



INVESTIGACION
INPOFOS K P
EDUCACION

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

FOSFORO: DINAMICA Y MANEJO EN SISTEMAS DE SIEMBRA DIRECTA

Fernando O. García¹ y Liliana I. Picone²

Introducción

La siembra directa (SD) es un sistema de manejo que no remueve el suelo y mantiene cubierta la superficie con los residuos de cultivos anteriores. Esta forma de manejo conserva el suelo al disminuir el impacto de la erosión hídrica y/o eólica. Otras ventajas de la SD son: mayor disponibilidad de agua para los cultivos, mejor fertilidad química, física y biológica del suelo, menor costo de producción por unidad de superficie, rendimientos más altos y estables y la posibilidad de secuestrar carbono (C) en el suelo. Los problemas observados bajo SD son: exceso de residuos en zonas templado-frías que dificultan la implantación y el crecimiento inicial de los cultivos, cambios en la población de plagas que pueden afectar el crecimiento de las plantas y formación de capas compactadas en el perfil del suelo explorado por las raíces.

El fósforo (P), después del nitrógeno (N), es el nutriente que más frecuentemente afecta la producción de cultivos. El P forma parte de enzimas, ácidos nucleicos y proteínas y está involucrado en prácticamente todos los procesos de transferencia de energía. El contenido total de P en el suelo está controlado por el material parental y el clima. En general, las zonas más húmedas son las más deficientes en este nutriente. Del contenido total de P en el suelo, sólo las fracciones inorgánicas y orgánicas solubles y lábiles están disponibles para las plantas durante el ciclo del cultivo. Las fracciones de P en el suelo mantienen un equilibrio dinámico y complejo. Solamente una pequeña fracción del P está en forma soluble, pero esta fracción está en equilibrio con la fracción lábil que comprende el P orgánico fácilmente mineralizable y los fosfatos débilmente adsorbidos en las arcillas. La mayor parte del P del suelo está en formas insolubles como fosfatos de calcio (Ca), hierro (Fe) y aluminio (Al), retenidas en el humus o fijadas fuertemente en las arcillas.

Efectos de la siembra directa sobre el ambiente edáfico

La introducción de la SD genera cambios en el ambiente edáfico que afectan el comportamiento de los nutrientes en el suelo. La presencia de residuos en superficie y la falta de remoción del suelo alteran algunas propiedades físicas

OCTUBRE 2004

No. 55

Contenido

	Pág.
Fósforo: Dinámica y Manejo en Sistemas de Siembra Directa	1
Fijación de Fósforo en Suelos Derivados de Ceniza Volcánica	5
Manejo de Fósforo en Estanques de Peces en Suelos Rojos	9
El Fósforo en la Nutrición Animal	12
Reporte de Investigación Reciente	14
Cursos y Simposios	15
Publicaciones de INPOFOS	16

Editor: Dr. José Espinosa

- 1 INPOFOS Cono Sur (PPI/PPIC) - Av. Santa Fe 910, Acassuso, Buenos Aires, Argentina. fgarcia@inpfos.org
- 2 Facultad Ciencias Agrarias (UNMdP) - INTA Balcarce - CC276, (7620) Balcarce, Argentina. lpicone@balcarce.inta.govar

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

que influyen directa e indirectamente en la dinámica de los nutrientes. Bajo SD se origina un ambiente más húmedo que en labranza convencional (LC) debido principalmente a la cobertura superficial que promueve una menor tasa de evaporación del agua. Las variaciones de temperatura son también menores bajo SD debido al efecto aislante de los residuos, al menor albedo y al mayor contenido de agua. La falta de remoción altera otras propiedades del ambiente físico del suelo como la densidad aparente, la porosidad, la aireación y la resistencia a la penetración.

Los cambios en cantidad y distribución de materia orgánica y propiedades físicas y químicas del suelo resultan en efectos directos e indirectos sobre la composición y dinámica de las poblaciones microbianas. El C orgánico, N mineralizable y C de la biomasa microbiana son mayores en la capa superficial del suelo bajo SD (0 - 10 cm). El conteo de hongos y bacterias aeróbicas es también superior en superficie bajo SD. Las bacterias anaeróbicas obligadas y denitrificadoras se incrementan a profundidad en el suelo sin laboreo reflejando la mayor energía, humedad y densidad aparente en este sistema. En definitiva, los efectos sobre los microorganismos del suelo se reflejan en las transformaciones de nutrientes como el N y el P.

Dinámica del fósforo bajo siembra directa

Una característica de la dinámica de P en los sistemas de SD es la estratificación a profundidad. Se encuentran mayores concentraciones de P disponible en la capa superficial (0 - 10 cm) debido a la acumulación de residuos y a la aplicación superficial de fertilizantes fosfatados (Figura 1).

El reciclaje de P a través de la biomasa microbiana es también influenciado por los cambios en las propiedades físicas y químicas del suelo bajo SD. El mayor contenido

de agua y de C y N orgánicos se reflejan en una mayor población microbiana con respecto al suelo bajo LC. El contenido de P en la biomasa microbiana es también mayor en los suelos bajo siembra directa (Figura 2). En suelos altamente meteorizados con deficiencia, la disponibilidad de P para las plantas puede depender más del reciclaje del P orgánico de la biomasa microbiana que del P inorgánico.

Para identificar si existe acumulación o disminución de las diferentes formas lábiles de P con diferente labranza, Zamuner et al. (2004a) calcularon un cociente que relaciona la concentración de cada fracción de P en el suelo bajo SD respecto a las mismas fracciones en LC a diferentes profundidades (Tabla 1). Esta relación muestra que hay una mayor concentración de formas lábiles de P en los primeros 10 cm de un suelo bajo SD que bajo LC, principalmente de las formas inorgánicas de P extraídas con membrana de intercambio aniónico (Pi-MIA). Estos autores sugieren que el incremento de formas lábiles de P como Pi-MIA, en los primeros 10 cm del suelo bajo SD, se debe a una combinación del efecto de la reducción de pH que incrementa el desarrollo de cargas positivas dependientes del pH y al aumento en la concentración de C orgánico total (COT) que favorece la formación de complejos con P.

Manejo de la fertilización fosfatada bajo siembra directa

La respuesta de los cultivos a la fertilización fosfatada depende del nivel de P disponible en suelo, pero también depende de factores del suelo, del cultivo y de manejo del fertilizante. Entre los factores del suelo se destacan la textura, la temperatura, el contenido de materia orgánica y el pH, mientras que entre los factores del cultivo deben mencionarse los requerimientos y el nivel de rendimiento.

A pesar de las diferencias en la distribución del P extractable a diferentes profundidades por efecto de la

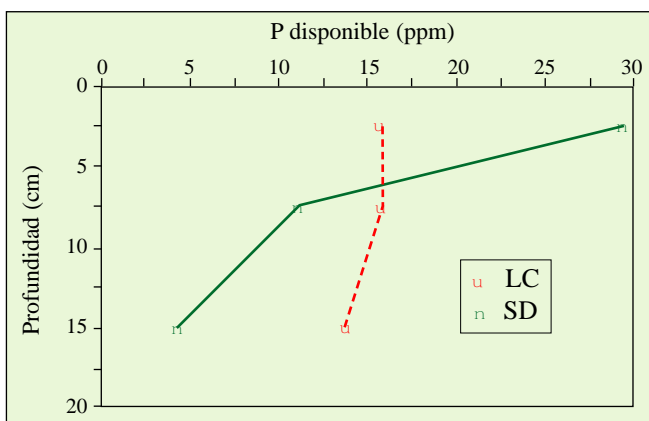


Figura 1. Estratificación de P en profundidad bajo siembra directa (SD) y labranza convencional (LC). Fuente: Ricardo Bergh. Tres Arroyos, Buenos Aires, Argentina.

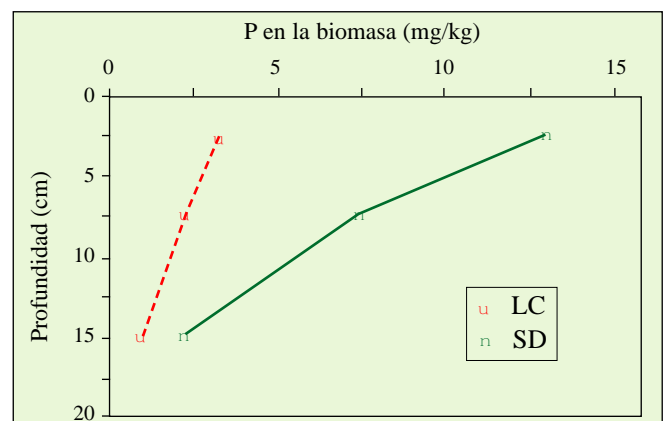


Figura 2. Fósforo en la biomasa microbiana bajo siembra directa (SD) y labranza convencional (LC) en el sudeste de Buenos Aires, Argentina (Zamuner et al., 2004a).

Tabla 1. Concentración de P en fracciones lábil (P lábil), moderadamente lábil (P mod lábil) y no lábil (P no lábil) bajo siembra directa (SD) y labranza convencional (LC), a diferentes profundidades y la relación SD/LC de dichas fracciones (Zamuner et al., 2004a).

