INFORMACIONES Agronomicas

INVESTIGACION INPOFOS EDUCACION

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

MANEJO DEL FOSFORO EN ARROZ

Achim Dobermann y Thomas Fairhurst*

Introducción

El fósforo (P) es un constituyente esencial de la adenosina trifosfato (ATP), nucleótidos, ácidos nucléicos y fosfolípidos. Sus principales funciones son el transporte y almacenamiento de energía y el mantenimiento de la integridad de la membrana celular. El P es móvil dentro de la planta, promueve el macollamiento, el desarrollo de la raíz, la floración temprana y la maduración (especialmente si la temperatura es baja). El P es particularmente importante en las primeras fases de crecimiento. Se requiere aplicar fertilizantes fosfatados cuando el sistema radicular de la planta de arroz no está todavía completamente desarrollado y el suplemento de P nativo del suelo es bajo. El P es removilizado dentro de la planta durante etapas posteriores de crecimiento si suficiente P ha sido absorbido durante las etapas tempranas.

Síntomas de deficiencia de P y efectos en el rendimiento

Las plantas de arroz deficientes en P son pequeñas y tienen muy bajo macollamiento. Las hojas son estrechas, pequeñas y muy erectas y presentan un color verde oscuro. Los tallos son delgados y alargados y el desarrollo de la planta se retarda. Se reduce también el número de hojas, panojas y granos por panoja. Las hojas jóvenes parecen saludables, pero las hojas viejas toman un color parduzco y mueren. Si la variedad tiende a producir antocianinas las hojas pueden desarrollar un color rojo o púrpura. Las hojas tienen un color verde pálido cuando existe una deficiencia simultánea de P y nitrógeno (N). Es difícil reconocer una moderada deficiencia de P en el campo. La deficiencia de P es a menudo asociada con otros desórdenes nutricionales como toxicidad de hierro (Fe) a bajo pH, deficiencia de zinc (Zn), deficiencia de Fe y salinidad y alcalinidad del suelo.

Otros efectos de la deficiencia de P son los siguientes:

- Retardo en la madurez (a menudo por 1 semana o más). Cuando la deficiencia es severa las plantas pueden no florecer del todo.
- Presencia de una gran proporción de granos vanos. Cuando la deficiencia es severa la producción del grano puede no ocurrir.
- Bajo peso y mala calidad del grano.

*** Tomado de: Dobermann, A., and T. Fairhurst. 2000. Rice: Nutrient disorders & nutrient management. Potash and Phosphate Institute and International Rice Research Institute.**

FEBRERO 2002

No. 46

Contenido

	Pág.
Manejo del fósforo en arroz	1
Fertilidad del suelo, altos rendimientos y rentabilidad	6
Efecto de la fertilización fosfórica sobre los niveles productivos de caña de azúcar en Tucumán	11
Reporte de investigación reciente	14
Cursos y Simposios	15
Publicaciones de INPOFOS	16

Editor: Dr. José Espinosa

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

Tabla 1. Rangos óptimos y niveles críticos de P en el tejidos de arroz.

Estado de crecimiento	Parte de la planta	Concentración óptima (%)	Nivel crítico para la deficiencia (%)
Macollo a iniciación de la panoja	Hoja Y	0.20 – 0.40	< 0.10
Floración	Hoja bandera	0.20 – 0.30	< 0.18
Madurez	Paja	0.10 – 0.15	< 0.06

- La planta no responde a la aplicación de N.
- Baja tolerancia a la baja temperatura.
- Ausencia de algas en el agua de inundación.
- Pobre crecimiento (hojas pequeñas, lento establecimiento) de los abonos verdes.

Contenido de P en la planta

Si la concentración foliar de P es de 0.2 - 0.4% durante el crecimiento vegetativo (antes de la floración) el suplemento de P es suficiente y la respuesta a la aplicación de P es poco probable. Rendimientos mayores de 7 t/ha requieren una concentración > 0.06% en la paja a la cosecha y > 0.18% en la hoja bandera a la floración. En la Tabla 1 se presentan los rangos óptimos y los niveles críticos en la planta de arroz.

Contenido de P en el suelo

Se utilizan varios procedimientos de análisis de suelo y los niveles críticos dependen del tipo de suelo y del rendimiento esperado. El método Olsen (0.5 M $NaHCO_3$ a pH 8.5) y en menor escala el método Bray-1 (0.03 M NH_4F + 0.025 M HCl) son los métodos utilizados en suelos cultivados con arroz de inundación. Los niveles críticos de P con el método Olsen van de 5 mg P/kg en suelos ácidos a > 25 mg P/kg en suelos calcáreos.

En suelos de zonas bajas con poca o ninguna presencia de $CaCO_3$ libre, los resultados del análisis por el método Olsen se pueden clasificar como sigue:

- < 5 mg P/kg (contenido bajo) ‘ respuesta segura a la aplicación de P.
- 5–10 mg P/kg (contenido medio) ‘ probable respuesta a la aplicación de P.
- > 10 mg P/kg (contenido alto) ‘ respuesta a la aplicación de P solamente a muy altos niveles de rendimiento (> 8 t/ha).

En suelos de zonas bajas con poca o ninguna presencia de $CaCO_3$ libre, los resultados del análisis por el método Bray-1 se pueden clasificar como sigue:

- < 7 mg P/kg (contenido bajo) ‘ respuesta segura a la aplicación de P.
- 7–20 mg P/kg (contenido medio) ‘ probable respuesta a la aplicación de P.
- > 20 mg P/kg (contenido alto) ‘ respuesta a la aplicación de P solamente a muy altos niveles de rendimiento (> 8 t/ha).

Otros niveles críticos para P en arroz son los siguientes:

- Bray-2 (0.03 M NH_4F + = 0.1 M HCl): < 12-20 mg P/kg en suelos ácidos.
- Mehlich-1 (0.05 M HCl + 0.0125 M H_2SO_4): < 5–7 mg P/kg en suelos de zonas altas.
- Mehlich-3: < 28 kg P/ha en suelos de zonas bajas (Arkansas).

Notas de los análisis de suelos

- La extracción de P con el método de Olsen en muestra de suelo seco es más versátil para los suelos cultivados con arroz en zonas bajas porque puede usarse en un amplio rango de pH y porque mide también el P que se hace disponible a través de la solubilización inducida por las condiciones anaeróbicas de la rizosfera.
- Las extracciones ácidas (Bray-1, Bary-2, Mehlich-1) son más adecuadas para medir la cantidad de P disponible en suelos ácidos de zonas bajas y zonas altas cultivados con arroz de secano.
- Se han propuesto varias técnicas para medir P con resinas. En general, estos métodos predicen la absorción de P por el arroz mejor que los métodos de análisis estáticos. Sin embargo no son todavía utilizados en rutina, con la excepción de Brasil.
- En suelos de zona alta, ocurre inmovilización por difusión del P hacia los sitios de absorción dentro de los agregados del suelo de modo que los métodos convencionales de análisis usando muestras de suelos molidas secas podría producir resultados contradictorios.

Causas de la deficiencia de P

La deficiencia de P está ampliamente distribuida en los principales ecosistemas donde se cultiva arroz y es el principal limitante del crecimiento en suelos ácidos de zonas altas que tienen una alta capacidad de fijación de P. Los suelos particularmente susceptibles a la deficiencia de P son los siguientes:

- Suelos de textura gruesa que contienen pequeñas cantidades de materia orgánica y bajas reservas de P.
- Suelos ácidos, arcillosos, altamente meteorizados con alta capacidad de fijación de P (Ultisoles y Oxisoles de muchos países).
- Suelos costeros degradados.
- Suelos volcánicos con alta capacidad de absorción de P.
- Suelos de turba (Histosoles).
- Suelos sulfato ácidos con abundante cantidad de aluminio (Al) y hierro (Fe) activos que a bajo pH promueven la formación de compuestos insolubles de P.

