30 días después de la emergencia, lograrían un mínimo de eficiencia de 20 kg K<sub>2</sub>O por tonelada de grano cosechado. Esto permitiría por lo menos mantener los presentes niveles de fertilidad del suelo.

La relación catiónica en el suelo (Ca + Mg: K) y el nivel de K intercambiable parecen ser dos parámetros útiles para predecir la deficiencia de K en soya y para indicar que lotes necesitarán aplicaciones correctivas para ponerlos a un nivel adecuado de K. La relación catiónica parece ser el parámetro más sensitivo para separar las deficiencias moderadas de las deficiencias severas.

## NOVEDADES TECNOLOGICAS

### NUEVOS USOS PARA EL MAIZ

Científicos trabajando para el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos están obteniendo más usos para el almidón de maíz, específicamente la ciclodextrina gama, que ahora se puede usar para encapsular productos farmacéuticos, pesticidas, perfumes y cosméticos. Las ciclodextrinas pueden enmascarar sabores y olores no deseados y proteger drogas o alimentos de prematuro deterioro causado por el oxígeno.

Por otro lado investigación que se encuentra al momento llevándose a cabo en la Universidad de Missouri, está estudiando la posibilidad de producir plásticos biodegradables fabricados con almidón de maíz. Resultados preliminares indican que se podría fabricar fundas de plástico basadas en almidón de maíz, que se podrían degradar con o sin la presencia de oxígeno en los sitios de descarte. Los investigadores también están estudiando el uso de almidón de maíz en una variedad de productos como cosméticos, pega y pañales desechables biodegradables. Todo esto indica que la agricultura moderna de rendimientos altos tiene tremendo potencial para contribuir al bienestar de la humanidad.

### NUEVA TINTA PARA PAPEL PERIODICO

Una nueva tinta que no se impregnará en las manos y que puede ser usada en periódicos y ciertas revistas puede hacerse con el uso de cien por ciento de aceite de soya. Científicos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos han desarrollado y patentado una fórmula de tinta de soya negra y de colores que es más fácil de fabricar y más limpia que las tintas usadas al momento en la litografía de periódicos y revistas. Es interesante indicar que la total conversión de los periódicos de los Estados Unidos al uso total de tinta de soya consumiría el aceite producido por 1 468 000 de toneladas de soya. La tinta contribuye también a mejorar el ambiente porque carece de resinas basadas en petróleo y no tiene problemas al desecharse.

**EFFECTO DE LA RELACION POTASIO/MAGNESIO EN LA TOLERANCIA AL ALUMINIO Y EN LA COMPOSICION MINERAL DEL TRIGO FORRAJERO.**

*Huang, J.W. and D.L. Grunes. 1992. Potassium/magnesium ratio effects on aluminum tolerance and mineral composition of wheat forage. Agron. J. 84:643-650.*

El conocimiento del control de la toxicidad de Al por medio de cationes puede mejorar nuestro conocimiento de los mecanismos de tolerancia diferencial al Al entre genotipos de trigo de invierno (*Triticum aestivum* L.), y las causas de la tetania de los pastos en el ganado. Se condujo un experimento en soluciones nutritivas; usando dos cultivares de trigo de invierno (Atlas 66 y Scout 66), dos niveles de Al (0-50 uM,) y tres relaciones K/Mg (0.1, 0.7 y 2.3 en base a un mol/L-1). Los pesos secos de las raíces se redujeron significativamente por efecto de Al en el cultivar Scout 66 que es sensible al Al, pero no en Atlas 66. Las concentraciones de Mg en la parte aérea y en las raíces fueron siempre significativamente menores en Scout 66 que en Atlas 66. Sin Al las concentraciones de K y Ca no fueron significativamente diferentes en los dos cultivares. Con Al las concentraciones de Ca y Mg en la parte aérea se redujeron más en Scout 66 que en Atlas 66. Las relaciones K/(Ca + Mg) se incrementaron significativamente en Scout 66 cuando se adicionó Al, causando de esta forma un incremento en el peligro de tetania. La adición de Al redujo las concentraciones de Cu y Zn en la parte aérea en ambos cultivares y las concentraciones de Fe y Mn en Scout 66. El incremento de la proporción de magnesio en la solución incrementó la tolerancia al Al en Scout 66, indicando que una relación K/Mg apropiada es importante al seleccionar cultivares de trigo tolerantes al Al.