Fracciones de P	Concentración de P		Relación SD/LC
	LC	SD	
	----- mg P kg ⁻¹ -----		
	----- Profundidad 0 - 5 cm -----		
P lábil	50.6	86.5	1.7
P moderadamente lábil	146.9	173.5	1.2
P no lábil	390.0	412.4	1.1
	----- Profundidad 5 - 10 cm -----		
P lábil	41.4	64.5	1.6
P moderadamente lábil	143.6	150.1	1.0
P no lábil	370.1	413.7	1.1
	----- Profundidad 10 - 20 cm -----		
P lábil	36.3	24.9	0.7
P moderadamente lábil	125.4	120.5	1.0
P no lábil	366.1	421.2	1.2

estratificación, los niveles críticos de P para SD coinciden con aquellos para LC cuando se muestrea el suelo a profundidad de 0 - 15 ó 0 - 20 cm. En el sudeste de Buenos Aires, Argentina y en Uruguay se ha observado que los niveles críticos de P Bray 1 en el suelo para decidir la fertilización fosfatada de trigo y maíz son similares bajo SD y LC (García et al., 1997; Calviño et al., 2000; Bordoli et al., 2004). Zamuner et al. (2004b) reportaron mejores ajustes para la calibración del rendimiento relativo de trigo en función del nivel de P Bray 1 a profundidad de 0 - 20 cm que a 0 - 5 ó 5 - 10 cm en el sudeste de Buenos Aires (Figura 3).

La coincidencia de niveles críticos en SD y LC, a pesar de los mayores contenidos de P en formas biodisponibles bajo SD, podría atribuirse al hecho de que la gran mayoría de los métodos de análisis de P extractable (Bray, Mehlich, Olsen) se basan en la extracción y determinación de formas inorgánicas de P. Sin embargo, no incluir la evaluación de fracciones

orgánicas de P bajo SD podría explicar la falta de ajuste en la calibración de los análisis de suelo en sistemas de SD estabilizados y puede ser una fuente de error en la recomendación de fertilización. Vivas et al. (2004) encontraron una relación significativa entre el rendimiento de soja y la fracción orgánica lábil bajo SD.

Algunos estudios sugieren que la acumulación superficial de P bajo SD podría resultar en una mayor disponibilidad para las plantas con respecto a LC, debido a la reducción de los procesos que sacan P de la solución del suelo a través de reacciones químicas de precipitación y de adsorción en los coloides y la tendencia a acumular formas de P más biodisponibles.

Al no mezclar la capa superficial del suelo con SD, el P residual en las bandas de aplicación de fertilizantes fosfatados genera variabilidad espacial (Figura 4). Se ha demostrado que en maíz bajo SD la concentración de P en la banda decrece logarítmicamente con la distancia desde el centro de la banda y que varía sustancialmente a lo largo de la dirección de aplicación de la banda. El P en el centro de la banda sería más fácilmente extractable con Bray 1 que el suelo no afectado por la banda. El muestreo de un suelo con la inclusión de bandas podría introducir error al sobreestimar el P disponible. A este proceso de variación horizontal se suma la variación vertical, generada por la estratificación, afectando el muestreo para el diagnóstico de la fertilidad y la recomendación de dosis de P para los cultivos.

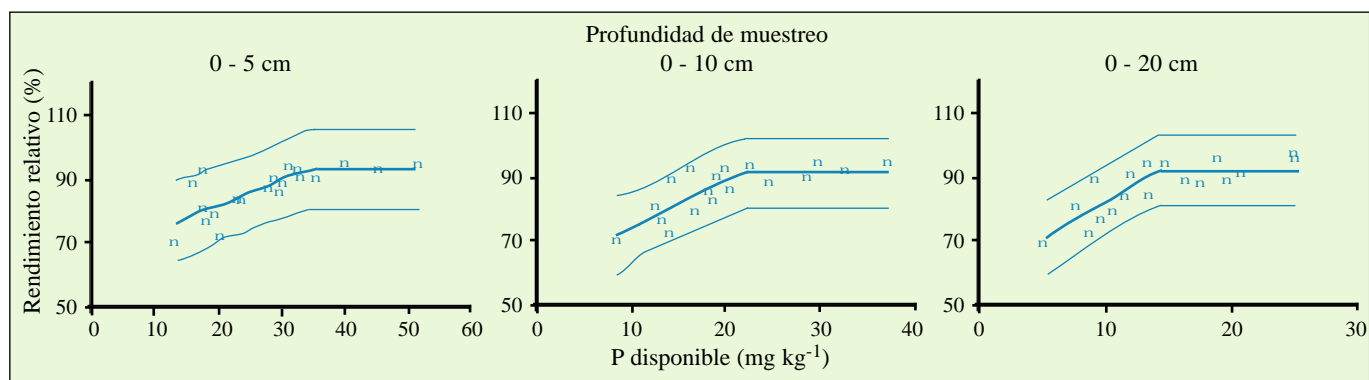


Figura 3. Rendimientos relativos de trigo en función del nivel de P Bray 1 a distintas profundidades de muestreo bajo siembra directa en el sudeste de Buenos Aires, Argentina (Zamuner et al., 2004b). Coeficientes de determinación R² de 0.5, 0.6 y 0.7 para 0 - 5, 0 - 10 y 0 - 20 cm, respectivamente.

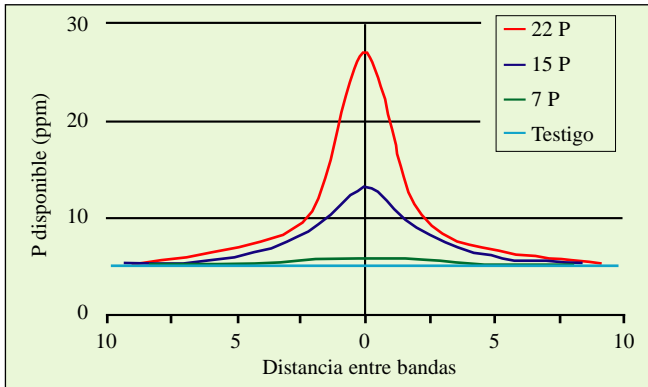


Figura 4. Distribución de P residual alrededor de una banda de fertilización (Kitchen et al., 1990).

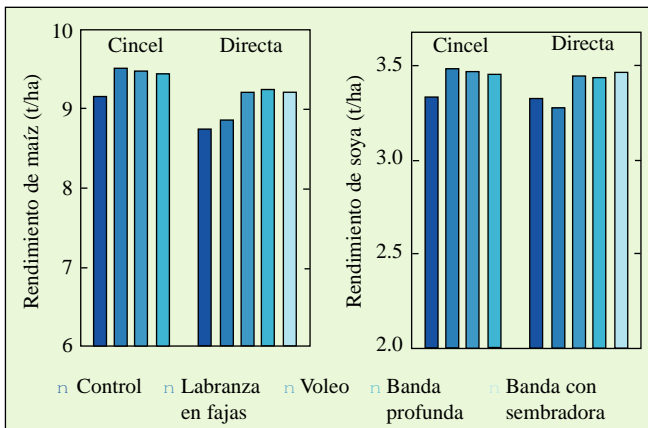


Figura 5. Rendimientos de maíz y soja bajo labranza con cincel y siembra directa con distintos métodos de aplicación de P en Iowa, EE.UU (Mallarino, 2001).

Se han sugerido distintas alternativas de muestreo de suelo para reducir el impacto de la variabilidad horizontal (P residual en bandas de años anteriores). Una alternativa consiste en incrementar el número de submuestras por muestra. Tyler y Howard (1991) consideran que el muestreo al azar es adecuado para evitar sobreestimar el efecto de la banda. Sin embargo, Kitchen et al. (1990) sugieren que una porción de la muestra debe ser tomada de la banda. La Comisión de Fertilidad de Suelos RS/SC (1997) sugiere el muestreo de fajas transversales a las bandas o líneas de fertilización de años anteriores, desde una entrebanda a la siguiente entrebanda incluyendo la línea fertilizada. El muestreo puede realizarse con barreno de 2.5 cm de diámetro en forma transversal a la banda de fertilización considerando 3 submuestras entre bandas y 1 sobre la banda, en bandas a 17.5 - 19 cm de separación, 7 submuestras entre bandas y 1 en la banda para bandas a 38 - 40 cm y 13 submuestras en la entrebanda y 1 en la banda para bandas a 60 - 80 cm.

