

# INFORMACIONES Agronomicas



INVESTIGACION  
INPOFOS K  
EDUCACION P

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

## FERTILIZACION BALANCEADA DEL MANGO: LA EXPERIENCIA DE CHINA

Zhou Xiuchong, Liu Guojian, Yao Jianwu, Ai Shaoying y Yao Lixian\*

### Introducción

El mango es una importante fruta tropical que se localiza en el quinto lugar en producción y consumo en el mundo. Los rendimientos normales varían entre 7.5 y 15.0 t/ha. Sin embargo, los rendimientos en la provincia de Guandong, al sur de China, son bajos e inestables debido a efectos combinados de intenso clima, baja fertilidad del suelo y al poco conocimiento de los agricultores de los beneficios de la fertilización balanceada. Los rendimientos promedio de mango en Guandong son solamente de 3.75 t/ha. La calidad del fruto es baja y poco competitiva en el mercado internacional, lo que produce una pobre rentabilidad para el productor. La rentabilidad de este cultivo depende de la investigación en fertilización balanceada que se conduce en la región.

### Materiales y métodos

Los experimentos que se discuten en este artículo fueron conducidos en cuatro huertos de mango en dos sitios diferentes en la provincia de Guandong (Shenzhen y Sanshui). Los suelos son franco limosos ácidos con bajo contenido de nitrógeno (N) y niveles deficientes de fósforo (P), potasio (K), magnesio (Mg), azufre (S) y zinc (Zn). Los ocho tratamientos probados (Tabla 1) se diseñaron utilizando las fuentes disponibles en China (Tabla 2). Debido a que la única fuente de Zn fue el sulfato de zinc ( $ZnSO_4$ ) y a que el S es una variable en el experimento, no se aplicó Zn a los tratamientos.

La dosis total de fertilizantes se fraccionó en tres aplicaciones dependiendo del periodo de crecimiento del huerto (Tabla 3). Los fertilizantes se aplicaron en dos pequeños surcos a dos lados opuestos del árbol. Los surcos fueron cubiertos después de cada aplicación. Los frutos fueron cosechados del 2 al 21 de Julio.

### Contenido de nutrientes en la hoja del mango

El contenido de nutrientes en la hoja madura más joven se muestra en la Tabla 4. Con adecuada nutrición con N, P, K, Mg y S la categorización de los contenidos de nutrientes en las hojas fue la siguiente:  $N > \text{calcio (Ca)} > K > P > Mg$  y S. La relación  $N : P : K : Ca : Mg : S$  fue casi idéntica entre sitios con las siguientes cifras: 1 : 0.10 : 0.60 : 0.86 : 0.09 : 0.09 en Shenzhen y 1 : 0.09 : 0.62 : 0.96 : 0.09 : 0.10 en Sanshui.

Tomado de: Xiuchong, et al., 2001. Balanced fertilization on mango in southern China. *Better Crops International* 15 (2): 16-19.

JUNIO 2002

No. 47

### Contenido

	Pág.
Fertilización balanceada del mango: La experiencia de China	1
Remoción de nutrientes de cuatro cultivos de aguacate	5
Fósforo: Un nutriente esencial en la dieta humana	8
Nuevas tecnologías para reemplazarla tumba y quema en la Amazonía	10
Lugar del P orgánico en su programa de fertilización	12
Reporte de investigación reciente	14
Cursos y Simposios	15
Publicaciones de INPOFOS	16
Editor: Dr. José Espinosa	

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

**Tabla 1. Nutrientes aplicados en los diferentes tratamientos en los experimentos con mango.**

Tratamientos	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Mg	S
	----- g/árbol/año -----				
1- N <sub>2</sub> PSK <sub>1</sub> Mg <sub>1</sub>	400	125	320	40	80
2- N <sub>2</sub> PSK <sub>1</sub>	400	125	320	0	80
3- N <sub>2</sub> PSMg <sub>1</sub>	400	125	0	40	80
4- N <sub>2</sub> PK <sub>1</sub> Mg <sub>1</sub>	400	125	320	40	0
5- N <sub>2</sub> SK <sub>1</sub> Mg <sub>1</sub>	400	0	320	40	80
6- N <sub>1</sub> PSK <sub>1</sub> Mg <sub>1</sub>	300	125	320	40	80
7- N <sub>2</sub> PSK <sub>2</sub> Mg <sub>1</sub>	400	125	440	40	80
8- N <sub>2</sub> PSK <sub>2</sub> Mg <sub>2</sub>	400	125	440	80	80

**Tabla 2. Fuentes y cantidad de material utilizados en los experimentos con mango.**

Tratamientos	Urea	DAP	MOP	SOP <sup>1</sup>	SPM	MgSO <sub>4</sub>	MgCl <sub>2</sub>	S <sup>o</sup>
	----- g/árbol/año -----							
1- N <sub>2</sub> PSK <sub>1</sub> Mg <sub>1</sub>	763	272	400	0	364	0	0	0
2- N <sub>2</sub> PSK <sub>1</sub>	763	272	200	444	0	0	0	0
3- N <sub>2</sub> PSMg <sub>1</sub>	763	272	0	0	0	400	0	29
4- N <sub>2</sub> PK <sub>1</sub> Mg <sub>1</sub>	763	272	533	0	0	0	333	0
5- N <sub>2</sub> SK <sub>1</sub> Mg <sub>1</sub>	870	0	400	0	364	0	0	0
6- N <sub>1</sub> PSK <sub>1</sub> Mg <sub>1</sub>	546	272	400	0	364	0	0	0
7- N <sub>2</sub> PSK <sub>2</sub> Mg <sub>1</sub>	763	272	600	0	364	0	0	0
8- N <sub>2</sub> PSK <sub>2</sub> Mg <sub>2</sub>	763	272	600	0	364	0	333	0

DAP = Fosfato diamónico; MOP = Muriato de potasio; SOP = Sulfato de potasio; SPM = Sulfato de potasio y magnesio; MgSO<sub>4</sub> = Sulfato de magnesio; MgCl<sub>2</sub> = Cloruro de magnesio; S<sup>o</sup> = Azufre elemental

<sup>1</sup> SOP fabricado en China contiene 45% de K<sub>2</sub>O y 18% de S.

**Tabla 3. Epoca de aplicación de los fertilizantes en los huertos en estudio.**

Etapa de crecimiento	Porcentaje fraccionado	Fecha
Promoción del crecimiento de ramas	40	12 de agosto al 11 de septiembre
Promoción de la floración	30	24 de febrero al 2 de marzo
Crecimiento y maduración de la fruta	30	20 de abril al 17 de mayo

No se encontraron diferencias significativas en el contenido foliar de N entre los mangos que recibieron 300 y 400 g de N/árbol. Cuando el contenido de P disponible en el suelo fue mayor que 5 ppm, no hubo diferencias significativas en el contenido foliar de P entre la aplicación de 125 g de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/árbol y la no aplicación. La aplicación de 320 g de K<sub>2</sub>O/árbol incrementó el contenido foliar de K en 0.16 y 0.18% sobre las plantas que no recibieron K. La aplicación de 40 g de Mg/árbol incrementó el contenido foliar de Mg en 0.04 a 0.09% comparado con las plantas sin aplicación. La aplicación de 80 g de S/árbol aumentó el contenido foliar de S en 0.03 a 0.04% sobre las plantas que no recibieron este nutriente.

### Remoción de nutrientes con diferentes rendimientos de mango

El rendimiento de fruta y la remoción de nutrientes de los sitios en estudio se presenta en la Tabla 5. Como se esperaba, la absorción y remoción de nutrientes fue mayor cuando los rendimientos son más altos. El orden de remoción de nutrientes por la fruta fue el siguiente: K<sub>2</sub>O > N > P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> > Ca > Mg > S. Además, se notó que si bien hubo mayor remoción de nutrientes con los rendimientos más altos la relación de remoción en los diferentes rendimientos fue bastante similar. Usando el promedio de rendimiento de los tratamientos que tuvieron todos los nutrientes la relación N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : K<sub>2</sub>O : Ca : Mg : S fue la siguiente: 1 : 0.18 : 1.46 : 0.15 : 0.12 : 0.10 en Shenzhen y 1 : 0.17 : 1.66 : 0.14 : 0.13 : 0.10 en Sanshui.

