INFORMACIONES AGRONOMICAS

INVESTIGACION INPOFOS K P EDUCACION

INSTITUTO DE LA POTASA Y EL FOSFORO
POTASH AND PHOSPHATE INSTITUTE

Nº 19 ● ABRIL 1995

CONTENIDO

	Página
Alimentos para el futuro - El Rol del Instituto de la Potasa y el Fósforo en el manejo adecuado de nutrientes.	1
Aplicación de P en el riego por goteo	5
Interacciones nitrógeno-potasio en maíz	6
Fertilización foliar en arroz (*Oryza sativa* L.)	11
Lixiviación del N, un tema de actualidad	14
Exportación de nutrientes de una granja orgánica	14
Reporte de Investigación reciente	15
Cursos y Simposios	17
Publicaciones de INPOFOS	18

Editor Dr. José Espinosa

ALIMENTOS PARA EL FUTURO - EL ROL DEL INSTITUTO DE LA POTASA Y EL FOSFORO EN EL MANEJO ADECUADO DE NUTRIENTES

La sostenibilidad es actualmente uno de los aspectos de mayor discusión en agricultura. Uno de los papeles del Instituto de la Potasa y el Fósforo es demostrar que el manejo de nutrientes, incluyendo el fósforo (P) y el potasio (K) suplido por los fertilizantes minerales, es un componente básico de la sostenibilidad.

Existen personas que definen la sostenibilidad como el simple hecho de mantener los rendimientos, en los niveles de producción actuales, por tiempo indefinido. Una definición aun más restringida acepta a la sostenibilidad como el hecho de mantener indefinidamente los rendimientos, aun cuando estos niveles de rendimiento sean más bajos que los niveles de producción actuales. Esta definición simplemente considera que sosteniblidad y el menor uso de insumos (incluyendo los fertilizantes) son conceptos iguales. El Instituto de la Potasa y el Fósforo (INPOFOS) está de acuerdo con aquellas personas que creen que la verdadera sostenibilidad debe incluir la idea de incrementar los rendimientos para satisfacer las necesidades crecientes de alimentos, fibras y energía de una población global en continuo crecimiento.

*** Artículo escrito por el Dr. David Dibb, Presidente del Instituto de la Potasa y el Fósforo. Norcross, GA. USA.**

El hecho de que un segmento significativo de la población mundial no recibe actualmente una dieta adecuada debe ser parte de la ecuación que define la sosteniblidad. Existen literalmente cientos de millones de personas, más del 20% de la población mundial según diversas estimaciones, que podrían mejorar sus dietas sobre el nivel mínimo requerido, si se les presentara la oportunidad.

Crecimiento poblacional

La población debe ser una de las principales consideraciones de la sostenibilidad. Proyecciones recientes indican que la población mundial será superior a 6 billones de personas en el año 2000 y 8.3 billones en el año 2025 (Tabla 1). Otros estiman que la población mundial se estabilizará en 10 billones en el año 2100.

Tabla 1. Tendencias estimadas del crecimiento de la población mundial y su efecto sobre la superficie de tierra arable por persona.

Año	Población (millones)	Tierra arable (millones de has)	has/persona
1965	3027	1380	0.46
1980	4450	1500	0.34
1990	5100	1510	0.30
2000	6200	1540	0.25
2025	8300	1650	0.20

Para ubicar el crecimiento poblacional en una perspectiva más clara con respecto a la sostenibilidad agrícola, se puede indicar que en los siguientes 10 años se requerirán producir alimentos para alrededor de 100 millones de personas más por año, solamente para mantener los estándares actuales. Esto equivale a añadir anualmente a la población mundial cuatro veces la población de Canadá. Quizá es más impresionante el pensar que mañana por la mañana existirán aproximadamente 250 000 bocas adicionales que alimentar.

Uno de los principales problemas relacionados con el incremento de la población es el hecho de que alrededor del 90% de este incremento ocurrirá en los países en desarrollo, donde ya existe un déficit de alimentos. La considerable deuda externa de muchos de estos países impide la compra de los alimentos necesarios y es el mayor obstáculo para desarrollar la infraestructura necesaria para promover la agricultura local.

Crecimiento del consumo de alimentos

Los datos de la Tabla 2 indican que la producción global de alimentos en 1990 fue de 4.6 billones de toneladas. Más del 90% de la dieta humana fueron productos vegetales. Si el consumo per cápita se mantiene constante, los 8.3 billones de habitantes del año 2025 requerirían una producción adicional de alimentos de 2.6 billones de toneladas, un incremento de casi el 60%. Si se considera que más de un billón de personas tienen dietas marginales, el mejorar esas dietas a niveles adecuados requería un incremento de 100% en la producción, elevándola a 9 billones de toneladas, lo que significa un crecimiento continuo de 2 a 2.5% anual.

Tabla 2. Producción mundial de alimentos, 1990.

	---- Producción ---- total	comestible[1]	Proteína seca[1]	Increm. 1980-1990[2]
	Producción en millones de ton			%
Cereales	1970	1640	165	20
Raíces y tubérculos	575	154	10	5
Leguminosas y aceiteras	300	204	68	29
Caña y rem. azucarera [3]	125	125	0	20
Hortalizas	450	53	5	26
Frutas	345	47	2	17
Productos animales	850	168	74	24
Total alimentos	4615	2390	397	20

1. A cero contenido de humedad, excluyendo las cortezas comestibles.
2. Se utilizaron los promedios de 1979-1981 y 1989-1891 para calcular el incremento porcentual de 1980 a 1990.
3. Solamente el contenido de azúcar
Fuente: FAO Production Yearbook, 1990.

Incrementos de Rendimiento: El Reto

Estimaciones de la FAO indican que solamente se podrá cubrir el 24% de las necesidades futuras de alimentos con el solo hecho de incluir nuevas tierras a la producción agrícola. El restante 76% deberá ser satisfecho incrementando los rendimientos de los cultivos en las tierras que se encuentran actualmente en producción.

Teniendo en cuenta un incremento modesto en la superficie de tierra arable, en el año 2025 el área culti-

vable por persona se reducirá en alrededor de un tercio, bajando a 0.20 hectáreas por individuo (ver Tabla 1). En China, el promedio en 1993 fue de 0.09 hectáreas por persona. Esto significa que el promedio de rendimiento por hectárea debe incrementarse por lo menos en 65% para poder satisfacer las necesidades proyectadas de alimentos. Aun cuando esto parece un tarea abrumadora, existen razones para estar convencidos de que estos incrementos se pueden lograr.

Una de estas razones es que los rendimientos promedio de los cultivos son muy bajos en relación con los niveles de rendimiento que se han obtenido en experimentos de alto rendimiento alrededor del mundo, en países desarrollados y en países en vías de desarrollo, como se demuestra en la Tabla 3. Otra de las razones es que donde se ha aplicado tecnología los incrementos han sido mayores a las necesidades proyectadas.

Tabla 3. Comparación entre los rendimientos promedios más altos en los Estados Unidos y los récords mundiales de rendimientos en varios cultivos.

Cultivo	Promedio más alto de los EE.UU (año)[1]	Promedio países en desarrollo[2]	Récord mundial documentado[3]
	----------	ton/ha	----------
Maíz	8.4 (1994)	1.3	21.3
Soya	2.7 (1994)	1.3	7.9
Trigo	2.7 (1990)	1.6	14.5
Sorgo	4.1 (1992)	0.9	21.5
Papas	36.6 (1993)	9.1	94.2

1. Datos de USDA;
2. Wortman y Cummings;
3. Investigación de INPOFOS

Incrementos de Rendimiento: El Proceso

Varias décadas de investigación agrícola han contribuido a consolidar los rendimientos de cultivos posibles hoy en día. Debido a que la agricultura es un sistema dinámico, la investigación continua que permita mejorar los rendimientos debe ser un objetivo de primera prioridad. Mucha de la tecnología utilizada para incrementar los rendimientos en dos o tres veces en China, EE.UU., India y otros países, se desarrolló hace 10, 20 o 30 años.

Una tendencia preocupante, sin embargo, es el hecho de que la inversión en investigación agrícola está reduciéndose dramáticamente. Los departamentos de agricultura de los EE.UU. están siendo disueltos, los centros internacionales de investigación están perdiendo financiamiento y los países desarrollados están reduciendo la ayuda tecnológica en agricultura a los países en desarrollo. Toda esta reducción está ocurriendo en un momento en que la inversión en investigación agrícola es crítica para levantar la infraestructura científica indispensable para lograr los incrementos en rendimiento que serán necesarios en 20 o 30 años.

Aun la FAO, institución que es considerada como la promotora de la producción de alimentos en el mundo, se encuentra sujeta a considerable presión para que cambie su énfasis en producción de alimentos problemas ambientales. Esta es realmente una situación que entristece porque el principal problema ambiental en la mayoría de los países en vías de desarrollo, donde la FAO tiene su influencia, es precisamente la degradación ambiental y el sufrimiento humano como consecuencia del poco uso o el uso desbalanceado de fertilizantes y no de la aplicación excesiva.

Nutrientes: Suplemento y Balance

Un factor que está estrecha y directamente relacionado con los incrementos en rendimiento y la producción total es el suplemento de nutrientes. La fuente de nutrientes, ya sea orgánica o inorgánica, no es la principal preocupación cuando se trata de suplir estos nutrientes tan necesarios. Ambos casos constituyen simplemente la transferencia de nutrientes de un lugar a otro, a un lugar donde es más conveniente su uso en cultivos en crecimiento. La principal preocupación es la disponibilidad de nutrientes. Cuando están disponibles, ambas fuentes deben utilizarse conjuntamente ya que es necesario utilizar más nutrientes para incrementar la producción.