Los efectos de estratificación y variabilidad horizontal de P también generan interrogantes acerca de la eficiencia de los métodos de aplicación de fertilizantes fosfatados. Las aplicaciones en cobertura total reducirían el impacto de la variabilidad horizontal, pero

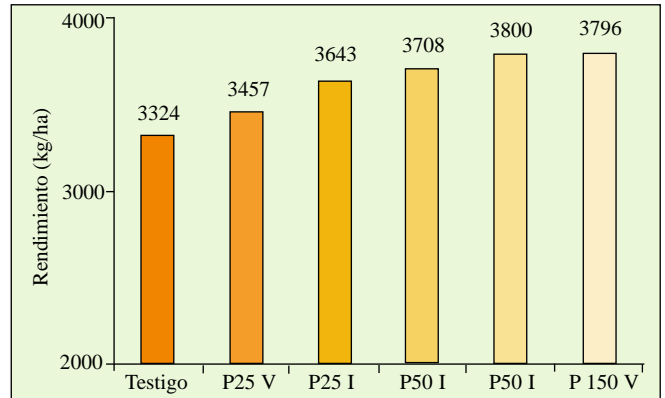


Figura 6. Rendimientos de trigo con aplicaciones de P al voleo, cobertura total, anticipado (40 días antes de la siembra) (V), o incorporado en líneas a la siembra (I) en dosis de 25, 50 y 150 kg/ha de P. Promedios de cinco sitios de la región pampeana argentina con niveles de P Bray de 8 a 22 mg/kg (Bianchini, 2003).

simultáneamente resultarían en una mayor concentración superficial del P aplicado. En zonas húmedas del cinturón maicero norteamericano, Bordoli y Mallarino (1998) no encontraron diferencias en rendimiento de maíz o soja entre tres métodos de aplicación de P: voleo superficial en otoño y banda profunda a 15 - 18 cm o superficial a 5 cm a la siembra en primavera (Figura 5). Evaluaciones realizadas en Uruguay (Bordoli et al., 2004) y en la región pampeana argentina (Bianchini et al., 2003) han demostrado que, bajo las condiciones edafo-climáticas locales, las aplicaciones al voleo de fertilizantes fosfatados solubles antes de la siembra resultan en respuestas similares a las de las aplicaciones en bandas al momento de la siembra, aún en suelos de baja disponibilidad de P extractable (Figura 6). Estos resultados indicarían que la fijación de P en capas superficiales del suelo no sería un proceso de importancia bajo SD en molisoles. Las aplicaciones al voleo anticipadas presentan ventajas desde el punto de vista logístico ya que incrementan la capacidad de trabajo de los equipos y podrían reducir la variabilidad horizontal y, por lo tanto, los problemas asociados al muestreo y diagnóstico de la fertilidad.

Continúa en la pág. No.11



FIJACION DE FOSFORO EN SUELOS DERIVADOS DE CENIZA VOLCANICA

J. Espinosa*

Introducción

Los suelos derivados de ceniza volcánica (Andisoles) cubren una apreciable área de América Central y América del Sur. La fracción arcilla de estos suelos está dominada por alofana, imogolita y halloisita (minerales amorfos de rango corto) que provienen de la meteorización de los materiales piroclásticos producto de deposiciones volcánicas. Investigación conducida en los últimos años ha demostrado que los complejos humus aluminio (Al) juegan también un significativo papel en el comportamiento de los Andisoles.

Una de las características más importantes de los Andisoles es su capacidad para inmovilizar (fijar) fósforo (P) en la superficie de los minerales amorfos. Esta es la principal limitante química de los Andisoles. Apparentemente, la capacidad de fijación de P de los Andisoles varía con el tipo de arcilla presente y esto a su vez cambia el efecto residual de las aplicaciones de fosfato. En ciertos cultivos, los estudios de calibración no han logrado correlacionar adecuadamente el contenido de P en el suelo con las recomendaciones de fertilización.

Mecanismos de fijación de P en Andisoles

Inicialmente se consideró que la fijación de P en los Andisoles ocurría solamente en las superficies activas de la alofana y la imogolita. Los mecanismos de fijación de P en la alofana e imogolita incluyen procesos como quemiasorción, desplazamiento de silicio (Si) estructural y precipitación. Sin embargo, se ha reconocido la importancia de los complejos humus-Al en este proceso. La fracción humus en Andisoles forma fácilmente complejos con metales como el Al. El carbono (C) atrapado en estos complejos es inactivo y deja de ser parte del C activo de la fracción orgánica. Por otro lado, los grupos hidroxilo combinados con el Al acomplexado entran en reacciones de intercambio de ligandos con HPO_4^- y H_2PO_4^- como se observa en la Figura 1, fijando fuertemente el P aplicado.

De igual manera, este fuerte acomplexamiento del Al con el humus limita la posibilidad de coprecipitación de Al con Si, liberados de la descomposición de la ceniza volcánica, lo que a su vez limita también la formación de alofana. Estos procesos se han documentado en

Andisoles de Japón, Colombia y Ecuador (Wada y Kakuto, 1985; Inoue e Higashi, 1988; Benavides y Gonzáles, 1988; Zehetner et al., 2003).

La acumulación de humus es mayor en suelos volcánicos localizados a mayor altitud (> 2500 m sobre el nivel del mar). Evidencia indirecta obtenida en Andisoles de Ecuador y Colombia permite concluir que la fijación de P está estrechamente relacionada con el contenido de C en el suelo (complejos humus-Al). Indirectamente, esto también indicaría cuales minerales arcillosos se formarían a partir de la ceniza volcánica en determinadas condiciones y la intensidad de la fijación de P. Apparentemente los suelos alofánicos tienden a fijar menos P.

Datos de un experimento exploratorio de invernadero diseñado para estudiar la relación entre el C total y la fijación de P se presentan en la Tabla 1. Se sembró sorgo en macetas que contenían suelo tratado con diferentes dosis de P. Después de la cosecha, se caracterizó la retención de P en los suelos de cada una de las macetas. Los datos de este experimento sugieren que de hecho existe una estrecha relación entre el C total y la fijación de P. Se observa también que la retención de P no se reduce con las altas dosis de P aplicadas a esté Udand que tiene un alto contenido de C total. Se esperaba que las altas dosis de P podrían satisfacer o al menos reducir la capacidad de fijación de este suelo.

Datos recientes de un estudio de pedogénesis de un transecto del volcán Cotacachi en Ecuador (Tabla 2) confirmaron el hecho de que la fijación de P está asociada directamente con la presencia de C inactivo en el suelo (Zehetner et al., 2003). Se encontraron dramáticas diferencias altitudinales con respecto a la formación pedogenética de los minerales del suelo. Se determinó

Tabla 1. Efecto de las dosis de P en la subsecuente retención de este elemento en dos Andisoles de Ecuador con diferente contenido de carbono.

Dosis de P_2O_5 kg/ha	Carbono total		P fijado después de la primera cosecha	
	Udand	Eutrand	Udand	Eutrand
	----- % -----			
0	5.0	1.2	42	14
150	5.3	1.1	40	11
300	4.9	1.1	40	8
450	5.1	1.1	42	8

* INPOFOS Norte de América Latina (PPI/PPIC) - Gaspar de Villarreal 154, Quito - Ecuador. E-mail: jespinosa@inpfos.org

que la fracción arcilla de las zonas situadas a elevaciones superiores a 3200 msnm (sobre el nivel del mar) estaban dominadas complejos humus-Al, las zonas entre 3200 y 2700 m snm por complejos humus-Al y alofana y que bajo 2700 m snm no existe presencia de complejos humus-Al. Diferencias en la zonificación se pueden presentar por efecto de las cambiantes condiciones de humedad y temperatura en las diferentes áreas desarrolladas sobre ceniza volcánica en América Latina.

Desde el punto de vista práctico, es aparente que en Andisoles, el contenido de C total podría ser un buen parámetro para determinar la capacidad de fijación de P de un suelo. En la Figura 2 se presenta la correlación

entre el P fijado y el contenido de C total de 42 Andisoles de Ecuador. Un estudio en Andisoles en Chile (Figura 3) demuestra la misma tendencia al encontrar una buena correlación entre el P retenido por la fracción orgánica y el contenido de C total en el suelo (Briceño et al., 2004). Experimentación de campo deberá confirmar si esta relación se mantiene y cómo estos parámetros se podrían relacionar con el diagnóstico del contenido de P en el suelo y con las recomendaciones de fertilización.

Efecto residual de aplicaciones de P en Andisoles

Datos de investigación de varias partes del mundo han reportado que los estudios de calibración, conducidos

en Andisoles, para correlacionar el P extractable con el rendimiento y los requerimientos de P de los cultivos no han sido siempre exitosos. Uno de estos casos es el cultivo de papa en Andisoles de tierras altas de Colombia, Ecuador, Panamá y Costa Rica. Experimentos de campo conducidos en Andisoles de la Sierra alta de Ecuador (INIAP, 1991) evaluaron la respuesta a la aplicación de P en el cultivo de papa en las mismas parcelas por tres ciclos consecutivos. Los resultados presentados en la Tabla 3 indican que los rendimientos obtenidos en la parcela testigo son bajos aún cuando el contenido de P en el suelo, extraído con NaHCO_3 , es alto (28 ppm). Se supone que el nivel crítico general para estos suelos es 12 ppm. Por otro lado, existió una apreciable respuesta en rendimientos a las dosis crecientes de P en todos los ciclos, indicando que el efecto residual de P es bajo, aún cuando el análisis de suelo no reflejaba este hecho. El contenido de P se incrementó a 38 y 59 ppm en las parcelas que recibieron una aplicación de 300 y 450 kg de $\text{P}_2\text{O}_5/\text{ha}$, respectivamente. Sin embargo, el rendimiento de tubérculos en el tercer ciclo, en las mismas parcelas, pero sin aplicación de P, fue de nuevo bajo (Tabla 3). La misma tendencia se observa tanto en las aplicaciones bajas como en las aplicaciones altas de P. Se sospecha que existiría la misma tendencia si se hubiesen utilizado otros extractantes en el análisis de P en el suelo. Los datos presentados en la Tabla 3 sugieren que aún aplicaciones de dosis muy altas de P no satisfacen la capacidad de fijación

Tabla 2. Contenidos de C, Al asociado con el C y retención de P en un transecto de suelos derivados de ceniza volcánica alrededor del volcán Cotacachi, Ecuador (Adaptado de Zehetner, 2003).