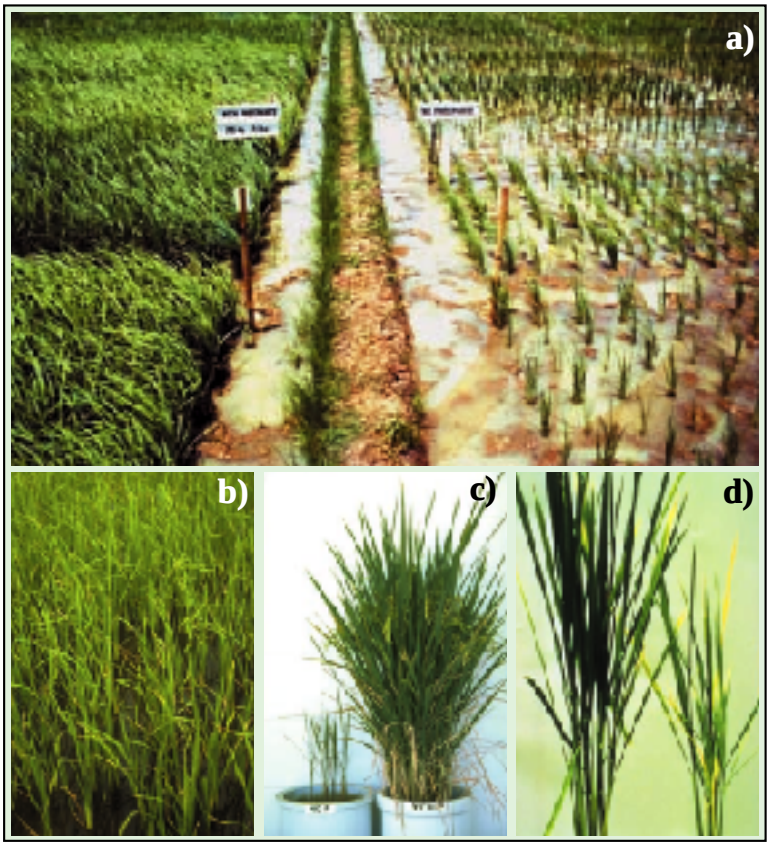


Foto a. Reducción de los macollos como efecto de la deficiencia de P.
Foto b. Cuando la deficiencia de P no es tan pronunciada, los tallos son delgados y alargados y se retarda el desarrollo de la planta.
Fotos c y d. Las plantas deficientes en P son pequeñas y erectas en comparación con las plantas normales.

Efecto de la inundación en la disponibilidad y absorción de P

Al inicio, la inundación de suelo incrementa la concentración de P en la solución debido a la reducción del Fe^{3+} a Fe^{2+} con la consecuente liberación del P fijado y coprecipitado en los compuestos de Fe. La inundación también mejora la difusión, que es el mecanismo principal de suplemento de P a las raíces. Los procesos envueltos son los siguientes:

- Reducción de los fosfatos de Fe^{3+} a fosfatos de Fe^{2+} más solubles.
- Liberación del P retenido en los óxidos de Fe^{3+}.
- Liberación del P ocluido.
- Hidrólisis de los fosfatos de Fe y Al.
- Incremento en la mineralización de P orgánico (efecto del flujo de corto plazo).
- Incremento en la solubilidad de los fosfatos de calcio (Ca).

Sin embargo, dos a cuatro semanas después de la inundación, al flujo inicial de P disponible sigue una período donde se reduce la disponibilidad debido a la formación de fosfatos de Fe^{2+} que precipitan P y a la adsorción de P en las partículas de arcilla y en los hidróxidos de Al. Esta reducción en la disponibilidad de P es más pronunciada en suelos que contienen altas cantidades de Fe y Al activos (Oxisoles, Ultisoles, Andisoles y Sulfaquests). Sin embargo, una alta proporción del P absorbido por el arroz proviene de las fuentes de P solubles en ambiente ácido. La planta de arroz es capaz de utilizar estas fuentes de P en condiciones de inundación acidificando la rizosfera. Para esto la planta libera H^+ en las raíces para balancear la carga interna (que se desequilibra por la mayor absorción de cationes sobre aniones). También ayuda al proceso de acidificación de la rizosfera la generación de H^+ en la oxidación de Fe^{2+} por oxígeno (O_2) liberado por las raíces.

El manganeso (Mn^{2+}) y el Fe^{2+} formados en condiciones reducidas durante el ciclo de producción en condiciones de inundación son rápidamente oxidados durante los periodos de descanso después del drenaje del campo. La oxidación de Fe^{2+} resulta en la precipitación de hidróxidos de Fe^{3+} que adsorben P. Por esta razón, los cultivos que se siembran después de

arroz pueden sufrir de deficiencia de P, aun cuando el suplemento de P fue adecuado para el cultivo previo de arroz en condiciones de inundación. Por otro lado, el inundar un suelo bastante seco (oxidado) incrementa la disponibilidad de P para el arroz durante las primeras etapas del ciclo de crecimiento, debido a la rápida liberación del P adsorbido en los hidróxidos de Fe^{3+}.

Absorción de P por las plantas y remoción del campo

La eficiencia del uso interno de P depende del suplemento de este nutriente y de la condición general de nutrición de la planta. Con una nutrición balanceada y con óptimas condiciones de crecimiento, se puede esperar una eficiencia interna de 385 kg de grano por kg de P absorbido, lo que equivale a la remoción de 2.6 kg de P por tonelada de arroz a rendimientos económicos (70 – 80 % del rendimiento máximo).
Sin embargo, en campos de agricultores, el promedio medido de eficiencia interna es solamente de ~ 340 kg de grano por kg de P absorbido. La remoción promedio de P observada en sistemas de producción de arroz inundado en Asia es de 3 kg de P por tonelada de grano (Tabla 2). En consecuencia, un cultivo que rinde 6 t/ha absorbe ~ 18 kg de P/ha (comparado con solamente 15.6 kg de P/ha en condiciones óptimas de crecimiento), de los cuales > 30% permanece en la paja a la madurez.

Si solamente se remueve el grano y la paja retorna al campo, la remoción de P es ~ 2 kg de P/t de grano. Alrededor del 20 – 25% del P presente en la paja se pierde con la quema.

Manejo general del P

Se debe considerar al manejo del P como una inversión a largo plazo en fertilidad del suelo y como la forma más efectiva para prevenir los síntomas antes que tratar las deficiencias, en contraste con el manejo de nitrógeno (N), donde el tratamiento y la prevención tienen igual importancia. El P requiere de una estrategia de manejo a largo plazo porque no se puede perder o añadir fácilmente a la zona radicular por procesos biológicos o químicos como sucede con el N. La aplicación de fertilizante fosfatado tiene un efecto residual que puede persistir por varios años. El manejo debe buscar incrementar y luego mantener niveles adecuados de P disponible en el suelo para asegurar que el suplemento de este nutriente no limite el crecimiento del cultivo o afecte la eficiencia del uso de N.

Las medidas generales para prevenir la deficiencia y mejorar la eficiencia del uso de P se describen a continuación:

Tabla 2. Absorción y contenido de P de las variedades modernas de arroz.

Parte de la planta	Kg de P absorbido por tonelada de grano cosechado	
	Rango típico observado[1]	Promedio observado[2]
Grano + paja	2.5 - 3.5	3.0
Grano	1.7 - 2.3	2.0
Paja	0.8 - 1.2	1.0
	Concentración de P (%)	
Grano	0.18 - 0.26	0.21
Paja	0.07 - 0.12	0.10
Espiguillas vacías	0.13 - 0.20	0.17

1 Medido en experimentos en campos de agricultores en Asia (n = 1300)
2 Promedio de campos de agricultores y parcelas de investigación (n = 1300)

- Variedades: Seleccione los cultivares de arroz que usen P eficientemente, particularmente en suelos ácidos. Los cultivares eficientes pueden tener una mayor habilidad de adquirir P (mayor eficiencia externa debido a una mejor morfología de la raíz o una mayor excreción de ácidos orgánicos u O_2) o una mayor eficiencia interna para utilizar P (un mayor rendimiento de grano con una baja absorción de P).

- Manejo del suelo: En sistemas arroz – arroz se sugiere hacer una labranza superficial en seco (10 cm) dos semanas después de la cosecha. Esta labranza temprana promueve la oxidación del suelo y la descomposición de los residuos durante el periodo de descanso e incrementa la disponibilidad de P disponible durante el crecimiento vegetativo del siguiente cultivo de arroz. Esta práctica no se recomienda en otras rotaciones porque una labranza temprana después de cosechar el arroz puede reducir la disponibilidad de P para el siguiente cultivo. En suelos ácidos de baja fertilidad se deben corregir todos los problemas de fertilidad (acidez, toxicidad de Al, deficiencias de Mg, K y otros nutrientes) para poder obtener una respuesta a P.

- Manejo del cultivo: Establecer una población de plantas saludables usando semilla de alta calidad de una variedad de alto rendimiento como múltiple resistencia al ataque de insectos. Se debe sembrar la semilla a la densidad correcta y con adecuado manejo del agua y de los insectos.

- Manejo de la paja: Se debe incorporar la paja. A pesar de que la cantidad de P en la paja es pequeña (1 kg de P/t de paja), éste contribuye a mantener un balance positivo de P a largo plazo.

- Manejo de los fertilizantes: Se debe aplicar las dosis correctas de N y K y se deben corregir las deficiencias de micronutrientes. Se debe reponer el P removido con el cultivo aplicando fertilizantes, residuos de corral u otros materiales. Si los síntomas de deficiencia de P son ya evidentes podría no haber respuesta a la aplicación de P en el presente cultivo. Los factores que afectan la respuesta a la aplicación de fertilizantes fosfatados son:

  - Tipo de fertilizante utilizado.
  - Epoca y método de aplicación.
  - Capacidad del suelo de suplementar P.
  - Características físicas y químicas del suelo que afectan la aplicación de P.
  - Suplemento de otros nutrientes (N, K, etc.).
  - Disponibilidad y manejo del agua.
  - Variedad utilizada.
  - Sistemas de cultivo e historia del lote.

