

EFFECTOS DE LA REMOCION DE RESIDUOS Y DE LA FERTILIZACION EN EL RENDIMIENTO DE LOS CULTIVOS Y EN LA SOSTENIBILIDAD DEL SUELO

K. Janssen, y D. Whitney

Introducción

Muchos productores de cereales utilizan los residuos para alimentar el ganado o para otros usos dentro de la finca con poco efecto negativo. Generalmente no se usa el residuo del mismo lote todos los años. Además,

algunos de estos materiales regresan al campo en los desechos de los animales. El potencial para afectar la sostenibilidad del cultivo y el suelo es mayor cuando se renueven los residuos completamente de la finca.

La primera razón para preocupación,

cuando se remueven totalmente los residuos de cultivo del campo, es la pérdida de protección del suelo contra erosión. La remoción de los residuos puede también afectar el almacenamiento y conservación del agua en el suelo. Además, esta práctica puede reducir el contenido de materia orgánica y el contenido de nutrientes y cambiar las propiedades físicas del suelo. Se conoce poco acerca del efecto de la aplicación de fertilizantes como práctica para reducir la pérdida de nutrientes cuando los residuos son retirados completamente del campo.

Trabajo de campo

Este estudio se estableció para determinar los efectos de la práctica de regresar al campo diversos niveles de residuos del cultivo en las propiedades del suelo y en rendimiento de una rotación soya - trigo - sorgo, fertilizada con dosis variables de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K).

Esta investigación se condujo en la granja experimental de la Universidad de Kansas, E. U., localizada al este del Estado, en un suelo franco limoso.

* Tomado de: Janssen, K., and D. Whitney. 1995. Crop residue removal and fertilizer effects on crop yield and soil sustainability. Better Crops 79 (2): 4-6.

CONTENIDO

Página

Efectos de la remoción de residuos y de la fertilización en el rendimiento de los cultivos y en la sostenibilidad del suelo	1
Factores que afectan la respuesta de los cultivos a la aplicación de fósforo	4
Fertilización con Silicio: Una alternativa para el control de enfermedades en Caña de Azúcar y Arroz	6
A propósito de ecología, agricultura y fertilizantes (Opinión Invitada)	9
Reporte de Investigación Reciente	14
Cursos y Simposios	15
Publicaciones de INPOFOS	16

Editado por: Dr. José Espinosa

El estudio se inició en 1980 y continuó por 12 años consecutivos utilizando la rotación soya - trigo - sorgo, pero solamente se cultivó una de estas especies cada año. Los tratamientos con residuo fueron: 1) Residuo removido cada año después de la cosecha, 2) Incorporación del residuo normal dejado después de la cosecha y; 3) Incorporación del doble de residuo normal dejado por la cosecha. Los tratamientos de fertilización presentados en la Tabla 1 se aplicaron sobre los tratamientos de manejo de residuos.

Cada año se midieron los rendimientos de grano y de residuos. Al décimo primer año se tomaron muestras de suelo a una profundidad de 0 a 15 cm para análisis químico. Se midió también la densidad aparente a una profundidad de 0 a 10 cm. Se utilizó todos los años una rastra para la preparación del suelo y la incorporación de los residuos.

Resultados

El rendimiento de grano y el rendimiento de residuos variaron con el cultivo y el año. Los rendimientos de soya estuvieron entre 0.938 a 3.551 t/ha, mientras que los residuos variaron entre 0.761 y 1.841 t/ha; en trigo los rendimientos variaron entre 1.943 y 3.550 t/ha, con un residuo que varió

Tabla 1. Tratamientos de NPK para los cultivos en rotación.

Tratamientos de NPK	Soya	Trigo	Sorgo
	----- N - P ₂ O ₅ - K ₂ O, kg/ha -----		
Testigo	0 - 0 - 0	0 - 0 - 0	0 - 0 - 0
Bajo	0 - 0 - 0	30 - 20 - 30	60 - 20 - 30
Normal	0 - 0 - 0	60 - 40 - 60	120 - 40 - 60
Alto	0 - 0 - 0	90 - 60 - 90	120 - 60 - 90

entre 2.218 y 3.293 t/ha; y los rendimientos de sorgo variaron entre 3.024 y 6.966 t/ha, mientras que los residuos variaron entre 2.486 y 5.958 t/ha. Al igual que los rendimientos de grano, los rendimientos de residuo variaron substancialmente con el año. Aun cuando no son válidas estadísticamente las comparaciones directas entre las producciones de residuos, debido a que no estuvieron presentes todos los cultivos en cada año, se pudo observar que el sorgo produjo la mayor cantidad de residuo con un promedio anual de 3.786 t/ha, el trigo 2.688 t/ha y la soya 1.277 t/ha.

Los tratamientos de residuos no produjeron diferencias estadísticamente significativas en rendimiento de grano en ninguno de los cultivos y en ningún año. Tanto la remoción de residuos como la incorporación de doble cantidad de residuos no tuvo efecto sobre los rendimientos de los

cultivos.

Por otro lado, la aplicación de fertilizantes incrementó tanto el rendimiento de grano como el de residuos como se observa en las Figuras 1 y 2. Generalmente, los rendimientos más altos de grano y residuo se obtuvieron con los tratamientos de dosis normal y alta de fertilizantes.

El análisis de suelos, conducido después de 11 años de aplicación continua de los tratamientos de residuos y nutrientes, indicó diferencias significativas para K intercambiable, densidad aparente (datos no presentados) y materia orgánica, como efecto de los tratamientos de adición de residuos. Además existió una interacción estadísticamente significativa para K entre los tratamientos de residuos y de fertilización (Figura 3).

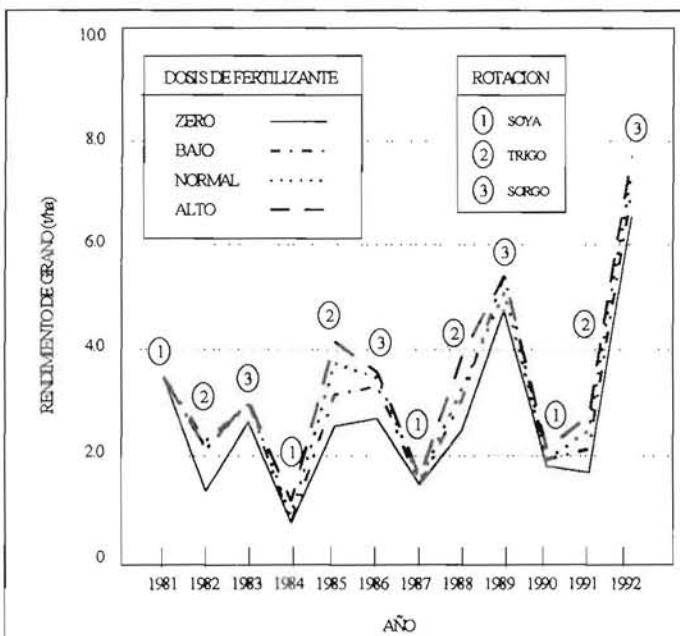


Figura 1. Efecto de la aplicación de fertilizantes en el rendimiento de grano de la rotación.

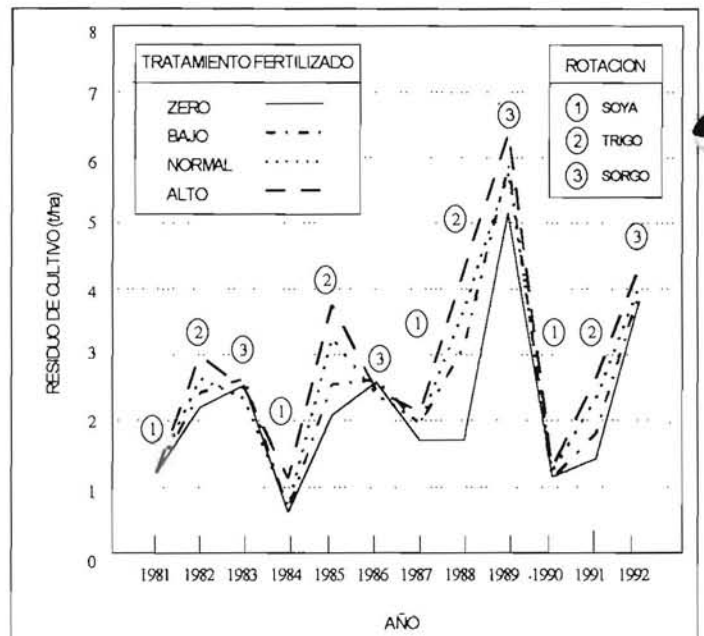


Figura 2. Efecto de la aplicación de fertilizantes en el rendimiento de residuos en la rotación.

Los tratamientos de residuo afectaron más al K intercambiable observándose que éste se redujo cuando se removieron los residuos. El aplicar doble cantidad de residuos incrementó el K intercambiable, especialmente cuando se aplicaron los niveles altos de fertilizantes. Esto se debió a que la remoción de K por el cultivo fue excedida por el alto contenido de K en los residuos y en las aplicaciones de fertilizantes.

La materia orgánica del suelo se redujo con la remoción de residuos del campo y con la aplicación normal de residuos cuando no se aplicó fertilizantes (Figura 4). La incorporación de doble cantidad de residuo incrementó el contenido de materia orgánica en el suelo. La incorporación del doble de residuos, en combinación con las dosis altas de fertilizante, produjo la mayor cantidad de residuo en las siguientes cosechas y los niveles más altos de materia orgánica en el suelo. La materia orgánica en el suelo es el resultado del balance entre las pérdidas por descomposición y las ganancias provenientes de los residuos y raíces del cultivo que permanecen en el campo. La densidad aparente se incrementó ligeramente con la remoción de los residuos del cultivo y se redujo ligeramente cuando se incorporó el doble de residuos. Esto es posiblemente un reflejo de las

diferencias en el contenido de materia orgánica.