Horizonte ¹	Carbono ² (%)	Aluminio asociado al carbono ³ (g/kg)	Fijación de Fósforo ⁴ (%)
Pedón 1, 4050 msnm			
A	7.5	7.0	90
AB	3.8	4.4	89
Pedón 2, 3900 msnm			
A1	10.3	10.1	91
A2	4.1	4.9	87
Pedón 3, 3400 msnm			
A	7.7	7.6	88
AC	2.4	4.0	79
Pedón 4, 3000 msnm			
A	3.4	3.6	61
Pedón 5, 2950 msnm			
A1	3.6	3.0	46
A2	3.0	3.4	46
Pedón 6, 3060 msnm			
A	6.4	5.6	74
Pedón 7, 2900 msnm			
A1	3.1	3.0	52
A2	2.2	2.4	48
Pedón 8, 2740 msnm			
Ap	2.3	1.7	26
A	2.1	2.6	38
Pedón 9, 2570 msnm			
Ap	0.9	0.2	4
A1	0.5	0.2	4
Pedón 10, 2560 msnm			
A	0.3	0.2	7
Pedón 11, 2630 msnm			
A	0.6	0.3	6
Pedón 12, 2410 msnm			
A1	0.4	0.1	6
A2	0.6	0.1	6

1 Horizontes de diferente profundidad.

2 Carbono total determinado por combustión seca (Tabatabai and Bremner, 1991).

3 Aluminio asociado con la materia orgánica extraído con pirofosfato de sodio a pH 10 (Wada, 1989).

4 Diferencia después de 16 h de agitación con una solución de 1000 mg/L de P (Soil Survey Staff, 1996).

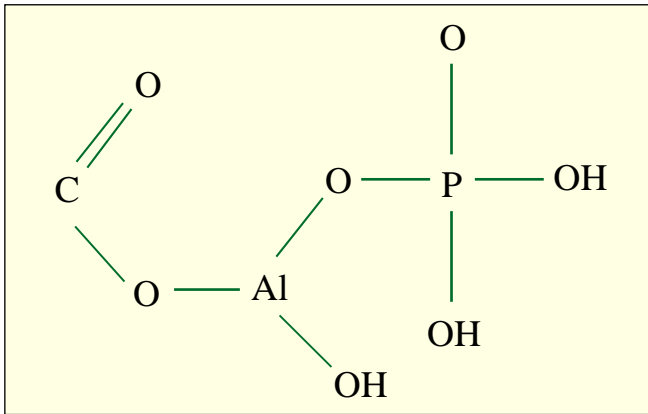


Figura 1. Representación esquemática de la fijación de P en los complejos humus-Al (Sollins, 1991).

de este suelo y el efecto residual es bajo. Para obtener un adecuado rendimiento de tubérculos en este Andisol es necesaria la aplicación de P en cada ciclo.

El suelo utilizado en los experimentos descritos anteriormente (Udand) es típico de las áreas productoras de papas de Ecuador, Colombia, Panamá y Costa Rica. El contenido de carbono en este suelo es 5.3% y se considera que los complejos humus-Al serían los componentes dominantes en la fracción arcilla. Es difícil distinguir entre suelos dominados por alofana, imogolita o complejos humus-Al, y hasta hace poco, los suelos conteniendo estos minerales estaban agrupados en el suborden Andept en el orden de los Inceptisoles. A partir de 1988 se creó un nuevo orden de suelos denominado Andisol para agrupar todos los suelos derivados de materiales volcánicos (ICOMAND, 1986; Arnold, 1985). Este nuevo agrupamiento dentro de la taxonomía de suelo permite la separación de los suelos dominados por complejos humus-Al de los suelos dominados por alofana e imogolita. Este hecho podría permitir una mejor caracterización de la fijación de P en suelos derivados de ceniza volcánica.

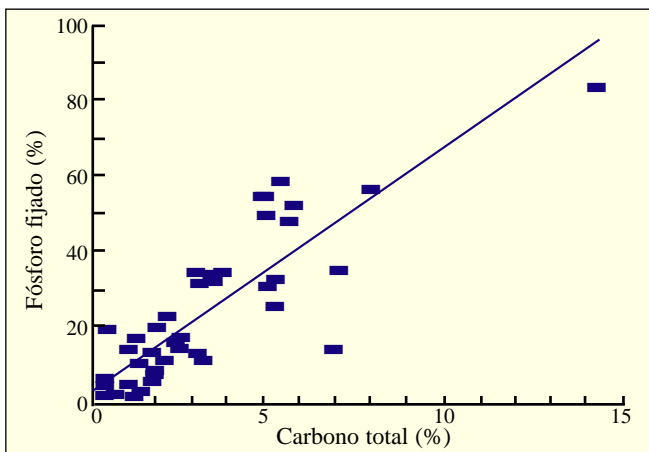


Figura 2. Correlación entre el contenido de C total y el porcentaje de fijación de P en Andisoles de Ecuador (Espinosa et al., 1987).

Experimentos de largo plazo han demostrado que los niveles críticos de P, considerados adecuados para un cultivo en un tipo particular de suelo, cambian cuando se siembra otro cultivo en la rotación. Observaciones similares se han reportado en suelos volcánicos de Ecuador y Colombia. Como se discutió anteriormente, el efecto residual de las aplicaciones de P en el cultivo de la papa es bajo en este tipo de suelos, pero lo contrario ocurre con mezclas forrajeras sembradas en el mismo suelo. La Tabla 4 ilustra la falta de respuesta a la aplicación de P en el cultivo de pastos, cuando el contenido de P en el suelo es alto (35 ppm extraídos con NaHCO_3), observándose además un buen efecto residual. Este comportamiento sugiere que existen diferentes niveles críticos de P para diferentes cultivos sembrados en el mismo Andisol.

Los datos de calibración y correlación entre el rendimiento de papa y el contenido de P en el suelo (extraído con solución Olsen modificada) determinaron que el nivel crítico de P para papa en Andisoles es de 42 ppm (Figura 4). Este trabajo de correlación permite utilizar el análisis de suelos como una adecuada herramienta para diseñar recomendaciones de fertilización en papa en Andisoles. Resultados similares se han reportado en Andisoles de Costa Rica y Colombia.

La violenta actividad volcánica ocurrida en el pasado envió cenizas a la atmósfera, las cuales se movieron largas distancias antes de depositarse en la superficie. Esta es la razón por la cual existen suelos derivados de cenizas volcánicas a considerables distancias del punto de origen. Algunos de estos suelos se han desarrollado en ambientes de alta humedad y temperatura localizados a bajas altitudes. Se sospecha que en estos suelos la cantidad de alofana e imogolita es alta, pero el color del suelo continua siendo oscuro y en la clasificación taxonómica antigua estaban clasificados como Dystrandepsts, exactamente igual a los Andisoles de mayor altura que supuestamente tienen mayor

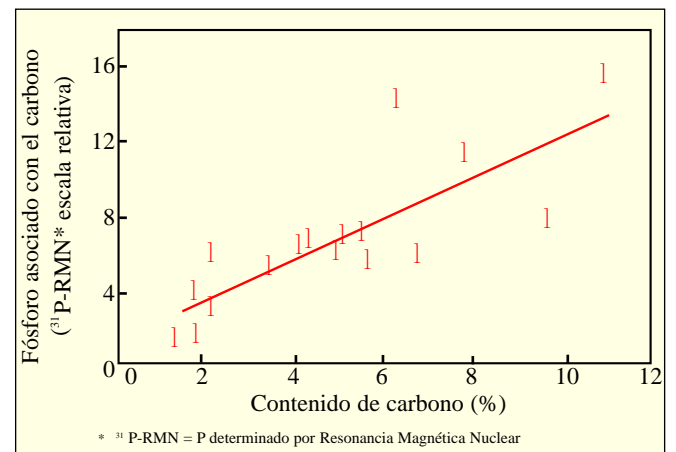


Figura 3. Correlación entre el contenido de C total y el porcentaje de fijación de P en Andisoles de Chile (Briceño et al., 2004).

Tabla 3. Efecto residual de P en el rendimiento de papa y la relación con el contenido de P según el análisis de suelo en un Udand de la Sierra Alta de Ecuador.

Ciclo 1		Ciclo 2		Ciclo 3		Nivel de P* ppm
P ₂ O ₅ kg/ha	Rendim. t/ha	P ₂ O ₅ kg/ha	Rendim. t/ha	P ₂ O ₅ kg/ha	Rendim. t/ha	
0		0	6.04	0	6.37	28
0	3.09	0	5.90	300	32.39	41
0		300	39.34	300	31.19	46
150		0	9.90	0	8.33	28
150	18.46	150	32.65	0	11.32	32
150		150	35.44	150	34.45	40
300		0	15.92	0	7.90	27
300	27.60	300	36.54	0	12.44	38
300		300	39.86	300	32.63	64
450		0	18.84	0	13.21	34
450	27.74	450	42.55	0	24.09	59
450		450	45.12	450	28.28	89

* Contenido de P en el suelo después del tercer ciclo; P extraído con NaHCO₃ (Olsen).