La aplicación de fertilizantes fosfatados es práctica común en la mayoría de sistemas de arroz irrigado. Para mantener rendimientos de 5 a 7 t/ha y reponer el P removido en el grano y la paja las dosis de aplicación deben estar en un rango de 15 a 30 kg de P/ha. Sin embargo, es necesario corregir las deficiencias de otros nutrientes (N, K, Zn), corregir otros problemas de suelo (zona radicular superficial, toxicidades) y asegurar un adecuado manejo general del cultivo para poder esperar respuesta a la aplicación de fertilizante fosfatado.

Algunas recomendaciones generales para el uso de fertilizantes fosfatados en arroz son las siguientes:

- Si la mayoría de paja queda en el campo (cosecha con combinada o cosecha de la panoja solamente) y la contribución de P proveniente de los residuos de corral es baja, se recomienda aplicar por lo menos 2 kg de P/ha por tonelada de grano cosechada (por ejemplo 10 kg de P para una cosecha de 5 t/ha) para reponer el P removido en el grano cosechado.

- Si la mayoría de la paja se remueve del campo y el ingreso de P por otras fuentes (residuos de corral, agua, sedimentos) es pequeño, se debe aplicar al menos 3 kg de P/ha por tonelada de grano cosechado (por ejemplo 15 kg de P para una cosecha de 5 t/ha) para reponer el P removido en el grano cosechado.

- Se requieren aplicaciones de altas cantidades de fertilizante fosfatado para reponer el contenido de P de suelos que han sido severamente agotados por remoción a largo plazo (suelos degradados intenso y largo manejo). Se requieren aplicaciones de entre 200 y 500 kg de P/ha cuando se empiezan a utilizar suelos ácidos en áreas nuevas de cultivo de arroz.

- En sistemas de arroz cultivados en suelos con alta capacidad de fijación de P se puede requerir una gran aplicación inicial o repetidas aplicaciones pequeñas. La fijación del P añadido se reduce a medida que el P ya adsorbido en las arcillas aumenta. Por esta razón, la respuesta del cultivo se incrementa con aplicaciones repetidas de pequeñas cantidades de P. Cuando el contenido de P medido por Mehlich-1 es menor de 10 mg/kg en suelos ácidos de los trópicos húmedos (Ultisoles y Oxisoles), requiere aplicar alrededor de 20 kg de P/ha para incrementar la cantidad de P en 1 mg de P/kg. Cuando el contenido de P medido con Mehlich es < 10 mg/kg solamente se requieren de 10 a 15 kg de P/ha para incrementar el contenido de P en 1 mg/kg. Se puede evitar la fijación de P en este tipo de suelos aplicando el fertilizante fosfatado en banda bajo la semilla. Esto incrementa la proliferación de las raíces cerca y dentro de la banda aumentando la concentración de P soluble cerca de la superficie de la raíz.

- La aplicación de P en arroz tiene un efecto residual en el cultivo siguiente, pero es más eficiente la aplicación en cada cultivo.

- En suelos ácidos se puede usar roca fosfórica. Este material debe aplicarse al voleo e incorporarse antes de la inundación para permitir que la reacción entre el suelo y la roca libere P que la planta puede absorber.

En algunos suelos, en condiciones de mala aeración, la excesiva aplicación de fuentes solubles de P puede inducir una deficiencia de Zn.u

FERTILIDAD DEL SUELO, ALTOS RENDIMIENTOS Y RENTABILIDAD

Terry L. Roberts[1]

Introducción

La población mundial alcanzó los 6 billones de personas en Octubre de 1999 y actualmente crece a una tasa de 1.3% anual. A este ritmo, otros 2 billones de personas se agregarán a la población mundial durante los próximos 25 años, la mayoría de ellos en los países en vía de desarrollo. Se estima que la demanda de alimentos en dichos países se duplicará para el año 2025.

".....Use más y mejor maquinaria, siembre las mejores semillas.....cultive eficientemente y aplique la cantidad y tipo de fertilizante que produzca los rendimientos más altos para reducir el costo por unidad....."

Southern Cultivator, 1870

Norman Borlaug, Premio Nobel de la Paz, visualiza la cantidad anual de producción necesaria para alimentar al mundo como una autopista hecha de granos de cereal que rodea la tierra en la línea ecuatorial, de un grosor de 2.5 metros y un ancho de 20 metros. Esta autopista debe producirse nuevamente cada año, agregándole cada vez 1050 kilómetros para alimentar a las personas que nacieron ese año.

Es obvio que la demanda alimenticia está creciendo, sin embargo, la disponibilidad de tierra por persona para la producción de alimentos está disminuyendo (Tabla 1). Para el año 2025, la base de tierra per capita dedicada a la producción mundial de alimentos será menos que la mitad de lo que fue en 1965, cuando la población era sólo de 3.3 billones de habitantes.

Todavía existen algunas áreas en el mundo donde se puede expandir la tierra cultivable sin costos ambientales indeseables. Sin embargo, cualquier incremento en la futura producción de alimentos debe provenir básicamente de la tierra que se encuentra ya en uso. Con el continuo aumento en la demanda de alimentos, se podría esperar que la agricultura fuese un negocio floreciente, sin embargo, los agricultores en el mundo están enfrentando condiciones de bajos precios de sus productos y se encuentran bajo grandes presiones de tipo económico. La pregunta sería: Porqué preocuparse por producir más para alimentar a una población en crecimiento cuando los agricultores reciben tan poco por lo que producen?

Tabla 1. Tierra cultivable disponible para la agricultura y la población mundial.

Años	Tierra cultivable (ha/persona)	Población (billones)
1965	0.46	3.3
1980	0.34	4.4
1990	0.30	5.3
2000	0.25	6.1
2025	0.20	7.8

Producción y rentabilidad

Recientemente, un titular en un diario agrícola de los EE.UU. decía: "Los buenos rendimientos eliminan la molestia de los bajos precios". El titular enfatizaba el impacto de los bajos precios de los productos agrícolas en la economía rural. Los costos de los insumos continúan aumentándose mientras que los agricultores reciben precios similares a aquellos de la década del 70. Deberían entonces los agricultores producir menos? Es este enfoque rentable y tiene sentido, incluso a corto plazo?.

La reducción de los costos usando menos insumos (con su consecuente reducción en la producción) no permite que el agricultor obtenga más ganancia. Solamente rendimientos altos dan una mejor oportunidad de ser más rentable. Los rendimientos altos reducen el riesgo al distribuir los costos de producción en un mayor número de unidades producidas. Esto hace que el costo de producción por unidad de producto sea menor. La combinación de altos rendimientos y bajos costos por unidad brindan al agricultor la mejor oportunidad para obtener rentabilidad, aun cuando los precios estén bajos. Por supuesto las ganancias se incrementan cuando los precios son más altos.

Los altos rendimientos de cualquier cultivo no sólo significan mayores ganancias, sino que son también un claro indicativo de que se utilizan prácticas de manejo que promueven la sostenibilidad del sistema y que son amigables con el ambiente. Los altos rendimientos promueven un mayor secuestro de carbono (C), mayor eficiencia del uso de nutrientes y liberan tierra que puede ser utilizada para barreras de retención de sedimentos, áreas de vida silvestre, bosques y recreación.

En 1987, el Dr. J. Fielding Reed, ex Presidente del Instituto de Potasa y el Fósforo (Potash & Phosphate

[1] **Potash & Phosphate Institute (PPI) and Potash&Phosphate Institute of Canada (PPIC), Suite 110, 655 Engineering Dr., Norcross, Georgia, 30092-2837, EE.UU.**

Institute) hacía la siguiente consideración: "Los rendimientos máximos económicos no provocan y tampoco curan la crisis agrícola mundial. Sin embargo, cualquiera sea la situación del sistema (programa agrícola particular, precio de los productos, mercados de exportación, mercado interno, etc.) el incremento de la eficiencia de la producción deber ser parte de la solución de la crisis. Puede alguien estar en desacuerdo con este concepto?". La cita que se encuentra al comienzo de este artículo, publicada por primera vez hace 130 años, y los conceptos presentados por el Dr. Reed a mediados de 1980, todavía son aplicables en la actualidad y enfatizan el principio básico de que los rendimientos altos y eficientes son rentables.

La rentabilidad agrícola y los altos rendimientos están directamente relacionados. Un estudio de cuatro años conducido por la Asociación de productores de soya de Iowa (Iowa Soybean Association), solicitó a los productores que realicen el seguimiento de los costos de producción, incluyendo los costos de labranza, siembra, herbicidas, fertilizantes, cosecha, costo de la tierra y mercadeo. Los productores se dividieron en cinco grupos, basándose en la rentabilidad general. Con los datos obtenidos se compararon las prácticas de producción del 20% más rentable con aquellas del 20% menos rentable.