Conclusiones

Los resultados de este estudio sugieren que en situaciones donde la erosión y las relaciones agua suelo no tienen mucha importancia, la remoción de los residuos del campo no debería afectar los rendimientos en el corto plazo. Sin embargo, esta remoción de residuos reduce ligeramente el contenido de materia orgánica e incrementa la densidad aparente en comparación con la incorporación normal de residuos. Estos efectos aparentemente ligeros tienen un potencial de causar problemas graves en el largo plazo. La remoción de residuos del campo requerirá de la aplicación de K extra en el relativo corto plazo, debido al alto contenido de K que se pierde en los residuos.

La remoción continua de residuos a largo plazo es una práctica cuestionable, debido a que esta remoción puede causar mayor reducción en el contenido de materia orgánica e incrementar los problemas físicos del suelo y eventualmente afectar el rendimiento del cultivo.

Los efectos de la remoción de residuos del campo podrían ser muy diferentes en otros ambientes con

diferentes suelos. El suelo donde se condujo este experimento tuvo un contenido inicial alto de materia orgánica y un nivel medio a alto en fertilidad. Es probable que aquellos suelos con contenidos bajos de materia orgánica y niveles bajos de fertilidad sean afectados más rápidamente por la remoción de los residuos del campo. ♦

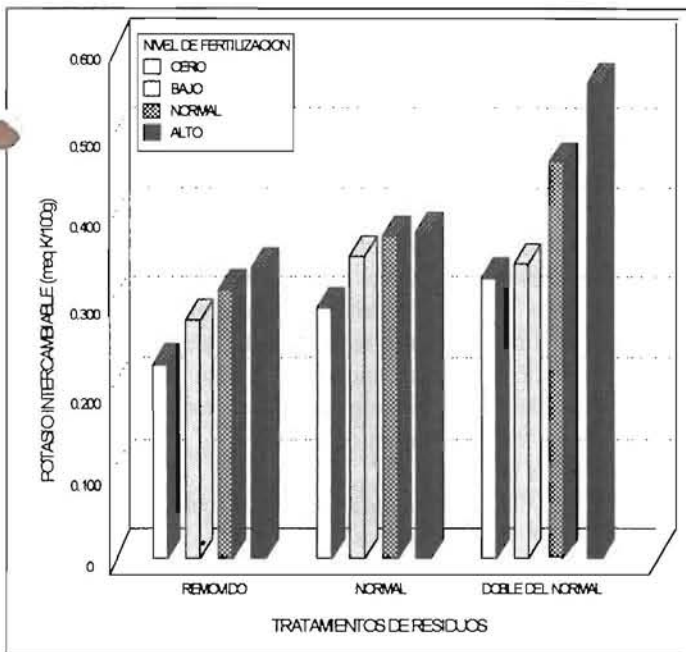
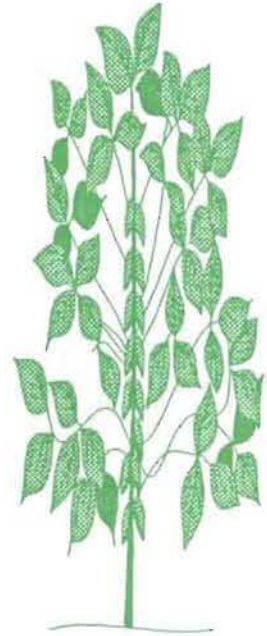


Figura 3. Potasio intercambiable después de 11 años de manejo de residuos y fertilizantes.

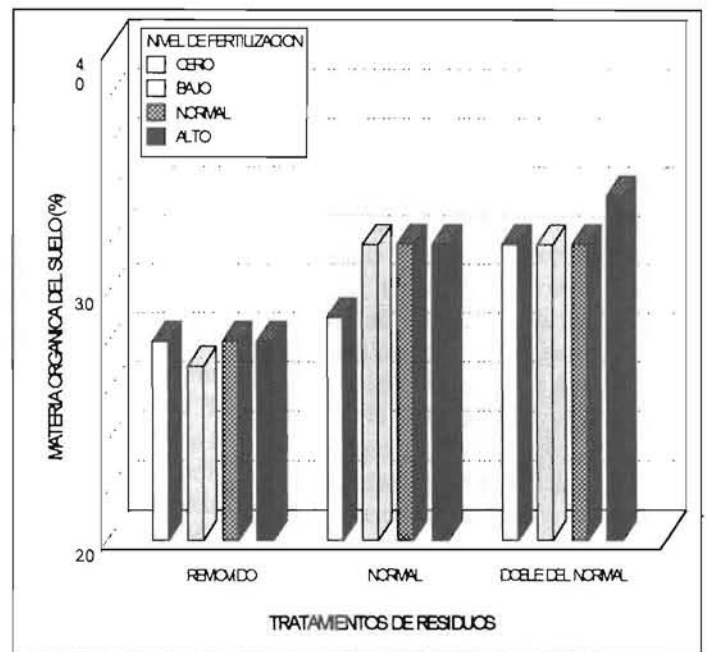


Figura 4. Materia orgánica en el suelo después de 11 años de manejo de residuos y fertilizantes.

FACTORES QUE AFECTAN LA RESPUESTA DE LOS CULTIVOS A LA APLICACION DE FOSFORO

P. E. Fixen*

Introducción

En la temporada de 1985, el agricultor por excelencia Sr. Hernán Warsaw, trabajando en Saybrook, Illinois, E.U., produjo 23.3 t/ha de maíz. En la temporada de 1994 los rendimientos promedio de grano del cinturón maicero de los E.U. sobrepasaron las 15 t/ha. Esto ilustra el hecho de que cuando se eliminan los factores que limitan el rendimiento, sea por manejo o por la presencia de buenas condiciones climáticas o por efecto de los dos, los híbridos y variedades modernas tienen la remarcable habilidad de producir rendimientos muy altos.

El poder predecir la respuesta a la aplicación de fósforo (P) es un paso crítico en el diseño de un plan de manejo que elimine al P como un factor limitante de la producción. Varios factores que interactúan entre sí influyen en la respuesta de los cultivos a la aplicación de P. Estos factores deben ser evaluados en las condiciones específicas de cada sitio de producción.

Factores que influyen en la respuesta del fósforo

Análisis de suelos. La predicción de la respuesta al P se inicia con el análisis de suelos.

No existe ningún sustituto de un análisis de suelo preciso y confiable. La investigación conducida en la calibración del análisis de suelos garantiza que éstos sean una excelente referencia del contenido de P en el suelo. Es decir, que cuando el análisis indica un contenido muy bajo de P existe más del 80% de probabilidades de que se encuentre respuesta económica a la aplicación de este nutriente. Por otro lado, si el análisis

indica un contenido muy alto, la probabilidad de encontrar respuesta económica a la aplicación de P es menor del 20%. Sin embargo, muchos otros factores influyen en la respuesta al P. El conocer estos factores ayuda a determinar si un lote en particular "se comporta en contra de la probabilidad" y responde regularmente a la aplicación de P aun cuando el análisis indique un contenido alto de este nutriente. A continuación se discuten algunos de estos factores.

Potencial de variabilidad del contenido de P dentro del campo. No se puede asumir que una muestra de suelos que representa el promedio de fertilidad indique todas las condiciones reales del campo. Estudios de muestreo de suelos detallados conducidos recientemente en campos de producción en muchos lugares han demostrado que existe una muy alta variabilidad en el contenido de P dentro del campo. Muchos lotes que en promedio indican un contenido alto, o aun muy alto de P, tienen apreciables áreas dentro del campo de contenidos bajos o aun muy bajos de P. Estas áreas deben ser identificadas y manejadas independientemente para que puedan contribuir substancialmente al rendimiento total del lote.

Condiciones de drenaje en el campo. Los cultivos que crecen en suelos pobremente drenados responden a la aplicación de P aun cuando el análisis indique un contenido muy alto de este nutriente en el suelo. La Figura 1 ilustra esta condición con los datos de un estudio conducido en Minnesota, E.U. en suelos pobremente drenados. La baja disponibilidad de oxígeno en suelos pobremente drenados reduce la tasa de crecimiento de las raíces y la habilidad de éstas para absorber y translocar P.

Compactación del suelo. La compactación del suelo puede reducir la disponibilidad de P. Muchos lotes se labran y siembran en condiciones muy húmedas y esto causa compactación haciendo que los suelos bien drenados se comporten como suelos con mal drenaje. La resistencia física a la penetración de las raíces en suelos compactados reduce la habilidad del cultivo para obtener P.

Localización del P en el suelo. La aplicación de P en banda generalmente trabaja mejor que la incorporación de P aplicado al voleo, cuando se aplican cantidades modestas y los contenidos de P en el suelo son bajos. Esta diferencia tiende a desaparecer a medida que se incrementan los contenidos de P en el suelo o se incrementan las dosis de aplicación. Sin embargo, se observan respuestas a la aplicación en banda de P debajo y un lado de la semilla, en el cultivo de maíz por ejemplo, aun en suelos con contenidos altos de P. Esto se debe a que la banda pone a disposición de la plántula de maíz, de restringido sistema radicular, suficiente P indispensable en las primeras fases de vida del cultivo. Esto permite que el potencial de rendimiento se exprese adecuadamente.

Inundación del campo en el ciclo anterior. La inundación de los lotes en la temporada anterior reduce la disponibilidad de P para el siguiente cultivo. Esto se debe a una combinación de cambios químicos en el suelo y a la reducción del efecto benéfico de las micorrizas. Esta condición es evidente aun en suelos con muy alto contenido de P.