**ABSORCION DE FOSFORO Y POTASIO POR EL MAIZ EN RESPUESTA A LA COMPACTACION DEL SUELO**

*Dolan, M.S., R.H. Dowdy, W.B. Voorhees, J.F. Johnson, and A.M. Bidwel-Schradr. 1992. Corn phosphorus and potassium uptake in response to soil compaction. Agron. J. 84:639-642*

La compactación del suelo por efecto de maquinaria agrícola pesada puede inhibir el crecimiento óptimo de las plantas. La compactación del suelo influencia la absorción de nutrientes esenciales, como P y K. Este estudio describe la acumulación en la planta de P y K en un suelo compactado de la serie Webster (fine-loamy, mixed, mesic Typic Haplaquolls). Se muestrearon plantas enteras de maíz (*Zea mays* L.) al 75 % del estado vegetativo (VT) de tratamientos donde se produjo compactación en el

subsuelo con el uso de maquinaria de 0, 9, y 18 Mg de peso, cada uno con hileras en las cuales se produjo compactación superficial con el uso de 0 o 4.5 Mg de peso. La compactación del subsuelo redujo la absorción de P y K en un 22% en estaciones cuando la precipitación en junio y julio fue menor que el promedio. La compactación del subsuelo de 18 Mg no redujo consistentemente más la absorción de P y K que la compactación del subsuelo con 9 Mg. La compactación superficial también redujo la absorción de P, pero en menor escala que la compactación del subsuelo. En general la compactación de P y K a través de todos los tratamientos, fue mayor cuando la precipitación en los meses de junio y julio fue igual o más húmeda que el promedio de los últimos 30 años.

**CONSIDERACIONES DEL TAMAÑO DEL BARRENO EN LA DETERMINACION DEL NITRATO EN EL SUELO**

*Starr, J.L., T.B. Parkin, and J.J. Meisinger. 1992. Sample size consideration in the determination of soil nitrate. Soil Sci. Soc. Am. J. 56:1824-1830.*

Un prerequisite para incrementar la eficiencia de uso de N a través del uso del análisis de suelo es la determinación precisa de la concentración de nitratos en el suelo. Este estudio se condujo para determinar la influencia del tamaño de la muestra en la magnitud y variabilidad de las concentraciones de NO<sub>3</sub>-N en el horizonte superficial de un suelo de la serie Beltsville silt loam (fine-loamy, mixed, mesic Typic Fragiudult). Para coleccionar las muestras de suelo se utilizaron barrenos de 5 diferentes tamaños, 1.7 a 5.4 cm de diámetro (38-366 cm<sup>3</sup>) y una muestra en bloque de 8770 cm<sup>3</sup>. Se coleccionaron 36 muestras de cada tamaño dos veces antes y dos veces después de sembrar maíz (*Zea mays* L.). Casi todos los valores de NO<sub>3</sub>-N se distribuyeron log. normalmente y la magnitud de la falta de simetría se relacionó más con la concentración que con el tamaño de la muestra, con la excepción de la muestra más grande (8770 cm<sup>3</sup>) la cual fue siempre más simétrica. Este estudio indicó que los valores de la media de NO<sub>3</sub>-N pueden ser estimados con precisión usando 36 de las muestras más pequeñas. Sin embargo, las muestras más pequeñas fueron a menudo incapaces de estimar con precisión la variabilidad espacial del NO<sub>3</sub>-N en el suelo. Más aun, un procedimiento computarizado de remuestreo al azar indicó que se requieren de 20 a 50 % más muestras con el barreno pequeño para estimar satisfactoriamente la media de la muestra. Este estudio no produjo una base consistente que permita escoger entre los barrenos de diámetros de 2.15 a 5.4 cm (58-366 cm<sup>3</sup>).