Los resultados indicaron que 67% del incremento en ingresos del grupo superior se atribuye a rendimientos más altos. El 21% del aumento en ingresos provino de las reducciones de costos y menos del 15% podría atribuirse a mejor mercadeo (Figura 1). Estudios recientes realizados en Kansas y Minnesota también ubicaron al alto rendimiento como la característica número uno de los agricultores más rentables. Sin dejar de reconocer la importancia del control de costos y las habilidades de mercadeo, la primera fuerza que empuja la rentabilidad de los agricultores es claramente la producción de rendimientos más altos.

Figura 1. Características de los productores de soya de mayor rentabilidad (promedio de cuatro años).

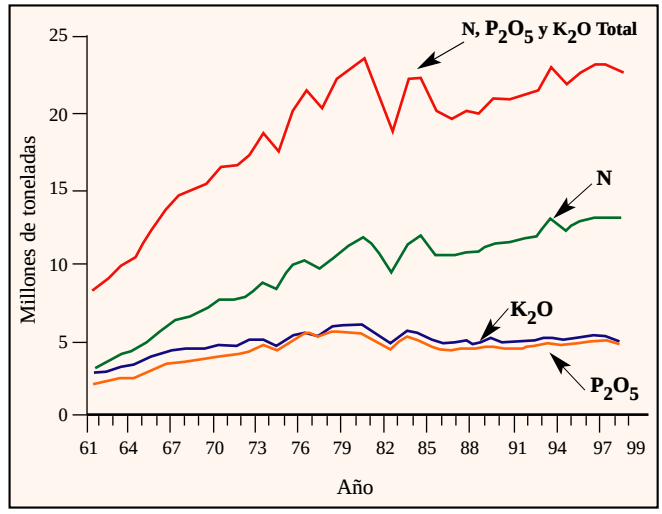


Figura 2. Consumo de N, P_2O_5 y K_2O en América del Norte entre 1961 y 1999.

Uso de fertilizantes y producción de cultivos

El uso de fertilizantes en América del Norte (Estados Unidos y Canadá) se ha expandido apreciablemente en los últimos 50 - 60 años. Durante la década del 40, el consumo total de N, P_2O_5 y K_2 O no alcanzaba a 4 millones de toneladas. En la actualidad el consumo sobrepasa los 22 millones de toneladas. El consumo de N se ha incrementado en forma constante desde 1960, pero el uso de P y K alcanzó su punto máximo en los años 80 (Figura 2). Los Estados Unidos alcanzan alrededor del 85% del consumo total de fertilizantes América del Norte.

Las tendencias en el consumo de fertilizantes en América del Norte son similares con las tendencias en el rendimiento de los cultivos. Más del 80% de la tierra cultivable en los Estados Unidos se siembra con maíz, soya y trigo y el 60% de la tierra cultivable en Canadá se siembra con trigo, canola y cebada. Los rendimientos de estos cultivos han aumentado en forma constante en los últimos 40 años (Figura 3), tendencia que coincide con el aumento en el uso de fertilizantes.

La mecanización, hibridación, desarrollo de pesticidas, mejor manejo del suelo y otros avances agronómicos han contribuido al constante incremento en los rendimientos, pero pocos son más importante que los fertilizantes. Se estima que actualmente los fertilizantes contribuyen del 30 al 50% del rendimiento total de los cultivos en América del Norte.

El incremento en el uso de nutrientes fue paralelo al incremento en la producción de granos hasta comienzos de los años 80. Luego el consumo de fertilizantes comenzó a estabilizarse, pero los rendimientos de los cultivos continuaron subiendo, reflejando un incremento en la eficiencia del uso de nutrientes. Dicho incremento se ilustra con los datos de producción de maíz presentados en la Figura 4. Se

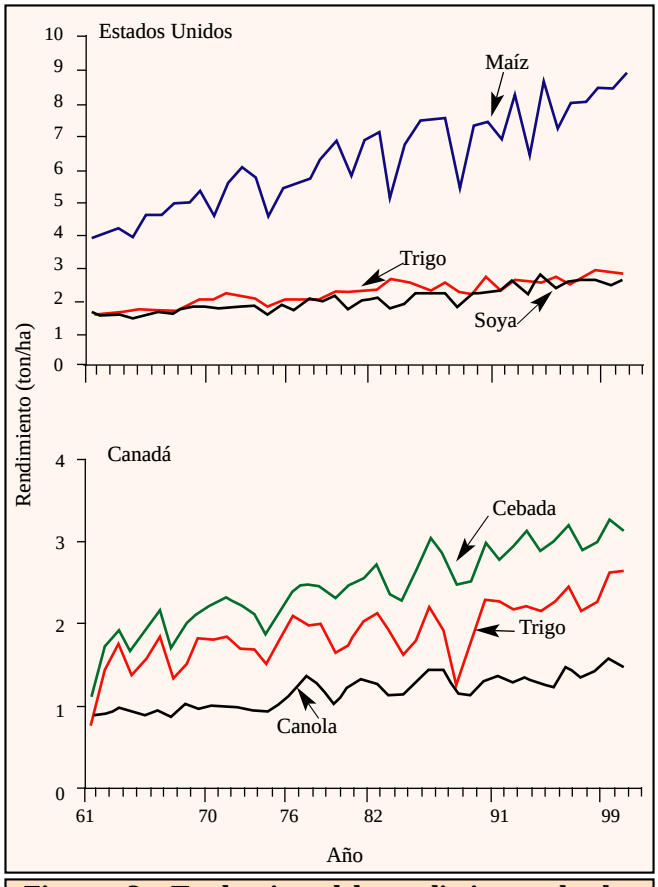


Figura 3. Tendencias del rendimiento de los principales cultivos de Estados Unidos y Canadá entre 1961 y 1999.

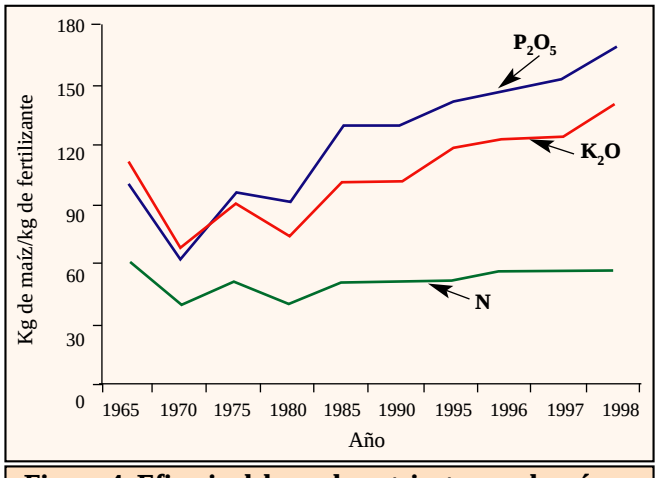


Figura 4. Eficacia del uso de nutrientes en el maíz en los Estados Unidos.

observa que el potasio (K) y el fósforo (P) se utilizan con mayor eficiencia en la actualidad que hace treinta años. En realidad, al comparar los datos de los últimos años con aquellos de mediados de los años 60 se nota que la eficiencia del uso de P ha aumentado más del 50%, mientras que la eficiencia de K ha aumentado al menos un 25%.

A pesar de que se han aplicado cantidades crecientes de fertilizantes minerales para satisfacer las demandas de nutrientes de los cultivos y para reemplazar los nutrientes extraídos del suelo, muchas fincas todavía necesitan P y K suplementarios. La Figura 5 muestra los resultados de un estudio realizado en 1997 con 1.8 millones de muestras de suelo de laboratorios privados y universitarios de América del Norte. Los resultados indicaron que el 46% de los suelos muestreados presentaban niveles bajos o medios de P, y el 44% niveles bajos o medios de K. Se espera una significativa respuesta a la fertilización de P y K cuando los niveles de disponibilidad en el suelo son bajos o medios.

Datos de otros estudios demuestran que muchos agricultores están extrayendo más nutrientes del suelo de los que se devuelven con la aplicación de fertilizantes. Los balances estatales de nutrientes muestran con frecuencia valores negativos para P y K e incluso para N. En la Tabla 2 se muestra un balance de P de 1982-1996 de Illinois. En años recientes, la extracción de P ha excedido a la aplicación en un 17%.

Cuánto tiempo pueden los agricultores soportar una constante extracción de P, K (y otros nutrientes) del suelo y todavía obtener rendimientos altos y rentables? La respuesta es variable, pero para la mayoría de los casos es, "no por mucho tiempo".