El agotamiento de nutrientes del suelo es uno del los factores claves que influencia la productividad presente y futura, especialmente en Africa, América Latina y partes de Asia. Resultados de investigación en sistemas de producción de bajos insumos en la Amazonía Peruana demostraron que suelos utilizados después de la tumba y quema y que fueron inicialmente productivos, rápidamente agotan los nutrientes y en solamente tres años estos suelos perdieron su productividad, debido a que no existe el adecuado reemplazo de los nutrientes utilizados.

Aun cuando es claro que el incremento en producción requiere de una mayor disponibilidad de nutrientes, es también importante el entender que el balance de nutrientes es también fundamental para sostener la producción. Esto es verdad por varias razones. En primer

Tabla 4. Incrementos en el rendimiento de diversos cultivos con fertilización balanceada.

Cultivo	Riego	Número de experimentos	$N-P_2O_5-K_2O$ kg/ha	Porcentaje de respuesta a: N	NP	NPK
Arroz	Sin	380	120-60-40	49	74	99
Arroz	Con	9634	120-60-60	27	51	56
Trigo	Con	10133	120-60-60	59	95	114
Maíz	Sin	53	90-60-60	85	107	129
Garbanzo	Sin	1325	20-40-20	36	59	77

Tabla 5. Comparación del balance de nutrientes, las dosis de aplicación y los promedios de rendimiento de cereales en India y China.

País	Año	Relación entre nutrientes $N:P_2O_5:K_2O$	Cantidad de nutrientes, kg/ha $N-P_2O_5-K_2O$	Rend. de cereales, ton/ha
India	1991	5.9:2.4:1		
India	1993	9.8:3:1	66.4	1.9
China	1991	10:3:1		
China	1993	8.4:2.6:1	196	4.2

lugar, cada incremento adicional en rendimiento es más difícil de lograr y por esta razón se requiere mayor precisión en el manejo. De igual manera los factores económicos y ambientales son también importantes componentes de la sostenibilidad. El balance de nutrientes afecta dramáticamente estos factores.

La aplicación de cantidades correctas de nutrientes y el adecuado balance son aspectos críticos del manejo de nutrientes y la sostenibilidad. El desbalance permite el agotamiento de los nutrientes más deficientes en el suelo. Una vez que se ha llegado a cierto nivel crítico del nutriente o nutrientes deficientes, los rendimientos caen dramáticamente aun cuando se hayan aplicado cantidades altas de otros nutrientes. Investigación conducida en India por varios años en diversos cultivos (Tabla 4) ilustra la importancia de la fertilización balanceada en el incremento de los rendimientos de los cultivos.

Es importante el hacer notar nuevamente que para asegurar producción sostenida es importante el mantener el balance con adecuadas cantidades de nutrientes. La relación de nutrientes aplicados en India puede estar más cerca del balance que las relaciones utilizadas en China. Sin embargo, las cantidades aplicadas en India son tan bajas que el desgaste de nutrientes, la degradación del suelo y la falta de alimentos son problemas más graves este país que en China. Los promedios de rendimientos son más bajos en India como se observa en la Tabla 5. Sea en India, China, Canadá o EE.UU., en cualquier sitio donde el incrementar rendimientos sea una necesidad, la única forma de lograr mantener balance de nutrientes y altos rendimientos sostenidos es a través del uso de fertilizantes comerciales.

Balance de Nutrientes: Mas allá de NPK

La discusión de balance de nutrientes a menudo se restringe a nitrógeno (N), P y K debido a que estos nutrientes son los más necesarios en la producción de cultivos. Generalmente estos nutrientes son los más limitantes y requieren más atención. El balance, sin embargo, va más allá de NPK. Por ejemplo, un estudio reciente conducido en China demostró que el 22% de los suelos son deficientes en azufre (S) y el 13% en magnesio (Mg). Sin duda, el balance de nutrientes es más que NPK y no se podrá lograr sin el adecuados suministro de fertilizantes comerciales.

Resumen

El balance de nutrientes es un componente básico para alcanzar los objetivos de agricultura sostenible.... incremento en la producción de alimentos y fibras, rentabilidad, eficiencia en el uso de insumos y una apropiada preocupación por el ambiente... Es crítico que el balance de nutrientes, incluyendo la rápida disponibilidad de los fertilizantes necesarios, comerciales sea un objetivo antes que una víctima de las decisiones políticas.

El papel de INPOFOS es asegurar que el P y K sean reconocidos como parte y no aparte de la sostenibilidad agrícola y que se los maneje en balance con otros nutrientes e insumos agrícolas.■

APLICACION DE FOSFORO EN EL RIEGO POR GOTEO*

El uso de riego por goteo, como una forma de proveer agua y nutrientes a las plantas, se está incrementando en diversas áreas del mundo. Aun cuando el riego por goteo no es adecuado para todos los cultivos, sitios o condiciones, este método de riego presenta muchos beneficios potenciales para los agricultores. El uso de riego por goteo ha permitido la producción de cultivos de alta rentabilidad en condiciones que anteriormente se consideraban poco adecuadas para la agricultura. Algunos de los beneficios potenciales del riego por goteo incluyen la eficiencia del uso del agua, mejoramiento en el crecimiento de la planta, reducción en mano de obra y energía, control de la salinidad, menor problemas de malezas y mayor flexibilidad para entregar nutrientes a las plantas.

Los fertilizantes a aplicarse a través de los sistemas de riego por goteo deben ser solubles en agua, no deben reaccionar con el agua de riego y no deben taponar el equipo. Muchos de los fertilizantes portadores de nitrógeno (N) y de potasio (K) son fácilmente aplicados a través de los sistemas de riego por goteo. Otros nutrientes como el fósforo (P) son más difíciles de aplicar y distribuirse adecuadamente en el suelo. Debido a que el P tiene una limitada movilidad en el suelo y puede formar precipitados insolubles con el calcio (Ca^{2+}) y el magnesio (Mg^{2+}) en el agua de riego, el uso de los fertilizantes fosfóricos tradicionales generalmente no ha sido recomendado en los sistemas de riego por goteo.

Se ha conducido abundante investigación en la fertilización de cultivos con P debido a que muchos suelos tienen bajos contenidos de este nutriente. La disponibilidad para las plantas del P aplicado en los fertilizantes depende en gran parte de la reacción del suelo con el fertilizante. El P reacciona en el suelo formando compuestos menos disponibles, por esta razón, el P en el suelo alrededor de las raíces debe ser repuesto continuamente para mantener el crecimiento de la planta. El P es también relativamente inmóvil en el suelo. Cuando se aplican fertilizantes fosfatados a la superficie del suelo el P se mueve menos de 2-3 cm y la mayoría de P aplicado permanece en la superficie y no es accesible para las raíces de las plantas. Cuando la superficie del suelo se seca, las raíces no crecen cerca de la superficie y no pueden aprovechar el P aplicado sobre el suelo. Las limitaciones causadas por la reactividad y la inmovilidad del P se pueden evitar parcialmente aplicando el fertilizante fosfatado en una banda concentrada a una distancia bajo la superficie del suelo. Este método de aplicación reduce contacto suelo-fertilizante y permite una mayor disponibilidad del P para las plantas.

Una ventaja del riego por goteo es que con este método se pueden aplicar los nutrientes directamente en la zona radicular. La aplicación de nutrientes a través de los goteros se puede comparar a la aplicación de una banda ajustable de fertilizantes en la cual la aplicación de nutrientes puede ajustarse exactamente a las necesidades del cultivo en las diferentes etapas del ciclo de crecimiento. Debido a que la mayoría de las raíces de los cultivos bajo riego por goteo están localizadas dentro del bulbo de humedecimiento, el P aplicado por los goteos se localiza en aquella región del suelo que contiene la densidad más alta de raíces. De esta forma el P aplicado por los goteros es usado más eficientemente por las plantas que la misma cantidad de P aplicado al voleo en una banda subsuperficial. El principal beneficio de la aplicación de P por los goteros resulta de la localización del P directamente en las zonas de raíces activas antes que de un incremento de la disponibilidad resultante de una reducción en el contacto fertilizante suelo.

Debido a la limitada movilidad del P en el suelo, se ha sugerido que la acumulación de P en el bulbo de humedecimiento puede ser detrimental para el crecimiento de la planta. Debido a que solamente una porción del volumen del suelo alrededor de las raíces es irrigada y fertilizada la tasa de absorción de P por las raíces en el área fertilizada debe ser lo suficientemente alta para compensar por las raíces localizadas en las zonas sin fertilizar. Sin embargo, las raíces tienen la capacidad de ajustarse fisiológicamente y explotar las condiciones favorables de crecimiento. Comúnmente, las raíces proliferan en zonas con altas concentraciones de P y una pequeña porción del sistema radicular puede satisfacer adecuadamente las demandas de nutrientes de toda la planta. La respuesta de la planta a una distribución no uniforme de nutrientes es probablemente no significativa cuando los niveles de nutrientes en la zona radicular son adecuados.