Variedades e híbridos utilizados. Muchos estudios han demostrado que las diferentes variedades e híbridos

* Director de la oficina regional Centro Norte de los E.U. del Instituto de la Potasa y el Fósforo. P.O. Box 682. Brookings, SD 57006. USA.

difieren substancialmente en la respuesta a P, especialmente en la respuesta al P aplicado en banda. Esto significa que quizá las variedades o híbridos utilizados actualmente no respondan igual que los materiales genéticos utilizados cuando se desarrollaron las recomendaciones de manejo. Las recomendaciones generales de manejo requieren del fino ajuste local, debido a las diferencias en el potencial de rendimiento de los diferentes materiales genéticos.

Suelos afectados por sales. Las áreas afectadas por sales generalmente presentan más respuesta a la aplicación de P que las áreas normales. A medida que se incrementa la salinidad se reduce la absorción y la concentración de P en la planta. Las áreas de concentración salina deben ser manejadas como unidades independientes donde se espera una mayor respuesta a la aplicación de P.

Contenido de aluminio (Al) en suelos ácidos. Los altos niveles de Al en suelos ácidos incrementan la respuesta al P. En estas condiciones la aplicación en banda de este nutriente a la siembra junto a la semilla generalmente reduce la toxicidad de Al. Es recomendable encalar cuando es posible y asegurarse de satisfacer las necesidades de P de las plantas.

Nutrición balanceada. La nutrición balanceada es imprescindible para lograr la respuesta total al P aplicado. Niveles insuficientes de otros nutrientes reducen substancialmente la respuesta al P. Un ejemplo de nutrición balanceada se presenta en la Tabla 1 con datos de experimentos conducidos en Indiana, E.U.

Conclusiones

Si se desea conservar el potencial de rendimiento de las semillas utilizadas, durante todo el ciclo de crecimiento, es necesario asegurar que las plantas tengan acceso a P desde el inicio mismo del cultivo. En maíz, por ejemplo, la presencia de una deficiencia de P en el período que va desde la germinación hasta que la planta tiene cinco hojas reduce el número de granos por mazorca. En

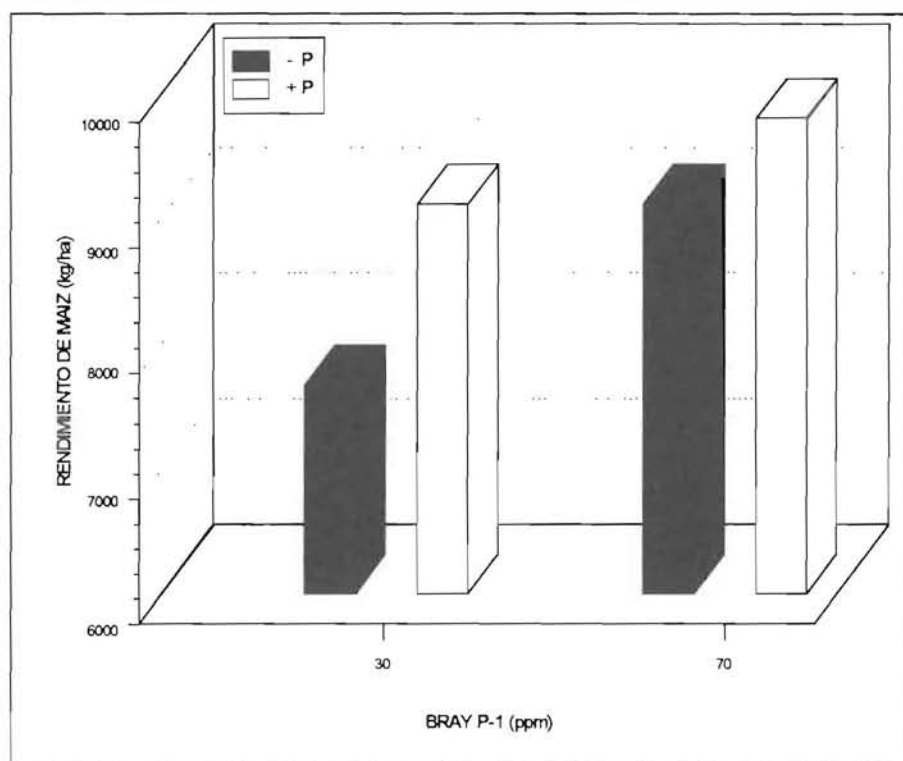


Figura 1. Efecto de la aplicación de P en suelos pobremente drenados con alto contenido de este nutriente (Minnesota, E.U.).

Tabla 1. Efecto de la nutrición balanceada en el rendimiento de maíz (Indiana, E.U.).

Tratamientos			Rendimiento
N	P ₂ O ₅ kg/ha	K ₂ O	t/ha
0	70	100	2.67
200	70	0	6.02
200	0	100	6.69
200	70	100	8.97

condiciones de alto rendimiento esto significa una reducción substancial de rendimiento. Diversas razones pueden limitar esta disponibilidad y afectar el cultivo. El entender estas circunstancias puede ser de mucha ayuda para desarrollar un plan específico de manejo de P para cada lote en particular. Este plan debe basarse en el análisis de suelos, pero debe considerar los diversos factores que afectan la respuesta de los cultivos al P. El plan de manejo de P debe ser dinámico, evolucionando a medida que se conoce más de las necesidades particulares de los suelos en cada lote, los requerimientos de los cultivos sembrados y las prácticas culturales empleadas. ♦



FERTILIZACION CON SILICIO: UNA ALTERNATIVA PARA EL CONTROL DE ENFERMEDADES EN CAÑA DE AZUCAR Y ARROZ

G. H. Korndorferr, y L. E. Datnoff*

Introducción

Generalmente no se considera el silicio (Si) como parte del grupo de elementos esenciales o funcionales para el crecimiento de las plantas. Sin embargo, el crecimiento y la producción de muchas gramíneas (arroz, caña de azúcar, sorgo, avena, trigo, maíz, pastos, etc.) y algunas otras especies (alfalfa, frijol, tomate y repollo) se han incrementado con el aumento de la disponibilidad de Si para las plantas (Elawad Jr. and Green, 1979; Silva, 1973).

Es necesario aclarar que el Si es uno de los elementos más abundantes en la corteza terrestre y que la mayoría de los suelos contienen considerables cantidades de este nutriente. Por otro lado, un historial de cultivos consecutivos puede reducir el nivel de este elemento a tal punto de que sean necesarias las aplicaciones de Si al suelo para obtener rendimiento máximo. Esto ocurre principalmente en suelos muy intemperizados y altamente lixiviados (desilificados), ácidos, con bajos contenidos de Si intercambiable y una baja relación Si/sequióxidos (suelos rojos y suelos arenosos) (Brady, 1992; Silva, 1973; Soils and Rice, 1978). Los Histosoles (suelos orgánicos) también tienen limitaciones de Si disponible (Snyder et al., 1986).

El silicato de calcio ha sido utilizado como fuente de Si en la mayoría de los experimentos (Tabla 1), pero la presencia de cantidades pequeñas de otros elementos como Fe, P, Mn, etc. en el material puede traer dudas sobre la respuesta obtenida con estos experimentos. La volastonita es un silicato libre de impurezas y por esta razón muy empleado en la investigación con Si.

El material conteniendo Si debe ser aplicado solamente en forma de polvo (bien molido) porque aplicaciones de materiales gruesos no han tenido éxito. Además, los silicatos no son considerados como fertilizantes por las leyes de la mayoría de los países, y por lo tanto, no se controla la calidad. Los consumidores deben asegurarse que el producto tenga una granulometría inferior a 60 mesh. Cuando más fino es el material, mayor es la absorción de Si por las plantas (Datnoff et al., 1991).

El Si es absorbido por las plantas como ácido monosilícico $[\text{Si}(\text{OH})_4]$ (Jones y Handreck, 1967). La resistencia a las enfermedades, documentada con el uso del Si, se debe a la asociación de este elemento con los constituyentes de la pared celular, que se tornan menos accesibles a las enzimas de degradación.

La aplicación al suelo de silicatos finamente molidos es una práctica comercial en Hawái y otras partes del mundo con suelos viejos, debido a los incrementos marcados en producción obtenidos con el uso de estos materiales. El efecto positivo del uso de los

silicatos se asocia normalmente con el aumento de la disponibilidad de Si, el efecto sobre el pH, así como el efecto indirecto de los micronutrientes que estos materiales pueden contener. El Si puede actuar en la reducción de Fe y Mn, cuando estos elementos se encuentran en niveles tóxicos para las plantas.

Respuesta de arroz al Si

Las enfermedades del arroz son usualmente manejadas con el uso de cultivares resistentes o con fungicidas. La resistencia adquirida puede ser fácilmente quebrada y el uso de fungicidas ha sido cuestionado por grupos ambientalistas (Raid y Datnoff, 1990). Además los fungicidas son considerados productos de alta tecnología de elevado costo al productor, que en muchos casos no está en condiciones financieras de adquirirlos.

La fertilización con Si ha demostrado eficiencia en el control o en la reducción de la incidencia de varias enfermedades importantes en el arroz. La aplicación de Si antes de la siembra puede eliminar o reducir el número de

Tabla 1. Contenidos de Si total y soluble de diferentes fuentes usadas en los E. U.

Fuente de Si	Localidad	Si total y soluble	
		Si total	Si soluble
		----- % -----	
Silicato (horno eléctrico)	Alabama	18.2	3.96
Silicato (cielo abierto)	Alabama	6.88	1.72
Calcita molida	Kendrick	0.22	0.0164
Cal dolomítica	Líbano	0.38	0.0234
Roca fosfórica	Florida	3.64	0.0230
Fosfato coloidal	Dunnellon	10.83	0.0220
Fuller	Georgia	35.07	0.0234

Adaptado de Bair (1966).