Los rendimientos altos y rentables también dependen del balance adecuado de nutrientes. Es crítico determinar el requerimiento total de nutrientes del cultivo cuando se planifica un sistema de producción para con esta información definir un plan de manejo

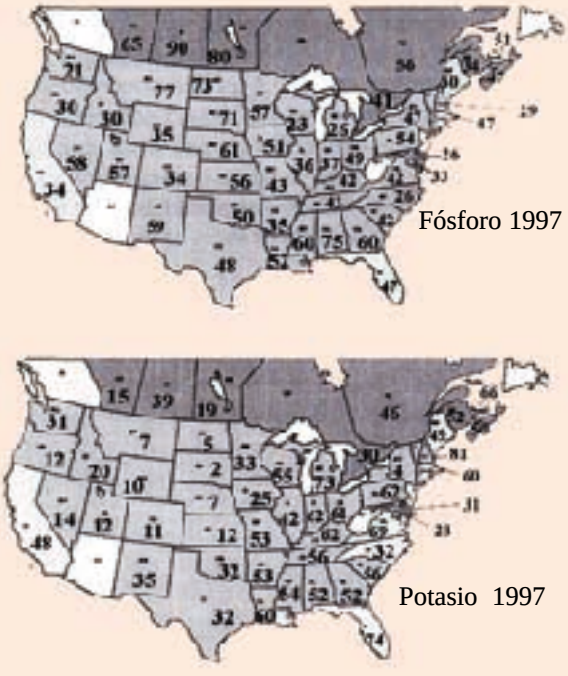


Figura 5. Resultados de un estudio conducido en 1997 con muestras de suelo de laboratorios privados y universitarios de América del Norte que indican el porcentaje de muestras con valores bajos o medios de P y K.

Tabla 2. Balances de P para Illinois, 1982-1996 (R. Hoeft, University of Illinois).

Años	Extracción		Ingresos			Extracción /Ingresos
	Cultivos	Animales*	Fertilizante	Aporte animal	Aporte humano	
	Miles de toneladas					
1982-1986	469	7	423	102	14	88
1987-1991	452	7	349	96	14	100
1992-1996	521	7	346	92	14	117

*** Carne, huevos, leche.**

que cubra estos requisitos. Por ejemplo, el manejo de nitrógeno (N) no depende solamente de satisfacer los requerimientos de N del cultivo, sino que también se deben considerar su relación con otros nutrientes y prácticas de manejo.

La Figura 6 muestra que el contenido de K del suelo tiene un impacto significativo sobre el potencial de rendimiento de maíz, así como en la eficiencia del uso del N. Cuando el análisis del suelo indicó contenidos bajos de K (180 y 224 kg K/ha), se necesitaron 360 kg N/ha para producir los mejores rendimientos. Cuando el contenido de K en el suelo fue alto, se necesitaron 180 kg N/ha para obtener los mejores rendimientos, los mismos que eran considerablemente más altos que aquellos obtenidos con 360 kg N/ha, pero con bajo nivel de K en el suelo. Se pueden mostrar relaciones similares con las interacciones con otros nutrientes. Con frecuencia, la sinergia producida por las interacciones positivas entre nutrientes esenciales hace que los rendimientos sean más altos que cuando los nutrientes se aplican por separado.

La Tabla 3 presenta otro ejemplo de fertilización balanceada y el impacto a largo plazo de esta forma de manejo sobre el rendimiento de los cultivos. Este estudio, conducido en Maryland durante diez años, compara las tendencias de los rendimientos de maíz cuando se aplica solo N, con aquellos rendimientos obtenidos cuando se aplica P y K junto con N. Para el décimo año, la diferencia de rendimiento fue de 6.6 t/ha. Durante todo ese período, el maíz producido con un balance NPK tuvo un promedio de 9.6 t/ ha, con una producción total de 96 t/ha, en comparación con el rendimiento promedio de 4.6 t/ha y una producción total de 46.1 t/ ha para el maíz producido solamente con N. El balance NPK produjo 53.3 kg de grano por kg de N aplicado, mientras que cuando se aplicó solo N se produjeron 25.6 kg de grano por kg de N, menos de la mitad de la eficiencia obtenida con la nutrición balanceada.

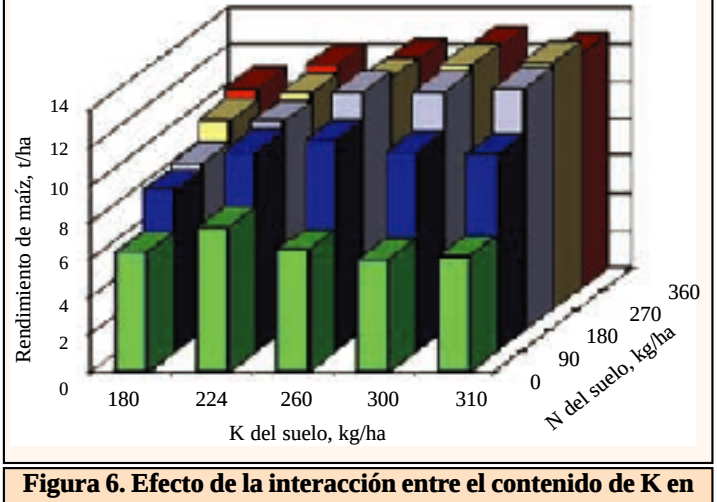


Figura 6. Efecto de la interacción entre el contenido de K en el suelo y el N aplicado en el incremento de los rendimientos de maíz (Ohio, 1992-1995).

Si bien la fertilización balanceada es importante, ésta no es suficiente a menos que se apliquen niveles de nutrientes adecuados para sostener el potencial de rendimiento. Es muy fácil para un agricultor perder 0.5, 1.0, 1.5 o más toneladas por hectárea, sin siquiera saberlo, disminuyendo el uso de fertilizantes debido a los bajos precios de los productos o a otros problemas económicos.

Potencial actual de rendimiento

Actualmente, los cultivos poseen un mayor potencial para producir rendimientos mucho más altos que lo que normalmente obtienen la mayoría de los agricultores. La Tabla 4 resume los rendimientos récord verificados de varios cultivos y los rendimientos posibles con el material genético actual. Se puede observar la enorme brecha entre estos rendimientos y los que normalmente se obtienen en las fincas.

Se argumenta que estas producciones record son sólo eventos afortunados en sitios que tuvieron toda la lluvia necesaria que sus vecinos perdieron, o que tienen suelos especiales que no existen en ningún otro lugar. Sin embargo, son los mismos agricultores los que establecen y luego rompen los récord y los suelos donde trabajan son los mismos tipos de suelos dominantes del área. Un buen ejemplo es Francis

Tabla 3. Resultados de diez años de fertilización con NPK y solamente con N en el rendimiento maíz de secano en Maryland, Estados Unidos.

N - P_2O_5 – K_2O	Años									
kg/ha/año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
					Rendimiento, t/ha					
180-180-180	9.5	9.4	10.0	9.6	8.4	10.0	7.7	12.0	11.5	7.9
180-0-0	9.2	8.8	7.3	5.0	6.6	2.3	0.8	3.3	1.4	1.3
Diferencia	0.3	0.6	2.7	4.0	1.8	7.7	6.9	8.7	10.1	6.6
					Rendimiento acumulado en cada año, t/ha					
180-180-180	9.5	18.9	28.9	38.6	47.0	57.0	64.7	76.7	88.2	96.0
180-0-0	9.2	18.0	25.3	30.3	36.9	39.2	40.0	43.3	44.7	46.1

Tabla 4. Rendimientos récord de cultivos en Norte América.

Cultivo	Año	Localidad	Rendimiento (t/ha)	
			Record[1]	Promedio[2]
Alfalfa	1982	Arizona	54.0	18.1
Cebada, primavera	1990	Alberta	10.2	2.8
Canola, primavera	1999	Alberta	3.9	1.3
Maíz	1999	Iowa	24.7	8.8
Soja	1983	New Jersey	7.9	2.2
Trigo, invierno	1988	British Columbia	13.8	---

[1] **Información correspondiente a estos récord aparecen en el sitio de internet www.ppi-ppic.org, buscar por Better Crops with Plant Food, 84 (2000, No. 1).**
[2] **Rendimiento promedio a nivel de estado o provincia, 1996-1998.**

Childs, poseedor del récord mundial de rendimiento de maíz con 24.9 t/ha en 1999. Esta persona ha ganado el concurso nacional de rendimiento de maíz no irrigado durante los últimos cuatro años y lo ha hecho en un área que abarca el 51% de los suelos en su finca. El primer puesto del año 2000 lo obtuvo con un rendimiento de 22.4 t/ha, casi 2.5 toneladas por debajo del registro que estableció en 1999. Su rendimiento ganador más bajo ha sido 20.8 t/ha. Cómo lo logró? Cómo un agricultor obtiene rendimientos altos en una forma consistente año tras año?. De seguro con un cuidadoso manejo donde la nutrición del cultivo juega un papel preponderante.

Existe una diferencia obvia entre los rendimientos récord y los normalmente producidos en las fincas. El estrechar esta brecha permite una mayor oportunidad para que los productores mantengan una actividad rentable, una fuente potencial de alimento para los 2500 millones de personas que se espera pueblen el mundo para la mitad de este siglo y finalmente es una fuente de alivio ambiental a través del incremento en secuestro de C, mayor eficiencia de uso de nutrientes y la liberación de tierra para refugios de vida silvestre, bosques tropicales y recreación.