Cuando se utilizan métodos tradicionales de fertilización no es posible aplicar P a mediados del ciclo de

---

*** Adaptado de Mikkelsen, R. L. 1989. Phosphorus fertilization thorough drip irrigation. J. Prod. Agric. 2:279-286.**

crecimiento por la dificultad de entrar en el campo con el equipo requerido para lograr una adecuada localización del fertilizante. Al aplicar el P a través del sistemas de riego por goteo es posible fertilizar los cultivos de acuerdo a la demanda exacta de la planta, localizando al mismo tiempo el P directamente en la zona radicular, resultando en un uso más eficiente del fertilizante.

Fuentes de P para uso en riego por goteo

La fertilización con P a través de los sistemas de riego por goteo no se ha utilizado ampliamente debido en parte a la preocupación de que los fertilizantes utilizados podrían taponar la tubería de riego y los goteros. Esta situación se presenta cuando los fertilizantes fosfatados solubles reaccionan con el agua que contiene apreciadas cantidades de Ca^{2+} y Mg^{2+} formando fosfato dicálcico o fosfato dimagnésico de acuerdo a las reacciones descritas a continuación.

$$Ca^{2+} + H_2PO_4^- + 2H_2O \leftrightarrow CaHPO_4 \cdot 2H_2O + H^+$$
(Fosfato dicálcico)

$$Mg^{2+} + H_2PO_4^- + 3H_2O \leftrightarrow MgHPO_4 \cdot 3H_2O + H^+$$
(Fosfato dimagnésico)

La precipitación de estas sales puede evitarse si se mantiene el pH del agua lo suficientemente ácido para que las sales se mantengan solubles. Se puede mantener un bajo pH usando fuentes ácidas de P como el ácido fosfórico (H_3PO_4). La cantidad exacta de ácido necesaria para bajar el pH y prevenir la precipitación puede ser fácilmente determinada en el laboratorio con una prueba de titulación del agua de riego.

Al mismo tiempo, el H_3PO_4 es una excelente fuente de P para los cultivos y ha sido utilizada efectivamente en riego por goteo en concentraciones que varían de 10 a 40 ppm de P. Para evitar la formación de compuestos insolubles de P en el sistema de riego se añade ácido sulfúrico (H_2SO_4) al agua de riego inmediatamente después del H_3PO_4 para mantener el pH bajo hasta que todo el P haya pasado por los goteros.

Considerando que el H_3PO_4 es un ácido fuerte se debe ser precavido en el manejo del material. Aun cuando los componentes plásticos usados en los sistemas de riego por goteo no se corroen con el ácido, se deben cuidar los componentes metálicos del sistema.

En situaciones donde el agua de riego contiene bajas concentraciones de Ca^{2+} y Mg^{2+} y en consecuencia existe poca posibilidad de que se formen sales insolubles de P, se pueden utilizar eficazmente una variedad de fertilizantes fosfatados solubles como el fosfato de potasio (K_2HPO_4), fosfato monoamónico ($(NH_4H_2PO_4)$, fosfato diamónico $[(NH_4)_2HPO_4]$ y polifosfato de amonio.■

INTERACCIONES NITROGENO-POTASIO EN MAIZ*

Las funciones desempeñadas individualmente por el potasio (K) y por el nitrógeno (N) en la vida de la planta son muy conocidas. Por otro lado, la interacción de estos dos nutrientes también afecta significativamente los procesos de absorción, transporte, redistribución y metabolismo, con reflejos altamente positivos en el desarrollo de las plantas. Por esta razón, los procesos de interacción merecen una especial atención por parte de la investigación.

De acuerdo con Arnon (1975), las interacciones de N y K son frecuentes en experimentos de campo. Estos estudios han demostrado que el balance N:K es particularmente importante para el cultivo de maíz. El N y el K son absorbidos por las plantas de maíz en cantidades semejantes, aunque la exportación en los granos es menor para el K (Tablas 1 y 2).

Es importante el conocer la absorción y acumulación de nutrientes en las diferentes fases del desarrollo de la planta, debido a que ésto permite determinar la época en la cual los nutrientes tienen mayor demanda y permite corregir las deficiencias que eventualmente pueden ocurrir durante el desarrollo del cultivo.

La Figura 1, elaborada a partir de datos obtenidos por Andrade et al.. (1975a), muestra una curva de absorción de macronutrientes primarios (N, P y K) en función del tiempo, frente a la producción de materia seca. La reserva contenida en las semillas es suficiente para las necesidades iniciales de la planta. En las tres

* **Büll, L. T. 1994. Interacoes de nitrogenio e potássio no milho. Informaciones Agronómicas, POTAFOS 68:3-5.**

Tabla 1. Contenido de nutrientes en la parte aérea del maíz de bajo, medio y alto rendimiento de grano.

Nutriente	-- Rendim. (t/ha de grano) --		
	2.1[1]	5.9[2]	9.1[3]
	---------- (kg/ha) ----------		
Nitrógeno (N)	53	163	190
Fósforo (P)	8	28	39
Potasio (K)	48	96	196
Calcio (Ca)	9	20	40
Magnesio (Mg)	10	38	44
Azufre (S)	5	16	21
Cloro (Cl)	19	-	81
	---------- (g/ha) ----------		
Hierro (Fe)	487	1226	2110
Manganeso (Mn)	78	465	340
Cobre (Cu)	25	122	110
Zinc (Zn)	92	329	400
Boro (B)	39	-	170
Molibdeno (Mo)	2	-	9

1. *P y K, datos de Drysdale (1965), citado por Arnon (1975), los demás nutrientes calculados por extrapolación.*
2. *Cálculos hechos a partir de datos originales por Andrade et al. (1975 a,b).*
3. *Phillips and Lessman (1972), citados por Gamboa (1980).*

primeras semanas casi no existe absorción de minerales del suelo, puesto que los elementos contenidos en la semilla son translocados hacia las raíces y la parte aérea.

Las exigencias de N varían considerablemente con los diferentes estados de desarrollo de la planta, siendo mínimas en los estados iniciales y aumentando con el incrememento de la tasa de crecimiento y alcanzando un pico durante el período comprendido entre el inicio de la floración y el inicio de la formación de granos (Arnon, 1975). Los datos obtenidos por Andrade et al.. (1975a), presentados en la Figura 1, muestran un pico de acumulación de N a alrededor de los 80 días, con una cantidad media acumulada de 180 kg/ha de N. El contenido porcentual de N en los tejidos de plantas jóvenes de maíz es mayor que en otras fases del ciclo de crecimiento, a pesar de la baja necesidad de este nutriente. Esto se debe al tamaño pequeño de la planta que concentra el N en los tejidos. Por otro lado, una deficiencia de N cuando la planta alcanza una altura

Tabla 2. Exportación de nutrientes en el cultivo de maíz de medio y alto rendimiento.

Nutriente	Rendim. (kg/ha de grano)		Expor. en el grano
	5.9[1]	9.1[2]	
	---------- (kg/t) --------		%
Nitrógeno (N)	22.6	14.2	68
Fósforo (P)	4.7	3.4	80
Potasio (K)	6.5	4.3	
Calcio (Ca)	0.1	0.1	4
Magnesio (Mg)	1.8	1.2	26
Azufre (S)	2.1	1.3	58
Cloro (Cl)	-	0.5	6
	---------- (g/t) ----------		
Hierro (Fe)	29.2	12.1	5
Manganeso (Mn)	16.1	6.6	17
Cobre (Cu)	3.9	2.2	20
Zinc (Zn)	36.2	22.0	50
Boro (B)	-	4.4	25
Molibdeno (Mo)	-	0.7	63

1. *Cálculos hechos a partir de datos originales por Andrade et al. (1975 a,b).*
2. *Phillips and Lessman (1972), citados por Gamboa (1980).*

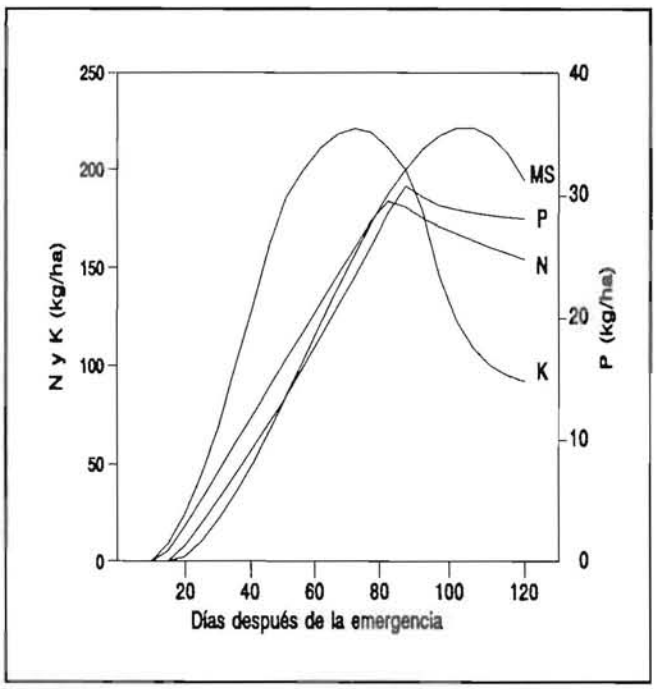


Figura 1. Acumulación media de N, P y K por la parte aérea de 5 variedades de maíz (adaptado de Andrade et al., 1975a).

de alrededor de 20 cm produce una reducción en el número de granos en los primordios de la espiga, y en consecuencia se reduce la producción final de granos (Schreiber et al., 1988). La reducción en la cantidad de N acumulada en los estados finales del cultivo puede ser causada, según Karlen et al. (1988), por pérdidas de nutrientes por volatilización. De acuerdo con Farquhar et al. (1979), ocurren pérdidas gaseosas de NH_3 a través de las hojas por el aumento de la proteólisis durante la senescencia.