* Tomado de: Korndorfer, G. H., e L.E. Datnoff. 1995. Adubacao com silicio: uma alternativa no controle de doencas da cana-de-acucar e do arroz. *Informaciones Agronómicas, POTAFOS 70:1-3.*

aplicaciones de fungicidas durante el ciclo del cultivo. Un buen cultivo de arroz puede extraer 1.5 t de SiO₂/ha (Malvolta, 1978). Numerosos investigadores (Aleshin et al., 1978; Datnoff et al., 1991; Elawad y Green Jr., 1979; Kim y Lee, 1982; Nanda y Gangopadyay, 1984; Ohata et al., 1972; Osuna-Canizares et al., 1991; Ou, 1985; Takahashi, 1967; Volk et al., 1958; Yamauchi y Winslow, 1987) han demostrado que el Si reduce la severidad de varias enfermedades de importancia económica como la piricularia, la mancha parda y la escaldadura, entre otras. La incidencia de estas enfermedades tiende a disminuir con el incremento de la concentración de Si en el tejido foliar (Datnoff et al., 1991; Osuna-Canizares et al., 1991).

Estudios más recientes conducidos en suelos orgánicos (Histosoles), en la región de Everglades, Florida, han demostrado que la fertilización con silicatos es bastante efectiva para reducir la incidencia de la mancha parda, causada por *Bipolaris oryzae*, y de la piricularia, causada por *Pyricularia oryzae* (Datnoff et al., 1990; Datnoff et al., 1991). Estos estudios indican que, comparado con el testigo, la piricularia se redujo del 17 al 31% y la mancha parda del 15 al 32% cuando se aplicó Si.

Respuesta de la caña de azúcar al Si

Aun cuando no se conoce completamente las funciones del Si en la caña de azúcar, se ha determinado claramente que este elemento desempeña un papel importante en el rendimiento de este cultivo (Preez, 1970).

El Si aparece en altas concentraciones en la planta de caña de azúcar. Estas concentraciones pueden variar de 0.14% en las hojas jóvenes hasta 6.7% en las hojas viejas y en el rastrojo. En Hawai, las hojas que contienen menos del 0.5% de Si son frecuentemente afectadas por un síntoma denominado "flecking" que aparece como pequeñas manchas blancas circulares. La causa de este síntoma es aun bastante controvertida, pero la mayoría de los investigadores lo atribuyen a la falta de Si y a desequilibrios nutricionales. El apareamiento de la herrumbre en caña (*Puccinia melanocephala*) puede estar también relacionado con el síntoma referido.

Tabla 2. Efecto de la aplicación de 20 t/ha de silicato en el rendimiento de caña y de azúcar en dos localidades de la región de Everglades, Florida, E.U.

Localidad	Corte	--- Producción de caña ---		-- Producción de azúcar --	
		- Si	+ Si	- Si	+ Si
----- t/ha -----					
A	1	100.1	129.0	13.4	15.7
	2	109.6	126.6	12.9	14.6
	3	83.1	100.5	10.6	13.4
B	1	94.6	123.0	11.6	15.3
	2	89.0	118.5	10.5	14.4
	3	51.9	72.0	5.8	8.7

Adaptado de Anderson et al. (1987).

Tabla 3. Efecto de la adición de silicato y calcita en la producción de biomasa de caña de azúcar, en el contenido de Mn y en el pH de 3 suelos ácidos.

Suelo	Tratamiento	Dosis (t/ha)	Materia seca (g)	pH (H ₂ O)	Mn (ppm)	Relación Mn:Si
A	Testigo	0	19.7	4.67	360	0.079
	Metasilicato	4.5	22.0	5.00	270	0.038
	Metasilicato	9.0	23.2	5.27	166	0.019
	Metasilicato	18.0	23.3	5.63	69	0.006
	CaCO ₃	4.5	20.6	5.13	307	0.075
	CaCO ₃	9.0	21.1	5.43	197	0.059
	CaCO ₃	18.0	19.1	5.82	67	0.022
	B	Testigo	0	13.6	4.49	338
Metasilicato		4.5	17.3	5.00	230	0.024
Metasilicato		9.0	18.5	5.10	128	0.013
Metasilicato		18.0	18.4	5.45	57	0.004
CaCO ₃		4.5	15.8	5.87	183	0.037
CaCO ₃		9.0	15.9	5.13	117	0.033
CaCO ₃		18.0	16.3	5.62	57	0.019
C		Testigo	0	11.4	4.63	428
	Metasilicato	4.5	13.4	5.58	93	0.012
	Metasilicato	9.0	14.4	6.25	59	0.004
	Metasilicato	18.0	14.5	7.17	46	0.003
	CaCO ₃	4.5	13.4	5.85	90	0.028
	CaCO ₃	9.0	13.6	6.72	85	0.026
	CaCO ₃	18.0	11.5	7.27	67	0.023

Adaptado de Preez (1970).

buyen a la falta de Si y a desequilibrios nutricionales. El apareamiento de la herrumbre en caña (*Puccinia melanocephala*) puede estar también relacionado con el síntoma referido.

El síntoma es más severo en las hojas más viejas, y en general se restringe fuertemente el área fotosintética. De acuerdo con Fox y Silva (1978), el síntoma desaparece con la aplicación de 6 t/ha de silicato.

De modo general, en los suelos tropicales altamente intemperizados, los minerales primarios y secundarios que contienen Si han desaparecido. En algunos casos, estos suelos presentan contenidos menores a 2 ppm de Si en extracto saturado. En suelos carentes de Si, la diseminación de las enfermedades es rápida, la maduración se retrasa y se reduce la cantidad de sólidos solubles en el jugo de la caña (Bair, 1996). Los incrementos en rendimiento varían entre 10 y 35% (Kindder y Gascho, 1977). La posibilidad de que aparezcan efectos en la concentración de azúcar son menores. En la Tabla 2 se presentan parte de los resultados obtenidos por Anderson et al. (1987), con la aplicación de 20 t/ha de silicato inmediatamente antes de la siembra.

Datos de Preez (1970), indican que el aumento en el rendimiento de caña logrado en parcelas a las que se añadió de Si (metasilicato de calcio; CaSiO_3) está asociado con el incremento de este elemento en la planta, mientras que los incrementos de rendimiento logrados en los tratamientos con carbonato de calcio estuvieron acompañados con una reducción en el contenido Si en las hojas, sin embargo, los rendimientos obtenidos en los tratamientos con Si fueron superiores a los obtenidos en los tratamientos con cal, en los tres tipos de suelo donde se condujo el experimento (Tabla 3).

Bibliografía

- Aleshin, N. E., E. R. Avakyan, S.A. Dyakunchak, E. P. Aleshkin, V.P. Baryshok, M. G. Voronkov. 1987. Role of silicon in resistance of rice to bruzone. *Doklady Akademii Nauk SSSR*, 291(2):217-9.
- Anderson, D. L., D. B. Jones, G.H. Snyder. 1987. Response of a rice-sugarcane rotation to calcium silicate slag on Everglades Histosols. *Agronomy Journal*, Madison, 79:531-5.
- Bair, R. A. 1966. Leaf silicon in sugarcane, field corn and St. Augustine grass grown on some Florida soils. *Soil and Crop Science Society of Florida Proceedings*, Gainesville, 26:63-70.
- Brady, N. C. 1992. The nature and properties of soils. 10 ed. New York, Macmillan Publishing Co., p. 179-200.
- Datnoff, L. E., R. N. Raid, G.H. Snyder, D. B. Jones. 1991. Effect of calcium silicate on bruzone and brown spot intensities and yields of rice. *Plant Disease*, 75: 729-32.
- Elawad, S. H., and V. E. Green Jr. 1979. Silicon and the rice plant environment: a review of recent research. *Revista IL Riso*, 28, 235-53.
- Fox, R. L., and J. A. Silva. 1978. Symptoms of plant malnutrition: silicon, and agronomically essential nutrient for sugarcane. In: *Illustrated concepts in tropical agriculture*. Agriculture and Human Resources University of Hawaii, N° 8.
- Jones, L. H. P., and K. A. Handreck. 1967. Silica in soils, plants and animals. *Advances in Agronomy*, New York, 19:107-49.
- Kidder, G., and G. J. Gascho. 1977. Silicate slag recommended for specified conditions in Florida sugarcane. *Agronomy Fact*, Florida Cooperative Extension Service, University of Florida, N° 65.
- Kim, C. K., and S. C. Lee. 1982. Reduction of the incidence of rice neck bruzone by integrated soil improvement practice. *Korean J. Plant Prot.*, 21:15.
- Malavolta, E. 1978. Nutricao e adubacao do arroz irrigado. Sao Paulo, Ultrafértil, 64 p.
- Nanda, H. P., and S. Gangopadhyay. 1984. Role of silicated cells in rice leaf on brown spot disease incidence by *Bipolaris oryzae*. *Int. J. Tropical Diseases*, 2:89-98.
- Ohata, K., C. Kubo, K. Kitani. 1972. Relationship between susceptibility of rice plant to *Helminthosporium blight* and physiological changes in plants. *Bull. Shikiku Agric. Exp. Stn.*, 25:15-19.
- Osuna-Canizales, F. J., S. K. Datta de, J. M. Bonman. 1991. Nitrogen form and silicon nutrition effects on resistance to bruzone disease of rice. *Plant and Soil*, The Hague, 135:223-31.
- Preez, P. 1970. The effect of silica on cane growth. *The South African Sugar Technologists's Association Proceedings*. p. 183-8.
- Raid, R. N., and L.E. Datanoff. 1990. Loss of the EDBC fungicides: impact on control of downy mildew of lettuce. *Plant Disease* 74:829-31.
- Silva, J. A. 1973. Plant, mineral nutrition. *Mc Graw-Hill Book Co. Inc., Yearbook of Science and technology*.
- Snyder, G. H., D. B. Jones, G. L. Gascho. 1986. Silicon fertilization of rice on Everglades Histosols. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, 50:1259-63.
- Soils and Rice. 1978. *International Rice Research Institute*. Los Baños, Philippines, 825 p.
- Takahashi, Y. 1967. Nutritional studies in the development of *Helminthosporium* leaf spot. In: *Rice Diseases and their Control by Growing Resistant Varieties and Other Measures*. Symposium on Tropical Agriculture researchers. *Proceedings. Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council*, p. 157-70.
- Volk, R. J., R. P. Kahn, R. L. Weintraub. 1958. Silicon content of the rice plant as a factor influencing its resistance infection by the bruzone fungus *Piricularia oryzae*. *Phytopathology*, St. Paul, 48:121-78.
- Yamauchi, M., and M. D. Winslow. 1987. Silica reduces disease on upland rice in a high rainfall area. *IRRI*, 12:622-3. ♦