**Tabla 4. Contenido de nutrientes en las hojas maduras más jóvenes en los dos sitios de experimentación.**

Sitios	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- % -----					
Shenzhen	1.62	0.16	0.98	1.39	0.14	0.14
Sanshui	1.70	0.16	1.05	1.64	0.15	0.17

**Tabla 5. Rendimiento de fruta y remoción de nutrientes en los dos sitios de experimentación.**

Sitios	Rendimiento kg/ha	----- Acumulación de nutrientes en la fruta (kg/ha) -----					
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg	S
Shenzhen	13 300	17.7	3.2	25.8	2.6	2.2	1.7
Sanshui	18 700	22.4	3.9	37.1	3.2	3.0	2.3

**Tabla 6. Rendimiento del mango en respuesta a los diferentes tratamientos de fertilización en dos sitios en Guandong, China (1997 - 1999).**

Tratamientos	Rendimiento, kg/ha				Promedio <sup>1</sup> kg/ha
	1998 Shenzhen	1999 Shenzhen	1997 Sanshui	1998 Sanshui	
1- N <sub>2</sub> PSK <sub>1</sub> Mg <sub>1</sub>	12 800	18 800	9 100	18 200	14 700
2- N <sub>2</sub> PSK <sub>1</sub>	11 100	16 200	8 400	13 000	12 200
3- N <sub>2</sub> PSMg <sub>1</sub>	9 500	16 500	8 000	13 300	11 800
4- N <sub>2</sub> PK <sub>1</sub> Mg <sub>1</sub>	12 000	16 700	8 300	16 500	13 400
5- N <sub>2</sub> SK <sub>1</sub> Mg <sub>1</sub>	10 800	15 800	9 100	14 700	12 600
6- N <sub>1</sub> PSK <sub>1</sub> Mg <sub>1</sub>	10 300	17 300	8 200	16 700	13 100
7- N <sub>2</sub> PSK <sub>2</sub> Mg <sub>1</sub>	13 200	18 000	9 300	18 800	14 800
8- N <sub>2</sub> PSK <sub>2</sub> Mg <sub>2</sub>	14 000	18 300	9 500	19 000	15 200

<sup>1</sup> L.S.D. (0.10) = 1 190 kg/ha, L.S.D. (0.05) = 1 449 kg/ha

**Tabla 7. Rentabilidad de los diferentes tratamientos de fertilización en mango en Guandong, China (1997-1999).**

Tratamientos	Rendimiento kg/ha	Costo	Otros	Ingreso	Ganancia	Relación benef./costo
		Fertilizante <sup>1</sup>	gastos	total <sup>2</sup>	neta	
		----- Yuan/ha -----				
1- N <sub>2</sub> PSK <sub>1</sub> Mg <sub>1</sub>	14 700	2 440	10 500	44 200	31 300	3.4
2- N <sub>2</sub> PSK <sub>1</sub>	12 200	2 520	10 500	36 500	23 500	2.8
3- N <sub>2</sub> PSMg <sub>1</sub>	11 800	2 160	10 500	35 500	22 800	2.8
4- N <sub>2</sub> PK <sub>1</sub> Mg <sub>1</sub>	13 400	2 560	10 500	40 200	27 100	3.1
5- N <sub>2</sub> SK <sub>1</sub> Mg <sub>1</sub>	12 600	2 070	10 500	37 700	25 200	3.0
6- N <sub>1</sub> PSK <sub>1</sub> Mg <sub>1</sub>	13 100	2 140	10 500	39 300	26 700	3.1
7- N <sub>2</sub> PSK <sub>2</sub> Mg <sub>1</sub>	14 800	2 680	10 500	44 500	31 300	3.4
8- N <sub>2</sub> PSK <sub>2</sub> Mg <sub>2</sub>	15 200	3 050	10 500	45 600	32 100	3.4

<sup>1</sup> Precio de los fertilizantes: Urea = 1 660 Yuan/t; DAP = 2 200 Yuan/t; MOP = 1 400 Yuan/t; SOP = 1 900 Yuan/t; MgSO<sub>4</sub> = 1 600 Yuan/t; MgCl<sub>2</sub> = 1 300 Yuan/t; SMP = 1 300 Yuan/t; S = 2 500 Yuan/t.

<sup>2</sup> Precio del mango = 3 Yuan/kg.

### Efecto de los diferentes nutrientes en el rendimiento y la calidad del mango y en la rentabilidad

Los rendimientos de fruta en ambos sitios fueron más

bajos en el primer año debido al exceso de lluvia durante la floración. Por otro lado, durante el segundo año se obtuvieron rendimientos superiores a 18 000 kg/ha (Tabla 6). Durante cuatro años, el tratamiento 8 produjo el rendimiento promedio más alto con 15 200

kg/ha. Sin embargo, el análisis de rentabilidad indicó que el tratamiento 8 no fue significativamente diferente de los tratamientos 1 o 7, los mismos que tuvieron rendimientos de 14 700 y 14 800 kg de fruta/ha respectivamente. Aun cuando no se presentan los datos, la calidad del mango fue excelente en los 3 tratamientos (1, 7, 8).

La Tabla 7 demuestra que después de substraer los costos del fertilizante, mano de obra, pesticidas y renta, el productor obtiene un retorno económico de 32 100 Yuan/ha para el tratamiento 8 (relación costo/beneficio de 3.4), mientras que los tratamientos 1 y 7 obtuvieron un retorno de 31 300 Yuan/ha.

Como no se encontraron diferencias significativas entre los tres mejores tratamientos, se determinó que el tratamiento 1 es la mejor recomendación debido a que el costo del fertilizante en este tratamiento fue el más bajo.

### Efecto de los nutrientes individuales en el mango

**Nitrógeno.** La aplicación de 300 g de N/árbol resultó en un rendimiento y rentabilidad significativamente menor que cuando se usó 400 g de N/árbol. Con el último tratamiento se produjo 5.7 más frutas por árbol, con un incremento de 9 g por fruta lo que acumuló un rendimiento total de 1 630 kg/ha (12.4%). La ganancia neta con el tratamiento de 400 g de N/árbol fue de 4 600 Yuan/ha, que es una buena rentabilidad para el productor. La recomendación adecuada de N sería entonces 400 g de N/árbol/año, si los demás nutrientes se aplican en las cantidades requeridas por el cultivo.

**Fósforo.** Cuando se compara la aplicación de 125 kg de  $P_2O_5$ /ha con el tratamiento sin aplicación de P, se observó que los árboles fertilizados con P produjeron 8.1 más frutos por árbol, con un incremento de 8 g por fruta para obtener un significativo incremento en rendimiento de 2 170 kg/ha (17.3 %). La ganancia neta se incrementó en 6150 Yuan/ha. Cada kg de  $P_2O_5$  produjo 20.3 kg de fruta. La dosis apropiada de P para mango es 125 kg de  $P_2O_5$ /árbol/año.

**Potasio.** Al comparar la aplicación de 320 g de  $K_2O$ /árbol con el tratamiento que no recibió K, se determinó que los árboles fertilizados con K tuvieron 10.9 más frutos por árbol, que pesaron 9 g más por fruto, lo que produjo un incremento significativo de rendimiento de 2 920 kg/ha (24.7%). Cada kg de  $K_2O$  produjo 10.7 kg de fruta. La ganancia neta se incrementó en 8 490 Yuan/ha. La dosis recomendada para mango debe ser 320 g de  $K_2O$ /árbol/año.

**Magnesio.** Cuando se compara la aplicación de 40 g de Mg/árbol con el tratamiento sin este nutriente, se observó que los árboles a los que se aplicó Mg

produjeron 11.1 más frutas por planta, que pesaron 6 g más por fruto, lo que produjo un incremento en rendimiento de 2 570 kg/ha (21.1%). Cada kg de Mg produjo 64.3 kg de fruta. La ganancia neta se incrementó en 7 790 Yuan/ha. La recomendación para aplicación de Mg en mango es 40 g de Mg/árbol/año.

**Azufre.** Al comparar la aplicación de 80 g de S/árbol con el tratamiento sin S, se encontró que el tratamiento con S produjo 5.5 más frutos por árbol, que pesaron 2 g más por fruto, lo que produjo un incremento de 1 340 kg/ha (10%). Cada kg de S produjo 19.7 kg de fruta. La ganancia neta se incrementó en 4 160 Yuan/ha. La recomendación para la aplicación de S en mango es entonces 80 g de S/árbol/año.

### Conclusiones

Basándose en los resultados de este estudio, se recomienda mantener una fertilización balanceada en el manejo de la nutrición del mango. Esta fertilización balanceada debe incluir N, P, K, Mg y S. Este balance se logró aplicando urea, DAP, MOP y SPM. El 75% del K fue proveído por el MOP, mientras que el 25% del K y todo el Mg y S fue suplementado por SPM.

En las condiciones de este estudio, donde el contenido de N y P fueron bajos a medios y el K, Mg y S fueron deficientes, rendimientos promedios de cuatro años de hasta 15 200 kg de fruta/ha fueron producidos usando la siguiente recomendación: 400 g N, 125 g  $P_2O_5$ , 320 g  $K_2O$ , 40 g Mg y 80 g S/planta/año.

La remoción de nutrientes en la fruta en forma de N,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ , Ca, Mg, S de una producción de 15 000 kg/ha fue de 22.4, 3.9, 37.1, 3.2, 3.0 y 2.3 kg/ha, respectivamente. La aplicación de las dosis de nutrientes arriba mencionadas mejoraron también la calidad del mango medida como color, fragancia y sabor. Además, los pesos del fruto fueron mayores y tuvieron un incremento de 14% de sólidos, 9% de carbohidratos solubles, 21 g de vitamina C/100 g y menos 0.3 de ácidos orgánicos. La relación carbohidratos a ácido fue de 30.t



**Foto 1:** Campo de investigación de mango en el sur de China que demuestra la importancia de la fertilización balanceada en la producción de rendimientos sostenidos y rentables de fruta de calidad.