La absorción de P, semejante a la del N ocurre prácticamente paralela a la acumulación de materia seca durante la mayor parte del desarrollo vegetativo de la planta, con el punto de exigencia máximo alrededor de los 60 días después de la germinación. El pico en la acumulación de P, en el trabajo citado en la Figura 1, se presentó de 80 a 100 días, con una cantidad de 30 kg/ha de P. No obstante, tanto la cantidad acumulada como la composición porcentual en los tejidos son bastante menores para el P en relación en al N.

En la Figura 1 se puede observar además la elevada tasa de acumulación de K en los primeros 30-40 días de desarrollo, con un ritmo de absorción inclusive superior al de N, sugiriendo que existe una mayor necesidad de K en relación al N y al P, catalogando al K como un nutriente de "arranque" (Arnon, 1975; Gamboa, 1980). También se pudo verificar que prácticamente todo el K se acumula en los primeros 75 días después de la germinación y el punto de máxima acumulación se presenta alrededor de 60 días, con una cantidad de 218 kg/ha de K. En trabajos desarrollados por Andrade et al. (1975a) y Vasconcellos et al. (1983), se observó que al final del ciclo de desarrollo las plantas se presentan solamente la mitad de la cantidad máxima de K estraído, indicando pérdida del nutriente, debido probablemente, al lavado del ión y a la degeneración de las células y tejidos (Loué, 1963).

La interacción de N y K obedece a la Ley del Mínimo, pues cuando el N es aplicado en cantidades suficientes para elevar la producción, ésta pasa a ser limitada por los bajos contenidos de K aplicados al suelo. Un ejemplo de esta interacción se puede observar en la Figura 2.

El N es el nutriente que proporciona, en general, los mayores incrementos de la producción de grano en el cultivo de maíz. Por otro lado, elevadas aplicaciones de este nutriente, sin un incremento correspondiente de K, pueden resultar en relaciones inadecuadas de N:K dentro de la planta, y como consecuencia se retarda la producción de biomasa (Figura 3). De acuerdo con la Figura 4, que ilustra resultados promedios de 9 cultivos de maíz en Francia, es evidente dependencia de las respuestas de fertilización potásica a niveles adecuados de N.

La interacción de N y K ha sido bastante estudiada, principalmente en los Estados Unidos, no solo en los que respecta a la producción de granos, sino también a otros parámetros como calidad del producto cosechado, eficiencia en la utilización de nutrientes, resistencia a enfermedades, resistencia al acame, etc.

En base a la revisión de varios trabajos científicos, Loué (1978) resalta que el balance N:K es importante desde los estados iniciales de desarrollo del cultivo. Este balance tiene mucha influencia sobre el acame, ya que altos contenidos de N con bajos contenidos de K favorecen el volcamiento de las plantas de maíz. Además, según este autor, el balance N:K afecta aspectos cualitativos del cultivo de maíz, como el contenido de proteína, la calidad de ensilaje y el peso de 1000 granos.

Datos obtenidos por Schulte (1975), citado por Usherwood (1982), en Wisconsin (EUA), muestran el efecto de la interacción N:K en la producción y en el acame de maíz (Tabla 3). Se observa que sin fertilización potásica no hubo respuesta a la fertilización nitrogenada y viceversa. Las plantas se muestran mucho más susceptibles al acame, cuando el N fue aplicado sin K. El efecto benéfico de la fertilización se hizo evidente apenas cuando se aplicaron el N y el K conjuntamente.

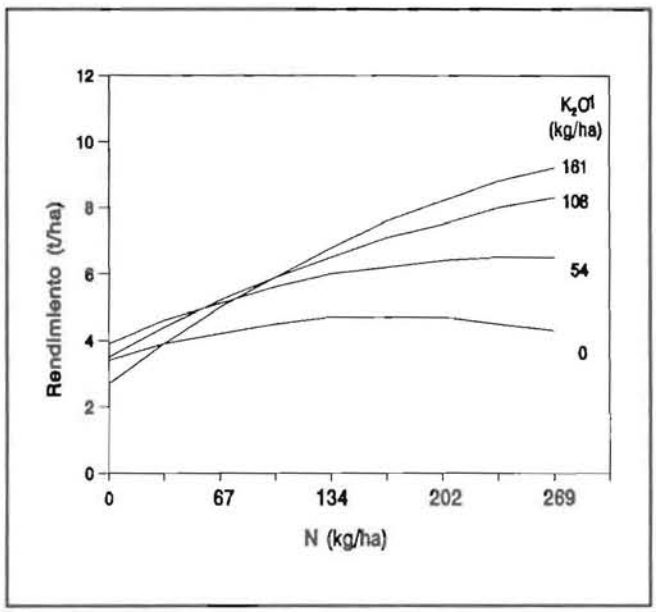


Figura 2. Efectos del K en las respuestas a la fertilización nitrogenada en el cultivo de maíz (Dibba and Thompson, 1985).

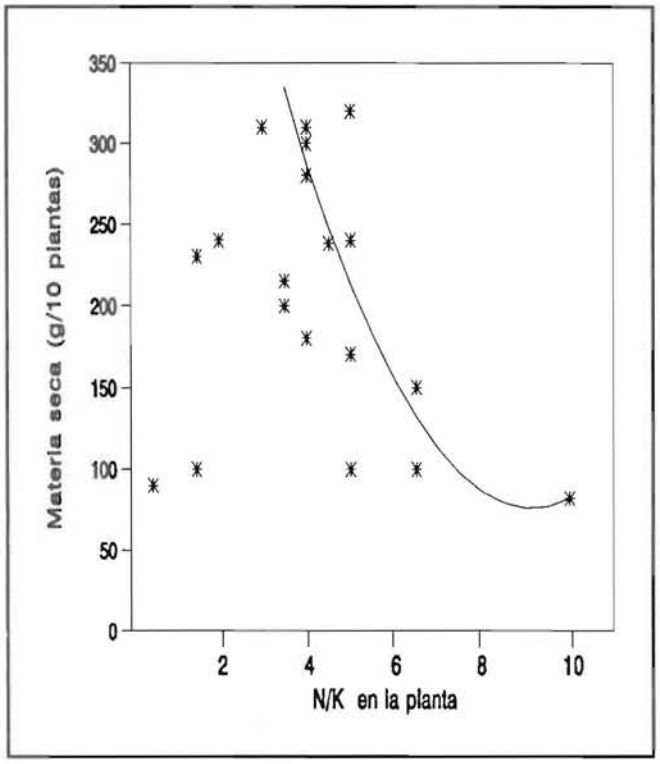


Figura 3. Relación entre la producción de materia seca en plantas de maíz y el balance N:K en el tejido (Faizy, 1979).

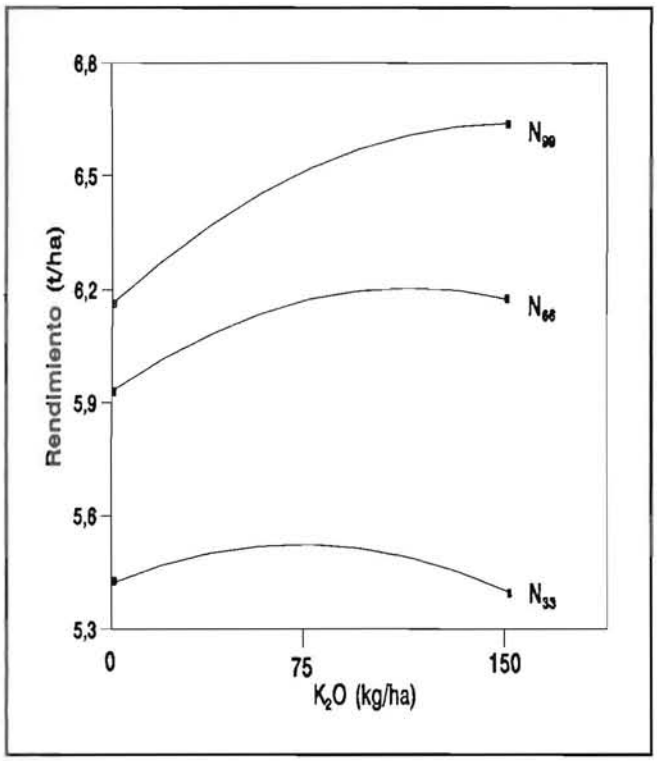


Figura 4. Producción de granos de maíz en función de la fertilización de 3 niveles de N (Loué, 1978).

Tabla 3. Efecto del N y del K en la producción y en el acame de maíz.

K_2O (kg/ha)	N (kg/ha)		
	0	90	180
	---------- Producción (kg/ha) ----------		
0	3010	2070	2385
75	4580	7280	7470
150	3705	7660	8100
	------- Porcentaje de acame (%) -------		
0	9	57	59
75	4	3	8
150	4	4	4

Fuente: Schulte (1975), citado por Usherwood (1982).

En la producción maíz para ensilado, el balance entre los nutrientes es también de gran importancia para mantener alta productividad por varios años (Tabla 4), para obtener ensilaje de buena calidad y aún para prevenir pérdidas por fermentación (Tabla 5), como se observa en los resultados de las investigaciones realizadas en Quebec (Canadá) y en Minnesota (EUA).