La elevación y el mantenimiento de la fertilidad del suelo y el suministro balanceado de nutrientes son aspectos críticos para la obtención de rendimientos altos y rentables. Los suelos de alta fertilidad siempre entregan rendimientos mayores que los de baja fertilidad, en las mismas condiciones de crecimiento. Los suelos altamente fértiles sacan gran ventaja de las buenas condiciones de crecimiento, cuando la temperatura y la lluvia son ideales y la presión de enfermedades e insectos es mínima, para maximizar el rendimiento.

La Tabla 5 muestra datos de un estudio realizado en Minnesota que evalua el efecto de la aplicación de fertilizante fosforado de arranque en una rotación maíz/soya bajo diferentes sistemas de labranza en sitios con alto y bajo contenido de P. El sitio con alto contenido de P (19 ppm por Bray P-1) había logrado esta condición debido a la fertilización anterior con P en una rotación maíz-maíz-maíz-soya. El sitio con bajo P (3-4 ppm Bray P-1) había tenido maíz permanentemente y nunca había recibido aplicaciones de P durante 15 años.

Continua en la página 14

EFECTO DE LA FERTILIZACION FOSFORICA SOBRE LOS NIVELES PRODUCTIVOS DE CAÑA DE AZUCAR EN TUCUMAN

Federico Pérez Zamora * Jorge Scandaliaris* Rafael Villegas y Guillermo Fadda***

Introducción

De los tres elementos esenciales, nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), el P es el nutriente extraído en menor cantidad por el cultivo de caña de azúcar. Las insuficiencias de P están relacionadas con los bajos contenidos de P en el suelo.

Se ha estudiado la efectividad de los fertilizantes fosfóricos para incrementar la producción de caña en todas las regiones cañeras del mundo. Las recomendaciones de aplicación de P a partir de estos estudios son muy variadas debido fundamentalmente a la diversidad de los suelos utilizados (Meyer, 1991; Orlando, 1996; Serfe, 1998; Calcino, 1994; y Bramley et al., 1995).

Las experiencias en Tucumán, Argentina, no documentaron respuesta de la caña de azúcar a la fertilización con P (Kenning y Fernández de Ullivarri, 1965; de Fogliata, 1978), por lo que esta práctica no se difundió. Sin embargo, resiembras de caña que se están llevando a cabo en el área destacan la existencia de sectores en los que los contenidos de P serían más bajos que los niveles críticos reportados en otros países. Esta fue la justificación para retomar estudios sobre respuesta de P en el área cañera de Tucumán.

Este artículo analiza los resultados de una red de experimentos de fertilización con P que están conduciéndose en cañaverales de Tucumán y además se agregan datos de monitoreos realizados en distintas localidades donde se cultiva caña en Tucumán.

Materiales y métodos

Se evaluaron 10 cosechas de experimentos que al momento se conducen en 5 localidades del área cañera de Tucumán. Se estudió el efecto de 3 dosis de P (35, 70 y 105 kg de P_2O_5/ha) en las variedades TUC 77 – 42 y TUC 72 – 16, de 3 y 4 cortes respectivamente. El diseño experimental utilizado fue de bloques al azar con 5 repeticiones. El área de las parcelas fue 122 m^2. El fertilizante (superfosfato triple) fue incorporado a ambos lados de la cepa a 15 cm de profundidad.

Al momento de la cosecha se determinó el peso de caña por parcela y el contendido de P en los 30 cm superficiales (extracción con la solución Bray y Kurtz II). También forman parte de la evaluación las producciones de resiembras en 27 estaciones de referencia, en las cuales se determinaron los contenidos de P en los 30 cm superficiales y los contenidos foliares en la lámina de la hoja +1 (Kuijper) al quinto mes desde la brotación.

El procesamiento estadístico de la información consistió en análisis de la varianza, la aplicación de funciones de producción y análisis factoriales y métodos gráficos de determinación del nivel crítico de Cate y Nelson (1965).

Resultados y discusión

Los experimentos mostraron incrementos en rendimiento como respuesta a la fertilización fosfórica en 61.5% de los casos. Estos incrementos variaron entre 6 y 14 t de caña/ha, lo que justificó el estudio de las causas asociadas a esta respuesta y permitió establecer un método de recomendación de fertilización con P.

La relación inversa entre el contenido de P en el suelo y la magnitud del incremento de rendimiento se presenta en la Figura 1. La relación entre la respuesta a la fertilización fosfórica, en términos de rendimiento relativo, y los contenidos de P en el suelo se presentan en la Figura 2. Usando esta relación pudo establecerse como criterio de interpretación la existencia de tres zonas bien definidas de abastecimiento de P. Estas son: zona de contenido bajo (< de 13 ppm de P), donde se puede esperar rendimientos relativos menores al 90 %, zona de contenido medio (13 a 20 ppm de P) con rendimientos relativos entre el 90 y 96 % y zona de contenido alto" (> 20 ppm de P) donde no se encuentra respuesta en rendimiento.

Estos resultados demuestran que algunos sectores del área cañera de Tucumán requieren aplicaciones de P y que éstas pueden y deben ser diagnosticadas ya que la práctica actual de no utilizar fertilizante fosfórico esta limitando el nivel potencial de producción de la caña de azúcar en la región.

*** Investigadores de la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres. Tucumán - Argentina.**
**** Investigador del Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar. Cuba.**

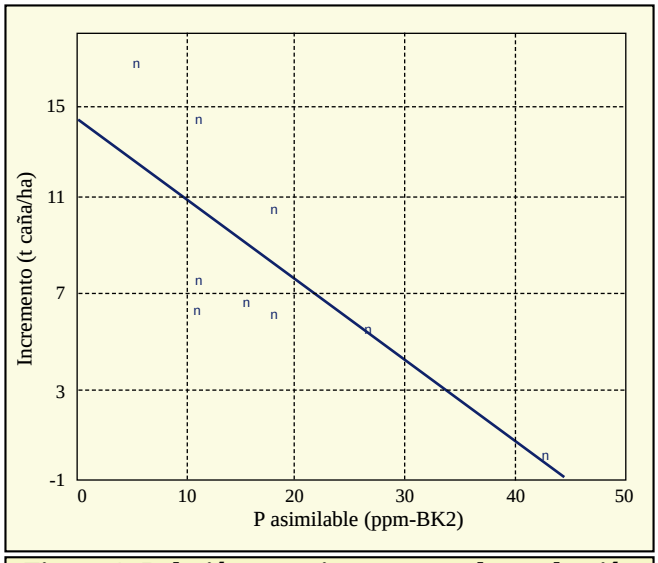


Figura 1. Relación entre incrementos de producción obtenidos con la fertilización con P y los niveles de P en el suelo.

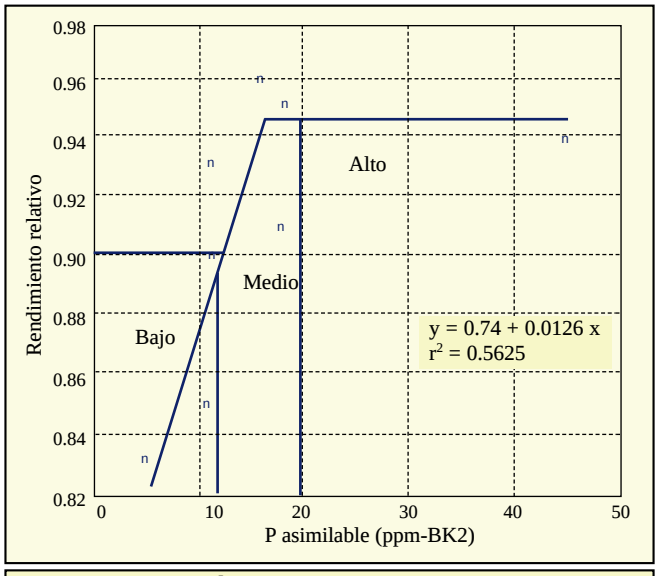


Figura 2. Relación entre el rendimiento relativo y el contenido de P extraído con Bray Kurtz II en el suelo.

Comprobación de los resultados experimentales

Evaluaciones realizadas en 27 lotes comerciales, con normas de manejo homogéneas, y sin fertilización con P, detectaron relaciones significativas entre los contenidos de P del suelo, contenidos foliares de P y niveles de producción. Esto confirma, en las condiciones de Tucumán, que los bajos niveles de abastecimiento de P afectan la nutrición de la caña de azúcar y limitan la obtención de altas producciones. Las Figuras 3, 4 y 5, ilustran el caso del Ingenio Concepción, donde se observa como los rendimientos se incrementan con el aumento del nivel de abastecimiento de P, determinado por el contenido de P en el suelo y el nivel de P en la hoja. Estos dos últimos parámetros están muy relacionados entre sí.

Producciones estables superiores a 90 toneladas de caña/ha, se alcanzan cuando los valores de P en el suelo llegan a contenidos mayores que 11 ppm (valor muy cercano a los 13 ppm obtenidos en los experimentos) y el P en la hoja +1 supera el 0.17%.