# REMOCION DE NUTRIENTES DE CUATRO CULTIVARES DE AGUACATE

Samuel Salazar e Ignacio Lazcano\*

## Introducción

México tiene aproximadamente la mitad de la producción de aguacate del mundo. La producción comercial de aguacate se encuentra concentrada en Michoacán y Nayarit (Téliz et al., 2 000). Con un área de más de 95 000 ha y con una producción total de más de 800 000 t de fruta por año, la industria Mexicana de aguacate provee un fuente directa de ingreso a más de 61 000 familias. Se ha estimado que la siembra de nuevas plantaciones y el uso de tecnología incrementará la producción a más de 1 millón de toneladas hasta el año 2 005. Con un valor de mercado interno estimado en más de 1 000 millones de dólares, la industria del aguacate juega un papel importante en la economía regional.

Por muchos años la rentabilidad de la producción de aguacate se midió en términos de producción total de fruta por árbol o por hectárea. Sin embargo, este parámetro ha perdido importancia debido a la globalización del mercado. Al momento, factores como fecha de cosecha y tamaño y calidad de fruta (tanto externa como interna) son considerados como los principales factores en el exitoso mercadeo del aguacate. Para determinar el adecuado manejo de la nutrición, que sostenga una producción de fruta del tamaño y calidad requeridos, es necesario tener información de la remoción de nutrientes de cada una de la variedades de aguacate cultivadas en la región.

Tradicionalmente, los huertos de aguacate de México han utilizado poco fertilizante basándose en la idea preconcebida de que el árbol de aguacate está adaptado a suelos de media a baja fertilidad. Debido al alto contenido de aceite de la fruta (hasta 20%), la producción de rendimientos altos de aguacate requiere de un adecuado suplemento de nutrientes, especialmente potasio (K). Los dueños de huertos viejos argumentan que hace 30 o 40 años era común el obtener 20 t/ha de fruta sin fertilización, sin embargo, hoy esto es imposible debido a que la fertilidad nativa del suelo ha declinado significativamente.

Al momento, los rendimientos promedio de aguacate en los huertos Mexicanos varían de 4 a 10 t/ha/año. En la mayoría de los huertos, las dosis de fertilización utilizadas varían de 0 a 100 kg de nitrógeno (N) y de 0 a 115 kg/ha de  $P_2O_5$  y  $K_2O$ . La evidencia acumulada

indica que los huertos manejados científicamente pueden fácilmente producir rendimientos mayores a 25 t/ha/año, minimizando al mismo tiempo el problema de rendimientos bajos al año siguiente de una buena cosecha. A pesar de las mejoras en el manejo, no existe información local sobre la exportación de nutrientes de los huertos de aguacate. Este estudió, que evaluó la extracción de nutrientes por la fruta de cuatro cultivares principales de aguacate, entregó a los productores importante información con respecto a la fertilización y ayudó a crear planes de manejo racional de la nutrición del aguacate en condiciones de secano.

## Materiales y métodos

Se cultivaron, en huertos comerciales, los siguientes cuatro cultivares de aguacates: Booth-8, Choquette, Hall y Hass. Las variedades Booth-8, Choquette y Hall estuvieron en huertos ubicados a 700 metros sobre el nivel del mar (msnm). El huerto de Hass estuvo ubicado a 950 msnm. Los sitios del estudio están localizados en Tepic, Nayarit. Los suelos de los cuatro sitios son representantes típicos de la mayoría de suelos dedicados al cultivo del aguacate en la región y tienen las siguientes características: textura franco arenosa, valores de capacidad de intercambio catiónico (CIC) que varían de 5.2 a 9.2  $cmol_{(+)} / kg$ , pH de 5.0 a 5.8, fósforo (P) Bray I de 4 a 15 ppm, potasio (K) intercambiable de 222 a 1 000 ppm, materia orgánica de 2.9 a 4.0% y contenidos bajos a medios de micronutrientes en todos los sitios. El manejo de la nutrición de los huertos siguió la práctica tradicional de fertilización usada por los productores sin riego de la región. Cada árbol recibió una dosis de 6 kg de 17-17-17 (N,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ ) fraccionada en dos aplicaciones, una al inicio de la temporada de lluvia (junio a julio) y otra a la mitad del periodo de crecimiento. No se hicieron aplicaciones de micronutrientes a pesar de los aparentes síntomas de deficiencias de zinc (Zn), principalmente en la variedad Hass. Se cosecharon 5 frutas fisiológicamente maduras y de tamaño promedio de cada uno de 20 árboles. En esta fruta se determinó el contenido de nutrientes, algunas características de calidad y componentes del rendimiento incluyendo epidermis, pulpa, cobertura de la semilla y cotiledones más embrión. Cada parte de la fruta se pesó en fresco y en seco y se analizó utilizando los métodos de análisis aprobados por la Sociedad Mexicana de la Ciencia del

\* Tomado de: Salazar, S., and I. Lazcano. 2001. Identifying fruit mineral removal differences in four avocado cultivars. *Better Crops International* 15(1): 28-31.

Suelo. Se reportan los datos en base a peso fresco y peso seco.

## Resultados y discusión

El peso fresco de la fruta es un parámetro común para estimar el rendimiento y la rentabilidad de un huerto de aguacate. Sin embargo, esto no significa que la fruta más grande o una abundante cosecha de frutas grandes extraiga más nutrientes del suelo. La información de las diferencias en peso fresco de la fruta entre cultivares de aguacate se presenta en la Figura 1. La fruta de la variedad Hass (239 g/fruta) puede ser considerada pequeña comparada con Booth-8, Hall y Choquette.

El contenido de materia seca presentó un comportamiento diferente que el peso fresco (Figura 2). La fruta de Hass tuvo el mayor contenido de materia seca (23.2%) comparado con otros cultivares. Este estudio demostró que el tamaño de la fruta no está directamente relacionado con la remoción total de nutrientes. La remoción de nutrientes fue mucho mayor en la fruta pequeña de mayor contenido de materia seca como la variedad Hass.

La materia seca está compuesta de carbono (C) y otros nutrientes acumulados durante el crecimiento y desarrollo de la fruta. Se usan también nutrientes en la síntesis de proteínas y aceite, ambos en altas cantidades en la fruta del cultivar Hass. Por esta razón, se espera que fruta con mayor contenido de materia seca y aceite requiera más nutrientes.

A pesar de que se han reportado muchos casos de rendimientos más altos en México, los cálculos de costo energético han establecido que el potencial de rendimiento del aguacate Hass es de 32.5 t/ha

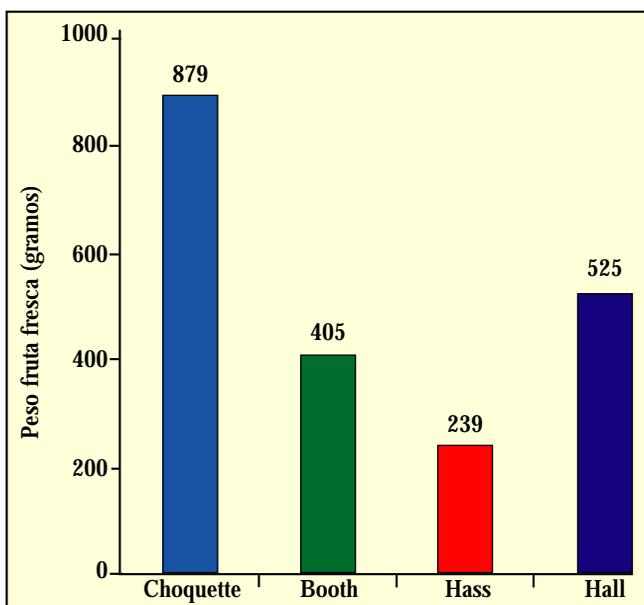
(Wolstenholme, 1986). En este estudio, los cálculos de remoción de nutrientes se basaron en un rendimiento de fruta de 20 t/ha. Es importante mencionar que los rendimientos de huertos Choquette (con 100 árboles/ha) pueden ser mayores a 60 t/ha. Por esta razón, la remoción de nutrientes podría ser más alta si se calculan con estos rendimientos. Sin embargo, no se han conducido estudios para determinar el contenido de nutrientes para rendimientos récord en este cultivar.

En este estudio, la cantidad de N, P y K removidos por el cultivar Hass fue la más alta (Figura 3). Una producción de 20 t/ha removió 52, 21 y 94 kg de N,  $P_2O_5$  y  $K_2O$ , respectivamente. La remoción de K por la fruta de el cultivar Hass fue 70, 77 y 39% más alta que los cultivares Choquette, Hall y Booth-8, respectivamente.

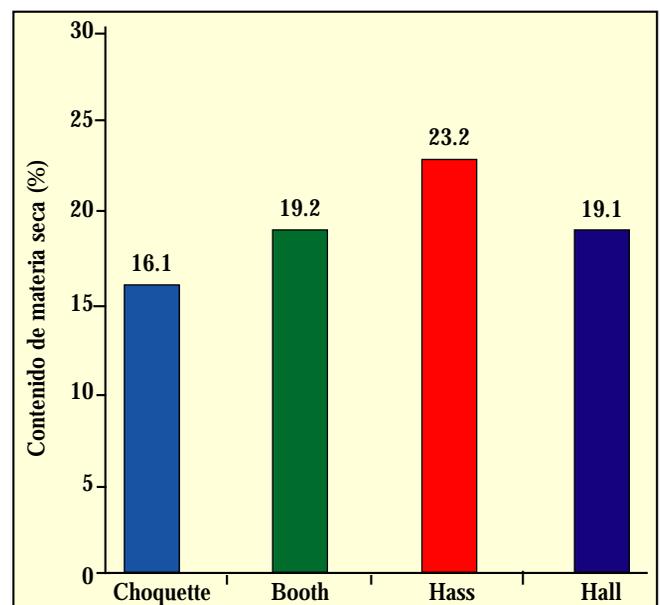
La exportación de magnesio (Mg), azufre (S), Zn, boro (B) y molibdeno (Mo) por la fruta fue mayor en el cultivar Hass (Tabla 1). La remoción de nutrientes de los cultivares Choquette, Booth-8 y Hall fueron similares, sin embargo, el cultivar Hall tuvo una menor remoción de varios nutrientes en comparación con Choquette o Booth-8 (Tabla 1).