Tabla 4. Efectos del N y K en la producción de ensilaje de maíz, promedio de 4 años.

N	+K	-K
---------- t/ha ----------		
0	23.5	21.7
90	27.8	24.2
180	33.6	15.1

Fuente: Mackenzie et al. (1988).

En la Tabla 6 se encuentra la recomendación de fertilización de maíz para el Estado de Sao Paulo, de acuerdo con la productividad esperada (2 a 12 t/ha). Se considera que el suelo fue corregido para lograr una saturación de bases de 70 % y se hizo además la debida aplicación de micronutrientes, cuando fue necesario (Raij and Cantarella, 1994).

Tabla 5. Efecto de la fertilización balanceada en la calidad de ensilaje de maíz y en las pérdidas por fermentación.

N	P_2O_5	K_2O	Proteina total		Caroteno	Pérdidas por fermentación
---------- kg/ha ----------			%	kg/ha	materia seca (ppm)	materia seca (%)
0	200	200	5.9	337	18.9	7.3
200	200	0	11.1	933	46.2	6.8
200	200	200	10.9	1100	126.3	2.1

Fuente: Mackenzie et al. (1988).

Tabla 6. Cantidades totales de N, P y K para la fertilización de maíz.

Rendim. esperado	Clase de respuesta al N			P-resina, mg/dm$^{3(2)}$				K, meq/100 cm$^{3(2)}$			
				MB	B	M	A	MB	B	M	A
	1	2	3	< 7	7-15	16-40	> 40	< 0.07	0.08-0.15	0.16-0.30	> 0.30
(t/ha)	-------- N (kg/ha) -------			---------- P_2O_5 (kg/ha) ----------				---------- K_2O (kg/ha) ----------			
2-4	50	30	20	60	40	30	20	50	40	30	0
4-6	80	60	40	80	60	40	30	70	50	40	20
6-8	120	90	60	90	80	50	30	90	60	50	30
8-10	150	120	80	100	90	60	40	110	80	60	40
10-12	170	140	100	120	100	70	50	120	90	70	50

(1) 1 = alta respuesta esperada; 2= media respuesta esperada; 3=baja respuesta esperada
(2) MB=muy bajo; B=bajo; M=medio; A=alto.

Bibliografía

Andre, A. G., H.P. Haag, e G.D. Oliveira. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 32:115-49, 1975a.

Andre, A. G., H.P. Haag, e G.D. Oliveira. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 32:150-72, 1975b.

Arnon, Y. Mineral nutrition of maize. Bern, International Potash Institute, 1975. 452p.

Bitzer. M. Better Crops, Atlanta, 67:19, 1982/1983.

Dibb, D.W., and W. R. Thompson, JR. In: International Symposium on Potassium in Agriculture, Atlanta, 1985. Proceedings. Madison, American Society of Agronomy, Crop Science of America, Soil Science Society of America, 1985. p. 515-33

Faizy, S.E. In: Colloquium of the International Potash Institute, 14., Seyilla, 1979. Proceedings Bern, International Potash Institute, 1979. p. 409-16.

Farquhar, G.D. , R. Witselaar, and P.M. Firth. Sience, Washington, 203:1257-8, 1979.

Gamboa, A. La fertilización del maíz. Berna, Instituto International de la potasa, 1980. 72p. (Boletin IIP,5)

Karlen, D.L., R.L. Flannery, and E.J. Sadler. Agronomy Journal, Madison, 80(2):232-42, 1988.

Keeney, D.R., B.R. Baumgardt., P.J. Stangel., W.C. Liebhardt., G.B. Beestman, and A.R. Peterson. Research Report, Madison, 29:1-11, 1967.

Loué, A. Fertilité, Paris, 20:22-32, 1963.

Loué A. In: Congress International of The Potash Institute, 11., Bern, 1978. Proceedings. Bern, International Potash Institute, 1978. p. 407-33.

Machenzie, A.F. , L.E. Philip, and P.C. Kirkby. Agronomy Journal, Madison, 80:773-7, 1988.

Usherwood, N.R. In: Yamada, T., Simpósio sobre potássio na agricultura brasileira, Londrina, 1982. Anais. Piracicaba, Instituo da Potassa, 1982. P. 227-47.

Vasconcellos, C.A., J.M. Fortes., J. Fernandes., Z.T. Santos., L.C. Basso, e E. Malavolta. Revista Ceres, Vicosa, 24 (131):88-93, 1983.■

FERTILIZACION FOLIAR EN ARROZ (*Oryza sativa* L.)*

Introducción

El arroz es uno de los cultivos de mayor importancia en la dieta básica del costarricense, con un consumo anual estimado en más de 52 kg/persona. La necesidad de lograr altos rendimientos sin un incremento desmedido en los costos de producción ha obligado a mantener activa la investigación en las prácticas culturales del cultivo, entre los cuales la fertilización es una de las más importantes.

Existe muy poca información sobre la respuesta del arroz a la aplicación de micronutrimentos foliares. La deficiencia de Zn es muy común en los suelos arroceros del país (Murillo y Gonzáles, 1981) y ha sido encontrada en otros países de Asia y América (Tanaka y Yoshida, 1970; Fageria, 1983). Los problemas de Zn están asociados con suelos de pH neutro, como los vertisoles, mollisoles y algunos inceptisoles (Sánchez, 1981). En Costa Rica se ha encontrado respuesta al Zn en arroz cuando el suelo tiene menos de 3 mg/L extraible por el método Olsen modificado (Murillo y Gonzáles, 1981). Las recomendaciones para corregir la deficiencia varían entre 5 y 10 kg/ha de Zn como sulfato u óxido, aplicados al suelo (De Datta, 1978; Fageria, 1983; Murillo y Gonzáles, 1981). Sin embargo, la aplicación foliar ha demostrado ser muy efectiva, siendo los quelatos de Zn superiores a las sales (Randhawa *et al.*, 1978). Las aplicaciones foliares de Sulfato de Zinc al 0.5% han dado buenos resultados en Brasil (Fageria, 1983).

El Mn es otro elemento importante en arroz y su disponibilidad se reduce conforme el pH se acerca a la neutralidad (Fageria, 1983). Si el contenido de Mn extraible con Olsen modificado es inferior a 5 mg/L. se recomienda aplicar de 10 a 15 kg/ha de Mn (Murillo y Gonzáles, 1981). La deficiencia de Fe se ha manifestado con frecuencia en arroz, tanto en secano como en anegamiento y es muy común en suelos de la zona sur contaminados con Cu (Cordero y Ramírez, 1979). El uso del sulfato de Fe al 0.5% en aspersión foliar ha dado excelentes resultados en India (Randhawa *et al.*, 1978).

La fertilización foliar en arroz se muestra promisoria y principalmente el uso de quelatos constituye una alternativa eficaz, El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de varias fuentes de fertilizantes foliares en el rendimiento del arroz en un vertisol de Guanacaste.

Materiales y métodos

El ensayo se realizó en la finca La Piragua, ubicada en Carrillo, Guanacaste. El clima de la zona es de bosque seco tropical con una precipitación promedio anual de 1807 mm. Las temperaturas mínimas y máximas son de 18 y 34°C respectivamente, con un promedio de 28°C. El suelo es un Typic Pelllustert derivado de depósitos calcáreos fluvio lacustres, el análisis de suelo se presenta en la Tabla 1. Se utilizó semilla del cultivar CR-1113 y se siguieron las prácticas agronómicas usuales para el cultivo en al zona. La unidad experimental consistió de una parcela de 5 m de largo y 4 m de ancho. Las parcela útil fue de 2.4 m de ancho y 3.0 m de largo, para un área de 7.2 m^2.

Se utilizaron 10 tratamientos cuyas dosis y características se observan en la Tabla 2. se realizaron 2 aplicaciones de todos los productos: al inicio del macollamiento y en prefloración, utilizando una pulverizadora de mochila de 2 depósitos, con una barra de 2 boquillas 8002 separadas 50 cm entre sí para un ancho de franja de 1 m. La presión se mantuvo constante a 3 bares, con un volumen de aplicación de 236 L/ha y una velocidad de paso de 1 m/s.

El diseño experimental fue de bloques completos al azar, con 10 tratamientos y 4 repeticiones. La siembra se hizo el 3 de agosto y el terreno estuvo anegado la mayor parte del ciclo. Se cosechó el 15 de diciembre de 1988, cortando los tallos a ras del suelo y aporreándolos luego para recoger el arroz en granza, el cual se limpió y se secó antes de pesarlo.

Resultados y discusión

En la Tabla 3 se presentan los resultados de producción de arroz en granza. Hubo diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0.01$). Los únicos tratamientos que mostraron diferencias con respecto al testigo fueron Zitrilon en dosis de 0.5 y 1.0 kg/ha, los cuales mostraron un incremento en rendimiento de 22 y 21% respectivamente, con relación al testigo sin fertilizante foliar.

---

* **Molina, E., y G. Cabalceta. 1992. Fertilización foliar en arroz (*oryza sativa* L.) en Carrillo, Guanacaste. Agronomía Costarricense 16(2): 287-290.**

Tabla 1. Resultado del análisis químico del suelo.