Cálculo de la dosis de fertilizante fosfórico

El análisis conjunto de los rendimientos de todos los lotes y en todas las cosechas encontró que no siempre existe una relación entre la dosis óptima de P y los contenidos de P en el suelo. Sin embargo, para determinar la dosis de P necesaria para maximizar la producción, las relaciones deben ser hechas en base a los Rendimientos Máximos Estables (RME) y a los Indices de Consumo (IC).

La Figura 6 muestra la relación encontrada entre el

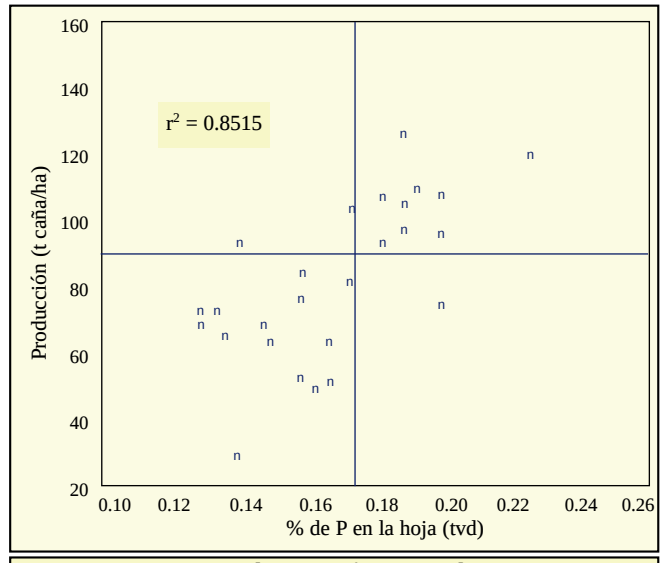


Figura 3. Producción de caña de azúcar de 27 lotes comerciales del Ingenio Concepción en función de los contenidos foliares de P.

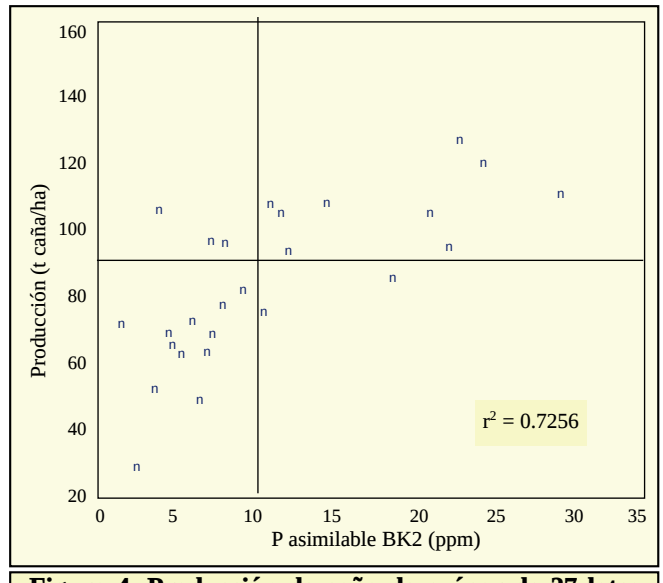


Figura 4. Producción de caña de azúcar de 27 lotes comerciales del Ingenio Concepción en función de los contenidos de P (Bray II) en el suelo.

rendimiento máximo estable y la dosis aplicada cuando los valores de P en suelo están por debajo de los niveles críticos, destacándose que la dosis de P a aplicarse se relacionan con los potenciales de rendimiento, dentro de los rangos de P en el suelo que aseguran respuesta. De esta forma, la recomendación de P queda expresada por los valores de abastecimiento del nutriente y el nivel de producción esperado (Tabla 1).

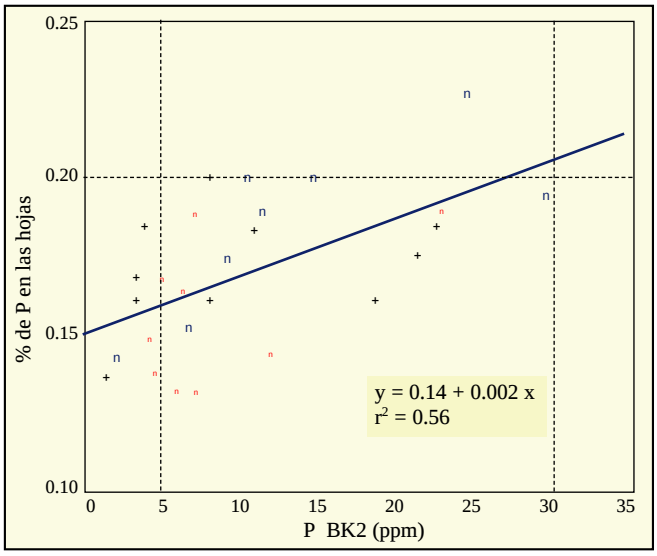


Figura 5. Correlación entre el contenido de P en hoja y el contenido de P en el suelo correspondiente a 27 lotes comerciales del Ingenio Concepción.

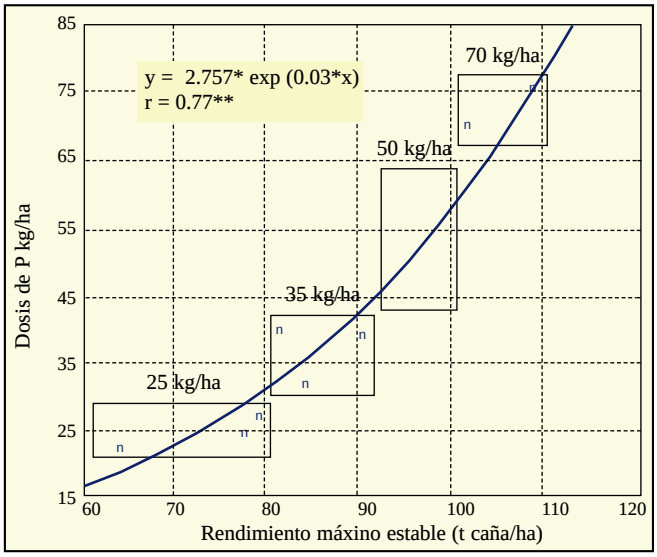


Figura 6. Relación encontrada entre el rendimiento máximo estable y la dosis de P.

Los resultados de estos experimentos y los registros de producción de la zona de Tucumán, Argentina documentaron incrementos significativos de los rendimientos de caña de azúcar con la fertilización fosfórica cuando los contenidos de P en el suelo son inferiores a 13 ppm (Bray II). Cuando los cañaverales comerciales se desarrollan con bajos contenidos de P, existen limitaciones para obtener altas producciones. La dosis de P a emplear en las condiciones de Tucumán está asociada al abastecimiento de P del suelo y a la producción esperada de caña por hectárea. En condiciones deficientes de P, las dosis se incrementan a mayor potencial de rendimiento.

Literatura Citada

Bramley, R. G. V.; A. W. Wood and R. Cristaldo. (1995). Improving the precision on phosphorus fertilizer recomendations for sugarcane. Proc 17º Conf. Australian Soc. Sucarcane Tech. P. 179-186.

Calcino, D.V. (1994). Australian Sugarcane Nutrition Manual. Sugar Research and Development Corporation/Bureau of Sugar Experiment Stations, Indooroopilly, Queensland.

Cate, R. B. and L. A. Nelson. (1965). A rapid method for correlation of soil test analyses with plant response data. Tech. Bull. Nº 1. ISFEI series, North Carolina State University, Raleigh. 1ª parte., N.C., EE.UU.

Fogliata, F. A. (1979). Fertilización: experiencias con caña de azúcar (caña soca) Rev. La Industria Azucarera. No 986: 105 – 117.

Kenning, G. y Fernández, R. (1967). Fertilizantes en Caña de Azúcar. Ensayos regionales en Tucumán (República de Argentina). IDIA No 239: 1 – 23.

Meyer, J. H. (1991). The results of P fertilizer trials conducted in the Natal Midlands. Proc. S Afr Sug Technol Ass 53: 182 -188.

Orlando, J. (1996). Recomendaciones para la fertilización de la caña de azúcar en Brasil. Memorias de las Jornadas de actualización en fertilización. Junio de 1996. Tucumán, Argentina.

SERFE. (1998). Elementos básicos sobre suelos y uso de fertilizantes en el cultivo de la caña de azúcar. 2º Curso.193 p.u

Tabla 1. Recomendaciones de fertilización con P en caña de azúcar en Tucumán, Argentina.