*(Opinión Invitada)***A PROPOSITO DE ECOLOGIA, AGRICULTURA Y FERTILIZANTES**

R. Pineda*

La agricultura debe satisfacer las demandas alimentarias de la población minimizando el potencial de daños en el ambiente. No existe otro camino: o los agricultores concertan con el ecosistema y lo respetan manteniéndolo y mejorándolo, o lo degradan ateniéndose a las consecuencias. Un grave problema constituye el control de plagas y enfermedades con el uso indiscriminado de pesticidas, particularmente en los países en desarrollo. El control integrado de plagas es una alternativa que busca la eliminación específica de la plaga sin dañar a los demás inquilinos del ecosistema. Sin embargo, la propuesta agroecológica no consiste en destruir plagas, sino en impedir que éstas se presenten.

Dentro de este contexto, es pertinente destacar la teoría de la Trofobiose que explica la actividad vital en función de la alimentación. En el caso particular de la aparición de plagas, se considera que en el metabolismo de las plantas actúan alrededor de 80 enzimas y cada una de ellas actúa sobre una determinada estructura química. A su vez, cada una de dichas enzimas requiere de un determinado micronutriente como activador. Si todo esto funciona bien, no hay ningún problema. Pero, si hay deficiencia de algún micronutriente (hierro, cobre, boro, etc.), entonces alguna de las enzimas no actúa. Si esto sucede, el metabolismo se "atasca", es decir, se empieza a acumular un determinado compuesto, el cual se convierte en un foco de atracción y propagación de una plaga determinada. En otras palabras, las plagas son solo consecuencia de desequilibrios nutricionales. El secreto para el control de plagas estaría entonces en mantener dicho equilibrio, es decir en la ade-

cuada fertilización de los cultivos.

La propuesta agroecológica concede un gran handicap cuando arremete indiscriminadamente contra los "agroquímicos" puesto que dentro de éstos están también los fertilizantes manufacturados, minerales y otros (como los reguladores de crecimiento) que no tienen el mismo grado de peligrosidad que los pesticidas. Estos últimos son venenos, han sido diseñados para matar y deben ser utilizados con extrema precaución y solo cuando son estrictamente necesarios. En cambio, los fertilizantes sintéticos son sustancias que han sido diseñadas para nutrir (aportar elementos esenciales) y, por lo tanto, no tienen el estigma de cuna que tienen los pesticidas. Es cierto que pueden llegar a producir daño, pero ello en mucho menor medida y solo si se efectuara un mal manejo de los mismos (como todo en la vida). Es necesario hacer un discrimen entre los pesticidas y los demás agroquímicos, especialmente los fertilizantes minerales que no pueden estar metidos en el mismo saco de ninguna manera.

Los fertilizantes minerales

La gran mayoría de los fertilizantes minerales no dejan residuos tóxicos, ni en el suelo ni en la planta como sucede en el caso de los pesticidas. Pueden ejercer algún daño en semillas, raicillas y población microbiana, debido a efectos secundarios de acidez, alcalinidad, o salinidad, pero son efectos localizados y transitorios, que no significan mayor peligro si las aplicaciones de fertilizantes son correctas en términos de dosis, ubicación, fraccionamiento, momento, y modo. Las aplicaciones exageradas de fertilizantes minerales, durante algún

tiempo, acumulan en el suelo en forma iónica la fracción nutritiva no absorbida por la planta (el nitrato por ejemplo). Esta fracción acumulada se convierte en contaminante, porque está "fuera de lugar" (definición ecológica de contaminante).

El uso de fertilizantes minerales tiene un efecto detrimental transitorio en la población microbiana del suelo, como el efecto de otras prácticas de manejo. Por ejemplo, el simple hecho de voltear la tierra (aradura, etc.) y dejar expuestos directamente al sol los microorganismos, produce la muerte de éstos en proporciones extraordinarias, pero luego éstos se vuelven a propagar casi con la misma velocidad, al recobrar condiciones adecuadas de humedad, temperatura, pH etc. Estas son contingencias en la dinámica del suelo.

En nuestros países, la propuesta de una agricultura ambientalmente responsable está aún en su fase eruptiva, de consolidación. Por ello es importante hacer los deslindes que sean del caso, para garantizarle una pubertad saludable y una madurez tranquila y no generar posiciones contrapuestas e inflexibles, que pudieran no hacerla viable en la práctica.

La mayoría de los suelos tropicales son muy pobres en materia orgánica y de baja fertilidad. En estas condiciones la utilización de materiales orgánicos es indispensable, obligatoria. Desafortunadamente, es imposible utilizar solamente materiales orgánicos para satisfacer las necesidades nutricionales de los cultivos, debido a que nunca se lograría satisfacer las necesidades de las plantas, ya que no existe la suficiente cantidad de materiales orgánicos para lograr este co-

* Artículo escrito por el Dr. Ricardo Pineda Milicich. Centro de Investigación y Promoción del Campesinado, CIPCA. Piura, Perú.

metido. Por lo tanto, es imposible pensar en substituir los fertilizantes minerales por fertilizantes orgánicos. Teóricamente, el momento en el cual se podría dejar de usar fertilizantes sintéticos sería aquel en el cual se pueda garantizar suficiente abastecimiento de nutrientes para las plantas por otros medios distintos, sin atentar contra la producción. Para que esto ocurra existe todavía un gran trecho por recorrer. En el caso del nitrógeno se puede recurrir parcialmente a la fijación microbiana del nitrógeno atmosférico por medio de las leguminosas. En el caso de otros nutrientes, aun no existen opciones a la vista. Esto sobre todo en el caso de una agricultura intensiva de altos rendimientos.

Por otro lado, es obligatorio el utilizar todo el material orgánico posible para enriquecer el suelo con materia orgánica. El poder incrementar, o al menos mantener, el contenido de materia orgánica en el suelo mantiene la fertilidad gracias a las diversas cualidades benéficas que la materia orgánica entrega al suelo. Este conjunto de cualidades permite que se manifieste mejor el efecto del uso de fertilizantes minerales en la nutrición de la planta.

Por lo tanto, no se debe considerar como un pecado de lesa agroecología la propuesta de la fertilización orgánica-mineral. Al mezclar abonos orgánicos y minerales, se propicia una beneficiosa asociación. Los fertilizantes minerales enriquecen nutritivamente a los orgánicos, y éstos protegen a los primeros de pérdidas por lixiviación, volatilización y fijación, disminuyendo la posibilidad de contaminaciones.

Lo mineral, lo químico y lo orgánico

Un craso error en agroecología es crear recelo o temor a lo mineral, a lo químico, a lo sintético.

No hay, ni puede haber, antagonismo entre lo mineral y lo orgánico, entre lo químico y lo biológico, entre lo sintético y lo natural. El universo, la tierra, la naturaleza, el hombre, en su

constitución física son fundamentalmente minerales.

Dentro de la enormidad del universo, lo orgánico sólo existe en una fracción pequeñísima de la tierra: en su superficie las 3/4 partes están ocupadas por agua (mineral). De los aproximados 14000 km de diámetro que tiene el planeta, solo algunos centímetros de la corteza terrestre, contienen minúsculas cantidades de materia orgánica. En la atmósfera, la cantidad de materia orgánica es insignificante.

En la constitución de cualquier ser vivo (hombre, animal o planta) predomina el constituyente mineral. Si se toma una lombriz o una semilla de conífera y se las somete a alta temperatura ¿qué es lo que se consigue?. Simplemente se obtiene agua (mineral) que se evapora, CO₂ (mineral) y compuestos volátiles que se gasifican, y residuos de cenizas (minerales).

¿Qué es, pues, lo orgánico?. Es una forma de organización transitoria de lo mineral, es un acomodo de elementos minerales en una estructura "orgánica", vigente mientras el ser "orgánico" viva. Cuando el organismo muere, "las cosas vuelven a su lugar", la materia orgánica se mineraliza, los elementos salen de su posición orgánica y retornan a su mundo mineral, lo cual obedece a la entropía, ley fundamental de la termodinámica.

La "teoría del humus" pasó a la historia hace 150 años. La teoría de la nutrición mineral de las plantas no admite discusión alguna, ellas toman "sus alimentos" del suelo, en estado mineral (iónico).