## CURSOS Y SIMPOSIOS

### 1. MODERN TECHNIQUES IN FERTILIZER DISTRIBUTION AND HANDLING

ORGANIZA : IFDC International Fertilizer Development Center  
 LUGAR : England, Ireland, The Netherlands, Belgium, Germany  
 FECHA : Junio 21-Julio 9 de 1993  
 INFORMACION : International Fertilizer Development Center  
 P.O.Box 2040  
 Muscle Shoals, Alabama 35662  
 EUA.  
 Telf.: 205 381-6600  
 Fax.: 205 381-7408

### 2. AFROECONOMIC EVALUATION FOR DEVELOPMENT OF FERTILIZER RECOMMENDATIONS

ORGANIZA : IFDC International Fertilizer Development Center  
 LUGAR : Wageningen, The Netherlands  
 FECHA : Julio 12-23 de 1993  
 INFORMACION : International Fertilizer Development Center  
 P.O.Box 2040  
 Muscle Shoals, Alabama 35662  
 EUA.  
 Telf.: 205 381-6600  
 Fax.: 205 381-7408

### 3. XXIV CONGRESO BRASILEÑO DE LA CIENCIA DEL SUELO

ORGANIZA : Sociedad Brasileña de la Ciencia del Suelo  
 LUGAR : Goiania (GO), Brasil  
 FECHA : Julio 25-31 de 1993  
 INFORMACION : Prof. Luiz Carlos Valadares Borges  
 Presidente do XXIV CBCS  
 Rua 1137, Qd.241, Lt. 20 Setor Maristas  
 74180-160 Coiania (GO)  
 Telf.: (062) 241-7608

### 4. MARKETING OF FERTILIZERS AND OTHER AGRI-INPUTS

ORGANIZA : IFDC International Fertilizer Development Center  
 LUGAR : Muscle Shoals, Alabama: Tampa and Lakeland, Florida; St. Louis, Missouri; Columbus, Mississippi, USA.  
 FECHA : Agosto 2-Septiembre 3 de 1993  
 INFORMACION : International Fertilizer Development Center  
 P.O.Box 2040  
 Muscle Shoals, Alabama 35662  
 EUA.  
 Telf.: 205 381-6600  
 Fax.: 205 381-7408

### 5. THIRD INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PLANT-SOIL INTERACTIONS AT LOW pH

ORGANIZA : Soil Science Society of Australia  
 LUGAR : Brisbane, Queensland, Australia  
 FECHA : Septiembre 12-16 de 1993  
 INFORMACION : Dr. R.J. Haynes  
 Canterbury Agriculture and Science Center  
 P.O. Box 24,  
 Lincoln, New Zealand  
 Telf.: 64 3 325 3011  
 Fax.: 64 3 325 2964

## PUBLICACIONES DE INPOFOS

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

- |  | COSTO US \$ |
|--|-------------|
| * <b>Manual de Fertilidad de Suelos.</b> Publicación didáctica sobre uso y manejo de suelos y fertilizantes.   | \$ 10.00    |
| * <b>POTASA: Su Necesidad y Uso en Agricultura Moderna.</b> Esta publicación cubre aspectos como funciones de potasio en las plantas, necesidad, síntomas de deficiencia y el eficiente uso de fertilizantes potásicos.  | \$ 2.00     |
| * <b>Fertilización del Banano para Rendimientos Altos.</b> En esta publicación se discuten en amplitud los requerimientos nutricionales, ciclaje de nutrientes, análisis foliar y de suelos y fertilización del cultivo del banano.                                  | \$ 3.00     |
| * <b>Fertilización del Algodón para Rendimientos Altos.</b> Publicación que cubre en forma detallada los requerimientos nutricionales, análisis foliar y de suelos y fertilización del cultivo del algodón.  | \$ 3.00     |
| * <b>CAFETO: Cultivo y Fertilización.</b> Esta publicación discute ampliamente el origen, distribución y prácticas culturales, cobertura del suelo, enfermedades y plagas y fertilización científica del Cafeto.   | \$ 8.00     |
| * <b>Diagnóstico Nutricional de los Cultivos.</b> 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. | \$ 3.00     |
| * <b>Conozca y Resuelva los Problemas del Maíz.</b> Plegable que describe los síntomas de deficiencia de nutrientes y otros síntomas relacionados con la nutrición del maíz, como guía para la obtención de rendimientos altos.                                      | \$ 0.00     |

INVESTIGACION  
**INPOFOS** K P  
EDUCACION

INPOFOS-INSTITUTO DE LA POTASA Y EL FOSFORO  
Av. de los Shyris 2260 y el Telégrafo  
Casilla Postal 17-17-980  
QUITO ECUADOR

**IMPRESOS**

CORREO AEREO



BY AIR MAIL