## Conclusiones

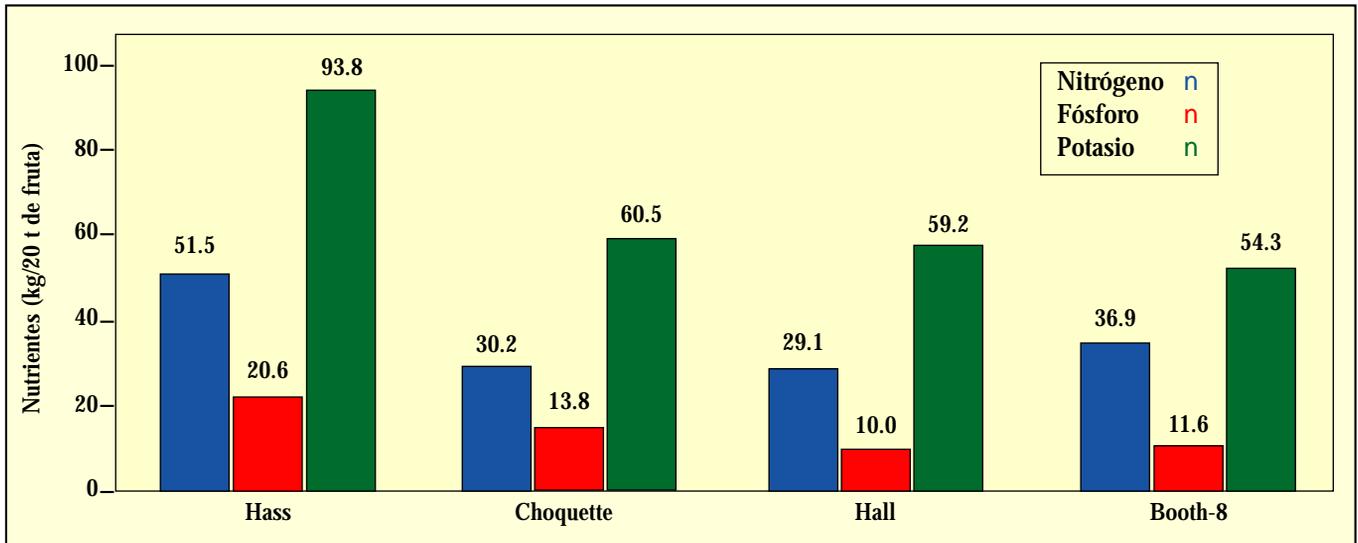
Los resultados de este estudio demuestran que es razonable esperar diferencias significativas en remoción de nutrientes entre los diferentes cultivares de aguacate. Los productores deben poner atención al potencial de rendimiento de cada cultivar y a la remoción total de nutrientes y deben asegurar que se suplemente suficiente N y K para lograr crecimiento y calidad óptimos. Los contenidos de P, Mg y S en el



**Figura 1. Promedio de peso fresco de cuatro cultivares de aguacate.**



**Figura 2. Promedio del contenido de materia seca en cuatro cultivares de aguacate.**



**Figura 3. Remoción de nitrógeno, fósforo ( $P_2O_5$ ) y potasio ( $K_2O$ ) en 20 toneladas de fruta de cuatro cultivares de aguacate.**

**Tabla 1. Remoción de nutrientes de acuerdo a la producción de fruta fresca de varios cultivares de aguacate manejados sin riego en Nayarit, México.**

Nutriente	Remoción de nutrientes							
	g por 100 kg de fruta fresca				kg por 20 t de fruta fresca			
	Hass	Choquette	Hall	Booth-8	Hass	Choquette	Hall	Booth-8
N	257.0	151.0	145.0	185.0	51.5	30.1	29.1	36.9
$P_2O_5$	103.0	69.2	49.9	58.2	20.6	13.0	10.0	11.6
$K_2O$	469.0	302.0	296.0	271.0	93.8	60.5	59.2	54.3
Ca <sup>1</sup>	8.4	8.7	6.5	10.4	1.7	1.7	1.3	2.1
Mg	29.5	16.3	16.5	22.3	5.9	3.3	3.3	4.5
S	34.5	19.2	18.4	22.6	6.9	3.8	3.7	4.5
Cl <sup>1</sup>	12.0	7.3	0.2	7.4	2.4	1.5	0.04	1.5
Fe <sup>1</sup>	0.6	1.0	0.4	0.7	0.12	0.2	0.08	0.14
Cu <sup>1</sup>	0.2	0.1	0.2	0.2	0.04	0.02	0.04	0.04
Mn <sup>1</sup>	0.1	0.1	0.01	0.07	0.02	0.02	0.002	0.014
Zn	0.4	0.3	0.3	0.2	0.08	0.06	0.06	0.04
B	0.4	0.2	0.2	0.3	0.08	0.04	0.04	0.06
Mo	0.02	0.01	0.01	0.01	0.004	0.002	0.002	0.002
Na <sup>1</sup>	1.0	0.6	0.8	1.0	0.2	0.12	0.16	0.2
Al <sup>1</sup>	0.3	0.3	0.2	0.4	0.06	0.06	0.04	0.08

<sup>1</sup> Ca = calcio; Cl = cloro; Fe = hierro; Cu = cobre; Mn = manganeso; Na = sodio; Al = aluminio

suelo deben ser adecuados antes de la siembra. Se debe chequear el contenido de micronutrientes y si es necesario se deben hacer aplicaciones foliares.

Los programas de fertilización balanceada, específicos para cada cultivar, son esenciales para mejorar el rendimiento y la calidad de la fruta. Un programa de fertilización adecuado del aguacate debe incluir el análisis del contenido de nutrientes en la fruta y los análisis de suelo y foliar para estimar de mejor manera los requerimientos de fertilización del huerto.

## Bibliografía

- Wolstenholme, B.N. 1986. Energy costs of fruiting as a yield-limiting factor with special reference to avocado. *Acta Hort.* 175:121-126.
- Teliz-Ortíz, D., G. Mora-Aguilera y L. Morales-García. 2000. Importancia histórica y socioeconómica del aguacate. In: *El aguacate y su manejo integrado*. Teliz-Ortíz, D. (coord.). Mundi Prensa. México.†

# FOSFORO: UN NUTRIENTE ESENCIAL EN LA DIETA HUMANA

G. Tomassi\*

## Introducción

La dieta humana, para ser completa y balanceada, debe contener nutrientes con valor energético así como nutrientes sin valor energético, en cantidades correspondientes a las necesidades fisiológicas del organismo. Estos requerimientos varían de acuerdo a las características fisiológicas y estados del organismo, en particular sexo, edad, preñez, lactancia, etc.

Los nutrientes minerales no proveen energía al cuerpo, sin embargo, son nutrientes esenciales para muchas e importantes funciones fisiológicas de carácter estructural o metabólico. Estos nutrientes se pueden categorizar por la cantidad presente en el cuerpo. El primer grupo incluye minerales que están presentes en el cuerpo en la magnitud de cientos de gramos y que deben ser suplementados en la dieta en una magnitud de cientos de miligramos. La segunda categoría incluye minerales que están presentes en el cuerpo en pocos gramos y que deben ser suplementados en la dieta en magnitudes de pocos miligramos o microgramos (Tabla 1).

El fósforo (P) pertenece a la primera categoría de minerales y está presente en el cuerpo humano en cantidades que llegan a los 800 g en un adulto. El 85% del P en el cuerpo se encuentra en huesos y dientes, principalmente en forma de hidroxapatita, con una relación en peso de 1:2 con el calcio (Ca). El resto del P se distribuye en los músculos, hígado, intestino, piel,

tejido nervioso y otros órganos y tejidos, principalmente en forma de ésteres orgánicos. En los fluidos biológicos el P está presente como ion fosfato.

## Funciones fisiológicas del fósforo

Además de intervenir en la formación y estructura de los huesos, el P está envuelto en muchas funciones fisiológicas (Tabla 2), como lo evidencia la presencia de P en los iones fosfato y en diferentes compuestos orgánicos intracelulares y extracelulares o a nivel de la membrana celular.

**Tabla 2. Principales funciones del fósforo en el cuerpo humano.**

- Estructura de huesos y dientes
- Metabolismo de la energía
- Activación de las reacciones en todas las áreas del metabolismo
- Tampón intracelular y extracelular
- Estructura y función de la membrana celular

El ion fosfato es esencial para el metabolismo de los carbohidratos, lípidos y proteínas donde funciona como cofactor en múltiples sistemas enzimáticos y donde contribuye al potencial metabólico en forma de compuestos de alta energía (principalmente como ATP, pero también como GTP, ITP y otros nucleótidos).