Tabla 4. Efecto de la aplicación y de la residualidad de P en el rendimiento de materia seca de una mezcla forrajera en un Udand de la Sierra Alta de Ecuador.

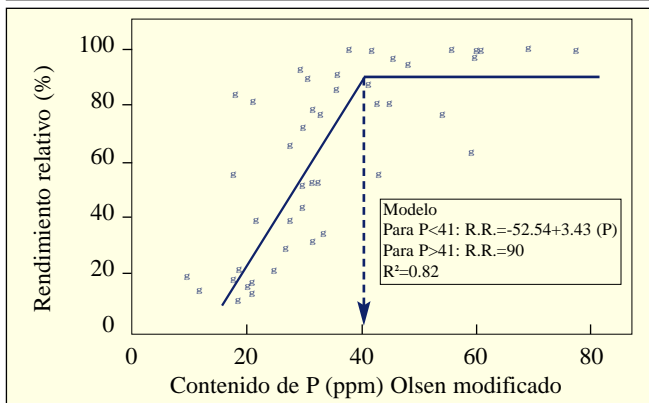
Dosis de P ₂ O ₅ kg/ha	Primera Cosecha	Cuarta Cosecha
	----- t/ha -----	
0	3.6	3.4
100	3.8	3.7
200	3.3	4.3

P aplicado antes de la siembra de la mezcla forrajera
Contenido inicial de P = 35 ppm extraído con NaHCO₃

Tabla 5. Respuesta del maíz a la aplicación de P en un Udand de la Costa Tropical de Ecuador.

Dosis de P ₂ O ₅ kg/ha	Rendimiento t/ha
0	7.5
40	8.4
80	8.3
120	8.1

Contenido inicial de P = 12 ppm extraído con NaHCO₃

**Figura 4. Determinación del nivel crítico para papa en Andisoles de altura (> 2500 msnm) en base a los estudios de calibración.**

contenido de complejos humus-Al. En el caso de estos suelos desarrollados en diferente ambiente, el nivel crítico de 12 ppm de P en maíz ubica razonablemente bien la respuesta a la aplicación de P. Un ejemplo se presenta en la Tabla 5 (INIAP, 1990). Sin embargo, son necesarios estudios de calibración para afinar este nivel crítico, particularmente con los nuevos híbridos de alto rendimiento.

Bibliografía

- Benavides, G. y E. Gonzales. 1988. Determinación de las propiedades Andicas y clasificación de algunos suelos de páramo. Suelos Ecuatoriales 17 :58-64.
- Briceño, M., M. Escudey, G. Galindo, D. Borchard, and A. Chang. 2004. Characterization of chemical phosphorus forms in volcanic soils using 31P-NMR spectroscopy. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 35 (9-10): 1323-1337.
- ICOMAND. 1986. International committee on the Classification of Andisols. Circular Letter N° 8.
- INIAP. 1991. Departamento de Suelos y Fertilizantes, Estación Exp. Sta Catalina. Informe técnico 1990. Quito, Ecuador.
- INIAP. 1991. Departamento de Suelos y Fertilizantes, Estación Exp. Tropical Pichilingue. Informe técnico 1990. Quevedo, Ecuador.
- Inoue, K. and T. Higashi. 1988. Al and Fe-Humus complexes in Andisols. In D. Kinloch, S. Shoji, F. Beinroth and H. Eswaran (eds.), Proceedings of the Ninth International Soil Classification Workshop, Japan, 20 July to 1 August, 1987. Published, by Japanese Committee for the 9th International Soil Classification Workshop, for the Soil Management Support Services, Washington, D.C., USA.
- Sollins, P. 1991. Effects of soil microstructure on phosphorus sorption in soils of the humid tropics. In H. Tielsen, D. Hernandez López and L. Salcedo (eds.), Phosphorus cycles in terrestrial and aquatic ecosystems. Saskatchewan Institute of Pedology. Saskatoon, Canada.
- Wada, K., and Y. Kakuto. 1985. Embryonic halloysites in Ecuadorian soils derived from volcanic ash. Soil Sci. Soc. Am. J. 49:1309-1318.
- Zehetner, F., W.P. Miller, and L.T. West. 2003. Podogenesis of volcanic ash soils in Andean Ecuador. Soil Sci. Soc. Am. J. 67:1797-1809. ☀

MANEJO DEL FOSFORO EN ESTANQUES DE PECES EN SUELOS ROJOS

G. Chattopadhyay, R. Mikherjee y A. Banerjee*

Introducción

La importancia de los suelos donde se construyen estanques de peces ha sido documentada abundantemente. El suelo ejerce influencia sobre la producción de peces no solo porque ayuda en la liberación gradual de diferentes nutrientes en forma bio-disponible para beneficio de los organismos que sirven de alimento para los peces, sino que también controla muchas de las reacciones bio-químicas que ocurren en los ecosistemas acuáticos (Mandal y Chattopadhyay, 1992; Boyd, 1995).

El rendimiento en los estanques en zonas de suelos rojos son generalmente bajos debido a las propiedades adversas del suelo que al parecer restringen la producción de organismos que sirven de alimento para los peces. Un estudio conducido por Neogy et al. (1994) reveló que entre las diferentes propiedades del suelo, la productividad primaria de peces de los estanques en suelos rojos está gobernada por el pH y la disponibilidad de fósforo (P) y potasio (K). Debido a que la disponibilidad de P en estos suelo es comúnmente muy baja por la sustancial fijación en compuestos insolubles de hierro (Fe) y aluminio (Al), se realizaron una serie de estudios para desarrollar un esquema de manejo eficiente del P para estanques de crianza de peces localizados en estas zonas con estos suelos.

Materiales y Métodos

La investigación se condujo en tres fases diferentes. En la fase inicial del estudio se determinó la capacidad de la fijación de P en suelos colectados de 10 estanques localizados en zonas típicas de suelos rojos al Oeste de Bengal, India (Waugh y Fitts, 1966). Durante la segunda fase del estudio, se realizaron experimentos para determinar el efecto del fraccionamiento de las aplicaciones de P, el uso combinado de cal y materia orgánica y la utilización de K junto a P para mejorar la eficiencia de los fertilizantes fosfóricos con relación a la producción de organismos primarios de alimento para los peces. En la última fase del estudio se condujo un experimento en fincas de productores para evaluar la eficiencia de la tecnología de manejo de

P desarrollada en comparación de las prácticas convencionales de fertilización de los estanques en la producción de peces en suelos rojos. Se seleccionaron tres estanques típicos de similares condiciones. Un estanque recibió un tratamiento convencional con 100 - 50 kg de $N-P_2O_5$ /ha/año fraccionado en aplicaciones mensuales. El segundo estanque fue tratado con 100 - 100 - 300 kg de $N-P_2O_5-K_2O$ /ha/año fraccionado también en aplicaciones mensuales. En este estanque se aplicó el 100% de la dosis recomendada de cal. En el tercer estanque los tratamientos fueron similares a los del segundo estanque, pero las aplicaciones de P se fraccionaron en intervalos de 2 semanas junto con el residuo de corral, además se añadió el 50% de la dosis recomendada de cal.

Resultados y Discusión

El estudio de la capacidad de fijación de P de estos suelos demostró que la dosis de P comúnmente recomendada (alrededor de 50 kg de P_2O_5 /ha) no tuvo ningún impacto en el aumento del contenido de P disponible sobre el nivel crítico de 13 ppm. Se requieren dosis mucho más altas para lograr este propósito (Figura 1). Debido a que no es práctico incrementar las dosis de fertilización con P a niveles muy altos en estos suelos pobres, es mejor estrategia el incrementar la dosis hasta cierto punto y al mismo tiempo mejorar la eficiencia de P añadido.



El suplemento de fósforo para la nutrición de los principales organismos que sirven de alimento para los peces en los estanques puede mejorarse apreciablemente con manejo.

* Tomado de: Chattopadhyay, G.N., R. Mikherjee and A. Banerjee. 2003. Phosphorus management for fish ponds located in red and lateritic zones. *Better Crops Internacional* 17 (2): 18-21.

Tabla 1. Efectos promedio de las aplicaciones de residuos de corral y cal en la productividad neta primaria (mg C/m³/hr) de los sistemas de suelo: agua estudiados.

	P ₀ ¹	P _{12.5}	P ₂₅
M ₀ ²	71.1	100.9	122.5
M ₅₀₀₀	114.4	136.6	149.9
M ₅₀₀₀ + 1/2 cal ³	155.2	180.2	197.6

¹ P₀, P_{12.5}, P₂₅ = dosis de P, mg/kg.

² M₀, M₅₀₀₀ = dosis de residuo de corral, mg/kg.

³ 50 % de la dosis recomendada de cal.

Tabla 2. Producción neta primaria (mg C/m³/hr) bajo diferentes tratamientos aplicados a los sistemas de suelo : agua de estanques de peces.