El nitrógeno y el nitrato

Veamos el caso del nitrógeno, el elemento más importante en la constitución de un organismo vivo cualquiera. Su "hábitat" natural es la atmósfera (en estado mineral), el 78% del aire que respiramos es nitrógeno. Sin embargo, las plantas están imposibilitadas de usar ese nitrógeno directamente, y éste, al ingresar al suelo

como constituyente del aire, se pasea por las narices de cada pelo radical, sin que la planta lo pueda incorporar, y vuelve a salir tan campante. Es como cuando una persona hambrienta mira, a través de los gruesos vidrios de un escaparate, una exhibición de los más ricos potajes.

Las leyes de la naturaleza son inviolables, y ellas han establecido que el nitrógeno adopte la condición de ion nitrato (NO₃) mineral, para que pueda ingresar a las plantas a través de su sistema radical. Después, ya dentro de la planta, se inicia un proceso metabólico que conduce al nitrato hasta las formas proteicas y otros compuestos nitrogenados. Igual como sucede con el nitrógeno, sucede con todos los demás elementos esenciales que la planta toma del suelo. Todos deben llegar a estados iónicos minerales para lograr el derecho de admisión al sistema planta.

La principal fuente nitrogenada natural, en el suelo agrícola, es la materia orgánica (residuos animales y vegetales) ya que no existen minerales primarios nitrogenados. Dicha materia orgánica debe cumplir, obligatoriamente, con el ritual de la mineralización hasta llegar a nitrato, o por lo menos a amonio, para poder ser absorbido por la planta (las posibilidades de ingreso de otras estructuras químicas nitrogenadas son muy restringidas, y en proporciones muy pequeñas).

Si este nitrato se acumula en cantidades excesivas en el suelo, entonces tiene que ir a alguna otra parte, porque la planta no tiene ya capacidad para admitirlo. Entonces, tenemos un gran contingente de nitratos "desocupados" que siguen el camino fácil de la "delincuencia", se filtran a través del perfil del suelo y van a parar a los niveles freáticos. Si los nitratos "desocupados" van a parar a un pozo que abastece de agua potable, entonces dicha agua puede volverse tóxica, si su concentración alcanza niveles superiores a 10 partes por millón. Los nitratos ya dentro del organismo humano, se reducen a nitritos, que se combinan con la hemoglobina de la sangre, inhibiendo su

capacidad de transportar oxígeno y generando un cuadro de asfixia (metoxihemoglobinemia).

Los procesos de erosión y escorrenría superficial arrancan de su sitio partículas de suelo con nitratos (y otros nutrientes) que luego llegan a lagos o ríos, donde alimentan a las algas y promueven un gran incremento de la población microbiana (bacterias), la cual extrae del agua el oxígeno necesario para su supervivencia. El agua, al perder su oxígeno disuelto, ya no puede sostener a los peces y otras formas de vida acuática, los cuales empiezan a morir.

Por otra parte, los nitratos pueden también reducirse en el propio suelo, dar marcha atrás en el proceso de nitrificación y generar formas de nitrógeno gaseosas, que se liberan a la atmósfera ascendiendo hasta la capa de ozono. De esta forma colaboran con la poco laudable acción de los clorofluorocarbonos en la perforación de la indicada capa. Estas formas de nitrógeno pueden también combinarse con el agua y formar ácido nítrico para así contribuir a la no menos deseable formación de las lluvias ácidas, que destrazan los bosques y los monumentos históricos, entre otras cosas.

Otras maldades atribuidas a los nitratos "descarriados" incluyen la inhibición de la fijación microbiana del nitrógeno atmosférico (en el caso del *Rhizobium*, *Azotobacter*, etc.), advirtiéndose también que en el organismo humano formaría la nitrosamina, que es un agente cancerígeno. Estos son los mismos nitratos que de haber tenido la oportunidad de ingresar en la planta, habrían pasado a constituir proteínas para nutrir a niños hambrientos de tantas partes del mundo. Entonces, ¿son realmente malos los nitratos? ¿Son realmente malos los fertilizantes nitrogenados minerales (sintéticos) de donde proceden aquellos?

Esos mismos nitratos "descarriados" que pueden llegar a producir los males antes mencionados, proceden en muchos casos de abonos orgánicos y no de abonos minerales sintéticos. En

general, la generación de nitratos proviene, fundamentalmente, de la población pecuaria que produce cantidades grandes de estiércol, el cual se acumula en ciertos sitios concentrando de esta forma también nitratos. Se sabe que en Holanda, por ejemplo, hace pocos años la población de porcinos era casi igual al número de sus habitantes humanos, algo así como 14 millones. En estos casos, los volúmenes tan enormes de estiércol son la mayor fuente de nitratos, y no precisamente los fertilizantes minerales.

Al utilizar fertilizantes minerales, como fuente de nitrógeno, si se hace un buen trabajo con las dosis, el fraccionamiento, etc., se logra minimizar el riesgo de producir nitratos "descarriados", y se consigue el objetivo de introducir este nitrógeno en la planta donde realmente debe estar. Así pues, los fertilizantes minerales no son la causa de todos los males como frecuentemente se señala.

La urea

Veamos ahora el caso particular de la "temida" urea (carbamina o carboxidiamida). Esta es una sustancia "no electrolito" que se disuelve manteniendo su estructura molecular, por lo que no tiene influencia, como tal, en la conductividad eléctrica del suelo (no es una sal). Con la ayuda enzimática de la ureasa, y en presencia de agua, la urea se convierte en el suelo en carbonato de amonio [$\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_3(\text{NH}_4)_2$]. Este carbonato de amonio es un compuesto inestable que se descompone en anhídrido carbónico (CO_2), amoniaco (NH_3) y agua. Si el suelo está seco, estos tres compuestos van a la atmósfera. Si existe humedad suficiente, el amoniaco se convierte en hidróxido de amonio ($\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_4\text{OH}$), el cual al ionizarse da lugar al ion amonio (NH_4^+) y al hidroxilo (OH^-), que es el responsable de un efecto alcalino.

El ion amonio es el antecesor, casi inmediato, de nuestro amigo el nitrato (hay otra forma iónica intermedia entre ambos, que es el nitrito), de modo que bajo condiciones adecuadas de aireación, humedad y actividad microbiana, el amonio pasa al estado

de nitrato y queda presto a seguir el camino hacia las proteínas, si ingresa a la planta, o seguir los torcidos vericuetos ya mencionados anteriormente, si no tiene la fortuna de ingresar a aquella.

¿Qué sucede con los otros componentes de la urea? El anhídrido carbónico se combina con el agua y forma ácido carbónico que ejerce un pequeño efecto acidificante, por ser un electrolito débil de bajo grado de ionización, que es superado por el efecto alcalinizante de OH^- procedente del hidróxido de amonio, el cual es un electrolito fuerte, de alto grado de disociación iónica.

Al disociarse el ácido carbónico produce también el ion carbonato que puede combinarse con algún catión dominante en el medio (solución o coloide suelo), como por ejemplo el calcio, y formar carbonato de calcio que es un constituyente natural, normal, y de efecto benéfico en el suelo, salvo cuando se presente en cantidades extremadamente altas.

Una vez conocidos los cambios de la urea en el suelo y detallados los productos de su descomposición cabe preguntarse ¿Dónde queda el poder letal de la urea? ¿Donde los residuos tóxicos? Por ningún lado, salvo que en el proceso de su fabricación, debido a elevadas temperaturas, se generen asociaciones de moléculas dobles de urea (denominadas biurét), en cuyo caso sí podría ejercer un efecto, no tóxico pero sí cáustico, y por lo tanto, dañino sobre los tejidos. Pero esto es una contingencia, como cuando nos cae mal una lata de sardinas porque hubo deficiencias en su fabricación. Entonces, lo que se debe exigir a los fabricantes y comercializadores de urea, es la certificación de los niveles porcentuales de biurét que contenga cada lote que se comercializa (no más de 2% para aplicaciones al suelo y no más de 0.25% para aplicaciones foliares).

Se sabe que cuando la urea es de buena calidad (bajo contenido de biurét) se utiliza también, como fuente de proteína, en la alimentación de rumiantes. Los microorganismos

presentes en la panza de los rumiantes pueden transformar la urea en proteína.

La urea tiene un efecto alcalinizante inicial transitorio en el suelo, derivado del hidróxido de amonio como ya se explicó anteriormente. Pero luego, al continuar el proceso de nitrificación (oxidación microbiana), el efecto resulta acidificante porque el hidrógeno del amonio (NH_4) queda liberado al transformarse en nitrato (NO_3). Este efecto acidificante es de gran importancia en suelos alcalinos, puesto que contribuye a bajar el pH de dichos suelos, especialmente cuando su poder buffer (amortiguador) es reducido, en suelos de textura suelta y pobres en materia orgánica. La urea contribuye a la acidificación del suelo, de igual manera que lo hacen otras fuentes minerales y orgánicas de nitrógeno, dado que la nitrificación es un proceso natural que produce acidez.

Salinización

Otro mal que se achaca a los fertilizantes minerales es su "enorme influencia" en los procesos de salinización. Efectivamente los fertilizantes minerales son en su gran mayoría sales, y por lo tanto, tienen influencia en la salinización. Pero el asunto es ¿cuánta influencia tienen?

¿Cuánto fertilizante mineral se aplica a una hectárea de suelo, en una campaña agrícola? Asumamos que sean 300 kg. Esto, en los dos millones de kg que pesa en promedio dicha hectárea de suelo, significaría un incremento de salinidad de 0.015% en el peor de los casos.

Por otro lado, ¿cuánto de sal se incorpora mediante el agua de riego? Se considera que el agua de riego es de buena calidad cuando tiene una conductividad eléctrica de 0.5 mmhos/cm (significa un contenido de sales de 320 ppm.). Si se aplica un volumen de riego de 10000 m^3 , esto quiere decir un aporte de 3200 kg de sal por hectárea. En muchos casos, este aporte es prácticamente de cloruro de sodio puro (sal común), predominante en muchas aguas de riego. Esto re-

presenta un incremento de 0.16% en la salinidad del suelo, lo que es 10 veces más que el causado por el fertilizante del ejemplo anterior. Así pues, el verdadero riesgo de salinización en terrenos irrigados está en el mal uso del agua y en la deficiencia de los sistemas de drenaje y no en la aplicación de fertilizantes minerales.