Los fosfatos también juegan un papel importante en la regulación del equilibrio ácido-base en el plasma y entre las células por medio de la capacidad tampón del sistema  $\text{HPO}_4/\text{H}_2\text{PO}_4$ .

En el plasma el P está presente como fosfato inorgánico, la mayor parte en forma de  $\text{HPO}_4^{2-}$  y el resto como  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ . El fosfato circulando en el plasma está en equilibrio no solamente con el fosfato inorgánico del esqueleto y el fosfato inorgánico de las células, sino que también está en equilibrio con un gran número de compuestos orgánicos resultantes del metabolismo celular. Por esta razón, el fosfato podría ser usado como indicador del estado nutricional del P en el cuerpo. Sin embargo, debido a que altas cantidades de P pueden cambiar rápidamente entre los compartimentos extracelular, intracelular o los huesos, no se puede usar la concentración de fosfato en el plasma para estimar adecuadamente el contenido total de P en el cuerpo.

**Tabla 1. Requerimientos de minerales por el cuerpo humano.**

Minerales	mg/día*	_g/día*
Calcio	800	
Fósforo	800	
Magnesio	350	
Zinc	15	
Hierro	10	
Manganeso	2.0-5.0**	
Fluor	1.5-4.0**	
Cobre	1.5-3.0**	
Yodo		150
Molibdeno		75-250**
Cromo		50-200
Selenio		70

\* mg = miligramos; \_g = microgramos  
 \*\* Rango adecuado y seguro

\* Tomado de: Tomassi, G. 2002. Phosphorus – an essential nutrient for human diet. IMPHOS Newsletter 16: 1- 3.

## Ingestión de fósforo en la dieta y metabolismo

A pesar de estar ampliamente distribuido en varios compuestos celulares y estructurales y estar envuelto en muchas e importantes funciones fisiológicas, el P no ha recibido mucha atención por los nutricionistas, debido principalmente a que está presente en casi todos los alimentos lo que hace que sean escasos los casos de deficiencia. Las fuentes más concentradas de P son el queso, la carne, el pescado y los cereales enteros (Tabla 3).

**Tabla 3. Contenido promedio de fósforo en varios alimentos.**

Alimento	Contenido en la parte comestible mg/100 g
Queso	600-700
Pescado	200-300
Carne	200
Huevos	200
Leche	100
Cereales	50-200
Frutas y hortalizas	20-100

El P es absorbido en un 60 a 70% como fosfato libre, pero la eficiencia de utilización de P puede cambiar con el nivel de ingestión (se incrementa a bajos niveles de ingestión) y el tipo de alimento. La presencia de oxalato (Tabla 4) puede reducir la absorción y el P en forma fitica (presente en semillas y cereales) no es inmediatamente disponible debido a que el intestino humano es deficiente en la enzima fitasa. Sin embargo, no se conoce un mecanismo fisiológico que regule la absorción intestinal del fosfato en el hombre y el control de la economía de P en el cuerpo parece que se logra por variaciones en la ingestión y por excreción renal. Por esta razón, es necesaria una normal función del riñón para mantener la estabilidad interna ya que el P en la orina representa aproximadamente el 70% del P en la dieta. La mala función renal causa, entre otras cosas, excesiva actividad de la glándula tiroides por acumulación de P.

El rango de contenido de fosfato inorgánico en el plasma humano varía entre 2.5 y 4.4 mg/dl, con una media de 3.5. Esta concentración puede variar de acuerdo a la edad, sexo, hora del día, contenido hormonal y función renal. En niños, los valores de fosfato en el plasma son generalmente mayores que en los adultos (5-6 mg/dl). El contenido de fosfato en el plasma de los hombres decrece progresivamente con la edad, pero en las mujeres declina hasta la edad de 40 años y luego se incrementa, posiblemente por razones relacionadas con la menopausia. Esto podría explicar la reabsorción de los

huesos en mujeres después de la menopausia.

Las variaciones de los niveles de fosfato inorgánico en el plasma probablemente contribuyen a la regulación de los cambios en los huesos y a la bioactivación del metabolito de la vitamina D que cambia de 250 HD<sub>3</sub> a 1.25 (OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub>. Se ha determinado que incrementando la ingestión de P de 500 a 3 000 mg/día se reduce significativamente la concentración de las formas activas de vitamina D en el plasma, lo que resulta en la reducción de la absorción intestinal del calcio (Ca). La habilidad para adaptarse a las fluctuaciones del contenido del P en la dieta puede depender de la respuesta del riñón para responder a la condición, incrementando o reduciendo la producción de 1.25 (OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub>.

## Balance del P en la dieta

La ingestión de P en la dieta se ha relacionado con la ingestión de Ca, debido principalmente a la presencia relevante de P en los huesos como fosfato de calcio.

Continúa en la página No. 11

**Tabla 4. Concentraciones de fósforo y oxalato en diferentes alimentos.**

Alimento	Fósforo ----- mg/100 g -----	Oxalato
Leche	93	0.5-0.9
Yogur	479	0
Quesos	79	0-0.9
Huevos	183	0.4
Hamburguesa cosida	214	0.2
Lenguado	64	
Ostras crudas	143	
Pollo rostizado	169	0.3-1.9
Hojuelas de maíz	45	5.6
Pan blanco	87	4.9
Pan integral	228	
Manzana	2	1.5
Naranja	15	6.2
Frutillas	20	1.9
Tomate	27	5.3
Repollo	26	1.0
Arvejas cosidas	66	0.8-1.3
Coliflor	56	1.0
Cebolla	33	3.0
Papa	43	23
Lechuga	21	17
Ruibarbo	8	260
Remolacha	23	122
Espinaca	51	779
Te en 100 ml de agua		
1 g en infusión de 2 min	0	46
1.5 g en infusión de 6 min	0	83
Chocolate amargo	385	124

## NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA REEMPLAZAR LA TUMBA Y QUEMA EN LA AMAZONIA

M. Denich, K. Vielhauer y B. Hedden-Dunkhorst\*

Los primeros colonizadores europeos ocuparon la región este de la ciudad de Belem hace más de un siglo. Desde aquellos tiempos pequeños productores han hecho agricultura en la región. Tradicionalmente, los periodos de descanso de varios años juegan un importante papel en el sistema de producción para mantener la productividad del suelo. La preparación del suelo para la siembra es hecha mediante la tumba y quema de los arbustos presentes después del periodo de descanso. La quema es una operación barata, simple y rápida para remover la biomasa del campo. Al mismo tiempo, la ceniza remanente fertiliza el cultivo siguiente. Sin embargo, la gran desventaja de este tipo de preparación del suelo es la pérdida de nutrientes y materia orgánica por volatilización durante la quema.

En años recientes, la presión demográfica y la integración de la economía de mercado han conducido hacia la intensificación del uso de la tierra. Esto a su vez puede causar una degradación irreversible de los sistemas de tumba y quema. Por esta razón, en 1991, la Universidad de Gottingen y EMBRAPA desarrollaron

un proyecto de investigación para adaptar el sistema a las condiciones agrícolas presentes. El proyecto se basa en un plan de tres pasos. Se inició con un estudio de diagnóstico, seguido por investigación práctica orientada a resolver los problemas incluyendo el desarrollo de nuevas tecnologías. El proyecto ha llegado a su fase final que es la implementación de los resultados de la investigación.

Si se desea que los agricultores adopten métodos de uso de la tierra libres de fuego es necesario desarrollar métodos prácticos que logren convertir la biomasa en mulch. La mecanización es la única opción práctica. El proyecto desarrolló un cortador de arbustos montado en un tractor (Foto 1) con la cooperación del Instituto de Ingeniería Agrícola de la Universidad de Gottingen. Este equipo corta en pedazos pequeños la vegetación y la distribuye sobre el campo. Sin embargo, este proceso



envuelve costo que debe ser cubierto por retornos mayores de la actividad agrícola. Se están conduciendo análisis económicos, en cooperación con la universidad de Belém, para documentar los retornos económicos de cultivos hechos con y sin mulch, fertilización y otras prácticas agronómicas. La evaluación económica de toda la finca indicará cual es el impacto de estas tecnologías alternativas en el ingreso total de la familia viviendo en la finca.

Un punto crucial de cualquier investigación agrícola es la adopción de la innovación por los agricultores. Los incentivos para la adopción de los sistemas de preparación de la tierra para el siguiente cultivo sin utilizar fuego se pueden derivar de diversos componentes. Por ejemplo, la preparación mecanizada

del sitio es generalmente interesante para los agricultores ya que no tendrán que llevar a cabo el pesado trabajo de cortar manualmente la vegetación. Estimaciones preliminares demuestran que la preparación mecanizada de mulch no cuesta más que el corte manual de la vegetación si esta operación es conducida por un grupo

de trabajadores contratados. Además, se han identificado variedades de cultivos que trabajan mucho mejor en sistemas con mulch que las variedades locales. Sin embargo, como no se deja ceniza sobre el campo, la fertilización es indispensable. La pregunta es: pagarán estas inversiones?. Se ha estimado que la fertilización duplica el ingreso neto del sistema debido a que los rendimientos de los cultivos son mucho mayores. Finalmente, con el sistema tradicional de tumba y quema la vegetación solo se puede quemar en la época seca, mientras que con el equipo la vegetación se corta en cualquier época del año. Esto permite un mejor ajuste de la época de siembra para planificar la cosecha en las épocas del año de mayor ventaja en el mercado, lo que incrementa los ingresos. Todas estas innovaciones se pueden presentar al agricultor en módulos, de modo que el sistema pueda ser mejorado

\* Tomado de: Denich, M., K. Vielhauer y B. Hedden-Dunkhorst. 2002. New technologies to replace slash and burn in the eastern Amazon. ZEF News 9: 7-8

paso a paso, de acuerdo con las necesidades y habilidad de los agricultores. De esta forma, los agricultores pueden determinar el grado de riesgo que puedan tomar. A largo plazo, la acumulación del mulch no solamente ayuda a reducir las pérdidas de nutrientes sino que también contribuye a la conservación de la materia orgánica, mejorando de esta forma las propiedades del suelo.