	P ₀ ¹	P _{12.5}	P ₂₅	P _{37.5}
K ₀ ¹	75.0	118.7	133.2	153.7
K _{7.5}	83.5	110.8	145.8	187.4
K ₁₅	88.5	126.0	162.3	191.0

P₀, P_{12.5}, P₂₅ y P_{37.5}, K₀, K_{7.5} y K₁₅ = dosis de P y K, mg/kg.

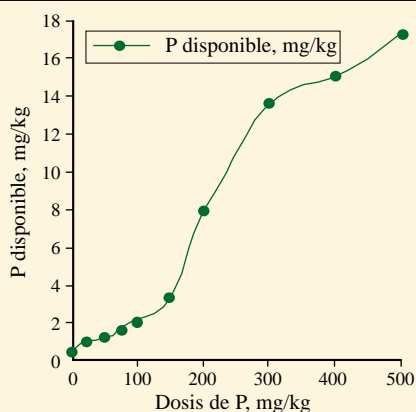


Figura 1. Capacidad de fijación de fósforo en suelos rojos utilizados para construir estanques de peces al Oeste de Bengala, India.

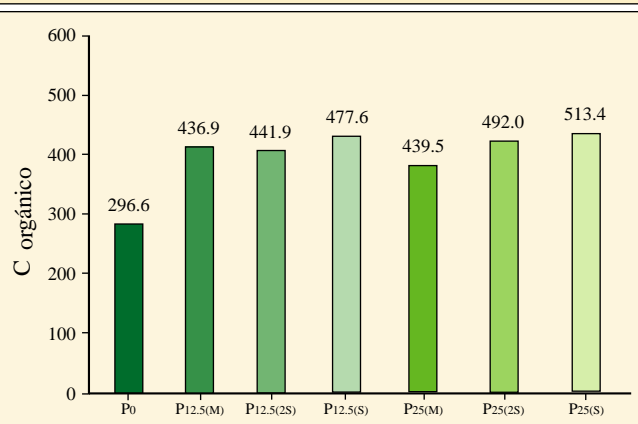


Figura 2. Promedio de producción neta de C (mg C/m³/hr) debido a la fotosíntesis en diferentes tratamientos (Dosis de aplicación de P: 0, 12.5, 25 mg de P/kg de suelo. M, 2S, y S = aplicaciones mensuales, cada dos semanas y semanales, respectivamente).

En vista que los suelos rojos de los estanques tienen una alta capacidad de fijar P, se consideró válida la estrategia de restringir el contacto del fertilizante fosfórico añadido con el suelo del fondo del estanque para permitir una mayor disponibilidad de P para los organismos que son alimento para los peces. Se consideró que el fraccionamiento de las aplicaciones de P era el método más efectivo para lograr este objetivo. Como norma general, los fertilizantes se aplican en los estanques en cantidades mensuales iguales. En este estudio el fraccionamiento de la aplicación de los fertilizantes fosfóricos en fracciones semanales y cada dos semanas ayudó a incrementar la producción de carbono orgánico (C), es decir los niveles primarios de productividad del agua (Figura 2). Este incremento en la eficiencia de los fertilizantes fosfóricos se atribuye al hecho de que se mantiene una mayor cantidad de P en el agua debido a las aplicaciones más frecuentes de P, pero en menor cantidad.

Se conoce que la materia orgánica incrementa la disponibilidad del P aplicado en suelos rojos sumergidos debido a las reacciones de reducción y a los efectos quelatantes que inhiben la transformación del P a formas insolubles. El uso de cal puede ayudar aun más porque incrementa el pH del suelo de los estanques que son en su mayoría ácidos. El presente estudio hizo el intento de estudiar los efectos de las aplicaciones de materia orgánica y cal en el comportamiento del P aplicado en un sistema simulado de agua-suelo de estanque en relación con las productividad primaria. Como el pH de agua de los estanques se incrementa moderadamente bajo condiciones de inundación, el estudio utilizó el 50% de la dosis recomendada de cal basándose en textura y el pH de suelos secados al ambiente. Los resultados mostraron un incremento en los niveles de productividad primaria (NPP) del agua debido principalmente a las aplicaciones de fertilizantes fosfóricos (Tabla 1). Los valores de GPP incrementaron aun más con el uso de residuos de corral y cal.

Además del P, se ha demostrado que el K también puede ser un factor importante que limita productividad en los estanques en suelos rojos (Neogy et al., 1994). Por esta razón, se evaluaron los efectos de las diferentes combinaciones de P y K en la siguiente fase del estudio. Los promedios de los NPP se presentan en la Tabla 2. La inclusión de K con cada dosis de fertilizante fosfórico incrementó el NPP de los organismos que sirven de alimento para los peces en este sistema suelo-agua. Los resultados indicaron que con un incremento en la aplicación de P, el K, que ya es deficiente, se torne aun más limitante previniendo el crecimiento satisfactorio de los peces. Por lo tanto, mientras mayores sean las dosis de fertilizante

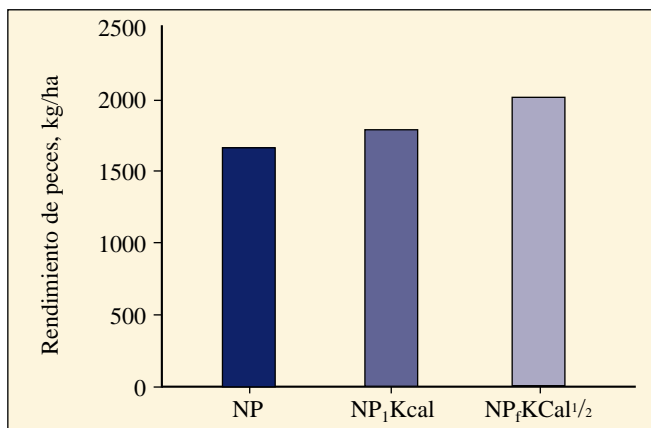


Figura 3. Rendimiento de peces bajo diferentes programas de fertilización con P, Oeste de Bengala, India (NP = 100 - 50 kg de N-P₂O₅/ha/año fraccionado en dosis mensuales más 100% de recomendación de cal; NP₁Kcal = 100 - 100 - 30 kg de N-P₂O₅-K₂O/ha/año con fraccionamiento del P en dosis mensuales más el 100% de la recomendación de cal; NP_fKcal^{1/2} = 100 - 100 - 30 kg de N-P₂O₅-K₂O/ha/año con fraccionamiento del P cada dos semanas más el 50% de la recomendación de cal.

fosfórico es beneficioso incluir K en el cronograma de fertilización de estanques. Esto permite un mayor beneficio del P añadido.

Los valores de rendimiento de peces obtenidos bajo los tres sistemas de fertilización de estanques se presentan en la Figura 3. El mayor NPP del agua de los estanques, resultante de un mejor manejo de nutrientes, fue el responsable del mejor crecimiento de los peces en los estanques. Aquellos estanques tratados con la práctica común (solo NP) produjeron 1550 kg/ha de pescado. El mayor fraccionamiento de las dosis de P junto con K y la dosis recomendada de cal (NP₁Kcal) produjo 1850 kg/ha (19.4% de incremento sobre la práctica común). La tercera opción, que utilizó dosis más pequeñas con mayor fraccionamiento de P y K, junto con residuos de corral y 50% de la dosis recomendada de cal (NP_fKcal^{1/2}), produjo 2080 kg/ha (34.2% de incremento sobre la prácticas común).

Conclusión

La adecuada nutrición con P de los principales organismos que sirven de alimento a los peces de los estanques es un problema global en suelos rojos debido a la baja disponibilidad de nutrientes y a las rápidas tasas de fijación del P aplicado. La información generada en este estudio será de mucha ayuda para desarrollar la producción eficiente de peces en estanques construido en este tipo de suelos.☀

Fósforo dinámica y manejo en sistemas...

Bibliografía

- Bianchini A. 2003. Localización de fósforo en siembra directa. Actas Simposio "El fósforo en la agricultura argentina". INPOFOS Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina. pp. 79-82.
- Bordoli J.M., A. Quincke y A. Marchessi. 2004. Fertilización fosfatada de trigo en siembra directa. XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Actas CD. AACS, Paraná, Entre Ríos, Argentina.
- Bordoli J.M. y A. Mallarino. 1998. Deep and shallow banding phosphorus and potassium as alternatives to broadcast fertilization for no-till corn. *Agron. J.* 90:27-33.
- Calviño P., H. Echeverría y M. Redolatti. 2000. Estratificación de fósforo en el suelo y diagnóstico de la fertilización fosfatada en trigo en siembra directa. Actas CD XVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. AACS. Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.
- Comissao de Fertilidade do Solo-RS/SC. 1997. Recomendacoes de adubacao e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. SBCS-Nucleo Regional Sul. 3ª. Ed. Santa María, RS, Brasil.
- García F., K. Fabrizzi, M. Ruffo y P. Scarabicchi. 1997. Fertilización nitrogenada y fosfatada de maíz en el sudeste de Buenos Aires. Actas VI Congreso Nacional de Maíz. AIANBA. Pergamino, Buenos Aires, Argentina.
- Kitchen N., J. Havlin y D. Westfall. 1990. Soil sampling under no-till banded phosphorus. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54:1661-1665.
- Mallarino A. 2001. Manejo de la fertilización con fósforo y potasio para maíz y soya en el centro-oeste de los Estados Unidos. En Jornada de Actualización Técnica para Profesionales "Fertilidad 2001". INPOFOS Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina.
- Tyler D.D y D.D. Howard. 1991. Soil sampling patterns for assessing no-tillage fertilization techniques. *J. Fert. Issues* 8: 52-56.
- Vivas H., C. Quintero, G. Boschetti, R. Albrecht y M. Befani. 2004. Fertilización con fósforo y azufre: Fracciones de P del suelo y rendimiento de soya y maíz. XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Actas CD: AACS, Paraná, Entre Ríos, Argentina.
- Zamuner E., L.I. Picone y H.E. Echeverría. 2004a. Formas de fósforo en un suelo bajo labranza convencional y siembra directa. Actas CD XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Paraná, Entre Ríos. AACS.
- Zamuner E., H.E. Echeverría y L.I. Picone. 2004b. Fósforo disponible en trigo bajo siembra directa. Actas CD XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Paraná, Entre Ríos. AACS.☀

EL FOSFORO EN LA NUTRICION ANIMAL

Introducción

En el cuerpo animal, un 80% del fósforo (P) se encuentra en el esqueleto. El papel más importante del P es ser integrante fundamental de los huesos y dientes. El resto del P se distribuye ampliamente en el cuerpo en combinación con proteínas, grasas y en sales inorgánicas.