Lo orgánico y lo inorgánico

Retornando al asunto de lo orgánico e inorgánico, se debe dejar en claro, que si bien la "teoría del humus" pasó a la historia, esto se refiere a los procesos de nutrición de las plantas (antes se creía que inclusive el CO_2 lo tomaban las plantas del humus). La importancia del humus y de la materia orgánica en general, no ha disminuido ni un ápice, sino que por el contrario, la necesidad de su presencia es cada vez más valorada y reconocida como fundamental en la dinámica del sistema suelo-agua-planta.

No hay pues -ni puede haber- antagonismo o confrontación entre lo mineral y lo orgánico. El agua y el aire, constituyentes y medios indispensables de la vida, son minerales. Si al hombre le quitamos lo que tiene de agua y de huesos (minerales), ¿cuánto quedaría de lo "orgánico"?

Cuando se condena a la urea porque es un fertilizante "mineral", no se repara en que la urea es estrictamente una carboxidiamida, que tiene exactamente los mismos componentes principales de la proteína: Carbono, Nitrógeno, Oxígeno e Hidrógeno (la química orgánica es la química del carbono).

Cuando se glorifica al humus de lombriz porque es un fertilizante "orgánico", no se repara en que su contenido porcentual mineral (ceniza), en la mayoría de los casos, es superior a su contenido de materia orgánica. Así pues, todo es relativo y, por lo tanto, lo mineral y lo orgánico no se pueden separar en bandos contrapuestos, entre los que haya que escoger. Lo orgánico y mineral no son más que cuentas de un mismo collar.

Lo químico y lo biológico

Otra confrontación estéril es la que se pretende establecer entre lo "químico" y lo "biológico": lo biológico sería lo "bueno" y lo químico lo "malo".

Los viejos alquimistas de la Edad Media, empeñados en obtener la piedra filosofal y el elixir de la juventud (riqueza y vigor), mezclaron de todo, obteniendo menurjes de diverso calibre. Muchos de ellos pagaron con su vida tan loable empeño, pero al fin y al cabo, fueron los precursores de una nueva ciencia que habría de revolucionar al mundo: la química.

A su vez, los químicos de los siglos XVII, XVIII y XIX fueron los padres de la agronomía. ¿Cómo desconocer los gigantescos aportes de Bacon, Van Helmont, Boyle, Woodward, Wallerius, Boussingault, Von Liebig, y tantos otros, que sentaron las bases científicas de las ciencias agronómicas modernas (Fitofisiología, Edafología, etc.)? Los químicos desentrañaron el misterio del átomo. La clasificación periódica de los elementos, hecha por Mendeleev, es uno de los más grandes logros científicos de la humanidad.

La química explica todos los procesos biológicos. Todas y cada una de las reacciones de los procesos metabólicos, de cualquier ser vivo, son reacciones químicas, bioquímicas si se quiere, pero químicas en esencia. Hasta aquí por lo menos está lo comprobado, sin entrar a especulaciones de si el pensamiento o los mismos sentimientos sean resultados de reacciones químicas, como ya sostienen algunos. Cualquier ser vivo, que eche raíces, que se arrastre, que camine en dos u ocho patas, o que vuele, etc., todos, materialmente, no son otra cosa que un reactor químico. La absorción de los nutrimentos por las raíces de las plantas, la digestión de los animales, la purificación de la sangre en los pulmones; y para no tener que seguir enumerando ejemplos, la fotosíntesis, el milagro que permite la continuidad de la vida en la tierra, todos estos fenómenos, no son otra cosa que puras reacciones

químicas. Bio-físico-químicas si se quiere, pero químicas en esencia.

Entonces, no asociemos lo químico con lo malo. La química es la ciencia que estudia la transformación de las sustancias. Como no hay nada que permanezca inestable, como todo se transforma, entonces la química lo engloba todo.

Pero ¿es la química impoluta? Tampoco. La química -como toda ciencia- es neutra en su calidad ética. Los hombres (algunos hombres) han usado y pueden seguir usando la química para causar daño. Tal como se ha usado la física, la religión, la libertad, o el propio nombre de Dios.

No generemos en nuestros jóvenes, en nuestros agricultores, ni en nadie un sentimiento de repulsión hacia la química: "és pura química" (frase muy usada cuando el vino es malo, por ejemplo), "no les apliques químicos a tus plantas porque las vas a matar" (refiriéndose a los fertilizantes), etc.

Lo sintético y lo natural

La tercera confrontación estéril, es la que se plantea entre lo sintético y lo natural: lo sintético es malo, mientras que lo natural es bueno.

En la Agroecología se vienen dando etapas, lo que es inevitable en todo proceso evolutivo. En un inicio jugaron su rol los Torquemadas de la ecología, quienes a manera de Pedro el Ermitaño levantaron el pendón de la Gran Cruzada contra los infieles contaminadores del medio ambiente. Esto fue necesario y saludable, porque había que remecer al mundo y despertarlo de su inopia. Había que pegar la gran frenada al caballo desbocado de la más crasa irracionalidad, en el uso de los recursos y de los insumos agrícolas (destrucción de bosques, monocultivos, irrigaciones sin drenaje, aplicaciones masivas de pesticidas, laboreo exagerado del suelo, etc.). En esa época los planteamientos de la Agroecología fueron terminantes, intransigentes, sin concesiones. De entonces data la aversión a lo mine-

ral, lo químico, lo sintético, lo artificial.

Por ejemplo, hubo un agroecólogo japonés que consideraba antiagroecológico que se confinaran a los animales en establos, para de allí recolectar el estiércol y luego aplicarlo en el campo. No sabemos si este buen señor estaba solamente contra el estiércol o contra el método de obtenerlo, porque confinar a los animales en un espacio cerrado (establo) es algo artificial. Quizás lo que pretendía es que se amaestrara a cada animal para que cada uno de ellos fuera a depositar sus deyecciones al pie de cada planta.

Casos de estos, que ahora pueden hacernos sonreír, fueron propuestas agroecológicas en su momento, de las que aún quedan rezagos. Por ejemplo, en una reciente reunión de Agroecología, un respetable agroecólogo moderno dijo que la lombricultura no le hacía ningún favor a la Agroecología, porque las lombrices donde deberían estar es en el suelo y no confinadas en lechos de crianza.

Al comienzo de esta secuencia evolutiva de la Agroecología, se planteaba la proscripción total de todos los fertilizantes minerales, sin distinción; no quedaba monigote con cabeza. Mas, luego, cuando las aguas fueron tomando su nivel normal, cuando se empezaron a desnudar muchos fantasmas y descubrir que no eran tan fieros como se los pintaba, entonces ellos fueron pasando a través de un tamiz de condescendencias más permeable. Es así como, por ejemplo, se demostró que la roca fosfórica, siendo un fertilizante mineral, no tenía un efecto especialmente contaminante en el suelo y por lo tanto podía pasar al bando de los buenos. Entonces se dijo: sí, es mineral, pero como es natural eso lo salva. En cambio los sintéticos (caso de la urea) aún siguen vetados.

Entonces surge la pregunta ¿qué es sintético? Obviamente es lo que resulta de una acción de síntesis o de sintetizar. ¿Qué es esto último? Lo que ocurre segundo a segundo, en todo orden de cosas en la naturaleza. La

síntesis es el camino hacia el orden, hacia lo organizado, hacia lo orgánico. Lo contrario es la desintegración, la destrucción, el caos. En la síntesis se emplea trabajo, se almacena energía.

Como ya dijimos anteriormente, la fotosíntesis es el milagro más asombroso y extraordinario de la naturaleza. Pero ¿en qué consiste? En la síntesis de la glucosa a partir de agua, anhídrido carbónico y energía radiante. Y luego a partir de la glucosa, el bebé de la cadena, prosigue la síntesis de los polisacáridos, el almidón, los aminoácidos, las proteínas, hasta las estructuras más complejas que conforman la células y luego los tejidos y luego los órganos de las plantas.

La síntesis es unión. La fecundación de un óvulo por un espermatozoide también es una forma de síntesis, y eso es vida.

El hombre ha sintetizado muchos compuestos de gran beneficio para la humanidad, como la penicilina y la insulina. Pero también ha sintetizado los gases asfixiantes de la guerra. No son entonces ni la síntesis, ni los sintéticos los perjudiciales, sino el hombre, alguna colectividad en particular cuyas acciones pueden ser nocivas.

Por ello es muy importante hacer el deslinde entre el sujeto y el objeto. Los objetos, las herramientas, las tecnologías, los sintéticos, son éticamente neutros. Las acciones, las actitudes, los usos y manejos, son los que pueden ser buenos o malos. Es muy importante que esto sea comprendido por los estudiantes, por los agricultores para no crear fobias contra los objetos, los conceptos o los términos.