M.O. %	pH	Ca	Mg	K	Ac.Int.	P	Fe	Cu	Zn	Mn
	cmol(+)/L					mg/L				
1.81	6.5	32.3	8.2	0.47	0.2	Tr	10	7	2.1	1

Tabla 2. Tratamientos de microelementos y características de los materiales utilizados.

Tratamiento	Dosis/ha	Concentración	Característica
1. Testigo	--	--	--
2. Zitrilon	0.5 kg	10% Zn	Quelato de EDTA
3. Zitrilon	1.0 kg		
4. Matrilon	0.5 kg	9% Mn	Quelato de EDTA
5. Matrilon	1.0 kg		
6. Nu-Z (Oxisulfato de Zn)	2.0 kg	52% Zn	Sal
7. Metalosato Zn	1.0 L	6.8% Zn	Quelato de aminoácido
8 Metalosato Mn	1.0 L	5.6% Mn	Quelato de aminoácido
9. Fetrilon Combi 1	1.0 L	4% Fe, 1.5% Cu	
		1.5% Zn, 4% Mn	Quelato de EDTA
		9% MgO, 3% S	
		0.5% B, 0.1% Mo	Sales
10. Fetrilon Combi 2	1.0 kg	4% Fe, 0.5% Cu	
		4% Zn y 3% Mn	Quelato de EDTA
		2% MgO, 2.8% S	
		1.5% B, 0.05% Mo	Sales

La deficiencia de Zn es frecuente en arroz, especialmente en suelos de origen calcáreo (Sánchez, 1981; Malavolta, 1983). Los vertisoles son suelos de pH ligeramente neutro y con altos contenidos de Ca y Mg, lo cual disminuye la disponibilidad de Zn, Mn y Fe. El bajo contenido de materia orgánica en vertisoles no permite un buen suministro de micronutrimentos a través de la mineralización. Por otro lado, la presencia de carbonatos libres en estos suelos causan inmovilización de algunos elementos menores como el Zn.

El suelo presentó un contenido de Zn disponible por debajo del nivel crítico (Tabla 1) lo cual justifica la respuesta encontrada a la aplicación del elemento. Aunque no hubo diferencias del Zitrilon a superar a las otras 2 fuentes de Zn, el Nu-Z (sal) y el Metalosato de Zn (quelato de aminoácido). A pesar de que el Nu-Z es una sal muy concentrada en Zn (52%), su efectividad fue ligeramente menor al Zitrilon, lo cual puede deberse a que las sales presentan una absorción foliar más lenta que los quelatos y son más susceptibles a perderse por lavado.

Los compuestos Fetrilon Combi 1 y 2 presentaron un aumento aparente del 7% en el rendimiento con relación al testigo, ya que no hubo diferencias significativas. Además aunque estadísticamente iguales al Zitrilon, éste último produjo 13% más, probablemente por tener mayor concentración de Zn.

Hubo también una aparente y ligera respuesta al Mn con el uso de Matrilon 0.5 kg/ha y Metalosato de Mn. El efecto del Mn fue menos evidente que el caso del Zn, a pesar de que la cantidad de Mn disponible en el suelo era deficiente (Tabla 1). Al respecto cabe señalar que el arroz estuvo anegado la mayor parte del ciclo, lo que probablemente causó un estado de reducción en el suelo que mejoró la disponibilidad de Mn. Bajo condiciones de anegamiento es difícil que se presenten deficiencias de Mn, aún en suelos de origen calcáreo (Randhawa *et al.*, 1978).

De acuerdo con los resultados encontrados hubo una respuesta apreciable a la aplicación de Zn al ser aplicado como Zitrilon, con un incremento en el rendimiento de 1 ton/ha con relación al testigo, lo cual representaría un ingreso económico adicional significativo. La fertilización foliar en arroz se puede realizar

junto con las aplicaciones usuales de agroquímicos sin que represente un costo de operación adicional. Es necesario continuar con la investigación en cuanto a dosis, fuentes y épocas de aplicación de fertilizantes foliares en diferentes localidades del país y con otras variedades de arroz para obtener resultados más concluyentes.

Cuadro 3. Efecto de la fertilización foliar en el rendimiento de arroz, cv. CR-113, Carrillo, Guanacaste.

Tratamiento	Dosis	Arroz en granza ton/ha	Incremento con respecto al testigo %
1. Testigo	--	4.65 c	--
2. Zitrilon	0.5 kg/ha	5.67 a	22
3. Zitrilon	1.0 kg/ha	5.62 ab	21
4. Matrilon	0.5 kg/ha	5.03 abc	8
5. Matrilon	1.0 kg/ha	4.61 c	-1
6. Nu-Z	2.0 kg/ha	5.18 abc	11
7. Metalosato Zn	1.0 L/ha	4.75 bc	2
8 Metalosato Mn	1.0 L/ha	4.97 abc	7
9. Fetrilon Combi 1	1.0 kg/ha	5.00 abc	7
10. Fetrilon Combi 2	1.0 kg/ha	5.03 abc	7

Resumen

Se evaluó el efecto de la aplicación de varios fertilizantes foliares sobre la producción de arroz en granza, cv. CR-1113, en un Typic Pellustert de Carrillo, Guanacaste. Los tratamientos utilizados fueron Zitrilon, Matrilon, Metalosato de Zn, Metalosato de Mn, Fetrilon Combi 1, Fetrilon Combi 2, Nu-Z y un testigo. Los productos fueron aplicados al inicio del macollamiento y en prefloración. Se encontró un efecto favorable con la aplicación de Zn, siendo el Zitrilon en dosis de 0.5 kg/ha el mejor tratamiento, con un incremento significativo de 22% en el rendimiento con respecto al testigo. No hubo diferencias significativas con la aplicación de Mn; sin embargo, el Metalosato de Mn (1 L/ha) y el Matrilon (0.5 kg/ha), aumentaron el rendimiento en 7 y 8% respectivamente. El Fetrilon Combi y el Nu-Z también mejoraron la producción de arroz.

Literatura citada

Cordero, A., Ramírez, G. F. 1979. Acumulamiento de cobre en los suelos del Pacífico Sur de Costa Rica y sus efectos detrimentales en la agricultura. Agronomía Costarricense 3(1):67-78.

De Datta, S. K. 1978. Fertilizer management for efficient use in wetland. Rice, ed, by N.C. Brakdy. IRRI. Los Baños, Filipinas. pp. 671-702.

Fageria, N, K, 1983. Manejo químic. *In* Cultura do arroz de soqueira. Ed. by E. Malavolta. Instituto de Potasa e Fosforo, Piracicaba, Brasil. pp. 234-270.

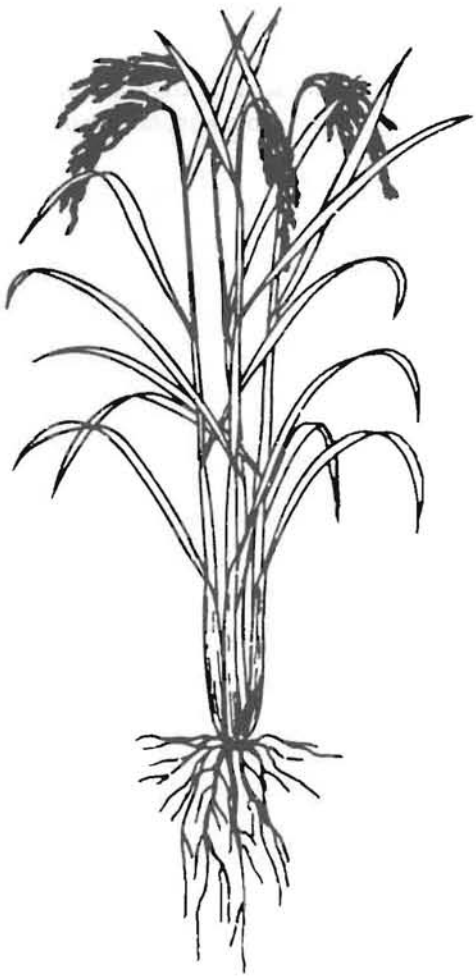
Malavolta, E. 1983. Nutricao mineral. *In* Cultural do arroz de soqueira. Ed. by E. Malavolta. Instituto de Potasa y Fosforo, Piracicaba, Brasil. pp. 95-144.

Murillo, L,. Gonzáles, R. 1981. Manual de producción de arroz de secano en Costa Rica. CAFESA, San José, Costa Rica, 127 p.

Randhawa, N. S.; Sinha, M. K.; Takkar, P. N. 1978. Micronutrients. *In* Soils and Rice. Ed. by.N. C. Brady, IRRI, Los Baños, Filipinas. pp. 581-604.

Sánchez, P. A. 1981. Suelos del trópico. IICA, San José, Costa Rica. 634 p.

Tanaka, A.; Yoshida, S. 1970. Nutricional disorders in rice planting in Asia. IRRI. Tecnical Bulletin 10.■



LIXIVIACION DEL NITROGENO, UN TEMA DE ACTUALIDAD

La preocupación por la lixiviación del nitrato (NO_3), continua siendo tópico al que la investigación ha prestado mucha atención. Un documento reciente, escrito en Rothamsted, entrega una revisión de los métodos para medir lixiviación. De acuerdo con este documento unos métodos trabajan mejor que otros pero parece que finalmente se están desarrollando técnicas que pueden medir lixiviación eficazmente en diferentes condiciones. Así por ejemplo, la lixiviación de N en Dinamarca se ha simulado con el modelo denominado DAISY. Este modelo utilizado por el Centro de Agricultura Danés toma datos anualmente de los vértices de cuadrículas ubicadas en el campo en todo el país. Las pérdidas de nitrógeno (N) variaron con la precipitación, tipo de suelo, estrategia de fertilización y sistema de cultivo. La pérdida promedio anual simulada para toda Dinamarca fue de 74 kg de N/ha, pero existió apreciable variación de año a año. La pérdida fue mucho mayor en situaciones donde el subsuelo fue arena en comparación con subsuelos francos. La aplicación de majada de cerdo al campo resultó en una pérdida de 105 kg de N/ha, mientras que la pérdida simulada de trigo de invierno que recibió solamente fertilizante mineral fue de 40 kg N/ha.