El P constituye el 22% de la ceniza mineral en el cuerpo del animal, un poco menos del 1% del peso total del cuerpo. Es esencial en el transporte y utilización de la energía y se encuentra en todas las células vivas en el ácido nucleico.

El calcio (Ca) y el P están estrechamente asociados en el metabolismo animal. La adecuada nutrición con Ca y P depende de tres factores: una reserva suficiente de cada nutriente, una apropiada relación entre ellos y la presencia de vitamina D. Estos factores se encuentran interrelacionados. A menudo, la relación deseada de Ca:P está entre 2:1 y 1:1.

La vitamina D₃ es esencial para la utilización de Ca. La inadecuada disponibilidad de la vitamina D₃ resulta en un desequilibrio de la relación Ca:P.

Un suplemento abundante de Ca y P es esencial durante la lactancia. El Ca y P constituyen el 50% de la ceniza de la leche.

Los primeros síntomas de la deficiencia de P en los animales son: reducción del apetito, menos P en la sangre, reducción en la ganancia de peso y el deseo de los animales de comer cosas poco comunes como madera y otros materiales. Si la deficiencia es severa se producen problemas en el esqueleto.

La deficiencia de P reduce la producción de leche y la eficiencia de la utilización de los alimentos. Periodos largos de deficiencia de P puede causar cambios en los huesos, cojera y endurecimiento de las articulaciones .

Efecto en diversos animales

Vacunos

Los animales jóvenes y en crecimiento requieren relativamente de más P que en animales adultos. Animales en gestación y lactantes necesitan de más P que otra clase de animales adultos. Los requerimientos específicos de P para el mantenimiento, crecimiento, lactancia y gestación dependen de muchos factores. Las

recomendaciones en las publicaciones del Consejo Nacional de Investigación de Estados Unidos (NRC) se basan en modelos complejos que se consideran el tamaño del cuerpo, raza, los niveles de producción de leche y las condiciones ambientales.

En ganado lechero, la relación Ca:P para vacas en lactancia debe ser de por lo menos 2.1:1, pero debe ser menor a 1.6:1 para vacas secas para reducir el ingreso de Ca durante ese periodo. Para ganado de carne la relación no es muy crítica, pero normalmente no se debe permitir que exceda 4:1.

Se necesita de una dieta suplementaria con P en la mayoría de las situaciones prácticas de alimentación de vacunos. La deficiencia de P es la más general y económicamente importante de todas las deficiencias minerales que afectan al ganado de pastoreo.

En campos de pastoreo con suelos de contenidos bajos en P, la aplicación de este elemento al suelo puede reducir los riegos de tetania de los pastos. Investigaciones en Missouri mostraron que el aplicar alrededor de 76 kg/ha de P₂O₅ incrementó el contenido de magnesio (Mg) de hojas de la festuca alta.

El P mejora el comportamiento de la reproducción en varias etapas del ciclo reproductivo. Estudios en Arizona demostraron que el P incrementa la eficiencia de la concepción para vacas de carne. En Australia, los periodos irregulares de celo se han asociado con una moderada deficiencia de P, la infertilidad con niveles marginales de P y la falta de celo con bajos niveles de P. Estudios conducidos en Texas encontraron que 64% de las vacas testigo alimentadas solo con pasto produjo terneros, comparado con el 85% de las vacas en alimentadas con pasto más un suplemento de P.

Se ha demostrado que el P incrementa la fertilidad, la tasa de nacimiento y crecimiento de terneros y cuando se los aplica a los forrajes a la capacidad de carga del lote.

Porcinos

Se sugiere una relación de Ca total a P total entre 1:1 y 1.25:1. Cuando se basa en P disponible, la relación entre Ca total y P digerible puede ser de 2.8:1 a 3.3:1. Se necesita de una adecuada cantidad de vitamina D para el metabolismo del Ca y P, pero un nivel muy alto de vitamina D puede movilizar cantidades excesivas de Ca y P de los huesos.

La disponibilidad biológica de P en los cereales es variable y va de menos que 15% en maíz a un máximo de 46% en el trigo. La mayor disponibilidad de P en el trigo se debe a que este cereal tiene en forma natural buen contenido de la enzima fitasa que mejora la disponibilidad del P atrapado en forma orgánica en el ácido fítico y el fitato en los granos de los cereales. Se están desarrollando variedades de maíz y cebada que tienen bajo contenido de ácido fítico y fitato. Estos materiales tendrán un contenido normal de P, pero éste será mucho más bio-disponible para cerdos y aves (no rumiantes).

Se puede añadir fitasa de origen microbiano a las dietas de granos y oleaginosas para hacer que el P sea más digeribles. El P de una dieta típica de maíz-soya es solo 20% digerible, pero puede incrementar a más del 46% al añadir fitasa.

El uso de fitasa puede reducir los requerimientos de P en las dietas y reducir la excreción de P en un 30%. Estudios recientes en Europa sugieren que al añadir fitasa puede también mejorar ligeramente la conversión de alimentos en 1 ó 2%. Una dificultad con la fitasa es su sensibilidad al calor durante el proceso de producción de las raciones.

Aves

Las gallinas usan la mayoría del P en funciones corporales a parte de la producción de los huevos. Sin embargo, es importante una cantidad adecuada de P para lograr una tasa alta de producción de huevos.

La deficiencia de P causa menor peso corporal, reduce la eficiencia de la alimentación, produce problemas en el esqueleto y una menor calidad en la cáscara de los huevos. Una dieta baja en P puede reducir la posibilidad de que los huevos empollen, pero no se altera el contenido de P en los huevos.

Gallinas de jaula requieren de altas cantidades de P, más que las gallinas de galpón. El síndrome "fatiga de jaula" es causado por bajos niveles de P en la dieta. Existe un alto rango de mortalidad.

Equinos

Los requerimientos de Ca y P de estos animales han recibido considerable atención. Ambos nutrientes son esenciales para un desarrollo de huesos fuertes, una apropiada mineralización del tejido óseo y una adecuada utilización de la energía.

Se debe monitorizar la relación Ca:P cuando la ingesta de P es mayor que la de Ca y cuando existe baja utilización de Ca de las raciones. Las relaciones Ca:P de 6:1 no parecen ser perjudiciales para los caballos adultos si la ingesta de P es adecuada. Los potros y yeguas se pueden alimentar con relaciones Ca:P de 3:1 sin problemas.

Caprinos

Estos animales requieren P para el desarrollo de tejidos y huesos. La deficiencia de P resulta en lento crecimiento, deseo de comer cosas extrañas y una apariencia desgarbada. Estos síntomas a menudo son acompañados por bajos niveles de P en la sangre.

Perros y gatos

Rara vez ocurren dietas bajas en P en mascotas alimentadas apropiadamente. Sin embargo, estos animales requieren de Ca y P en sus dietas para asegurar que desarrollen huesos y dientes fuertes y buenos músculos. La deficiencia de P en cachorros causa raquitismo y un pobre crecimiento. En gatos, una dieta alta en carnes puede causar desequilibrio de Ca y P, debido a que las carnes tienen un alto nivel de P.*



REPORTE DE INVESTIGACION RECIENTE

FORMAS DE POTASIO EN SUELOS DE ZONAS BAJAS Y SU DISPONIBILIDAD PARA FRIJOL COMUN

Villa, M.R., L.A. Fernández, e V. Faquin. 2004. Formas de potasio em solos de baeza e sua disponibilidade para o feijoeiro. R. Bras. Ci. Solo 28 (4):649-658.