Tenemos que liberar nuestra mente de prejuicios, de dogmas, de ideologías, y estar en condiciones de analizar y juzgar la tecnología con racionalidad y objetividad lógica. Sólo el conocimiento de la naturaleza de las cosas, de los fenómenos, de las causas, y de los efectos, nos permitirá tomar decisiones correctas, tanto en Agroecología como todo en la vida. ♦

REPORTE DE INVESTIGACION RECIENTE

RELACIONES DE SUBSTITUCION DE CAL POR MOLIBDENO EN LOS CULTIVOS DE SOYA Y SORGO

Quaggio, J.A., P.B. Gallo, e H.A. Mascarenhas. 1993. *Relaçoões de substituição de calcário por molibdeno nas culturas de soja e sorgo. In Congresso Brasileiro de la Ciencia do Solo, 24., Goiania, 1993. Resumos. Goiania, SBSC. p 27.*

Las respuestas de los cultivos al molibdeno (Mo) han sido más frecuentes en la literatura internacional y en la brasileña en consecuencia quizá a la extracción continua en las cosechas y a los incrementos en rendimiento. El encalado ha sido considerado como una práctica suficiente para mejorar el suplemento de Mo para los cultivos, en función de los efectos del pH en la disponibilidad de este nutriente en el suelo. En el caso de los cultivos que fijan nitrógeno (N), que poseen una demanda adicional de Mo para el funcionamiento de la nitrogenasa, se ha observado también la necesidad de dosis altas de cal para optimizar la producción. El presente trabajo fue planificado para estudiar las interacciones entre el encalado y el Mo, en un suelo Podzólico Vermelho Amarelo, en los cultivos de soya y sorgo. Los tratamientos se arreglaron en un diseño de parcelas divididas con cuatro repeticiones. En las parcelas principales (20 x 3.6 m) se aplicaron dosis de 0, 2, 4, 6 y 8 t/ha de cal y en las subparcelas (6 x 3.6 m) dosis de 0, 50 y 100 g/ha de Mo en forma de molibdato de amonio como tratamiento aplicado a las semillas. Se condujeron tres cultivos de soya, cultivar IAC 11, y un cultivo de sorgo granífero, híbrido DK 64. Se observó una respuesta muy acentuada al encalado en todos los cultivos, sin embargo, las respuestas a la cal se redujeron con las aplicaciones de Mo, tanto en la soya como en el sorgo. Estos resultados demuestran que existe una relación de substitución de cal por Mo. La

respuesta de la soya al Mo fue más acentuada en ausencia de cal, mientras que en el sorgo, más sensible a la acidez que la soya, la respuesta al Mo fue más acentuada en las dosis intermedias de cal. De modo general, las respuestas a Mo ocurrieron hasta valores de pH (CaCl₂) de 5.2. Con los resultados obtenidos se puede concluir que las aplicaciones de Mo reducen las dosis de cal necesarias para la máxima producción, principalmente en suelos ácidos con poco aluminio o manganeso intercambiables. ♦

EVALUACION DEL PATRON DE DISTRIBUCION DEL SISTEMA RADICAL DE LA PALMA ACEITERA (*Elaeis guineensis*)

Amancio A. y F. Sterling. 1993. *Evaluación del patrón de distribución del sistema radical de la Palma Aceitera (Elaeis guineensis). Agronomía Costarricense 17(1):41-48 1993.*

Se llevó a cabo un estudio sobre el patrón de distribución de sistema radicular de la palma con el tipo Deli x AVROS (*Elaeis guineensis*) y un híbrido compactado obtenido del retrocruzamiento de un híbrido interespecífico F1 (*E. guineensis* x *E. oleifera*) con *E. guineensis*, en Coto, Costa Rica en la época seca del año 1991. Se extrajeron muestras de suelo y de raíces a diferentes profundidades (0 a 1.08 m a intervalos de 0.18 m) y distancias (0 a 6.0 cada 0.4 m) desde las palmas evaluadas, y se determinó el número y peso de las raíces primarias y secundarias y una clase combinada formada por terciarias y cuaternarias. Las palmas compactas mostraron un mayor número de raíces absorbentes, así como un mayor peso de los cuatro tipos de raíces. Más del 65% del número total de raíces en ambos tipos de materiales genéticos se encuentran en los primeros 50 cm de suelo, pero hay una reducción drástica después de los 20

cm. En las compactas se observó una acumulación de raíces absorbentes aproximadamente a los 3 m del tallo de la palma, mientras que en los tipos comerciales esto se notó a los 2 de distancia. A pesar de mostrar un menor desarrollo vegetativo, los tipos compactos de palma muestran un adecuado sistema radical, distribuido equilibradamente y en una proporción similar a las palmas comerciales. ♦

SOLUCIONES EXTRACTORAS PARA LA EVALUACION DE LA FITODISPONIBILIDAD DE ZINC EN LOS SUELOS

Bataglia, O.C., e B. van Raij. 1994. *Soluções extractoras na avaliação da fitodisponibilidade do zinco em solos. Revista Brasileira de Ciencia do Solo, Campinas, 18(3):457-61.*

Aun cuando los laboratorios determinan rutinariamente el contenido de zinc (Zn) en los suelos, existen dudas en cuanto a la extracción de este nutriente. En este trabajo se compararon varios extractantes mediante dos estudios de laboratorio e invernadero conducidos en Campinas en 1988 y 1989. El primer estudio utilizó 26 suelos y maíz como planta indicadora y el segundo 22 suelos y arroz como planta indicadora. Las soluciones extractoras utilizadas fueron DTPA, HCl 0.1 M, Mehlich 1 y EDTA. La evaluación de las soluciones extractoras se realizó por medio de una regresión lineal entre los contenidos de Zn en la materia seca y el Zn extraído del suelo con las diferentes soluciones. En el caso del maíz, el DTPA presentó coeficientes de correlación ligeramente superiores a las demás soluciones extractoras. En el caso del arroz solamente se probaron dos soluciones revelando que el DTPA fue más eficiente que el HCl 0.1M. ♦

CURSOS Y SIMPOSIOS

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

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

2. XV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

ORGANIZA : Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo
LUGAR : Santa Rosa - Argentina
FECHA : Mayo 19-24 de 1996
INFORMACION : A.A.C.S.
 Sarmiento 161
 6300 Santa Rosa,
 La Pampa - Argentina
 Telf.: 954 32547
 Fax.: 954 32547

3. I SIMPOSIO INTERNACIONAL SOBRE SAVANAS TROPICALES

ORGANIZA : EMBRAPA
LUGAR : Brasilia - Brasil
FECHA : Mayo 24-25 de 1996
INFORMACION : Secretaria del Simposio
 Casilla postal 08-223
 Planaltina, DF 73301-970
 Brasil
 Telf.: 061 389 1171
 Fax.: 061 389 2958

4. II REUNION DE LA RED LATINOAMERICANA DE ROCA FOSFORICA (RELARF)

ORGANIZA : RELARF
LUGAR : Habana - Cuba
FECHA : Julio 3-5 de 1996
INFORMACION : Dr. Rafael Villegas
 Ave. Van Troi # 17203
 C. P. 19210
 Boyeros, C. Habana, Cuba
 Telf.: 053 7 228382
 Fax.: 053 7 228382

5. CONFERENCIA SOBRE SISTEMAS DE MANEJO ESPECIFICO DE SUELOS Y CULTIVOS Y SISTEMAS DE COMUNICACION COMPUTARIZADA PARA AGRICULTURA

ORGANIZA : PPI y FAR
LUGAR : University of Illinois, Urbana, IL
FECHA : 30 Julio - 1 Agosto de 1996
INFORMACION : Dr. Bob Darst, PPI
 655 Engineering Drive, Suite 110
 Norcross, GA 30092-2843
 USA
 Telf.: 770 447 0335
 Fax.: 770 448 0439

6. XIII CONGRESO LATINOAMERICANO DE LA CIENCIA DEL SUELO

ORGANIZA : Sociedad Brasileira de la Ciencia del Suelo
LUGAR : Aguas de Lindóia SP, Brasil
FECHA : Agosto 4-10 de 1996
INFORMACION : ESALQ- Departamento de la Ciencia del Suelo
 Casilla postal 9
 13400-970
 Piracicaba- SP-Brasil
 Telf.: 194 294246
 Fax.: 194 343242

PUBLICACIONES DE INPOFOS

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

- | | | |
|---|--|----------|
| * | Manual de Fertilidad de Suelos. Publicación didáctica sobre uso y manejo de suelos y fertilizantes. | \$ 10.00 |
| * | POTASA: Su Necesidad y Uso en Agricultura Moderna. Esta publicación cubre aspectos como funciones de potasio en las plantas, necesidad, síntomas de deficiencia y el eficiente uso de fertilizantes potásicos. | \$ 2.00 |
| * | 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. | \$ 10.00 |
| * | Fertilización del Algodón para Rendimientos Altos. Publicación que cubre en forma detallada los requerimientos nutricionales, análisis foliar y de suelos y fertilización del cultivo del algodón. | \$ 4.00 |
| * | Diagnóstico Nutricional de los Cultivos. Publicación que cubre en forma completa, pero razonablemente simple, todos los factores que permiten diagnosticar los problemas nutricionales, para evitar que éstos sean limitantes en la producción de cultivos. | \$ 4.00 |
| * | Nutrición de la Caña de Azúcar. Este manual de campo es una guía completa para la identificación y corrección de los desórdenes y desbalances nutricionales de la caña de azúcar. El tratamiento completo de la materia y las excelentes ilustraciones hacen de este manual una importante herramienta de trabajo en la producción de caña. | \$ 15.00 |
| * | Nutrición y Fertilización del Maracuyá. Esta publicación contribuye al mejoramiento de la producción de esta pasiflora al entregar a los productores, investigadores y estudiantes una discusión actualizada de la nutrición y fertilización del Maracuyá. | \$ 4.00 |
| * | Conozca y Resuelva los Problemas Nutricionales de los Cultivos. Plegable que describe los síntomas de deficiencia de nutrientes y otros síntomas relacionados con la nutrición de cultivos, como guía para la obtención de rendimientos altos. Disponibles: Maíz y Espárrago. | \$ 0.50 |
| * | 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 |

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



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

IMPRESOS

CORREO AEREO



BY AIR MAIL