El conocimiento de los mecanismos de pérdida ayudan al desarrollo de técnicas para reducir las pérdidas de NO_3. En Sabah, Malasia, la pérdida de nutrientes se redujo a la mitad y subsecuentemente el crecimiento de los árboles de la plantación de palma sembrada se duplicó, cuando se cortó el bosque con un mínimo de movimiento del suelo y sin quema. En Zimbawe la pérdida de NO_3 (17-39 kg N/ha) fue mayor en los veranos húmedos. En Europa, en países de cuatro estaciones, se encontró que el establecimiento de una cobertura verde en invierno ayuda a reducir las pérdidas. Un estudio de Kemira Fertilizers, Reino Unido, encontró que el retrasar la preparación del suelo (lo cual libera NO_3) hasta justo antes de la siembra, elimina una fuente apreciable de lixiviación.

El efecto del tipo de suelo y de la dosis de fertilizante nitrogenado en la lixiviación del NO_3 se puede evaluar gráficamente mediante un programa educativo de computación desarrollado en la Universidad de Georgia, USA. Este modelo denominado "N-Show" , permite al usuario comparar los resultados de ingreso de datos en un modelo de crecimiento del maíz en diferentes condiciones. Las gráficas generadas por el programa presentan el contenido de agua y de NO_3 en el suelo y el contenido de N en la planta y con estos datos se puede monitorizar la pérdida de NO_3 por lixiviación a través del tiempo, para determinar como se desarrollan las condiciones que llevan a la pérdida N por lixiviación.

(Fuente: Soils and Fertilizers)

EXPORTACION DE NUTRIENTES DE UNA GRANJA ORGANICA

Un estudio de 3 años realizado por la Universidad de Bonn, Alemania, que evaluó el ciclo de nutrientes de una granja orgánica demostró que existe una pérdida significativa de nutrientes. Se estableció una rotación de cultivos de 7 años, iniciándose con 2 años de trébol.

La carga animal fue de 1.04 unidades por ha, y la fertilización se basó en abono de corral y abono verde. La pérdida anual de P fue de 2.9 kg P/ha, la mayoría en el producto vendido. La pérdida de Mg fue 8.4 kg/ha, mientras que la pérdida de K fue 65 kg/ha de los cuales el 14% se exportó en el producto, 78% se perdió en el ciclo interno del nutrientes, mientras que el 8% restante se perdió por lixiviación en el campo.

El balance de N varió de +16 a -38 kg de N/ha en diferentes años. El 26% de la pérdida se debió a N exportado en el producto vendido, 35% se perdió en el ciclo de nutrientes de la granja, y el 36% se perdió a nivel de campo por lixiviación y volatilización. Estos datos demuestran claramente que este tipo de agricultura necesita una contribución exterior de nutrientes que evite la pérdida de fertilidad del suelo a largo plazo y sostenga la producción.

(Fuente: Soils and Fertilizers)

REPORTE DE INVESTIGACION RECIENTE

USO DEL MEDIDOR DE CLOROFILA PARA DETERMINAR EL ESTADO DEL NITROGENO Y PROGRAMAR LA FERTIGACION EN MAIZ

Blackmer, T. M., and J. S. Scheperts. 1995. Use of a chlorophyll meter to monitor nitrogen status and schedule fertigation for corn. J. Prod. agric. 8:56-60.

El medidor de clorofila SPAD 502 (Minolta camera Co., Osaka, Japan) es un nuevo instrumento que se ha introducido como una herramienta para mejorar el manejo de N. Este estudio se condujo para evaluar la habilidad del medidor de clorofila para detectar las deficiencias de N en el maíz (*Zea mays* L.) e identificar el momento apropiado para suplementar N en el agua de riego. Estudios de respuesta a N se condujeron en 5 sitios con riego en la zona central de Nebraska en 1991. Se determinó el estado de N en el cultivo durante el ciclo de crecimiento y se aplicó N adicional para simular fertigación cuando se detectaron aparentes deficiencias de N con el medidor. Los cambios en el estado de N a través del ciclo se determinaron en relación a una parcela de referencia adecuadamente fertilizada con N. Las deficiencias de N al inicio de ciclo (V6) se correlacionaron pobremente con el rendimiento debido a factores como lixiviación de nitratos, mineralización de la materia orgánica y nitrato presente en el agua de riego que modificaron el suplemento de N para el cultivo durante el ciclo de crecimiento. Las deficiencias de N detectadas después de la mitad del ciclo de cultivo (R4-R5) se correlacionaron mejor con el rendimiento en comparación con las condiciones de estrés de N al inicio del ciclo. Los tratamientos que se iniciaron con adecuado N y después pasaron a ser deficientes se corrigieron con aplicación de N sin pérdida de rendimiento. Las plantas jóvenes con deficiencias no pudieron ser corregidas para entregar todo el potencial de rendimiento. Los medidores de clorofila pueden ser una valiosa herramienta en el manejo de N en la producción de maíz bajo riego cuando se utilizan para determinar el estado de N en el cultivo.■

EFICACIA DEL DICIANDIAMIDA COMO INHIBIDOR DE LA NITRIFICACION EN LA PRODUCCION DE CITRICOS

Serna, M.D., F. Legaz, and E. Primo-Millo. 1994. Efficacy of Dicyandiamide as a soil nitrification inhibitor in citrus production. Soil Sci. Soc. Am. J. 58:1817-1824.

Los inhibidores de la nitrificación como la diciandiamida (DCD) ayudan a reducir las pérdidas por lixiviación al retener en forma amoniacal en el suelo el N aplicado. Los objetivos de esta investigación fueron los de evaluar el efecto de la adición de diciandiamida al sulfato-nitrato de amonio (SNA) en la inhibición de la nitrificación en suelos cultivados y en la absorción de N por cítricos. En un experimento de invernadero se aplicó 10 g de N como SNA con y sin DCD a plantas creciendo en macetas de 50 L llenas de turba y arena (2:1). La adición de DCD al SNA resultó en niveles significativamente más altos de NH_4^+ en el substrato por al menos 100 días. El agua de drenaje de el tratamiento con DCD tuvo menor concentración de NO_3^- durante los primeros 60 días. La adición de DCD resulto en una mayor asimilación de N proveniente del fertilizante por parte de las plantas de cítricos. En condiciones de campo, se comparó la fertilización de árboles adultos con SNA (600 g N/árbol) con y sin DCD (2%). En los tratamientos sin DCD la nitrificación fue mucho más rápida que en los tratamientos con DCD. La fertilización con SNA + DCD mantuvo relativamente altos niveles de NO_3^- en el suelo por más tiempo que el tratamiento sin DCD. En otro experimento se aplicaron 60 g de N como SNA con y sin DCD (2%) a árboles de cítricos de 3 años de edad creciendo a la intemperie en macetas y se midió la distribución de NH_4^+ y NO_3^- en el perfil del suelo después de cada riego. Después del tercer riego, el 68% del N aplicado se lixivió a una profundidad mayor a 0.45 m en los tratamientos sin DCD y solamente una pequeña cantidad del N aplicado se mantuvo en la capa de 0 a 0.45 m. Cuando se añadió DCD solamente se perdió por lixiviación el 20% del N aplicado. El inhibidor de la nitrificación DCD mejoró la eficiencia del fertilizante nitrogenado y redujo las pérdidas de NO_3^- minimizando los riesgos económicos y ambientales propios de la producción de cítricos bajo riego.■

PREDICCION DE LOS INCREMENTOS DE FOSFORO EXTRACTABLES DE SUELOS CON CONTENIDO DIFERENTE DE ARCILLAS

Cox, F. R. 1994. Predicting increases in extractable phosphorus from fertilizing soils of varying clay content. Soil Sci. Soc. Am. J. 58:1249-1253.

El cambio en P extractable debido a la fertilización debe ser cuantificado para lograr una recomendación

de fertilización confiable, pero estos cambios dependen de la capacidad tampón de P del suelo. Para determinar este cambio se aplicaron dosis de P en seis diferentes experimentos de campo en Ultisoles con diferente contenido de arcilla. Se midió anualmente el P extraído con Mehlich-3 (M3P) y se modeló el incremento inicial en M3P debido a la fertilización seguida por una reducción exponencial en M3P debido a la fijación. El cambio en P extractable después de un año en cada sitio se calculó utilizando el modelo. Estos datos se combinaron con datos de estudios previos en 2 Ultisoles de Carolina del Norte y 5 Oxisoles de Brasil para ampliar el rango de contenido de arcilla. El incremento en M3P por unidades de P aplicadas después de un año fue de 0.7 para suelos con solamente el 10% de arcilla y esta cantidad se redujo exponencialmente ⟨0.2 en suelos con un contenido ⟩50% de arcilla. Los resultados de este estudio fueron similares a los resultados obtenidos en un estudio de incubación donde el P fue extraído con Bray-1 en Natal, Africa del Sur en 50 suelos de 5 diferentes órdenes taxonómicos incluyendo Ultisoles y Oxisoles. Aparentemente donde existe un amplio rango de suelos bajo cultivo en los cuales se conoce del contenido de arcilla, sería posible hacer predicciones más confiables de las aplicaciones de fertilizantes para mantener los niveles de P extractable a un nivel óptimo para el rendimiento de los cultivos.■

RESPUESTA DE LA PAPA AL BORO (*Solanum tuberosum sp. and*) EN SUELOS DE CUNDINAMARCA Y BOYACA

Barrera L. L. 1993. Respuesta de la papa al boro (Solanum tuberosum sp and). Suelos Ecuatoriales 23(2):116-120.