El presente estudio tuvo como objetivos el caracterizar las formas de K, determinar el aprovechamiento por las plantas de estas formas de K y evaluar la respuesta del fríjol común (*Phaseolus vulgaris* L.) a la aplicación de K en cuatro suelos de zonas bajas. También se determinaron los niveles críticos para K en el suelo y planta. El diseño experimental fue completamente al azar en un esquema factorial de 4 x 5 con cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron una combinación de cuatro suelos de zonas bajas [Mesic Organosoil (OY), Melanic Gleysoil (GM), Haplic Gleysoil (GX), y Fluvisc Neosoil (RU) y cinco niveles de saturación de K de la CIC potencial (nativo, 4, 6, 8 y 10%)]. Se cultivaron cuatro plantas de fríjol por vaso hasta la producción de granos. Las muestras de los suelos fueron analizadas para el K total, K no-intercambiable, K intercambiable, K en la solución del suelo, K disponible con Mehlich⁻¹ y resina y se evaluaron las relaciones cantidad/intensidad de K. Las cantidades de K totales y no-intercambiables fueron mayores en los suelos OY y RU, mientras que el K intercambiable y K en la solución del suelo fueron mayores en los suelos O y GH. Los niveles críticos de la saturación de K de CIC fueron 5.0, 4.1, 8.7, y 5.3% y los niveles críticos foliares fueron 17.9, 30.5, 16.8 y 14.6 mg kg⁻¹ para los suelos OY, GM, GX y RU, respectivamente. ✽

ABSORCION Y REDISTRIBUCION DE NITROGENO (¹⁵N) EN CITRUS MITIS

Natale, W., e J. Marchal. 2002. Absorção e redistribuição de nitrogênio (¹⁵N) em citros Mitis. Revista Brasileira de Fruticultura 24 (1): 183-188.

La evaluación de la eficiencia del uso de nitrógeno permite un mejor entendimiento de los aspectos nutricionales de la respuesta a la fertilización. El presente ensayo tuvo como objetivo estudiar la absorción y redistribución del nitrógeno (¹⁵N) en *Citrus mitis* B1. Las fuentes de fertilizantes utilizados fueron: sulfato de amonio, urea, nitrato de calcio y nitrato de potasio. El diseño experimental usado fue completamente al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones. Se realizaron dos muestreos a los 10 y 20 días después de la aplicación del fertilizante marcado a fin de determinar los contenidos de N en las diferentes partes de la planta.

Los resultados indicaron que no hubo efecto de los tratamientos sobre el peso de materia seca y el contenido de N en las plantas. La eficiencia de absorción de N varió con la naturaleza del fertilizante nitrogenado y con la época de muestreo, mientras que la distribución de N no fue afectada. La máxima eficiencia de la absorción de N varió de 14% (urea) a 31% (sulfato de amonio), respectivamente, a los 10 y 20 días después de la aplicación de ¹⁵N. ✽

FERTILIZACION NITROGENADA DE MAIZ EN SIEMBRA DIRECTA EN UN AÑO CON LLUVIAS NORMALES Y CON EFECTO DE "EL NIÑO"

Wolschick, D., R. Carlesso, M.T. Petra, e S.O. Jadoski. 2003. Adubação nitrogenada na cultura do milho no sistema plantio direto em ano com precipitação pluvial normal e com "El Niño". R. Bras. Ci. Solo 27 (3):461-468.

El objetivo de este estudio fue evaluar diferentes formas de aplicación de N en el cultivo de maíz en un sistema de siembra directa en sucesión a avena en dos regímenes hídricos. Los tratamientos fueron: (a) la aplicación de 150 kg ha⁻¹ de N antes de la siembra y 30 kg ha⁻¹ de N en la siembra, con las dosis de lluvia iguales a las de "El Niño" de los años 1997/98; (b) aplicaciones de nitrógeno de 30 kg ha⁻¹ en la siembra y 30 kg ha⁻¹ de N a los 31 y 57 días después de la emergencia del cultivo (DDE), con las aplicaciones de lluvias de "El Niño"; (c) sin aplicaciones N y con las dosis de lluvias de "El Niño" y (d) aplicaciones de N (tratamiento b), con aplicaciones de lluvias normales. El experimento se llevó a cabo durante el ciclo de crecimiento del año 1998/99 en la Universidad Federal de Santa María usando en un diseño completamente al azar, con dos repeticiones. Se usó un juego de ocho lisímetros que fueron protegidos de las lluvias naturales con una cobertura móvil. Se evaluó la altura de la planta, el índice de área foliar (IAF), la masa seca de la parte aérea, el rendimiento de grano, el porcentaje de N del N total ubicado en el grano. La aplicación de N en dos regímenes de pluviosidad no tuvo ningún efecto sobre el IAF, altura de la planta, rendimiento de grano y el total de N translocado a los granos. La producción de masa seca de hojas y residuos y la cantidad de N translocado a estas partes de la planta fueron menores en el tratamiento de lluvias normales en comparación con aquellos que recibieron las aplicaciones de N y las lluvias de "El Niño". ✽

EFEECTO DE LA DOSIS Y EPOCA DE APLICACION DE NITROGENO EN EL CONTENIDO DE CLOROFILA Y NITROGENO FOLIAR EN FRIJOL

Carvalho, M.P., E. Furlani, O. Arf, M.E. Sá, H.B. Paulino, e S. Bizetti. 2003. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio e teores foliares deste nutriente e de clorofila em feijoeiro. *R. Bras. Ci. Solo* 27:445-450.

Se evaluó el efecto de las aplicaciones de N (época y dosis) en el contenido de clorofila y de N en las hojas de fríjol y se establecieron correlaciones entre estos parámetros entre sí y con el rendimiento. El experimento se condujo en la región de Selvíria, estado de Minas Gerais en un diseño de bloques completos al azar en arreglo factorial 3 x 5. Los tratamientos consistieron en la combinación de aplicaciones de N (urea) en banda superficial (0, 35, 70, 105 y 140 kg/ha de N) en tres épocas (15, 30 y 15 + 30 días después de la emergencia). Se determinó el contenido de N y de clorofila en las hojas durante el pico de floración así como el rendimiento a la cosecha. Todos los datos se correlacionaron entre ellos y con las dosis de N. El contenido de clorofila tuvo una correlación positiva con el contenido de N en la hoja y con la producción de grano. Se demostró la utilidad del medidor portátil de clorofila como una herramienta para evaluar el estado nutricional de las plantas de fríjol.✽

ABSORCION FOLIAR Y TRANSLOCACION DE BORO EN PLANTAS JOVENES DE CITRICOS

Boaretto, R.M., A.E. Boaretto, T. Muraoka, e D.H. Silva. 2002. Absorção foliar e translocação do boro em plantas jovens de citros. In: *Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, Rio de Janeiro. Resumos, SBCS, p. 154.*

La fertilización foliar se emplea para prevenir o corregir deficiencias de micronutrientes. En cítricos, la eficiencia de absorción de B aplicado vía foliar y la translocación en la planta todavía no están bien establecidas. El objetivo del experimento fue estudiar la absorción foliar de soluciones con diferentes concentraciones de B en función del tiempo y la movilidad de B adsorbido por las hojas a los órganos que crecieron después de la aplicación foliar. Plantas jóvenes de naranja 'Valencia' injertadas con plantas de limón 'Cravo' fueron pulverizadas con soluciones de diferente concentraciones de B (0, 0.085, 0.170, 0.255 y 0.340 g.L⁻¹). Las plantas fueron muestreadas 3, 6, 12 y 24 horas y 5, 15 y 30 días después de la aplicación. La parte aérea fue dividida en "parte vieja" (existente en el momento de la fertilización) y "parte nueva" (nacida después de la fertilización). Por los resultados se verificó que todas las dosis incrementaron el contenido foliar de B en las hojas de la "parte nueva". La eficiencia de la absorción foliar de B fue de aproximadamente 9%, valor obtenido 15 días después de la pulverización.✽

CURSOS Y SIMPOSIOS

1. Congreso Peruano de la Ciencia del Suelo

Organiza : SPCS
Lugar y Fecha : Cuzco, Perú
 Noviembre 15-19, 2004
Información : SPCS
 Telfax.: 51 1 3495622
 j.alegre@cgiar.org
 braulio@lamolina.edu.pe

2. 9^{no} Simposio Internacional de Análisis de Suelos y Plantas

Organiza : ISSPA
Lugar y Fecha : Cancún. México
 30 Enero - 4 Febrero, 2005
Información : Turnstrasse 11
 67706 Krickenbach - Germany
 Fax.: 49 6307 401104
 www.spcouncil.com

3. Foro Internacional de Salinidad

Organiza : International Salinity Forum
Lugar y Fecha : California, EEUU
 Abril 25-27, 2005
Información : Dr. Don Suarez
 Tel.: 001 909 369 4815
 dsuarez@ussl.ars.usda.gov

4. 18^o Congreso Mundial de la Ciencia del Suelo

Organiza : Unión Internacional de la Ciencia del Suelo
Lugar y Fecha : Filadelfia, EEUU
 Julio 9-15, 2006
Información : WCSS
 18wcss@soils.org
 www.18wcss.org

PUBLICACIONES DE INPOFOS

Las siguientes publicaciones de INPOFOS se encuentran disponibles al siguiente costo



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



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



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



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



- ✿ **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 nutricional, conocer sus causas y determinar una estrategia de prevención o recuperación. \$ 8.00



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



- ✿ **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. \$ 6.00



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



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



- ✿ **Manual 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

- ✿ **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

- ✿ **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

- ✿ **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 204. Telf. y Fax.: 211-3383. E-mail: scsuelo@cable.net.co. Bogotá, Colombia.

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

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

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