La introducción de este tipo de mecanización requiere de cooperación pública y privada. El proyecto a iniciado trabajo cooperativo con una compañía de ingeniería mecánica local que está lista a construir un modelo del cortador que cumpla con las normas industriales de Brasil. Además, un contratista privado está dispuesto a arrendar el equipo a los productores. Como parte del análisis institucional, el proyecto está examinando cual sería la mejor forma de poner el equipo a disposición de los agricultores.

Muchos agricultores de la región han sido parte del proyecto desde el inicio, ya sea como trabajadores de campo o como simples observadores. Se debe

reconocer que el contacto cercano con el proyecto por varios años influencia el comportamiento de los agricultores hacia el uso de la tierra. Además, los agricultores tienen que buscar nuevos métodos de preparación de la tierra a medida que se van desarrollando iniciativas políticas que restringen el uso del fuego en estas labores.

Recientemente, se observó que agricultores en la zona del estudio colectaban material vegetal para cubrir los suelos extremadamente desnudos en las plantaciones de pimienta. Quizá estos sistemas de transferencia de biomasa con producción de material vegetal in situ dominen el futuro de la producción agrícola de la región. Sin embargo, el corte y acumulación como mulch del material vegetal de los lotes en descanso continuará sin duda teniendo mucha importancia en el futuro cercano, particularmente cuando se incremente la demanda de tierra. Esto se aplica a la región donde se desarrolló el proyecto así como a cualquier otra área de bosque tropical en el mundo.<sup>t</sup>

## FOSFORO: Un nutriente esencial..

Las recomendaciones de ingestión de P y Ca son similares en diferentes grupos poblacionales, indicando que la relación P : Ca de 1: 1 es adecuada (Tabla 5). Sin embargo, se ha demostrado que si la ingestión de Ca es adecuada, una relación precisa entre P y Ca no es importante ya que el P ingerido generalmente es suficiente. Se ha demostrado también que un incremento en la ingestión de P en adultos de 800 a 2 000 mg/día no afecta el balance con el Ca, sin importar la ingestión de Ca que se incrementó de 200 a 2 000 mg/día. De igual manera, se ha reportado que la variación en la ingestión de P no afecta el balance general de Ca en mujeres en la menopausia.

### Deficiencia de fósforo

La ingestión de P en la dieta es generalmente suficiente para satisfacer los requerimientos fisiológicos de los humanos, con excepción de los niños prematuros

alimentados exclusivamente con leche humana, debido a que esta leche no contiene suficiente P para satisfacer las necesidades para la mineralización de los huesos. De igual manera, la ingestión de P con la dieta generalmente no es suficiente para las personas que toman antiácidos como el hidróxido de aluminio por prolongado tiempo, debido a que el hidróxido de aluminio fija el P haciendo que este no sea disponible.

La deficiencia de P se presenta como pérdida del volumen de huesos, pero puede incluir otros síntomas como debilidad, anorexia y dolor. La hipofosfatemia crónica puede inducir raquitismo en niños y osteomalacia en adultos. Otro efecto de la deficiencia de P es una significativa reducción de la secreción de insulina por el páncreas. Esto parece deberse a un defecto en el metabolismo de la glucosa, particularmente debido al cambio de la actividad de fosfofructokinasa.

### Conclusiones

La importancia del P en la nutrición humana es indudable, sin embargo, todo el P disponible en la dieta proviene de plantas y de animales que consumen esas plantas. El P es un nutriente esencial para las plantas y su efecto se observa tanto en el rendimiento como en la calidad de los alimentos consumidos por el hombre. Una buena nutrición vegetal con P asegura esta insustituible fuente de P en la dieta humana.<sup>t</sup>

**Tabla 5. Recomendación diaria de ingestión de calcio y fósforo.**

Categoría	Edad años	Calcio ----- mg/día	Fósforo -----
Infantes	0.0-0.5	400	300
	0.5-1.0	600	500
Niños	1-10	800	800
Adultos	11-24	1200	1200
	>25	800	800

## LUGAR DEL FOSFORO ORGANICO EN SU PROGRAMA DE FERTILIZACIÓN\*

### Introducción

El fósforo (P) es un elemento clave de la molécula de ácido desoxirribonucleico (DNA). Aunque parezca extraño, más del 50% del P orgánico del suelo puede encontrarse en forma de DNA.

Según el diccionario Webster, la palabra orgánico se refiere a la rama de la química que estudia los compuestos que contienen carbono. Por lo tanto, el P orgánico pertenece a los compuestos que contienen carbono (C) y P. A diferencia de los fosfatos inorgánicos como los fosfatos de calcio (Ca), sodio (Na) o amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), los compuestos de P orgánico son extremadamente complejos y se originan a partir de la descomposición de los residuos de los cultivos por los microorganismos del suelo.

### Porqué el interés en el fósforo orgánico?

A qué se debe el interés en el P orgánico?. Simplemente porque la planta que se fertiliza está estrechamente relacionada con el enriquecimiento del suelo para futuros cultivos. El proceso funciona de la siguiente forma: Se conoce que la planta absorbe P en forma de los aniones ortofosfato ( $\text{H}_2\text{PO}_4^{-1}$  y  $\text{HPO}_4^{-2}$ ) que se encuentran en solución en el suelo. Estos fosfatos inorgánicos se adicionan fácilmente al suelo al aplicar fertilizantes comerciales. Sin embargo, durante el proceso de crecimiento, la planta convierte el P inorgánico absorbido del suelo en P orgánico. En qué cantidad?. Un cultivo de maíz que produce 12 t/ha contiene aproximadamente 13 kg de P orgánico en el grano y la misma cantidad de P en los residuos y las raíces que quedan en el campo. Este P orgánico de los residuos pasa eventualmente a formar parte de la reserva de P del suelo y servirá para futuros cultivos. También se encuentran en el suelo fosfatos inorgánicos inmovilizados que son fosfatos no disponibles para la planta. Estos fosfatos incluyen los fosfatos de hierro, de calcio y de aluminio. Los suelos se comportan en forma diferente con respecto a la inmovilización o fijación de P. El comportamiento depende del pH, de los iones metálicos presentes en el sistema (listos para reaccionar formando compuestos insolubles) y del mismo origen del suelo (los suelos viejos y los suelos derivados de ceniza volcánica fijan mucho P en la superficie de las arcillas).

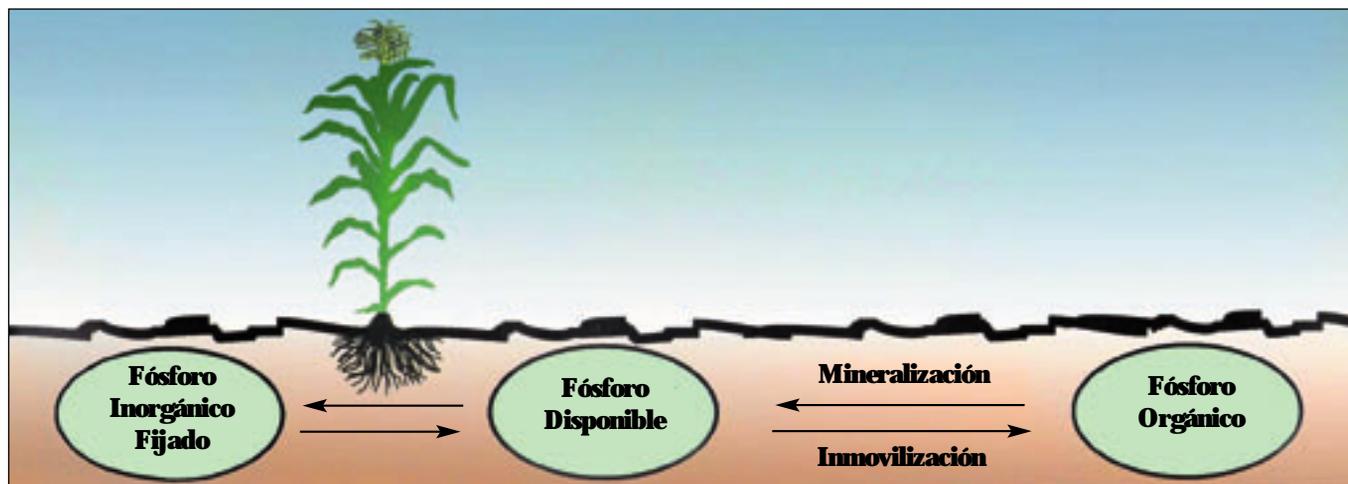
La Figura 1 muestra la relación entre los fosfatos inorgánicos inmovilizados, el fosfato disponible y el fosfato orgánico de los suelos. Cuando se incorporan fosfatos inorgánicos al suelo, el equilibrio puede inclinarse a favor de la inmovilización o fijación de P. Por otro lado, a medida que la materia orgánica se descompone (mineraliza) el equilibrio puede inclinarse hacia la presencia de fosfatos más disponibles para la planta. El agricultor puede promover la descomposición de materia orgánica para liberar fosfatos (y nitrógeno), durante los periodos de lluvias y altas temperaturas. Sin embargo, hay que recordar que primero hay que acumular materia orgánica en el suelo y esto se logra cuando se produce un cultivo vigoroso que deje abundante residuo (rastrojo y raíces) en el campo después de la cosecha.