Categoría	P foliar (%)	Contenido de P en el suelo (ppm)			Rendimiento esperado (t/ha)	Dosis de P_2O_5 (kg/ha)
		Bray II	Oniani	C. del Norte		
Bajo	<0.17	<13	<33	<27	<80	20
	<0.17	<13	<33	<27	80-90	30
	<0.17	<13	<33	<27	80-100	45
	<0.17	<13	<33	<27	<100	75
Medio	0.17 – 0.20	13-25	33-50	27-40	Independiente	20
Alto	>0.20	>25	>50	>40	Independiente	0

REPORTE DE INVESTIGACION RECIENTE

ALTERACIONES ELECTROQUÍMICAS DE UN LATOSSOL ROJO-AMARILLO TRATADO CON CARBONATO Y SULFATO DE CALCIO

Wadt, P. G. S. 2000. Alteracoes electroquímicas de um latossolo vermelho-amarelo tratado com carbonato e sulafato de cálcio. Scientia Agrícola, v.57, n.3, p.519-524.

Para estudiar el movimiento de cationes se utilizaron muestras de un Latosol Rojo-Amarillo, arcilloso, colectadas del horizonte A y Bw de suelos cubiertos con pastos y bosques. Las muestras de suelos A-bosque y A-pastos se trataron con carbonato de calcio, sulfato de calcio o con una mezcla de estas fuentes de calcio, con el propósito de evaluar sus efectos sobre las principales reacciones electroquímicas del suelo, principalmente en relación a la adición de sulfato. A continuación se colocaron las muestras en potes sobre las muestras Bw. Luego de la incubación, las muestras fueron sometidas a lixiviación con 7 volúmenes de agua destilada en aplicaciones semanales. Finalizado el período de lixiviación, se procedió al análisis de Ca, Mg, K y Al intercambiable, pH en agua, pH en KCl 1 M, acidez potencial y determinación del punto de efecto salino nulo (PESN). En las muestras superficiales, la aplicación de sulfato de calcio disminuyó el contenido de Al intercambiable, sin alterar la CIC-efectiva, la CIC a pH 7.0 o PESN, la precipitación del Al probablemente se debió a la reacción con el sulfato. En las muestras subsuperficiales, la aplicación de sulfato de calcio alteró el PESN, la CIC-efectiva, y el CIC a pH 7.0, sin disminuir los contenidos de Al intercambiable, lo que quiere decir que la principal reacción del sulfato con el suelo fue de adsorción química. La aplicación aislada de carbonato de calcio neutralizó la acidez en todos sus componentes de forma más eficiente que los demás tratamientos. La mezcla de las dos fuentes de Ca alteró la acidez del suelo comparable a la aplicación aislada de carbonato de calcio.u

Como se esperaba, el P de arranque tuvo poco efecto sobre los rendimientos cuando el contenido de P del suelo era alto, pero obtuvo una buena respuesta cuando el P en el suelo era bajo. Cuando el contenido de P en el suelo era bajo, la aplicación de P de arranque aumentó el rendimiento del maíz de siembra directa en 38% y la soya en siembra directa en 26%. Bajo la siembra convencional, el rendimiento de maíz como el de soya se incrementó en un 50%. Sin embargo, más importante que la respuesta a la aplicación de P de arranque fueron las diferencias de rendimiento entre los suelos con alto y bajo P. En siembra directa, cuando no se aplicó P, los suelos de alto contenido de P produjeron 3.6 t/ha de maíz y 1.1 t/ha de soya sobre los rendimientos de los suelos con bajo contenido de P. Las diferencias fueron aún mayores en el sistema de siembra convencional. Los suelos altamente fértiles serán siempre más productivos que los suelos con baja fertilidad.

Conclusión

El desafío de alimentar a la población mundial es grande y recae en todos los productores del planeta. Los agricultores deben ser capaces de producir a bajo costo para mantener una adecuada competitividad y rentabilidad. No se puede producir un suministro abundante de alimentos y cumplir con las demandas de la sociedad sobre protección del ambiente a menos que el sistema sea rentable. Es necesario entonces incrementar los rendimientos, hacerlo de la forma más rentable, reduciendo los costos de producción por unidad de área… mejorando al mismo tiempo la protección del ambiente. El elevar y mantener la fertilidad del suelo, el mantener balance nutricional, el aprovechar los mejores materiales genéticos y el emplear buenas prácticas de manejo agronómico son factores que aseguran que la rentabilidad se maximice.u

Tabla 5. Impacto del nivel de P del suelo en el rendimientos de soya y maíz (promedio de tres años, 1997-2000).

	Maíz, t/ha			Soya, t/ha		
	Alto P	Bajo P	Diferencia	Alto P	Bajo P	Diferencia
Siembra directa						
Sin P	10.0	6.4	3.6	3.6	2.5	1.1
P de arranque*	10.0	8.8	1.1	3.6	3.1	0.5
Labranza convencional						
Sin P	10.7	6.5	4.3	3.8	2.3	1.5
P de arranque	10.8	9.7	1.1	3.9	3.4	0.4

***Dosis de P de arranque: 45 kg P_2O_5/ha y 55 kg P_2O_5/ha, para suelos de P alto y P bajo respectivamente.**

CURSOS Y SIMPOSIOS

1. XIV REUNION BRASILEIRA DE MANEJO Y CONSERVACION DE SUELO Y AGUA

Organiza : Sociedad Brasileira de la Ciencia del Suelo
Lugar y Fecha : Cuiabá, Brasil
21 - 26 julio, 2002
Información : S.B.C.S.
E-mail: couto@cpd.ufmt.br

2. XVII CONGRESO MUNDIA DE LA CIENCIA DEL SUELO

Organiza : International Union of Soil Science
Lugar y Fecha : Bangkok, Tailandia
14 - 20 agosto, 2002
Información : Comisión Organizadora
E-mail: o.sfst@nostri.ku.ac.th

3. XVIII CONGRESO COLOMBIANO DE LA CIENCIA DEL SUELO

Organiza : Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo
Lugar y Fecha : Cali, Colombia
18 - 20 septiembre, 2002
Información : Comisión Organizadora
E-mail: sccsueloagracia@telesat.com.co

4. VIII CONGRESO ECUATORIATORIANO DE LA CIENCIA DEL SUELO

Organiza : Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo
Lugar y Fecha : Portoviejo, Ecuador
26 - 27 septiembre, 2002
Información : S.E.C.S.
E:mail: bravo@interactive.net.ec
jespinosa@ppi-ppic.org

5. XV REUNION INTERNACIONAL DE ACORBAT 2002

Organiza : AUGURA/ACORBAT
Lugar y Fecha : Cartagena, Colombia
27 octubre - 2 noviembre, 2002
Información : AUGURA
E:mail: acorbat2002@augura.com.co

6. SIMPOSIO INTERNACIONAL DE CAFE Y CACAO CUBACAFE 2002

Organiza : Estación Central de Investigación de Café y Cacao
Lugar y Fecha : Santiago de Cuba, Cuba
27 - 29 de noviembre, 2002
Información : Estación Central de Investigación de Café y Cacao
E-mail: cbust@ecicc.ciges.inf.cu

NUESTRO SITIO WEB: www.inpofos.org

Desde el Instituto de la Potasa y el Fósforo (PPI) y el Instituto de la Potasa y el Fósforo de Canadá (PPIC) hemos lanzado un nuevo sitio en Internet donde se podrá encontrar información de las actividades de investigación y educación del Instituto, así como también estadísticas de producción de cultivos, uso de fertilizantes y otras.

INPOFOS A. S. tiene su propia página en este nuevo sitio donde incluiremos toda la información correspondiente a la región.

PUBLICACIONES DE INPOFOS

Las siguientes publicaciones de INPOFOS se encuentran disponibles al siguiente costo

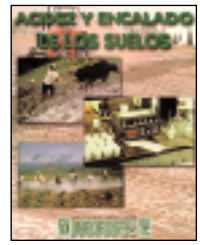
U **NUEVA PUBLICACION Síntomas de Deficiencias Nutricionales y Otros Desórdenes Fisiológicos en Banano.** Guía de Campo para técnicos y agricultores que permite identificar en el campo los síntomas de deficiencia nutricionales, conocer sus causas y determinar una estrategía de prevensión o recuperación. $ 8.00

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

U **Acidez y Encalado de los Suelos.** Boletín que discute los fundamentos de la acidez del suelo y permite planificar adecuadamente las estrategias de encalado en suelos tropicales. $ 8.00

U **Estadística en la Investigación del Uso de Fertilizantes.** Publicación que presenta conceptos actuales de diseño experimental e interpretación estadística de los datos de investigación de campo en el uso de fertilizantes. $ 4.00

U **Nutrición de la Caña de Azúcar.** Este manual de campo es una guía completa para la identificación y corrección de los desórdenes y desbalances nutricionales de la caña de azúcar. El tratamiento completo de la materia y las excelentes ilustraciones hacen de este manual una importante herramienta de trabajo en la producción de caña. $ 8.00



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

U **Manual Internacional de Fertilidad de Suelos.** Publicación didáctica sobre uso y manejo de suelos y fertilizantes con datos y ejemplos de diferentes partes del mundo. $ 15.00

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

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

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

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

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

COLOMBIA: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo (SCCS). Carrera 11 No. 66-34, Oficina 601. Telf. y Fax.: 211-3383. E-mail: scsuelo@ibm.net. Bogotá, Colombia.

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

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

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