Se realizaron varios experimentos en suelos de los departamentos de Cundinamarca y Boyacá con el objeto de determinar el efecto de aplicaciones radiculares y foliares de boro (B) sobre el rendimiento de papa. Se encontraron respuestas altamente significativas en suelos cuyo contenido de B estaba por debajo de 0.5 ppm, extraído con 0.008 M fosfato monocálcico. Los mejores resultados se encontraron cuando el B (Borax del 11% B) se aplicó al momento de la siembra. La dosis óptima fue de 10 kg/ha de bórax. Los mejores resultados con las aspersiones al follaje se obtuvieron con la concentración del 0.4% de solubor (20.5% B) a los 15, 30 y 45 días después de la emergencia. Dosis de 25 kg/ha de bórax aplicado al suelo no produjeron efectos fitotóxicos, como si ocurrió con aspersiones foliares superiores al 0.6%. Las aplicaciones de B ejercieron un marcado efecto positivo en el vigor de las plantas y se evitó la quebradura de tallos debido a una mayor resistencia mecánica del follaje. Se obtuvieron incrementos en producción superiores a 10t/ha con la aplicación de 1 kg/ha de B.■

SINTOMAS DE DEFICIENCIAS MINERALES EN EL CULTIVO DE BANANO

Solis. P. y A. López. 1994. Síntomas de deficiencias minerales en el cultivo de banano. Corbana. 19: 7-14.

Se estudiaron las deficiencias de Ca, Mg, Zn y B en plantas de banano creciendo en cultivos hidropónicos, mediante la técnica del elemento faltante, en el Centro de Investigación Agrícola La Rita, CORBANA, en la Rita de Pococí, Limón, Costa Rica. Los síntomas de la deficiencia de Ca se presentaron en las hojas más jóvenes y se caracterizaron por un aumento de grosor en las nervaduras secundarias, acentuadose en la zona próxima a la nervadura central, con clorosis marginal entre las nervaduras secundarias. En condiciones de deficiencia severa de Ca, la planta emitió hojas con nervadura central solamente ("hoja espiga"), se detuvo la emisión foliar y se produjo la muerte del meristemo apical. La deficiencia de Mg produjo una clorosis en las hojas más viejas, localizada en el centro de los dos semilimbos, el área foliar próxima a la nervadura central y el borde de la hoja permanecieren de color verde. Además, se presento "arrepollamiento" y una coloración azul púrpura en la parte exterior de los pecíolos (enfermedad azul). En condiciones severas de la deficiencia, las vainas se separaron del pseudotallo y se rompieron. Las plantas fueron pequeñas y no llegaron a la floración. La carencia de Zn se manifestó mediante rayas cloróticas blanquecinas a lo largo de las venas secundarias y alternadas con rayas de tejido verde en las hojas más jóvenes. En condiciones más severas, la hoja más nueva fue más angosta y presentó una coloración púrpura en el envés. El racimo fue pequeño y en posición casi horizontal. La deficiencia de B produjo rayas cloróticas perpendiculares a la vena central en las hojas más nuevas, acompañadas de deformación del tejido foliar (limbos reducidos y ondulaciones en los márgenes). La deficiencia indujo racimos deformes con los dedos atrofiados.■

CURSOS Y SIMPOSIOS

1. XX REUNION NACIONAL DE CIENCIA DEL SUELO, DEGRADACION Y CONSERVACION DE SUELOS

ORGANIZA : Sociedad Española de la Ciencia del Suelo
LUGAR : Madrid-España
FECHA : Julio 10-13 de 1995
INFORMACION : Secretraría de la XX Reunión Nacional de la Ciencia del Suelo
Plaza de Ramón Cajal, s/n
Ciudad Universitaria
28040 Madrid-España
Telf .: 91-3941759/3942088
Fax .: 91-3941759

2. XXV CONGRESO BRASILEIRO DE CIENCIA DEL SUELO

ORGANIZA : Sociedad Brasilera de la Ciencia del Suelo.
LUGAR : Vicosa-MG
FECHA : Julio 24-29 de 1995
INFORMACION : Luis Eduardo F. Fontes
Universidad Federal de Vicosa
Departamento de Suelos
36570-000 Vicosa-MG
Telf .: (031) 899-2621

3. SIMPOSIO INTERNACIONAL DE LA CALIDAD DE LOS ANALISIS DE SUELOS Y PLANTAS PARA LA AGRICULTURA SOSTENIBLE Y EL AMBIENTE

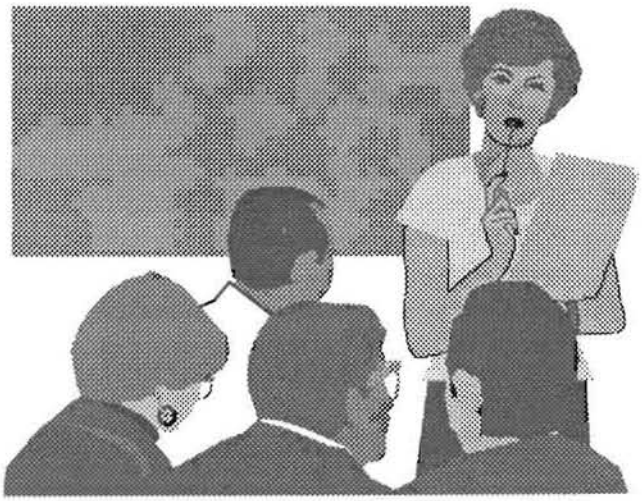
ORGANIZA : Intenational Agricultural Center, IAC.
LUGAR : Wageningen, Holanda
FECHA : Agosto 5-10 de 1995
INFORMACION : Dr. Benton Jones, Jr.,
Resource Washington, Inc.,
2305 South Pierce Street,
Arlington, VA 22202, USA.
Telf .: (+1) 706/546 0425
Fax .: (+1) 706/548 4891

4. IV SIMPOSIO INTERNACIONAL DE LA RELACION SUELO-PLANTA EN SUELOS DE BAJO pH

ORGANIZA : EMBRAPA
LUGAR : Belo Horizonte - Brazil
FECHA : Marzo 22-24 de 1996
INFORMACION : Simposium Manager
Avenida dos Andradas, 2287
Sala 309
30120 010 Belo Horizonte
Brazil
Telf.: 55 31 241 2096
Fax.: 55 31 241 2827

5. XIII CONGRESO VENEZOLANO DE LA CIENCIA DEL SUELO

ORGANIZA : Sociedad Venezolana de la Ciencia del Suelo
LUGAR : Maracay - Venezuela
FECHA : Octubre 15-20 de 1995
INFORMACION : Francisco Ovalles
XIII Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo FONAIAP - CENIAP
Aptdo. Postal 4653
Maracay 2101
Estado Aragua-Venezuela
Telf.: 043 471874
Fax.: 043 454320



PUBLICACIONES DE INPOFOS

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

* **Manual de Fertilidad de Suelos.** Publicación didáctica sobre uso y manejo de suelos y fertilizantes.	$	10.00
* **POTASA: Su Necesidad y Uso en Agricultura Moderna.** Esta publicación cubre aspectos como funciones de potasio en las plantas, necesidad, síntomas de deficiencia y el eficiente uso de fertilizantes potásicos.	$	2.00
* **Fertilización del Banano para Rendimientos Altos.** En esta publicación se discuten en amplitud los requerimientos nutricionales, ciclaje de nutrientes, análisis foliar y de suelos y fertilización del cultivo del banano.	$	4.00
* **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.	$	4.00
* **CAFETO: Cultivo y Fertilización.** Esta publicación discute ampliamente el origen, distribución y prácticas culturales, cobertura del suelo, enfermedades y plagas y fertilización científica del Cafeto.	$	8.00
* **Diagnóstico Nutricional de los Cultivos.** Publicación que cubre en forma completa, pero razonablemente simple, todos los factores que permiten diagnosticar los problemas nutricionales, para evitar que éstos sean limitantes en la producción de cultivos.	$	4.00
* **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.	$	15.00
* **Nutrición y Fertilización del Maracuyá.** Esta publicación contribuye al mejoramiento de la producción de esta pasiflora al entregar a los productores, investigadores y estudiantes una discusión actualizada de la nutrición y fertilización del Maracuyá.	$	4.00
* **Conozca y Resuelva los Problemas del Maíz.** 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.	$	0.50

INVESTIGACION INPOFOS K P EDUCACION

INPOFOS-INSTITUTO DE LA POTASA Y EL FOSFORO
Casilla Postal 17-17-980
QUITO ECUADOR

IMPRESOS

CORREO AEREO BY AIR MAIL