### Como promover la liberación del fósforo orgánico

El primer paso es manejar los residuos de cosecha y otros residuos de la finca adecuadamente para promover la formación de materia orgánica en el suelo. En segundo lugar, se debe ajustar el pH del suelo para maximizar la actividad microbiana (en suelos tropicales el rango es 5.5 a 6.5). En tercer lugar debe existir suficiente humedad, temperatura y aireación en el suelo para promover un ambiente microbiano activo. La lluvia o el riego proveen de humedad al suelo, pero la temperatura depende de la naturaleza. Con respecto al manejo del suelo, es importante recordar que el objetivo de un programa de manejo para maximizar la productividad es el de desarrollar un suelo profundo, rico en materia orgánica y de baja densidad que maximice la circulación de aire y agua, condición que a su vez maximiza la actividad microbiana. La mineralización de la materia orgánica acelera la liberación de los fosfatos orgánicos que pasan a ser componentes importantes para lograr y sostener cultivos de altos rendimientos.

El proceso de mineralización lo llevan acabo los microorganismos del suelo que se alimentan de los residuos de los cultivos. Existe una parte de la materia orgánica que los microorganismos no pueden descomponer y que se acumula en el suelo como un material negro conocido como materia orgánica. Cuando finalmente se acumula la materia orgánica, ésta contiene una cantidad substancial de P orgánico. En la

\* Tomado de: Fluid Fertilizer Foundation. 2000. Where does organic phosphorus fit in your fertility program. Fluid Journal (8) 3: 17-19.



**Figura 1. Relación entre los fosfatos inorgánicos fijados, los fosfatos disponibles y los fosfatos orgánicos.**

capa superficial del suelo (0 a 15 cm), un suelo con 3% de materia orgánica puede contener alrededor de 1 000 kg de  $P_2O_5$  por hectárea (Tabla 1). El P retenido en la materia orgánica no es inmediatamente asimilable para la planta. Estos fosfatos deben convertirse de nuevo en forma inorgánica para que puedan ser asimilados por la planta. Sin embargo, esto es más bien una ventaja puesto que cuando el agricultor logra acumular materia orgánica se almacena fosfato orgánico que será liberado cuando el cultivo más lo necesite (durante el período de máximo crecimiento). Durante el proceso de mineralización, el P inorgánico (así como el nitrógeno y otros nutrientes), se hacen disponibles, para esto es necesario que las condiciones de temperatura, pH, humedad sean adecuadas y que exista un buen manejo del suelo.

**Tabla 1. Cantidades aproximadas de fósforo orgánico en la materia orgánica del suelo.**

Contenido de materia orgánica en el suelo (%)		
1	3	5
Contenido de $P_2O_5$ (kg/ha)		
340	1 020	1 700

### Una comparación interesante

Otra forma interesante de ver la dinámica del P orgánico en el suelo es comparando ésta con la dinámica de P en el rumen de los bovinos. Los ganaderos saben que sus animales pueden desarrollar serias deficiencias de P aun cuando ingieran grandes cantidades de ensilado y granos de maíz. El P orgánico en el alimento (denominado Fitina) es muy poco asimilable para los animales. Para compensar esta deficiencia en los animales es necesario suplementar P inorgánico en forma de fosfato monocálcico o dicálcico. Como resultado se observa mayor eficiencia de la alimentación, aumento de peso y un mejoramiento

general de la salud del animal. En el ganado, al igual que en los humanos, aproximadamente el 20% del P se encuentra en los tejidos blandos en forma de compuestos orgánicos complejos. El P en los tejidos blandos es necesario para metabolizar los carbohidratos y las grasas. Es un componente de todas las células vivas. La pregunta es: qué tan importante puede ser el P en la dieta de los animales? La respuesta es obvia cuando se demuestra que eliminando el P de la dieta de los pavos jóvenes, éstos mueren en solamente 10 días.

### Un elemento indispensable

En la agricultura moderna, cuando los rendimientos de maíz se aproximan a 12 o 15 t/ha y cada vez se añaden más residuos al suelo, el P orgánico pasa a jugar un papel significativo en el manejo de los residuos. La adición de los residuos no debe convertirse en un problema, al contrario, puede ser la solución en lo que respecta al manejo de nutrientes para la obtención de altos rendimientos. Un buen manejo de residuos se logra con siembra directa (cero labraza), sistema de manejo del suelo y de los cultivos que acumula materia orgánica aun en suelos tropicales de alta dinámica.

Sin lugar a duda, el P orgánico juega un papel muy importante en la construcción de suelos de alta productividad capaces de sostener altos rendimientos. Estos altos rendimientos requieren del inteligente manejo de los fertilizantes minerales que promuevan un vigoroso crecimiento de la planta, que deja a su vez abundantes residuos en el campo. La materia orgánica proveniente de estos residuos es la fuente principal de P orgánico que ayuda a mantener estos rendimientos altos.<sup>t</sup>

## REPORTE DE INVESTIGACION RECIENTE

### DISPONIBILIDAD DE K Y SUS RELACIONES CON Ca Y Mg EN SOYA CULTIVADA BAJO INVERNADERO

Oliveira, F. A. de., Q. A. de C. Carmello, H. A. A. Mascarenhas. 2001. Disponibilidade de potássio e suas relações com cálcio e magnésio em soja cultivada em casa de vegetação. *Scientia Agrícola*, v.58, n.2, p. 329-335.

La falta de respuesta de la soya a la aplicación de elevadas cantidades de K puede estar relacionada con la interacción con el Ca y el Mg del suelo y por tanto con el encalado. El objetivo de este trabajo fue evaluar la nutrición potásica de soya en relación al Ca y Mg del suelo. El experimento se llevó a cabo en macetas y bajo invernadero con suelos de textura media, Latossol Rojo Amarillo distrófico típico, dispuesto en un esquema factorial 5 x 7 en bloques al azar con cuatro repeticiones. Se aplicaron 5 niveles de cal dolomítica calcinada, 40 días antes de la siembra, (0, 500, 1 000, 1 500, 2 000 mg/dm<sup>3</sup>), combinados con 7 niveles de K (0, 15, 30, 45, 60, 75, 90 mg/dm<sup>3</sup>), aplicados en forma de KCl antes de la siembra. En cada maceta se cultivaron 4 plantas de soya inoculadas con *Bradyrhizobium japonicum*, cultivar precoz IAC, de 112 días de ciclo. Se evaluaron dos plantas de cada maceta en el estadio R2 (plena floración) y dos en estadio R8 (plena maduración). Cuando la relación (Ca + Mg)/K intercambiable en el suelo fue superior a 36 o la relación de los contenidos foliares (Ca + Mg)/K fue superior a 3.6 se obtuvieron las menores producciones de material vegetal y las plantas presentaron síntomas de deficiencias visuales y contenidos foliares de K reducidos. Por otro lado, las mayores producciones junto, con el mayor equilibrio de los contenidos foliares de K, Ca y Mg, se obtuvieron cuando la relación (Ca + Mg)/K intercambiable en el suelo fue de 20 y 30. La relación (Ca + Mg)/K intercambiable en el suelo se mostró como un índice importante de evaluación de la disponibilidad del K en el suelo para el cultivo de soya. La recomendación de fertilización potásica para el cultivo de soya también debe considerar la cantidad de cal aplicada. t

### CONTENIDO DE NUTRIENTES EN EL TALLO, PECIOLO Y LIMBO DE LA PAPA EN FUNCION DE LA FERTILIZACION POTASICA

Reis, Jr. R. Dos., P. H. Monnerat. 2000. Teores de nutrientes no caule, pecíolo e limbo da batateira em função da adubação potássica. *Scientia Agrícola*, v.57, n.2, p. 251-255.

Se realizó un experimento con diferentes dosis de K (0, 60, 120, 240, 480 y 960 kg de K<sub>2</sub>O/ha) para evaluar la composición mineral en los órganos de la papa en función de la fertilización potásica. El estudio se realizó

en bloques completos al azar con 4 repeticiones. Se muestrearon 2 plantas por parcela 48 días después de la emergencia y se evaluaron los contenidos de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Mn, y Zn en el tallo, pecíolo y limbo de la hoja recién madura. Se recomienda utilizar el pecíolo de la papa para evaluar el nivel de N, P, Ca, Mg y Cu y utilizar el limbo para evaluar el nivel de S, Mn y Zn. El tallo no fue un buen indicador del estado nutricional para el S. La aplicación de 353 kg de K<sub>2</sub>O/ha proporcionó la máxima productividad de tubérculos (30.5 t/ha), contenidos en el pecíolo de 25.9 g/kg de N, 1.4 g/kg de P y 9.7 mg/kg de Cu y contenidos en el limbo de 4.0 g/kg de S, 155.2 mg/kg de Mn y 59.4 mg/kg de Zn. Esta información se debe utilizar en la construcción de bancos de datos de los contenidos adecuados de nutrientes en diferentes partes de la papa para ayudar con el diagnóstico nutricional de este cultivo.t

### RESPUESTA DE LA ALFALFA A FUENTES DE P ASOCIADAS AL YESO Y AL ENCALADO

Sarmento, P., M. Corsi., F. P. de Campos. 2001. Resposta da alfafa a fontes de fósforo associadas ao gesso e a calagem. *Scientia Agrícola*, v.58 n.2, p. 381-390.

El P es uno de los nutrientes más importantes en la producción de alfalfa en suelos brasileños. Diversas fuentes de P están disponibles en el mercado, el fosfato de Gafsa (FG) es considerado tan eficiente como soluble. La eficiencia de los fertilizantes fosfatados es afectada por la acidez del suelo. El uso del yeso asociado al FG puede corregir el problema de Al en el perfil del suelo y disminuir la fijación del P. El objetivo de este trabajo fue evaluar la eficiencia del superfosfato triple (ST), del FG y del FG con yeso, aplicados antes y después del encalado en dosis de 50, 100 y 200 mg P/dm<sup>3</sup>. El experimento se realizó en macetas con un suelo clasificado como Latossol Rojo-Amarillo Aluminico. Se efectuaron 3 siembras de alfalfa, se realizó un corte en la primera siembra y 3 cortes en la tercera siembra. Se obtuvo mayor producción de materia seca (MS) cuando se aplicó ST (3.3 g/maceta) que cuando se utilizó FG (1.0 g/maceta) en la primera siembra. En la tercera siembra ocurrió menor producción de MS con el uso de ST (2,4 g/maceta) que cuando se aplicó FG (6.0 g/maceta). El uso de yeso con FG incrementó la producción de MS (7.0 g/maceta) en relación al FG (3.7 g/maceta) en la tercera siembra. La aplicación de ST después del encalado incrementó la producción de MS (5.0 g/maceta) comparado a la aplicación antes del encalado (3.7 g/maceta), en la primera siembra. No hubo efecto del momento de encalado para el FG con o sin yeso.t

## CURSOS Y SIMPOSIOS

### 1. XVII CONGRESO MUNDIA DE LA CIENCIA DEL SUELO

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

### 2. XVIII CONGRESO COLOMBIANO DE LA CIENCIA DEL SUELO

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

### 3. VIII CONGRESO ECUATORIANO DE LA CIENCIA DEL SUELO

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

### 4. INTERNATIONAL WORKSHOP AND STUDY TOUR ON NPK FERTILIZER PRODUCTION, STORAGE AND HANDLING

**Organiza** : IFDC-An International Center for Soil Fertility and Agricultural Development  
**Lugar y Fecha** : Alabama, EEUU  
 Octubre 23, Noviembre 5, 2002  
**Información** : IFDC  
 E-mail: general@ifdc.org

**NUESTRO SITIO WEB: [www.inpofos.org](http://www.inpofos.org)**

El sitio de Internet del Instituto de la Potasa y el Fósforo (PPI) y el Instituto de la Potasa y el Fósforo de Canadá (PPIC) está en constante cambio. El sitio de las oficinas de América Latina - [www.inpofos.com](http://www.inpofos.com) - presenta información actualizada en Español sobre el

manejo de nutrientes en diferentes cultivos de la región, las actividades de investigación y educación del Instituto, así como también estadísticas de producción de cultivos, uso de fertilizantes, publicaciones disponibles y otros aspectos relevantes en agricultura.

**POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE**  
**POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE OF CANADA**

Northern Latin America (INPOFOS)

Regional Home Profile Informaciones Agronómicas Publicaciones de INPOFOS Nutrición de Cultivos Herramientas

**Search**  
**Register**  
**Store**

**Novedades**

- 1 Manejo de K en Arroz
- 2 Manejo de P en Arroz
- 3 Toxicidad de Fe en Arroz
- 4 Deficiencias y fertilización del cacao
- 5 Fertilización del cacao
- 6 Deficiencias en café
- 7 Fertilización del café
- 8 cloro - mitos y realidades

**Investigación**

- 1 Fósforo y potasio en soya
- 2 Fertilización y riego en palma aceitera

**Banano**

- 1 Porque comemos banano
- 2 Respuesta del banano en suelos altos en K
- 3 Deficiencia de K en banano
- 4 Requerimientos de K en banano

**What's New**

Suelos Derivados de Ceniza Volcánica  
 Manual on the Nutrition of Banana Potasa: Su Necesidad y uso....  
 Manual de Suelos y Nutrición de Pejibaye

**Regional Update**

**Dr. José Espinosa**

**Cocoa Sector Improving** In the midst of stagnated tropical crop prices, the cocoa sector remains positive due to steady improvements in prices during the last several months. >more

**Publicaciones**

INPOFOS ha publicado diversos materiales que cubren en forma simple y concreta conceptos generales de la dinámica de nutrientes en suelos y plantas y materiales orientados hacia el manejo específico de cultivos para obtener rendimientos altos. Para mayor información presione el cursor en la foto. > more

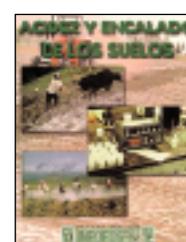
**Manejo del Potasio en Arroz**

El manejo del potasio (K) en arroz debe ser considerado como parte de un sistema de manejo de la fertilidad a largo plazo, debido a que el K no cambia de forma o se pierde fácilmente de la zona radicular por los procesos químicos y biológicos de corto plazo que gobiernan en el suplemento de nitrógeno (N) en este cultivo. El manejo del K debe asegurar que la eficiencia de uso del N no este limitada por deficiencia de K. Este artículo discute las causas de las deficiencias y presenta las recomendaciones generales de manejo para prevenir la deficiencia y mejorar la eficiencia de uso del K en arroz. > more

## PUBLICACIONES DE INPOFOS

**Las siguientes publicaciones de INPOFOS se encuentran disponibles al siguiente costo**

- |   |  |    |       |
|---|--|----|-------|
| U | <b>NUEVA PUBLICACION</b> <b>Síntomas de Deficiencias Nutricionales y Otros Desórdenes Fisiológicos en Banano.</b> 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  |
| U | <b>NUEVA IMPRESION</b> <b>Síntomas de Deficiencias de Nutrientes y Desórdenes en Palma Aceitera.</b> Guía de Bolsillo para técnicos a cargo del manejo de plantaciones que deseen identificar los síntomas de deficiencia en el campo, conocer algo de sus causas y como éstas podrían prevenirse o remediarse.                                    | \$ | 8.00  |
| U | <b>Acidez y Encalado de los Suelos.</b> Boletín que discute los fundamentos de la acidez del suelo y permite planificar adecuadamente las estrategias de encalado en suelos tropicales.  | \$ | 8.00  |
| U | <b>Estadística en la Investigación del Uso de Fertilizantes.</b> Publicación que presenta conceptos actuales de diseño experimental e interpretación estadística de los datos de investigación de campo en el uso de fertilizantes.  | \$ | 4.00  |
| U | <b>Nutrición de la Caña de Azúcar.</b> Este manual de campo es una guía completa para la identificación y corrección de los desórdenes y desbalances nutricionales de la caña de azúcar. El tratamiento completo de la materia y las excelentes ilustraciones hacen de este manual una importante herramienta de trabajo en la producción de caña. | \$ | 8.00  |
| U | <b>Manual de Nutrición y Fertilización del Café.</b> Este manual presenta conceptos modernos del manejo de la nutrición y fertilización del café como herramienta para lograr rendimientos altos sostenidos.   | \$ | 20.00 |
| U | <b>Manual Internacional de Fertilidad de Suelos.</b> Publicación didáctica sobre uso y manejo de suelos y fertilizantes con datos y ejemplos de diferentes partes del mundo.   | \$ | 15.00 |
| U | <b>POTASA: Su Necesidad y Uso en Agricultura Moderna.</b> Esta publicación cubre aspectos como funciones de potasio en las plantas, necesidad, síntomas de deficiencia y el eficiente uso de fertilizantes potásicos.  | \$ | 4.00  |
| U | <b>Manual de Nutrición y Fertilización del Banano: Una visión práctica de la fertilización.</b> Documento que resalta modernos conceptos de nutrición y fertilización de banano y que permite lograr recomendaciones prácticas sobre dosis de nutrimentos necesarios para lograr altos rendimientos sostenidos de banano.                          | \$ | 20.00 |
| U | <b>Fertilización del Algodón para Rendimientos Altos.</b> Publicación que cubre en forma detallada los requerimientos nutricionales, análisis foliar y de suelos y fertilización del cultivo del algodón.  | \$ | 5.00  |
| U | <b>Conceptos Agronómicos.</b> 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@corpmisti.com.pe. Lima, Perú.

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